

# CURSO TOPOGRAFIA ALTIMÉTRICA

## 2do. Semestre 2024

DOCENTES:

Ing. Agrim. MAGALI MARTINEZ – Ing. Agrim. MARTIN WAINSTEIN

# 1\_GENERALIDADES

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### INTRODUCCIÓN - IMPORTANCIA DEL ESTUDIO ALTIMÉTRICO

La superficie natural de la Tierra es aquella donde el hombre desarrolla su existencia.

Es el objeto de las mediciones.

Se la puede conocer como superficie topográfica

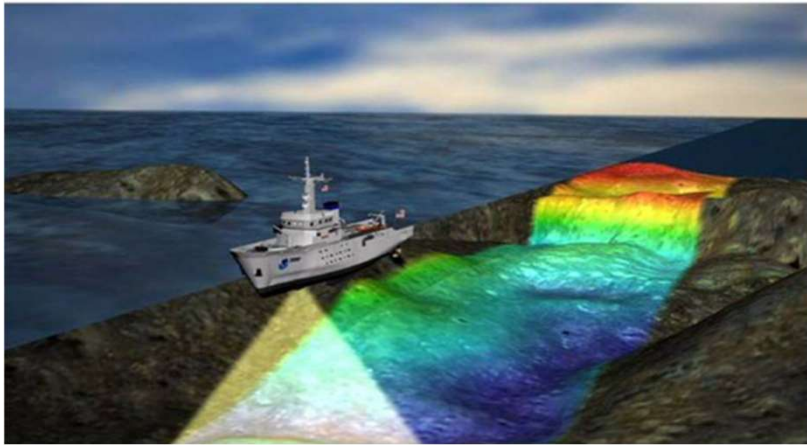
La topografía de la corteza terrestre es altamente irregular, formada por tierra y agua que varían respecto del tiempo.

Estas variaciones se intentan modelar y representar de distintas maneras (MDT, MDS, MDE, Isolíneas, Perfiles Altimétricos, etc.)

Para poder representar el terreno, es necesario dividir las operaciones topográficas en dos grupos:

- 1) Planimetría: tiene por objeto determinar las posiciones que guardan entre sí, las proyecciones horizontales de los puntos más notables del terreno que se trata de representar a escala, es decir sobre una superficie plana, de todos los detalles interesantes del terreno prescindiendo del relieve.
- 2) Altimetría (nivelación): tiene por objeto hallar la distancia (altura o cota) de cada punto al plano horizontal que se toma como plano de comparación o referencia, aplicando los métodos y procedimientos se consigue representar el relieve del terreno.

## INTRODUCCIÓN - IMPORTANCIA DEL ESTUDIO ALTIMÉTRICO



Batimetría



Saneamiento



Dragado Puerto Montevideo

Redes de abastecimiento y distribución



## INTRODUCCIÓN - IMPORTANCIA DEL ESTUDIO ALTIMÉTRICO



Paso a desnivel

Construcción de líneas de conducción eléctrica



Canteras

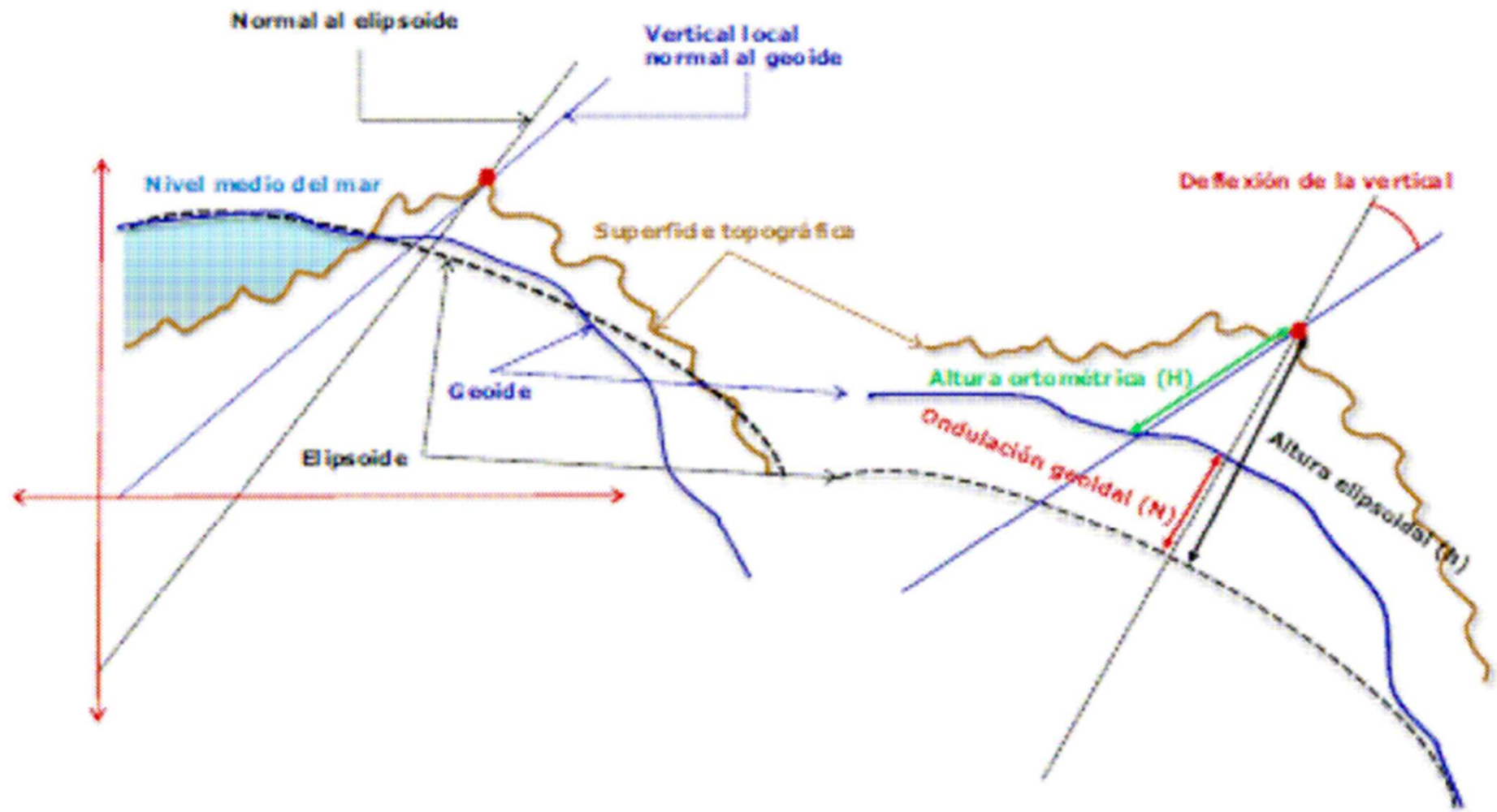
Control de maquinaria vial



Batimetría

# TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

## SUPERFICIE DE REFERENCIA



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### SUPERFICIE DE REFERENCIA

#### ALTIMETRÍA:

La altimetría es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano o superficie de referencia.

#### SUPERFICIE DE REFERENCIA:

A la superficie concéntrica a la tierra que se toma como referencia para la determinación altimétrica se les denomina superficie de nivel o superficie de referencia, y se define como aquella superficie continua, situada en cualquier posición, pero perpendicular a la gravedad resultando, por lo tanto, una superficie equipotencial.

Dentro de los límites propios de la topografía, las superficies de nivel pueden ser consideradas esféricas, y, por consiguiente, equivalentes y paralelas, pero por tal consideración no puede ser aceptada en geodesia.

#### PLANO HORIZONTAL:

Es el plano normal a la dirección de la fuerza de gravedad en ese punto, por lo tanto es tangente a la superficie de nivel que pasa por dicho punto. En topografía, el plano horizontal y la superficie de nivel correspondiente pueden considerarse coincidentes dentro de las distancias a las cuales se realizan las visuales de nivelación.

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

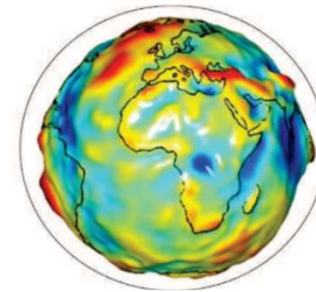
### SUPERFICIE DE REFERENCIA

#### SUPERFICIE TOPOGRÁFICA:

La superficie topográfica es aquella en la cual se representa la tierra considerando todos los accidentes del terreno.

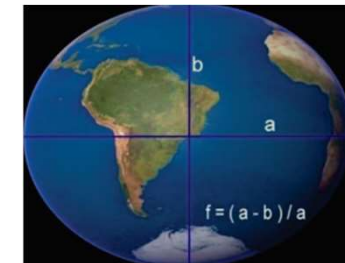
#### GEOIDE:

El geoide se puede definir como la superficie equipotencial que corresponde al nivel medio del mar



#### ELIPSOIDE:

Modelo matemático que representa a la Tierra, caracterizado por las constantes geométricas  $a$  (semieje mayor) y  $f$  (aplanamiento), y los parámetros físicos  $w$  (velocidad angular de rotación) y  $m$  (masa).



#### NIVEL MEDIO DEL MAR:

Se define como el nivel promedio de las aguas tranquilas del mar durante un periodo determinado de tiempo. (*PSMSL*)



#### COTA:

Se denomina cota del punto a la distancia medida sobre la normal, entre éste y una superficie de referencia.



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### SUPERFICIE DE REFERENCIA

#### **COTA ORTOMETRICA (H):**

La cota ortométrica se define como la distancia vertical entre la superficie topográfica y la superficie del geode.

Esta distancia se mide a lo largo de la línea de plomada, la cual es la curva que es tangencial a la dirección de la gravedad en cualquier punto. La línea de plomada no es una línea recta, ya que tiene una leve curvatura y giro, ya que la dirección de la gravedad varía dependiendo de las características de densidad local.

#### **COTA ELIPSOIDAL (h):**

Es la distancia entre la superficie del elipsoide y la superficie topográfica, la cual se mide a lo largo de la normal elipsoidal.

La magnitud y dirección de este vector dependen del elipsoide empleado.

#### **ONDULACION GEOIDAL (N):**

Tomada sobre la normal elipsoidal de un punto, es la distancia que separa al elipsoide del geode

Se cumple que:  $h = N + H$

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

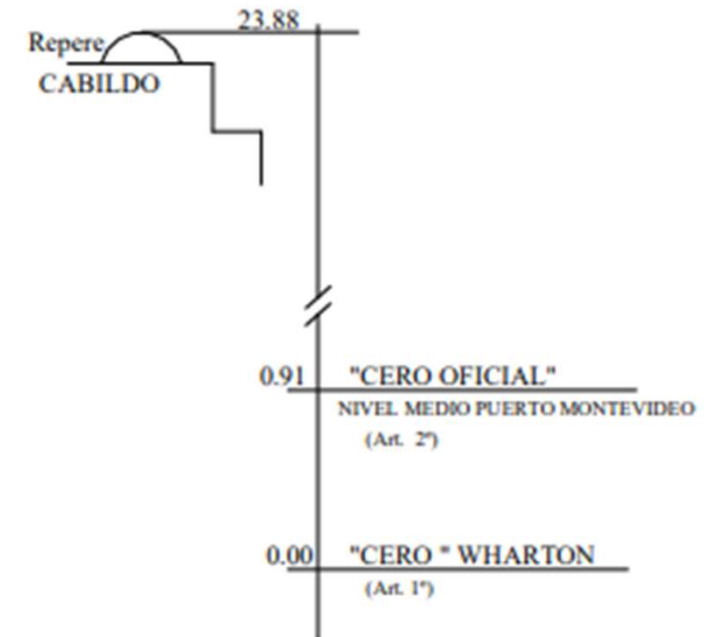
### SUPERFICIE DE REFERENCIA

#### SUPERFICIES "OFICIALES" DE REFERENCIA EN URUGUAY:

Decreto del 20 de Mayo de 1949 (sustitutivo del decreto del 20 de Marzo de 1948):

Art. 1 - El plano horizontal que pasa a 23.88 por debajo del marcador ubicado en el año 1889 en el interior del edificio del Cabildo (ángulo Sur-Este del vestíbulo) queda fijado provisoriamente como plano único de referencia para los ceros de las escalas hidrométricas instaladas en el país y las que en adelante se instalen en zonas fluviales y lacustres.-

Art. 2 - Mientras el país no cuente con observaciones suficientes que le permitan determinar el nivel medio del mar, fijase provisoriamente el nivel medio de las aguas en el puerto de Montevideo como base única para los acotamientos del relieve del territorio nacional. Este plano pasa a 22.97 por debajo del marcador descrito en el Art. 1º y a 0.91m sobre el plano horizontal de referencia indicado en el mismo artículo.-



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### EFFECTOS ALTIMETRICOS POR CURVATURA DE LA TIERRA Y LA REFRACCIÓN ATMOSFERICA

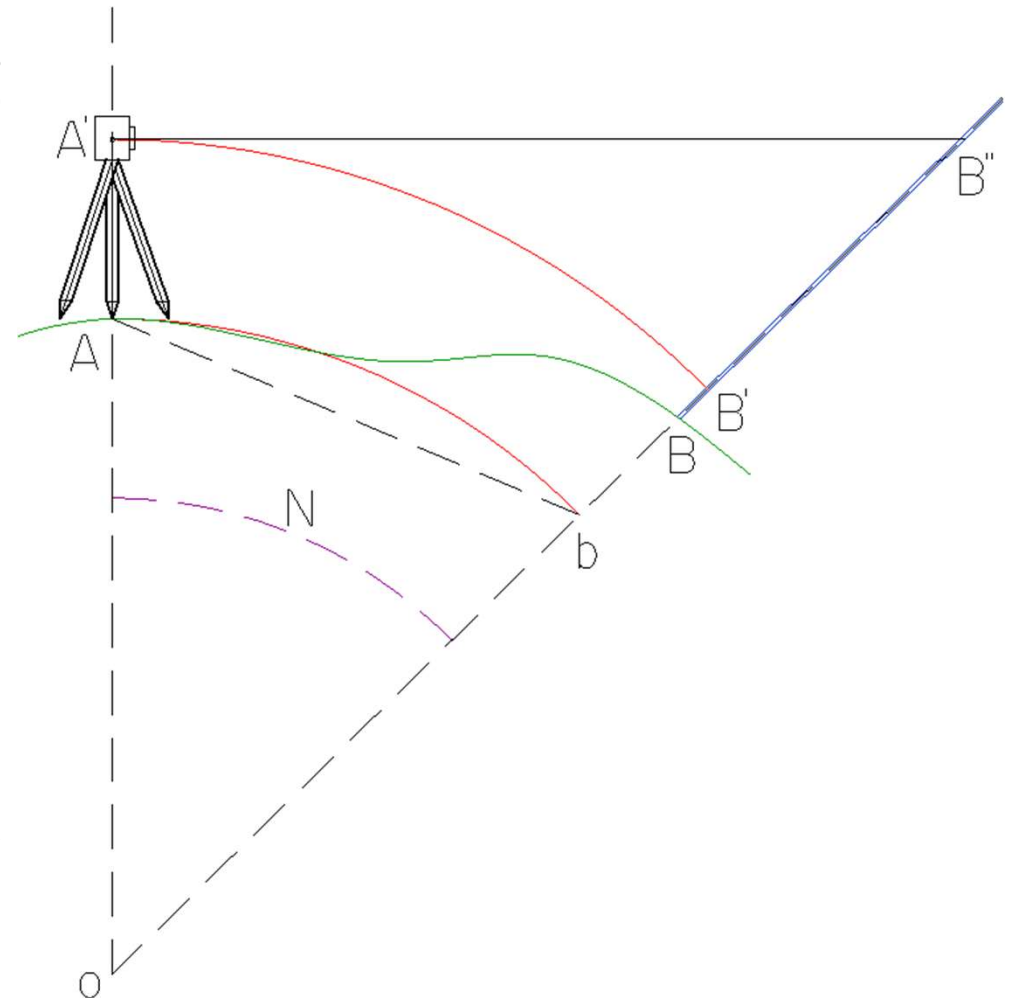
#### ERROR DE ESFERICIDAD:

Supongamos dos puntos **A** y **B** cuyo desnivel queremos hallar; Hacemos pasar por **A** la superficie de nivel **Ab** paralela a la superficie de nivel **N** de comparación, el desnivel buscado será la magnitud **Bb**, segmento de vertical comprendido entre las superficies de nivel de ambos puntos.

Estacionando en **A** un instrumento cuya altura sobre el suelo sea **AA'** y colocando una mira en **B**, quedaría obtenido el desnivel si a partir de **A'** pudiéramos dirigir una visual curvilínea paralela a la superficie de comparación **N**, que interceptaría a la mira en un punto **B'** conociéndose entonces la altura de mira **BB'**; el desnivel en este caso sería: **Bb = AA' - BB'**

pero la visual no sigue la dirección **A'B'**, sino la rectilínea **A'B''**, que suponemos horizontal, por lo que en la apreciación del desnivel se comete un error denominado de esfericidad igual a **B'B''**.

Dado que la distancia entre los puntos **A** y **B**, es muy pequeña en comparación con el radio terrestre (en topografía) se puede considerar que la distancia del arco **Ab** y la cuerda **Ab** son iguales, y lo denominaremos **d**



TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

EFFECTOS ALTIMETRICOS POR CURVATURA DE LA TIERRA Y LA REFRACCIÓN ATMOSFERICA

ERROR DE ESFERICIDAD:

Considerando el triángulo A'OB''.  
 Llamaremos R al radio OA=Ob  
 AA' = bB' =h (misma superficie de nivel)  
 D = A'B''  
 $\epsilon_c = B'B''$

$$D^2 = (R + h + \epsilon_c)^2 - (R + h)^2$$

R+h es conocido y llamaremos R'

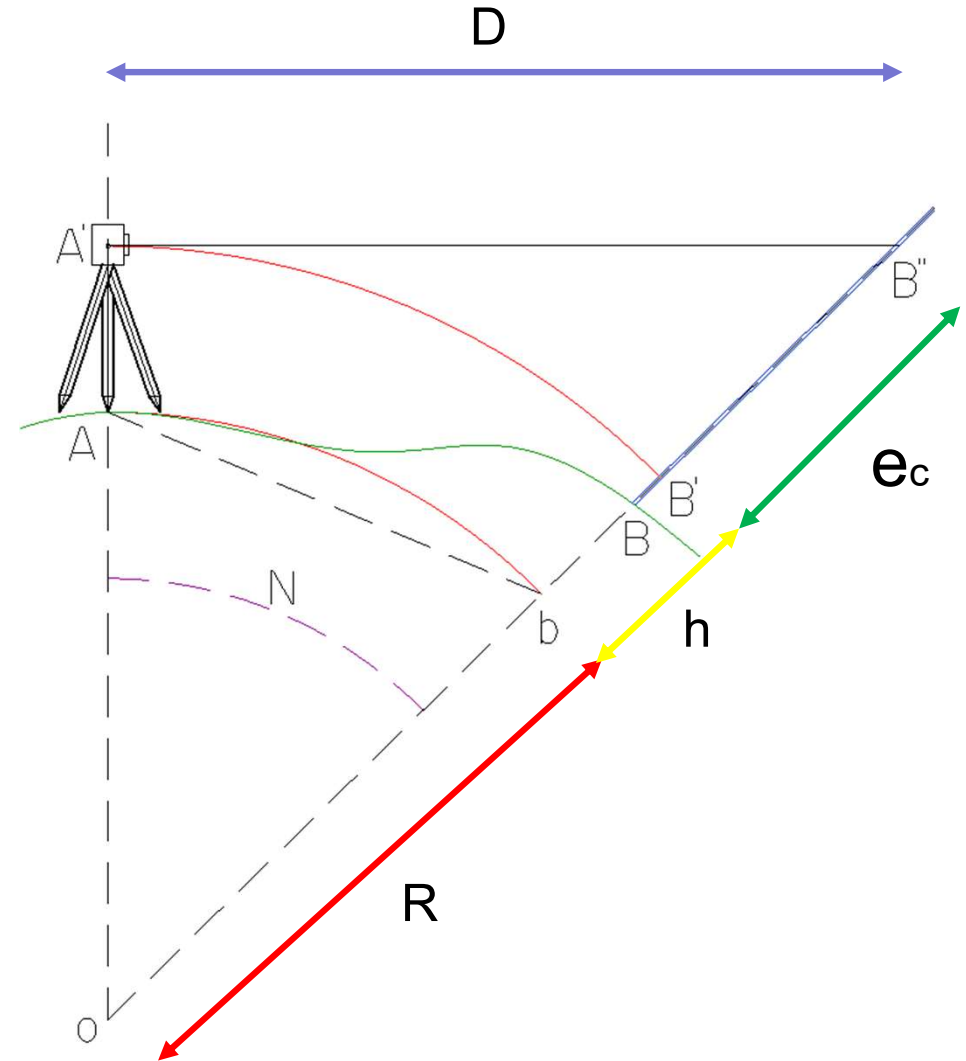
$$D^2 = (R' + \epsilon_c)^2 - R'^2$$

$$D^2 = R'^2 + 2R'\epsilon_c + \epsilon_c^2 - R'^2$$

$\epsilon_c^2$  se desprecia por ser mucho más chico que  $\epsilon_c$

$$\epsilon_c = \frac{D^2}{2R'}$$

h es aproximadamente de 1.5 metros dependiendo del usuario, pero dada la poca diferencia respecto al radio de la tierra se puede despreciar y considerar  $R' = R$



**EFFECTOS ALTIMETRICOS POR CURVATURA DE LA TIERRA Y LA REFRACCIÓN ATMOSFERICA**

**ERROR DE REFRACCION:**

El error de esfericidad se ve atenuado debido a que se comete un nuevo error de signo contrario, motivado por la refracción atmosférica. En general, las capas más densas son las más próximas a la Tierra y, por eso, la visual se refracta, dando lugar a una línea curva cuya convexidad se dirige hacia el cenit. Dirigiendo la visual a un punto por debajo de la visual horizontal, que llamaremos **B'''**.

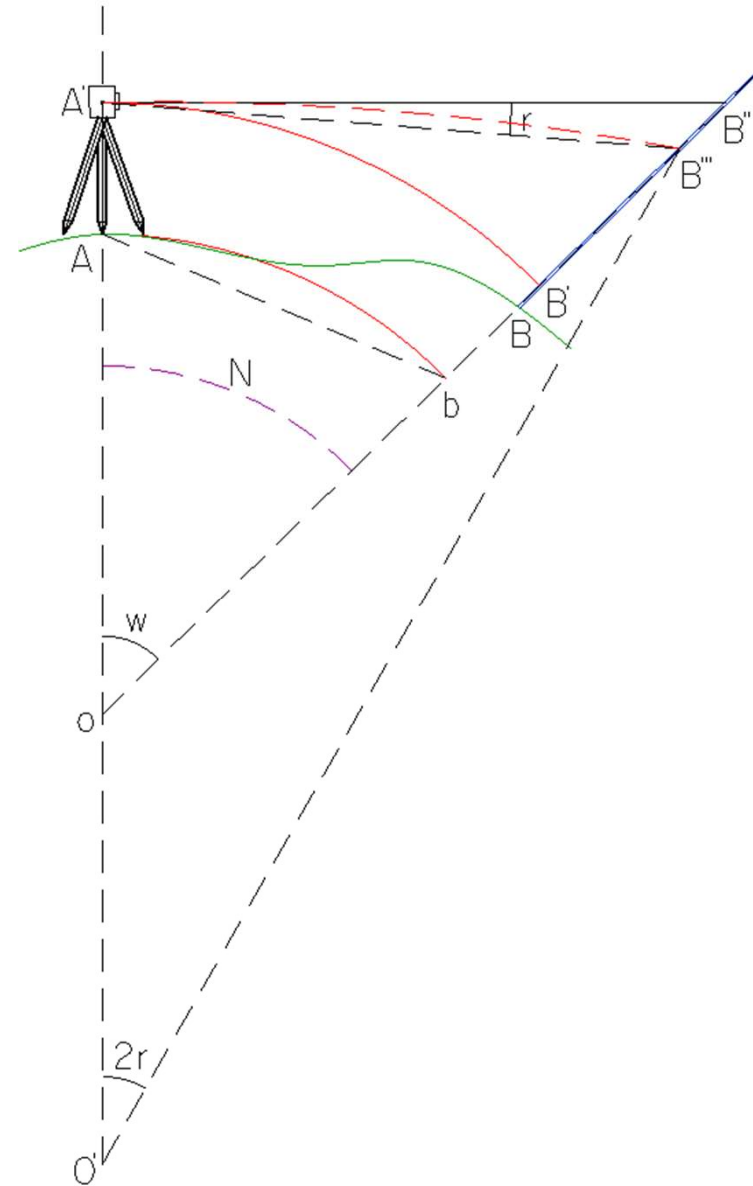
Al error **B''B'''** se le denomina error de refracción.

El ángulo que forma **A'B''** con la cuerda de la curva **A'B'''** se denomina **ángulo de refracción r**, y este será la mitad del ángulo al centro **O'** de los puntos de la curva **A'** y **B'''**

Mientras se mantiene fijo el centro **O'** la relación entre los radios de la Tierra y de refracción será constante; la longitud de la cuerda **A'B'''** al estar comprendida entre **A'B''** y **A'B'** consideradas como iguales a **D**, y los ángulos en el centro **ω** y **2r** que subtienden arcos iguales verificarán las relaciones:

$$2r = \frac{D}{X} \text{ y } \omega = \frac{D}{R}$$

La relación  $R/X = K$  (constante) denominado **Coefficiente de refracción**.



# TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

## EFFECTOS ALTIMETRICOS POR CURVATURA DE LA TIERRA Y LA REFRACCIÓN ATMOSFERICA

### ERROR DE REFRACCION:

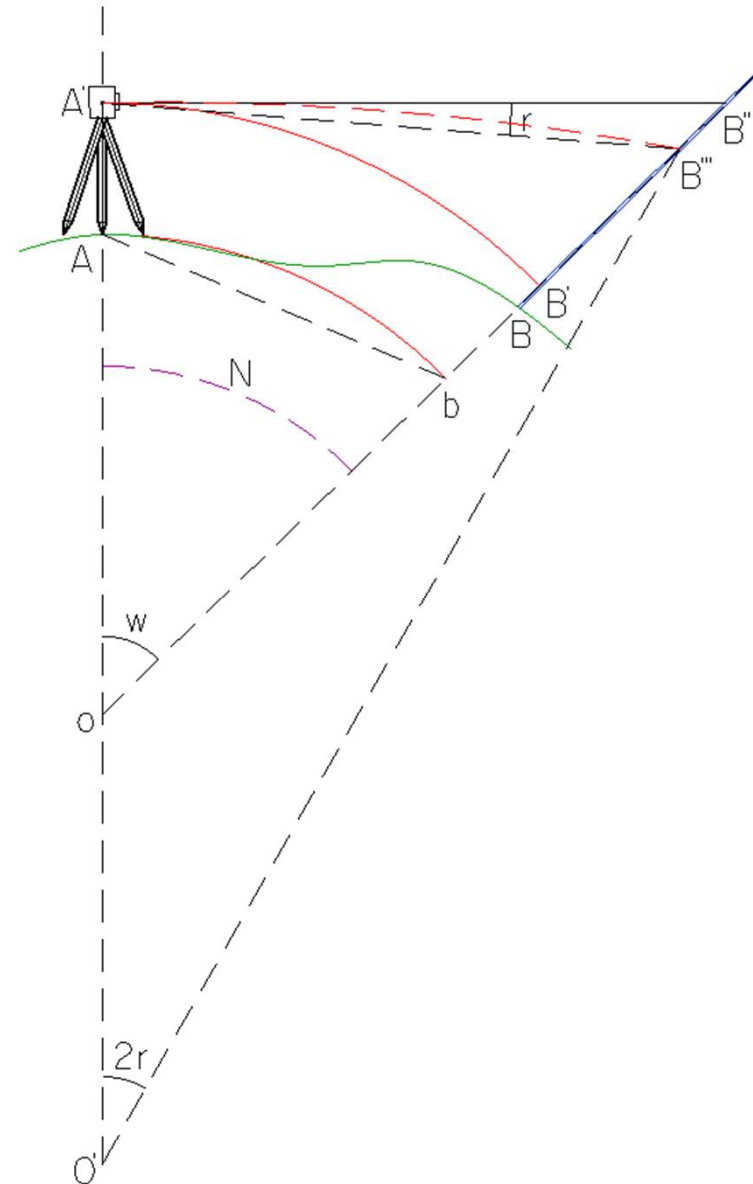
Considerando el triángulo A'O'B''

$$(X + \epsilon_r)^2 = X^2 + D^2$$

$$X^2 + 2X\epsilon_r + \epsilon_r^2 = X^2 + D^2$$

Se desprecia el error de refracción al cuadrado por ser muy pequeño.

$$\epsilon_r = \frac{D^2}{2X} \rightarrow \epsilon_r = \frac{KD^2}{2R}$$



## EFFECTOS ALTIMETRICOS POR CURVATURA DE LA TIERRA Y LA REFRACCIÓN ATMOSFERICA

### DESNIVEL VERDADERO Y DESNIVEL APARENTE:

El desnivel verdadero entre los puntos A y B. Sera el desnivel de lectura (desnivel aparente) menos los errores de curvatura (o esfericidad) y refracción.

$$Z_V = B'b - B'B$$

$$Z_A = A'A - B'''B$$

$$A'A = B'b$$

$$Z_V - Z_A = B'''B - B'B = \varepsilon_C - \varepsilon_r$$

$$Z_V = Z_A + \varepsilon_C - \varepsilon_r$$

$$Z_V = Z_A + \frac{D^2}{2R} - \frac{KD^2}{2R} = Z_A + \frac{(1 - K)D^2}{2R}$$

El error de esfericidad y refracción puede evitarse estacionando en un punto equidistante de los A y B cuyo desnivel interesa hallar. Este método de miras equidistantes, que como ya veremos, anula los errores sistemáticos propios de un nivel, sirve igualmente para eliminar los de esfericidad (suponiendo la tierra esférica) y refracción, ya que serán iguales en los dos extremos y suponiendo se obtuviese el desnivel por diferencia de lecturas de mira con una visual horizontal, no variará aquélla al aumentar el minuendo y sustrayendo la misma cantidad.

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### EFFECTOS ALTIMETRICOS POR CURVATURA DE LA TIERRA Y LA REFRACCIÓN ATMOSFERICA

#### DESNIVEL VERDADERO Y DESNIVEL APARENTE:

Se desea calcular el desnivel verdadero entre 2 puntos que distan 50 metros entre sí; el coeficiente de refracción en el lugar es de 0.16. Mientras que el desnivel aparente entre los puntos es de 1,5 metros.

$$Z_V = Z_A + \frac{D^2}{2R} - \frac{KD^2}{2R} = Z_A + \frac{(1 - K)D^2}{2R}$$

De la expresión se obtienen valores que en Topografía no tienen mayores incidencias, salvo aquellos casos en que se hacen traspasos de cotas de puntos fijos. Por lo que se aconseja que la distancia entre dichos puntos no sea mayor de 50 m. Por lo tanto, en Topografía se podría prescindir de la curvatura terrestre y la refracción atmosférica y considerar a la tierra como una superficie plana. El efecto de curvatura y refracción se anula con la igualdad de distancia del nivel a ambas posiciones de la mira. De lo contrario sería un error de lectura sistemático, siempre leeríamos con error sobre ambas miras sin saber si los incrementos son iguales. Esto puede incidir en el desnivel total como error accidental.



## ALTURAS DINAMICAS – ALTURAS ORTOMETRICAS

### Superficies de nivel no paralelas:

Se ha definido la superficie de la tierra esférica, generando que las superficies de nivel sean concéntricas y paralelas, pero en realidad no es así, debido a la variación de la gravedad en los distintos lugares de la Tierra.

Un punto cualquiera está sometido a dos fuerzas principales: la atracción terrestre, que actúa en la dirección del radio del globo, que pasa por el punto, y la fuerza centrífuga, debida al giro de la Tierra, que le repele en el sentido del radio del paralelo.

La resultante de estas fuerzas es la que denominamos gravedad, y su dirección es la vertical del lugar. En consecuencia, la gravedad, por ambos motivos, será máxima en los polos y mínima en el ecuador.

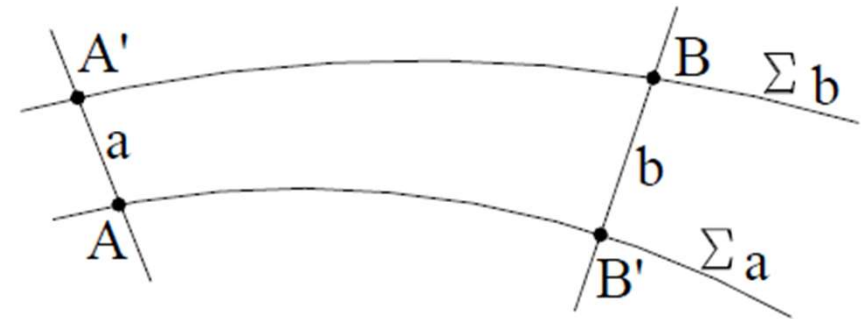
En los demás paralelos la gravedad resultante aparece desviada del radio terrestre y la intensidad de la gravedad al nivel del mar tomará valores intermedios, variando en función de la latitud según fórmulas establecidas.

Definimos las superficies de nivel como superficies equipotenciales en las que el trabajo necesario para elevar un kilogramo de una a otra superficie ha de ser constante en cualquier punto.

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### ALTURAS DINAMICAS – ALTURAS ORTOMETRICAS

Consideremos dos puntos, **A** y **B**, situados en un mismo plano meridiano, siendo  $\Sigma a$  y  $\Sigma b$  dos superficies de nivel que pasan por dichos puntos, y **AA'** y **BB'** las verticales en A y B respectivamente. Sea  $a=AA'$  y  $b=BB'$  Supongamos que desplazamos un punto material según el recorrido **AA'BB'A**, y llamemos **ga** y **gb** las respectivas intensidades de la pesantez en A y en B.



El trabajo total será nulo porque partimos de un punto y llegamos al mismo punto.

En el trayecto **AA'** el trabajo será:

$$T = mga$$

Y en el trayecto **BB'**

$$T' = -mgb$$

$$mga - mgb = 0 \rightarrow ab = gagb$$

## ALTURAS DINAMICAS – ALTURAS ORTOMETRICAS

Ahora bien, entre A y B la pesantez varía según la expresión obtenida por **Clairaut y Bouger**

$$g = g_{45}^0 (1 - \alpha \cos 2\varphi - \beta h)$$

Donde:

- $g_{45}^0$  = intensidad de la pesantez al nivel medio del mar en un punto de 45° de latitud.
- $\varphi$  = latitud del punto donde la pesantez tiene la intensidad **g**.
- $h$  = altura del punto
- $\alpha = 0.0264$
- $\beta = 0.000000196$

Si **A** y **B** no están a la misma latitud ni a la misma altura, las intensidades de la gravedad **ga** y **gb** serán distintas, al igual que los segmentos **a** y **b** que separan ambas superficies de nivel.

Como esa distancia es inversamente proporcional a la diferencia de intensidad entre **ga** y **gb**, al variar éstas con la latitud, varía también la distancia entre ambas superficies.

Si efectuamos una nivelación entre **A** y **B** según el recorrido **AA'B**, el desnivel será igual a **a**, y si siguiéramos el recorrido **AB'B**, en este caso el desnivel será **b**. Entonces, **el desnivel entre dos puntos A y B depende del itinerario seguido entre ambos puntos.**

Si siguiéramos el recorrido **AA'BB'A**, **encontraremos que el desnivel no es 0 sino (a-b).**

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

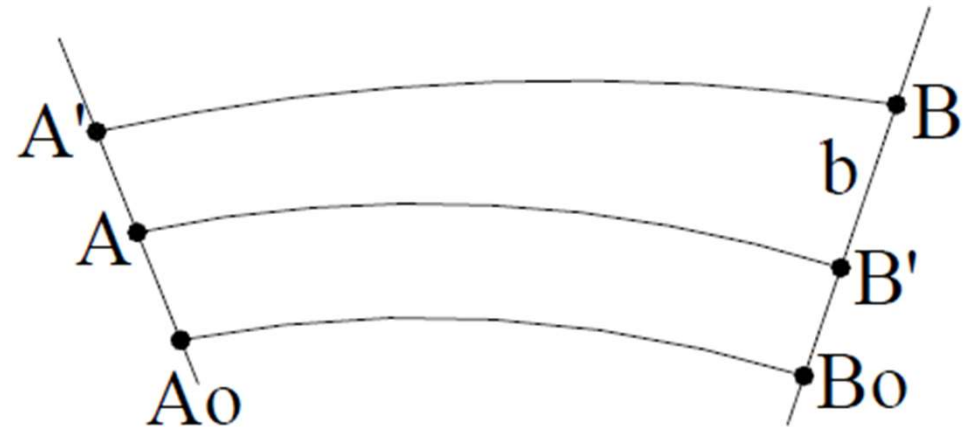
### ALTURAS DINAMICAS – ALTURAS ORTOMETRICAS

Si partimos de **A** (superficie de nivel **AB'**), siguiendo el camino **AB'B**, la diferencia de cota es **b=B'B**.

Si referimos las medidas a una superficie de referencia (nivel cero), la diferencia de altura entre **A** y **B** será

$$B_0B - A_0A = B_0B' + b - A_0A \rightarrow B_0B - A_0A = b + (B_0B' - A_0A)$$

donde **B<sub>0</sub>B'** no es igual a **A<sub>0</sub>A** porque las superficies de nivel no son paralelas, por consiguiente, **la diferencia de altitud entre dos puntos no es igual a la diferencia de cotas.**



En particular, según la fórmula de Clairaut y Bouger, para un punto situado en el nivel del mar, en el Ecuador y en el Polo tenemos:

En el Ecuador:  $g_E^0 = g_{45}^0(1 - \alpha) = g_{45}^0(0.99736)$

En el Polo:  $g_P^0 = g_{45}^0(1 + \alpha) = g_{45}^0(1.00264)$

En otras palabras, para ser más gráficos, si el nivel del mar subiera 100m en un punto situado a 45° de latitud, en el ecuador subiría a 100m264 y en los polos a 99m736.-

# 2\_CONCEPTOS BÁSICOS

## DEFINICIONES BÁSICAS EN NIVELACIÓN

### 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.

### PUNTOS DE CAMBIO

Los puntos de cambio se refieren a aquellos puntos donde, en una nivelación geométrica compuesta, se tendrán 2 planos colimadores distintos

### PUNTOS INTERMEDIOS

Los puntos intermedios se refieren a aquellos donde se efectúan las lecturas intermedias, o sea, puntos que son de interés en el relevamiento y que no implican un cambio de estación.

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### EJEMPLO DE PLANILLA DE NIVELACIÓN

- En la primera columna se introduce la identificación del punto nivelado. No confundir con el punto donde se ubica el instrumento
- La segunda y tercera columna corresponden a las coordenadas planimétricas del punto, por ej. abscisas y ordenadas (X e Y, etc.)
- Las tres columnas siguientes corresponden a las lecturas de mira. Las lecturas atrás y adelante son las que se efectúan en los puntos de cambio, o al principio o al final de la nivelación. Las lecturas intermedias son las que se efectúan en los puntos (generalmente sobre el propio terreno) que nos interesa relevar y que no implican un cambio de estación.
- La siguiente columna corresponde a las cotas del plano colimador de cada estación.
- A continuación, la columna de las cotas de los puntos nivelados.
- Por último, una columna para registrar cualquier observación o comentario referente al punto.

PLANILLA DE NIVELACION

TRABAJO:  
TRAMO:  
FECHA:

OPERADOR:  
INSTRUMENTO:

PTO	PROGR.	ORD	LECTURAS DE MIRA			PLANO COLIMADOR	COTAS	OBSERVACIONES
			ATRAS	INTER	ADEL			
SUMA								

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

- NIVELACIÓN BAROMÉTRICA
- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA
- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA
- NIVELACIÓN POR SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GNSS)



## MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

### 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)

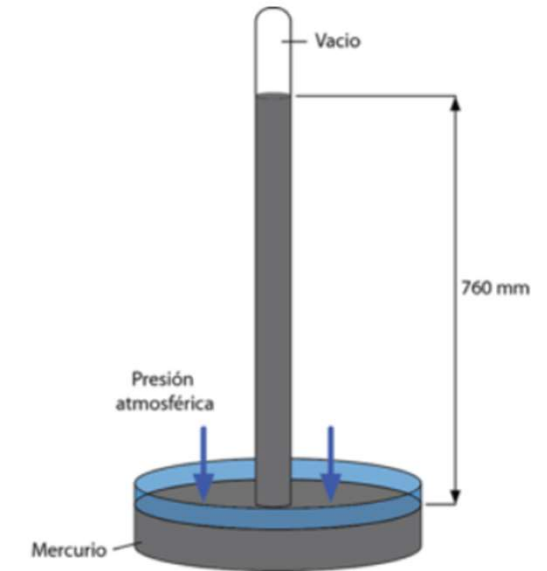
## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

#### BAROMÉTRO:

##### 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:

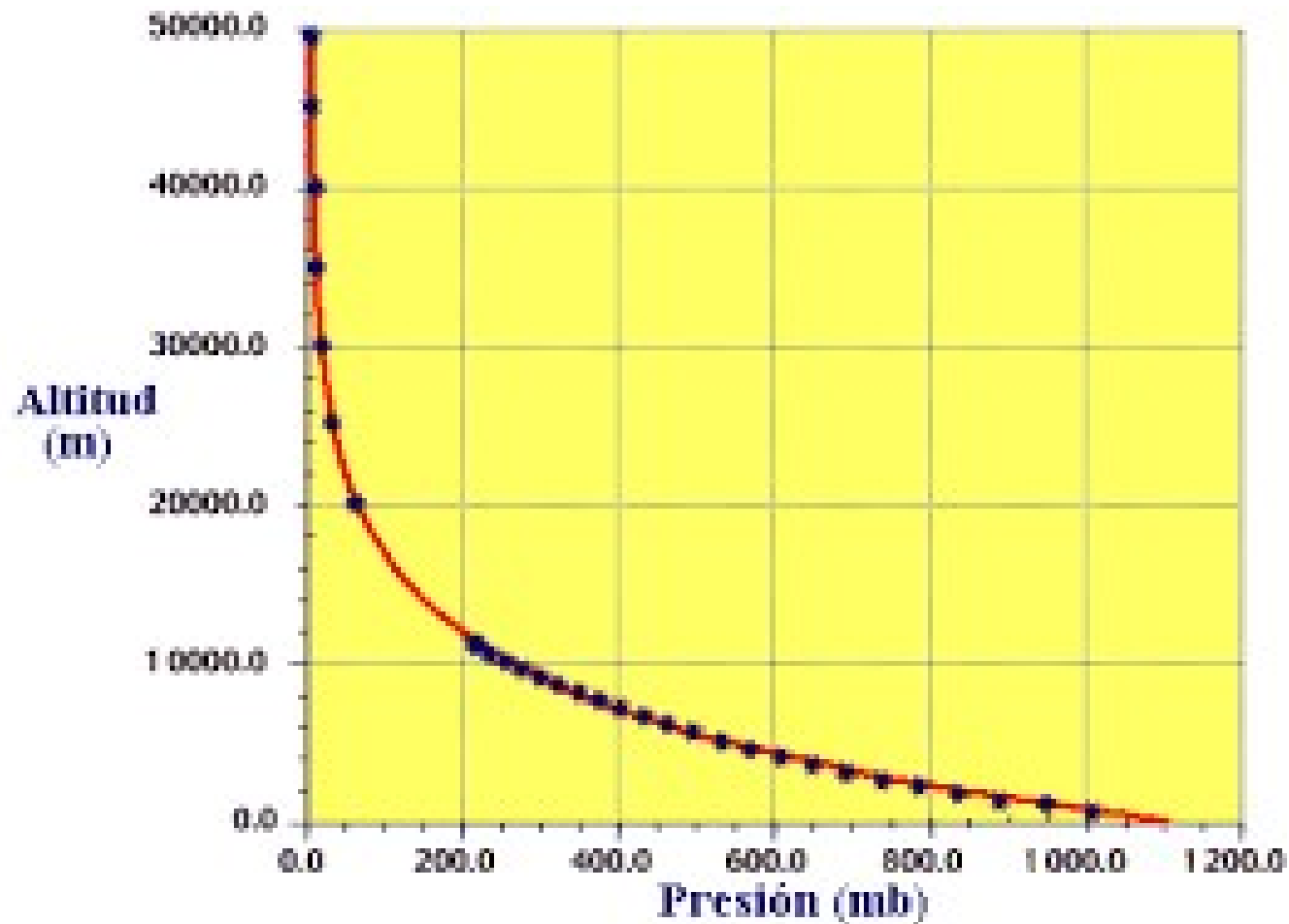
Mide la deformación experimentada por una capsula parcialmente al vacío al ser sometida a presión atmosférica. Esta deformación por medio de métodos mecánicos se transforma en el movimiento de la aguja, la cual marca en un tablero graduado la presión existente a la altura correspondiente



## MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

### NIVELACIÓN BAROMÉTRICA - RELACIÓN PRESIÓN - ALTITUD:

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



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

#### FORMULAS PARA EL CALCULO DE ALTURAS:

##### 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°)

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

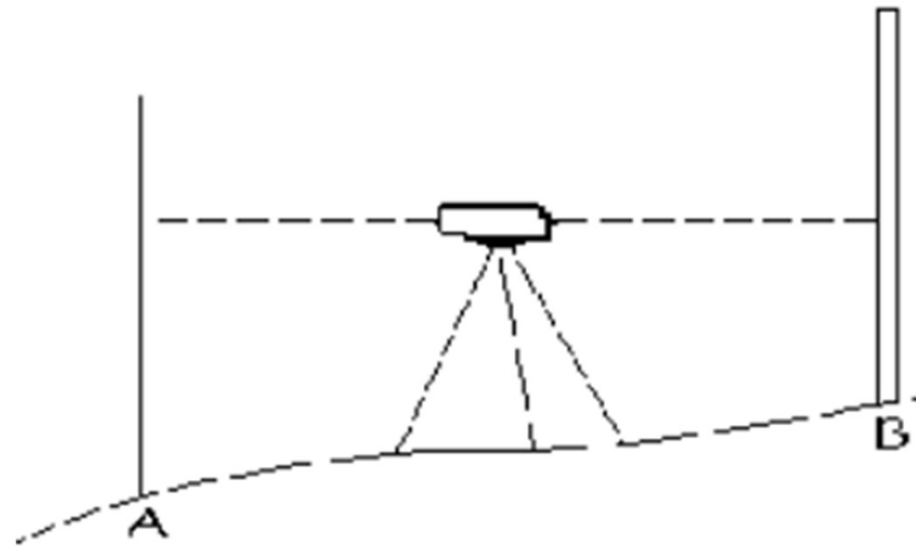
### MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

#### 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.



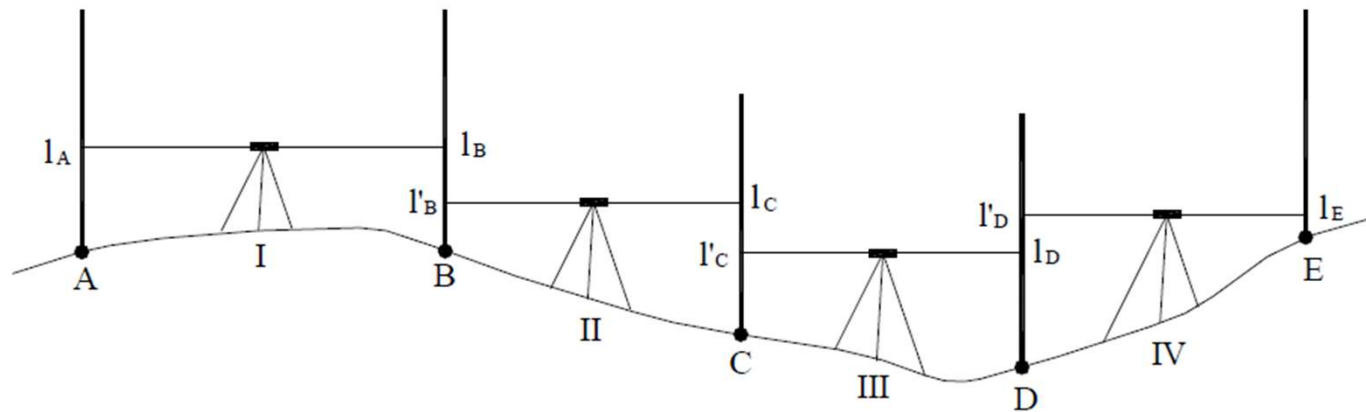
$$\text{El desnivel será : } \Delta H = l_A - l_B$$

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

#### 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**.



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

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### MÉTODOS DE NIVELACIÓN ALTIMÉTRICA

#### Nivel de anteojo o equialtimetro

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.



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### 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):

Dentro de los **niveles de plano** tenemos; Nivel tipo Americano, o tipo Y (Wye Level): tiene el anteojo (mira telescópica) desmontable, y los soportes de este son en forma de (Y) que es lo que le da el nombre. Los soportes, que se apoyan en la regla, son ajustables, y el frasco del nivel está unido al anteojo y es ajustable verticalmente y también horizontalmente. Y el Nivel tipo Ingles, o tipo fijo (Dumpy Level): los soportes son fijos, rígidamente unidos a la regla, sin ajuste, y el nivel va unido a la regla y solo se ajusta en el sentido vertical. Suelen tener cuatro tornillos de nivelación.



"WYE"



"DUMPY"



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### TIPO DE NIVELES

Luego están los **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

**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"



## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### TIPO DE NIVELES

**Niveles 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



**Niveles láser 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.



# TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

## TIPO DE NIVELES



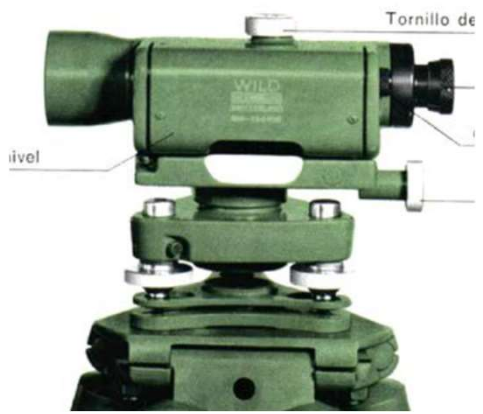
"WYE"

NIVEL DE PLANO



"DUMPY"

NIVEL DE LINEA



NIVEL AUTOMÁTICO



NIVEL DIGITAL



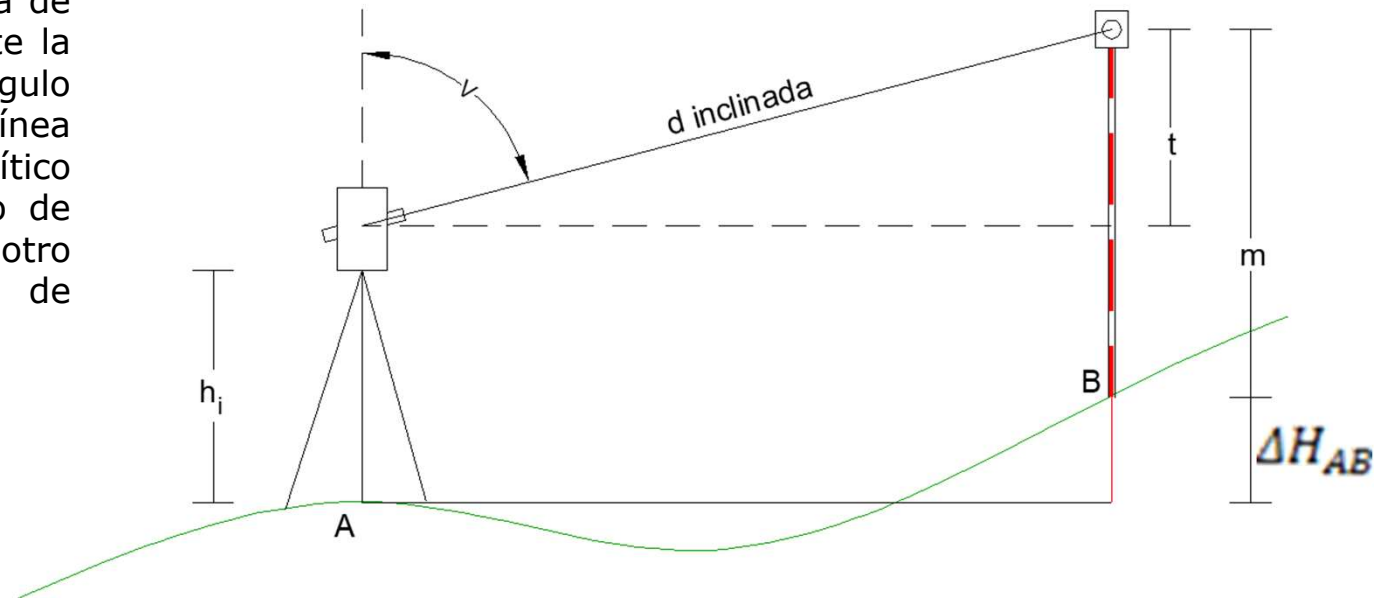
NIVEL LÁSER



# TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

## 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

## TOPOGRAFÍA ALTIMÉTRICA

### 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 geode) De acuerdo a la fórmula  $h=H+N$

