

# CURSO TOPOGRAFIA ALTIMÉTRICA

## 2do. Semestre 2024

DOCENTES:

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

# INTRODUCCION

# CURSO TOPOGRAFIA ALTIMETRICA

(BREVE REPASO DE LOS CONCEPTOS VISTOS  
HASTA AHORA)

## SUPERFICIES DE REFERENCIA (PRIMERA APROXIMACION)

### 1\_CONCEPTOS BASICOS SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE NIVELACION

#### 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 le 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.**

## SUPERFICIES DE REFERENCIA – “CERO OFICIAL” - URUGUAY

### DECRETO DEL 20 DE MAYO DE 1949

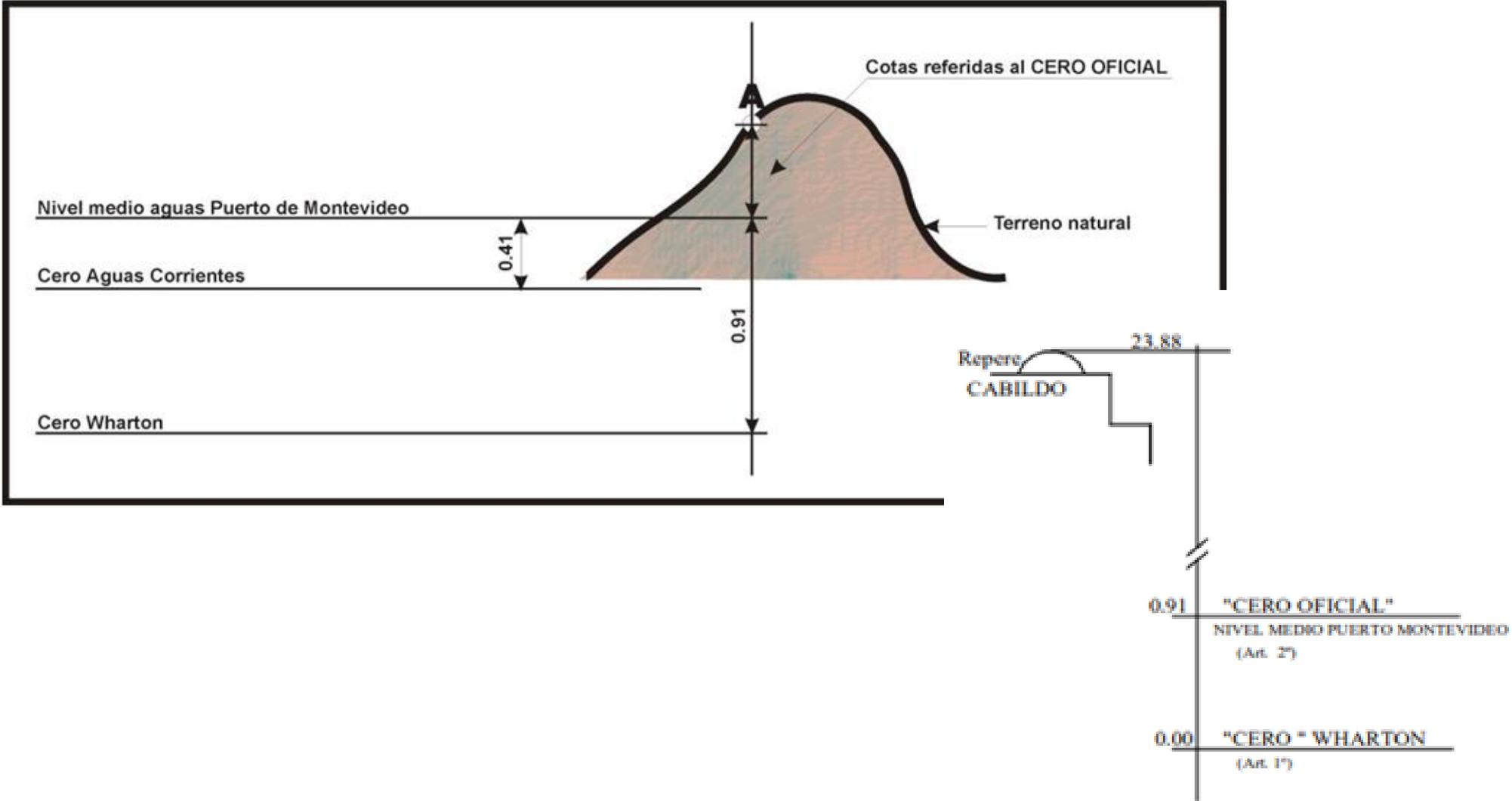
#### Artículo 1°

El Plano horizontal que pasa a 23.88 metros por debajo del marcador colocado en el año 1889 en el interior del edificio del Cabildo (ángulo Sureste 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.

#### Artículo 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 de los acotamientos del territorio nacional. Este plano pasa a 22.97 metros por debajo del marcador descrito en el artículo 1° y a 0.91 metros sobre el plano horizontal de referencia indicado en el mismo artículo.

# SUPERFICIES DE REFERENCIA - "CERO OFICIAL" - URUGUAY



## SUPERFICIES DE REFERENCIA (DEFINICIONES)

### SUPERFICIE TOPOGRÁFICA:

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

### GEOIDE:

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

### NIVEL MEDIO DEL MAR:

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

### COTA:

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

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

Ya se ha visto en el inicio del curso la incidencia de la ESFERICIDAD (o curvatura) de la Tierra y la REFRACCION ATMOSFERICA en la determinación de los desniveles, así como el aporte de errores en dichas determinaciones. También se vieron las formulaciones matemáticas que permiten arribar a los desniveles “corregidos” por las incidencias mencionadas (desnivel aparente y desnivel verdadero).

Además se mencionaron los tópicos asociados a los diferentes sistemas de referencia altimétricos que permiten definir los distintos tipos de cotas: **cota ortométrica** (H), **cota elipsoidal** (h) y **ondulación geoidal** (N) así como la formulación matemática que las relacionan ( $h = N + H$ )

Se presto especial atención a las “cotas dinámicas”, su explicación física y la formulación matemática asociada.

**Todo lo anterior será considerado con mayor profundidad en el estudio de la Geodesia Física.**

## TIPOS DE NIVELACION E INSTRUMENTAL ASOCIADO

### 2\_CONCEPTOS BASICOS SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE NIVELACION

En el inicio del curso también se mencionaron los diferentes tipos de nivelación asociados tanto a metodologías como al uso de determinados instrumentales.

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

### 3\_CLASIFICACION DE NIVELES

De igual manera se mencionaron los diferentes tipos de niveles, su mecánica, componentes, el rango de aplicación según los resultados esperados en cuanto a precisiones, etc.

## CLASIFICACION DE NIVELES OPTICOS

### CARACTERISTICAS BASICAS:

Existen varios modelos de niveles con diferentes mecánicas, modos de utilización, aumentos, precisiones, etc.

La apariencia externa en general es bastante similar, pudiéndose encontrar diferencias dependiendo de la época, la marca, el modelo, etc.

### CLASIFICACION:

- Niveles de línea
- Niveles de plano
- Niveles automáticos (ópticos o digitales)

Los niveles automáticos son los mas sencillos de utilizar.

Para el caso de los niveles digitales, las lecturas se realizan sobre una mira con código de barras o pueden utilizarse como niveles ópticos utilizando una mira convencional.

*¿Qué ERROR evito al utilizar un nivel digital con mira de código de barras?*

## ELEMENTOS BASICOS QUE CONFORMAN DE UN NIVEL AUTOMATICO



## ELEMENTOS BASICOS DE UN NIVEL AUTOMATICO

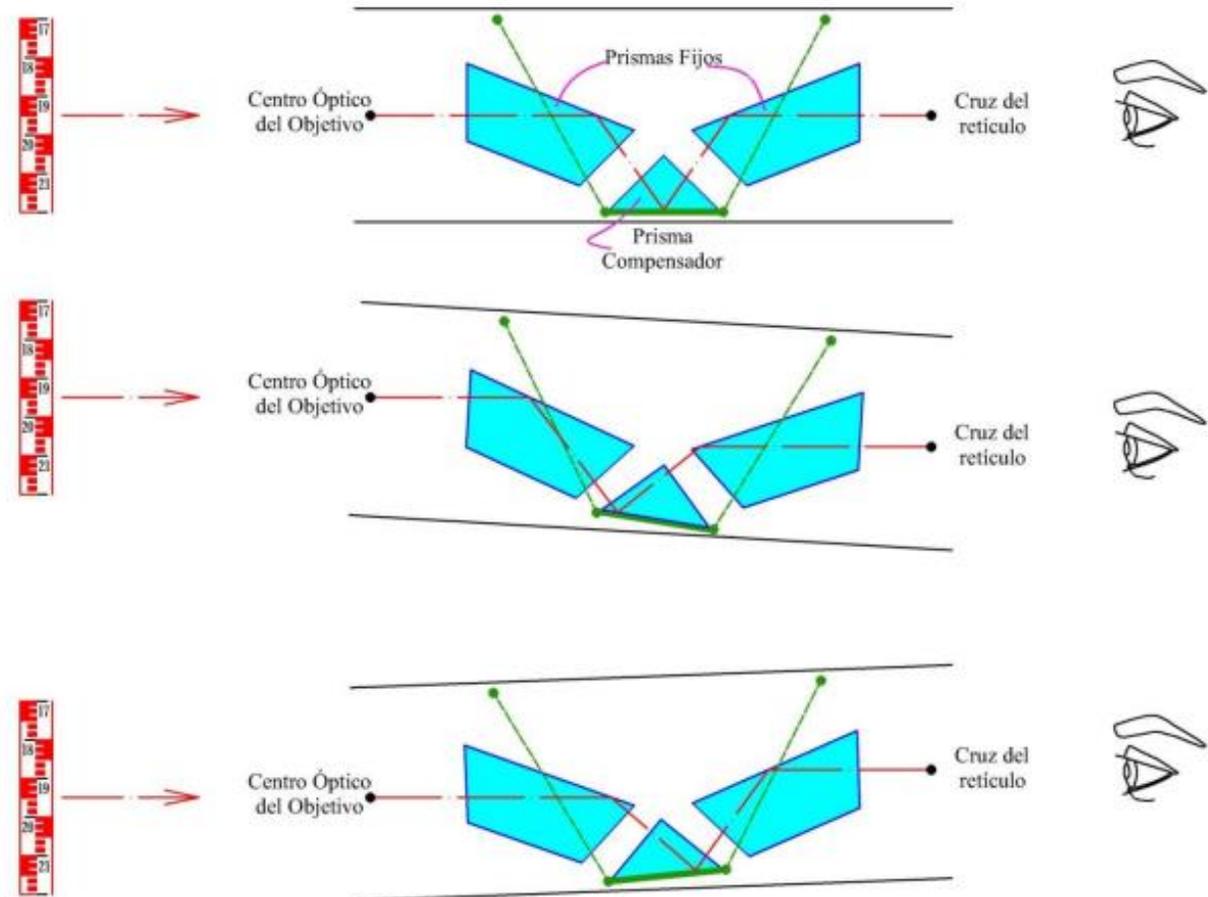
- OBJETIVO: sistema de lentes que permiten maximizar la imagen de los objetos enfocados
- TORNILLO DE ENFOQUE: permite visualizar los objetos enfocados con mayor claridad y nitidez
- OCULAR: permite enfocar los hilos del retículo y eliminar así el error de paralaje  
*¿En que momento deberíamos de chequear el enfoque de los hilos del retículo?*  
*¿Cual es la manera mas eficiente de realizarlo?*
- TORNILLOS CALANTES o DE NIVELACION: permiten el movimiento de la base del nivel con la finalidad de verticalizar el eje principal para que siga la dirección de la plomada.
- COMPENSADOR: sistema de prismas suspendidos que funcionan según el principio del péndulo, asegurando así que el eje de colimación permanezca horizontal luego de horizontalizada la base del nivel.
- TORNILLO PARA PEQUEÑOS MOVIMIENTOS: permite el movimiento del instrumento en torno al eje principal. Es necesario para realizar un acercamiento primario de la visual al objetivo.
- BASE DEL NIVEL: base del instrumento que permite su apoyo y posterior fijación al trípode.
- CIRCULO HORIZONTAL: permite la lectura de ángulos horizontales (con baja precisión).  
*¿En que casos podría ser de utilidad su utilización, considerando la baja precisión angular a la que puede arribarse?*
- NIVEL ESFERICO: permite horizontalizar la base del nivel.

# SISTEMA DE COMPENSADOR – ¿COMO FUNCIONA?

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.

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.



## TIPOS DE NIVELACION E INSTRUMENTAL ASOCIADO

### 3\_CLASIFICACION DE NIVELES

#### REVISION DE CONCEPTOS

*¿Como podemos clasificar de una manera simple los diferentes tipos de EQUIALTIMETROS según lo visto en las clases anteriores?*

*¿Qué características fundamentales definen a cada uno de ellos?*

*¿Qué podemos concluir en cuanto a la facilidad de su utilización, las precauciones necesarias para su uso y los tiempos de trabajo de campo asociados?*

*¿Que ventajas puede tener un nivel automático en relación a otro tipo de equialtímetro?*

*¿Esto siempre es así?*

## TIPOS DE NIVELACION E INSTRUMENTAL ASOCIADO

### 4\_INSTRUMENTAL ACCESORIO

#### REVISION DE CONCEPTOS

*¿Cuáles son las consideraciones mínimas que deben tenerse al momento del traslado del equipo instrumental?*

*¿Cuáles son los accesorios imprescindibles que conforman el equipo de nivelación para realizar las tareas de campo?*

*¿Existen accesorios complementarios que permitan maximizar los resultados metodológicos así como el uso del equipamiento? ¿Cuales son?*

*¿Que tipos de miras existen y cuales son sus ventajas-desventajas?*

*¿Que tipo de trípode se utiliza comúnmente para los trabajos de nivelación y porque? ¿Siempre es así?*

*¿Existen elementos extrínsecos al instrumental y la metodología que puedan incidir directamente en los resultados de nuestro trabajo de campo? Cuales podrían ser y como podrían incidir en el trabajo?*

# 5\_EL PROCESO DE MEDICION (REPASO)

# PROCESO PARA CONOCER EL VALOR DE UNA MEDIDA

PROCESO



CONOCER EL VALOR



Puede ser

**SIMPLE** o **COMPLEJO**



**MEDIDA**

- Valor final del proceso
- Matemáticamente es una **VARIABLE**
- La **INCERTIDUMBRE** o **ERROR** es la magnitud de esa variación.

## CARACTERISTICAS DE LA MEDIDA

- Ninguna medida es exacta.
- Toda medida esta afectada de errores o incertidumbres.
- Nunca se conoce el verdadero valor de una dimensión.
- El error exacto que se comete en cualquier medida es siempre desconocido.

## CONJUNTO DE OBSERVACIONES

### CARACTERISTICAS:

- PRECISION: Grado de conformidad que presenta la serie de medidas entre si.
- EXACTITUD: Grado de conformidad que presenta la serie de medidas en relación al verdadero valor.
- INCERTIDUMBRE: Entorno alrededor de un valor estimado en donde existe determinada probabilidad de que se encuentre el verdadero valor de la magnitud.



$$\text{precisión} \propto \frac{1}{\text{incertidumbre}}$$

## CONJUNTO DE OBSERVACIONES

CALIDAD DE LAS  
OBSERVACIONES



Depende de diferentes factores,  
tanto objetivos como subjetivos:



- Precisión del instrumental.
- Condiciones ambientales.
- Visual del observador.
- Experiencia del operador.
- otros.



## MANEJO DE CIFRAS SIGNIFICATIVAS

### CANTIDADES APROXIMADAS

147,64 → 5 cifras significativas

0,0044 → 2 cifras significativas

17,710 → 5 cifras significativas

### CRITERIO DE REDONDEO:

- Si la cifra que se omite es  $<5$ , se elimina
- Si la cifra que se omite es  $\geq 5$ , se incrementa en 1 unidad la ultima cifra retenida

## MANEJO DE CIFRAS SIGNIFICATIVAS

### CANTIDADES APROXIMADAS

#### OPERACIONES:

- ADICION: El resultado debe redondearse al numero *mas chico* de decimales.

$$\begin{array}{r}
 165,21 \\
 149,7 \\
 + 65,495 \\
 \hline
 2,2167 \\
 \hline
 382,6217
 \end{array}
 \quad \rightarrow \quad
 382,6$$

- PRODUCTO: El resultado debe tener el mismo numero de cifras que el que tiene *menos números de cifras significativas* (excluyendo las constantes).

$$\begin{array}{c}
 \text{3 cifras} \qquad \qquad \text{3 cifras} \\
 \hline
 2 * ( 2,15 * 11,1234 ) = 23,9
 \end{array}$$

## MANEJO DE CIFRAS SIGNIFICATIVAS

### CANTIDADES APROXIMADAS

- POTENCIACION Y RADICACION: El resultado debe tener igual numero de cifras significativas que la base.

$$( 2,981 )^2 = 8.886$$

- CONSTANTES O CANTIDADES EXACTAS: no cuentan.

$$2 * ( 2,15 * 11,1234 ) = 23,9$$



constante

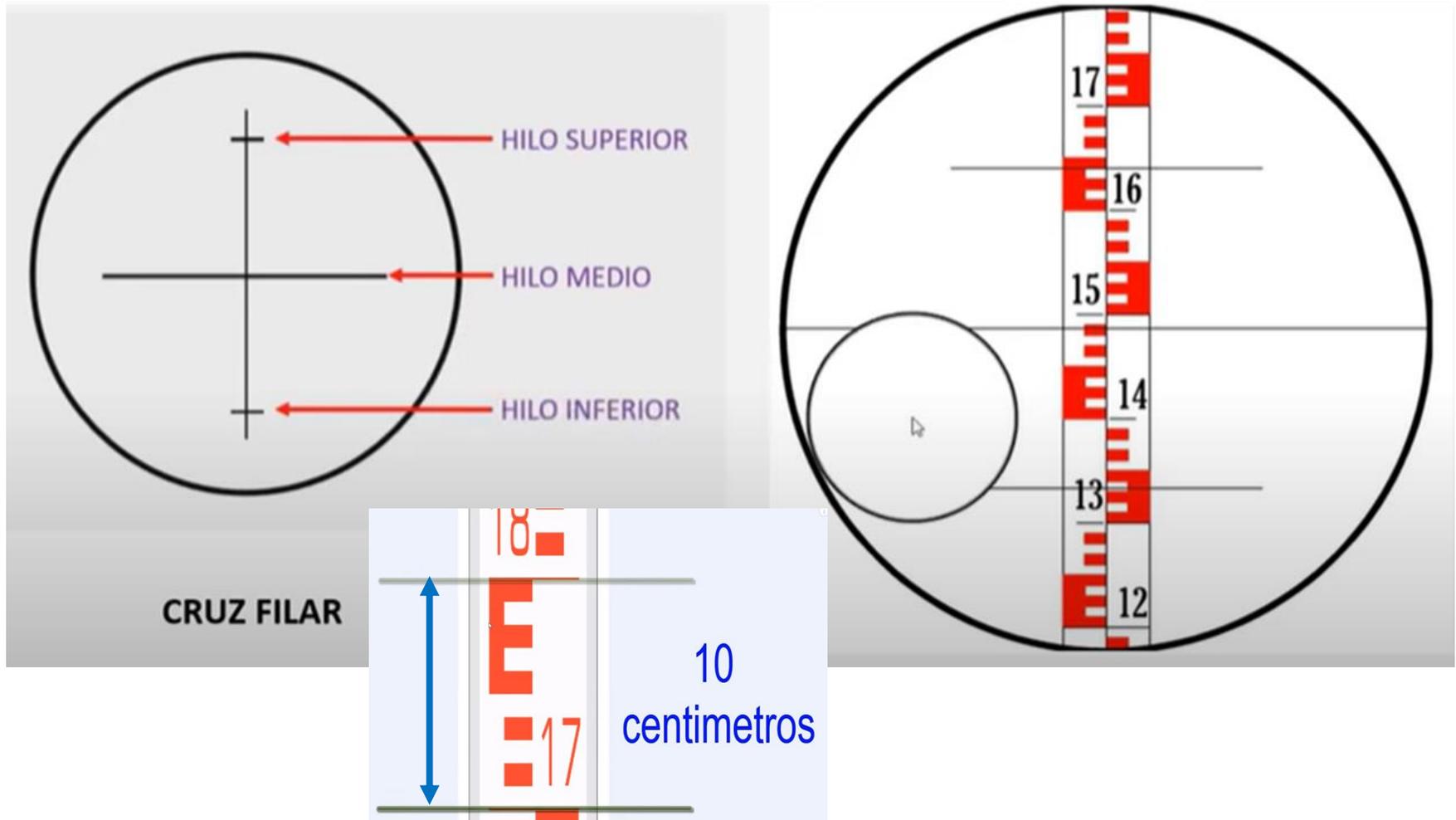
# 6\_LA NIVELACION GEOMÉTRICA COMO METODOLOGÍA

# CONCEPTOS GENERALES

## LECTURAS DE MIRA, APRECIACION Y ESTIMACION

# TIPOS DE MIRAS, LECTURAS, ESTIMACION Y APRECIACION

¿Que vemos cuando observamos la mira a través del anteojo?



# TIPOS DE MIRAS, LECTURAS, ESTIMACION Y APRECIACION

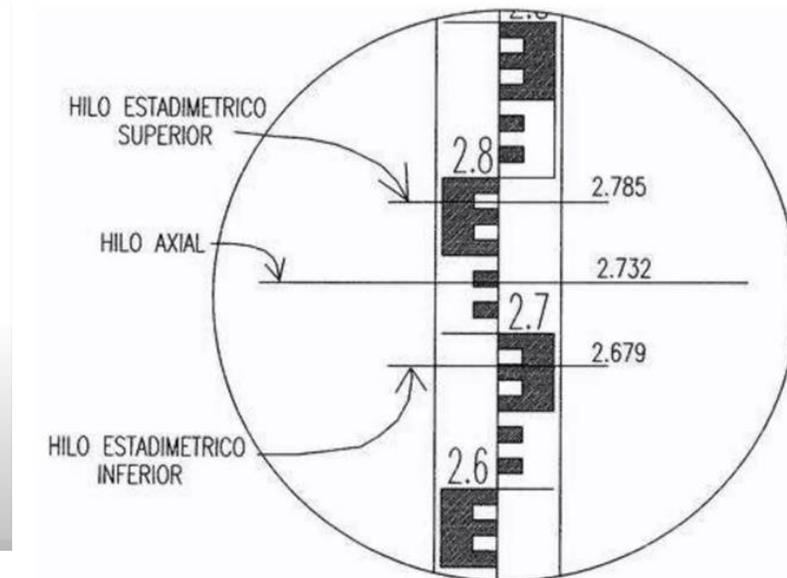
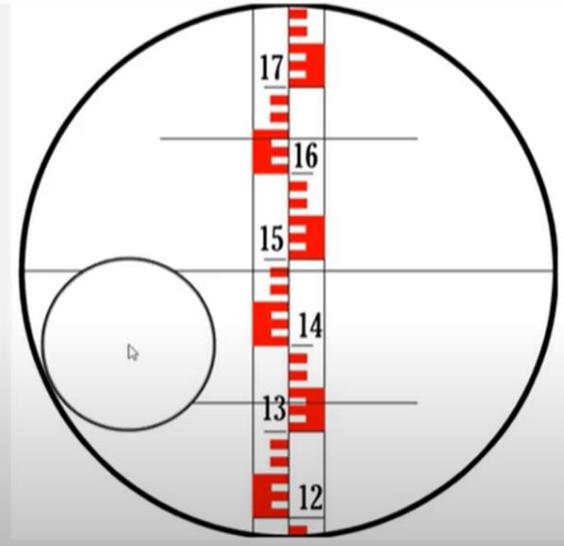
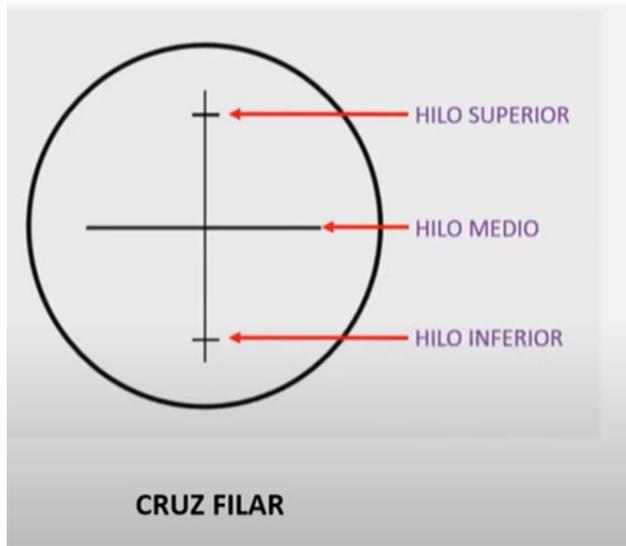
## TIPOS DE MIRAS

Existen diferentes tipos de miras, ya sea por el material con que están construidas (aluminio, madera) así como por el tipo de graduación (centímetros, milímetros, código de barras).

## RETICULOS - HILOS ESTADIMETRICOS:

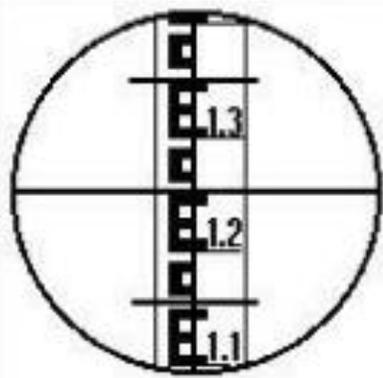
Los retículos estadimétricos llevan dos líneas finísimas paralelas o hilos equidistantes de la cruz filiar. La lectura de mira se realiza tomando como referencia el hilo axial (hilo medio).

En el caso de estadimetría (medición de distancias) se realizaran medidas con los hilos superior e inferior.



# TIPOS DE MIRAS, LECTURAS, ESTIMACION Y APRECIACION

REPASO DE UTILIZACION DE LOS HILOS ESTADIMETRICOS PARA LA MEDICION DE DISTANCIAS



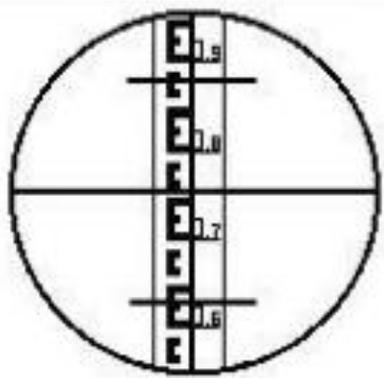
Hilo sup. 1.351  
 Hilo med. 1.252  
 Hilo inf. 1.153

Comprobación:  

$$\frac{1.350 + 1.153}{2} = 1.251$$

Distancia:  

$$(1.350 - 1.153) \times 100 = 19.70 \text{ mts.}$$



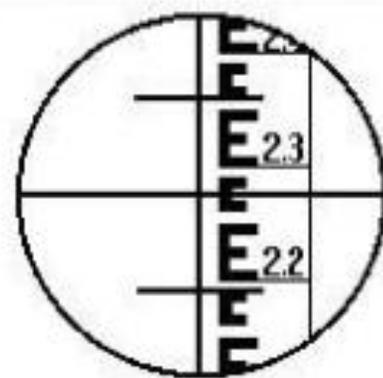
Hilo sup. 0.889  
 Hilo med. 0.759  
 Hilo inf. 0.629

Comprobación:  

$$\frac{0.889 + 0.629}{2} = 0.759$$

Distancia:  

$$(0.889 - 0.629) \times 100 = 26.00 \text{ mts.}$$



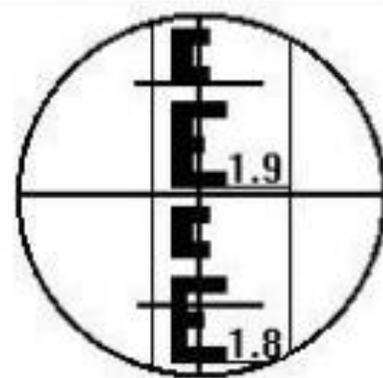
Hilo sup. 2.360  
 Hilo med. 2.275  
 Hilo inf. 2.190

Comprobación:  

$$\frac{2.360 + 2.190}{2} = 2.275$$

Distancia:  

$$(2.360 - 2.190) \times 100 = 17.00 \text{ mts.}$$



Hilo sup. 1.960  
 Hilo med. 1.896  
 Hilo inf. 1.832

Comprobación:  

$$\frac{1.960 + 1.832}{2} = 1.896$$

Distancia:  

$$(1.960 - 1.832) \times 100 = 12.80 \text{ mts}$$

## LECTURAS DE MIRA CONVENCIONALES, ESTIMACION Y APRECIACION

### LECTURAS DE MIRA

#### APRECIACION DE LA LECTURA:

¿Que es la apreciación?

Corresponde al valor que se lee directamente sobre la mira.

Es el valor que yo puedo asegurar que estoy leyendo.

**En la imagen la apreciación de la medida es de 1 metro 76 centímetros.**



#### ESTIMACION DE LECTURA:

Corresponde a la estimación de la distancia entre el hilo medio y la marca inferior que corresponde al centímetro medido; es el valor del milímetro en la expresión de la lectura.

Este valor no lo puedo asegurar ya que es un valor estimado, por lo que depende de varios factores como pueden ser:

- la calidad de la visión del observador (el ojo humano es también un instrumento de medida)
- la tendencia a enrasar la visión de los hilos, tanto hacia arriba como hacia debajo, de manera inconsciente
- las condiciones atmosféricas
- la buena visión que tenga al momento de realizar la lectura (aumento de instrumental, distancia mira-instrumento, etc.).

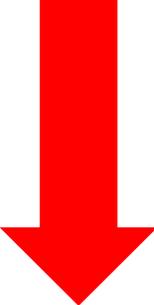
**En la imagen, la estimación de la medida corresponde a los milímetros que se ubican entre 1,76m y 1,77m.**

# CONCEPTOS GENERALES

## ERRORES INSTRUMENTALES Y METODOLOGICOS EN LA UTILIZACION DEL NIVEL OPTICO

# ERRORES INSTRUMENTALES DEL NIVEL

## ERRORES DEL NIVEL



¿CUAL ES LA UNIDAD DE MEDIDA DE CADA UNO?

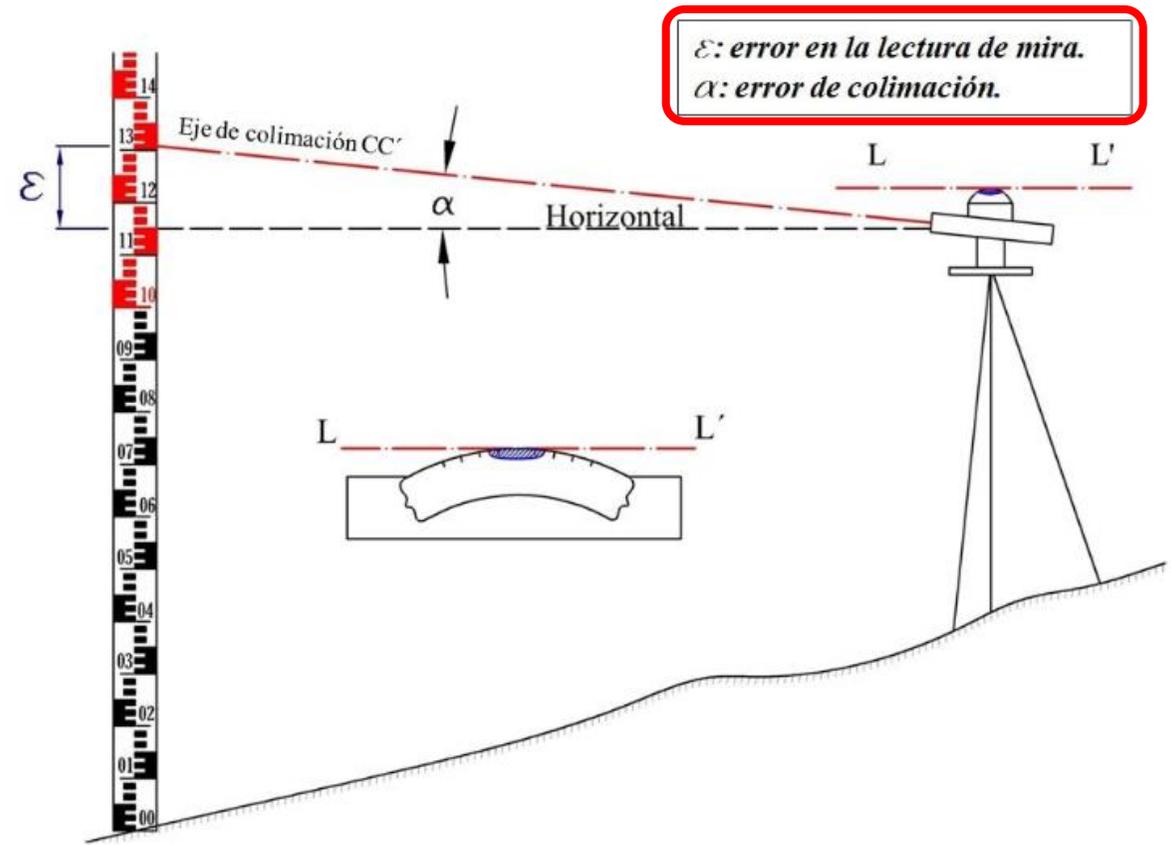


Figura 8: Error de colimación en un nivel de línea. Centrada la burbuja del nivel tubular, su eje LL' se halla en posición horizontal, pero al no ser paralelo con el eje de colimación, éste último no dirigirá visuales horizontales.

## NIVEL OPTICO - ERRORES

### ERRORES INSTRUMENTALES:

- **RETÍCULO:** los hilos no están perfectamente horizontal y vertical respectivamente.  
*¿Cómo puedo chequearlo en campo?*
- **LONGITUD Y DIVISIONES DE LA MIRA:** la mira debe ser chequeada con una cinta estandarizada (certificado calidad de fábrica)
- **MOVIMIENTO BASE NIVEL:** debido al mal ajuste de las patas del trípode  
*¿Cómo puedo minimizarlo o eliminarlo?*
- **Error de COLIMACIÓN:** la visual debe ser paralela a la directriz del nivel de la burbuja (horizontal) (CONDICIÓN FUNDAMENTAL)
- **Error de HORIZONTALIDAD:** depende de la sensibilidad del nivel y la distancia a la mira.
- **Error de PUNTERÍA:** asociado a los aumentos del sistema óptico del instrumento, y a la apreciación y estimación de la lectura de mira.

Error de LECTURA:

$$e_i = \sqrt{e_p^2 + e_h^2}$$

## NIVEL OPTICO - ERRORES

### ERRORES NATURALES:

- **Curvatura de la Tierra:** la superficie de nivel se aparta del plano horizontal.  
efecto: aumenta la lectura a medida que alejamos la mira del instrumento.
- **Refracción:** se debe al microclima cercano a la superficie del terreno (lo mejor es no medir en los primeros 0.50m de la mira).  
efecto: disminuye la lectura sobre la mira.
- **Variación de temperatura** (SOLO PARA NIVELACIONES DE PRECISIÓN): reverberación del aire por efectos del calor próximo a la superficie de la Tierra, objetos calientes próximos a la mira (ejemplo chimeneas).
- **Viento:** vibraciones sobre la mira y el trípode/instrumento.
- **Suelo inestable (nivel):** Precauciones: no caminar próximo al instrumento, lecturas rápidas, zona despejada de tránsito vehicular o de personas.
- **Punto de cambio inestable:** Precauciones: utilizar estacas o mojones que perduren el tiempo suficiente para desarrollar el trabajo; utilización de galápagos.

## NIVEL OPTICO - ERRORES

### ERRORES PERSONALES:

- **Burbuja descentrada:** la directriz del nivel de burbuja no es paralela a la visual, por lo que las medidas sobre la mira estarán afectadas de error.
- **PARALAJE:** enfoque incorrecto del objetivo o del ocular; la imagen del objeto y de los hilos del retículo deben formarse en un mismo plano.  
*¿Como se corrige?*
- **Lectura de mira incorrecta:** causas: condiciones climáticas (viento, lluvia) o error de paralaje; visuales muy largas, mal apreciación o estimación de la lectura sobre la mira, fuentes de calor cercanas, cansancio o distracción del operador.
- **VERTICALIDAD DE LA MIRA:** falta de verticalidad, desatención del “mirero”.  
*¿Como se evita?*

## NIVEL OPTICO - ERRORES

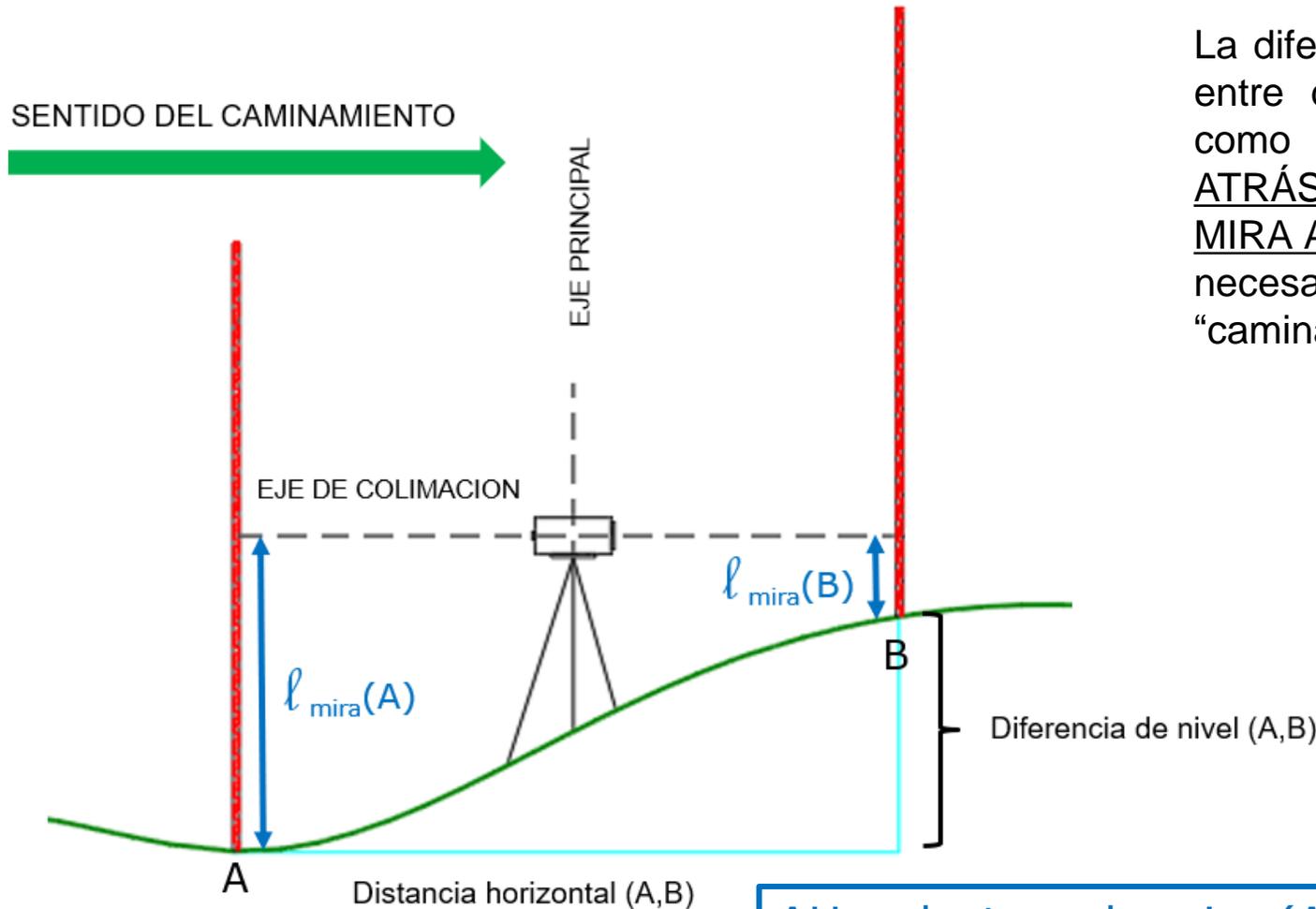
### EQUIVOCACIONES:

- **uso inadecuado de la mira:** olvidar extender uno de los extremos de la mira telescópica.
- **hilo del retículo:** equivocar el hilo medio con el superior o inferior al hacer la lectura.
- **error de anotación:** equivocar cifras, columna de planilla de campo, descripción del punto.
- **posición de trabajo equivocada:** apoyarse sobre el trípode al hacer la lectura, no corroborar la firmeza del trípode al inicio del trabajo, olvidar estacionar el instrumento, no chequear verticalidad de la mira.

# CONCEPTOS GENERALES

PLANO COLIMADOR, LECTURA ATRÁS Y  
ADELANTE, DIFERENCIA DE NIVEL,  
DIFERENCIA DE COTAS

**LECTURA DE MIRA – DIFERENCIA DE NIVEL ENTRE PUNTOS**



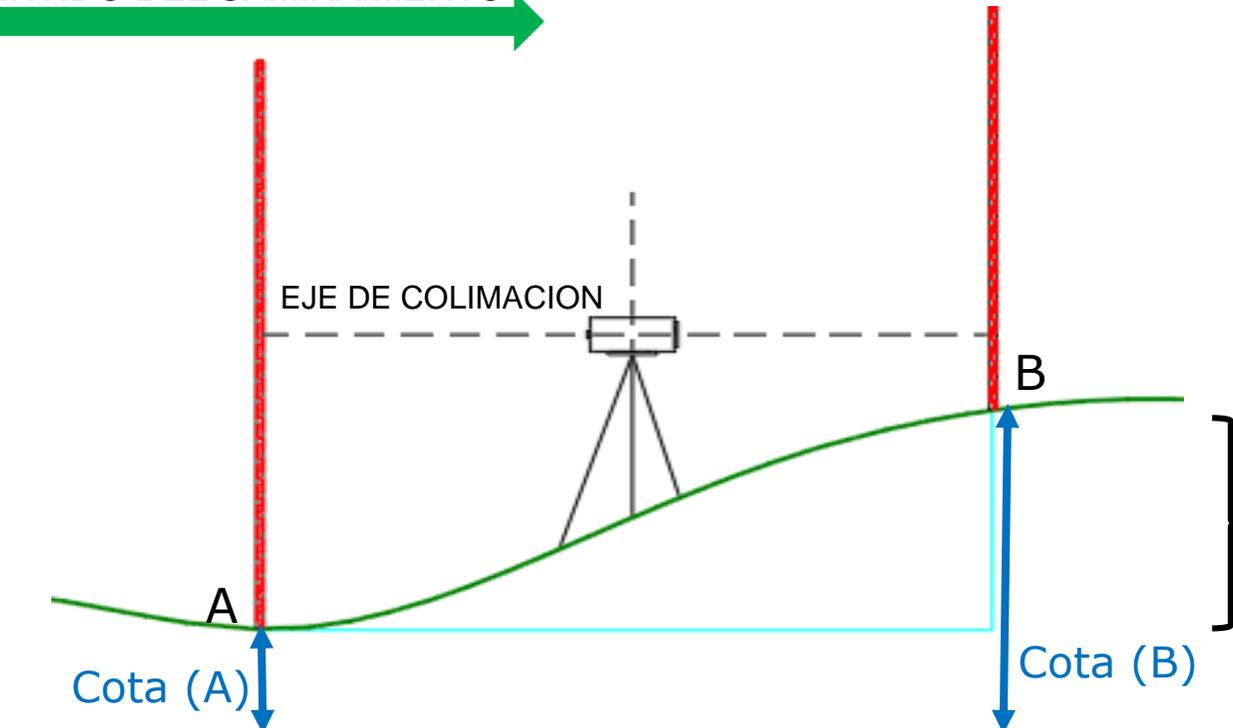
La diferencia de nivel o de altura entre dos puntos se determina como la LECTURA DE MIRA ATRÁS menos la LECTURA DE MIRA ADELANTE, para lo que es necesario conocer el sentido del “caminamiento”.

$\Delta H_{AB} = \text{lectura de mira (A)} - \text{lectura de mira (B)}$

**DIFERENCIA DE NIVEL y DIFERENCIA DE COTAS entre 2 puntos**

Diferencia cota entre A y B =  $COTA (B) - COTA (A)$

SENTIDO DEL CAMINAMIENTO →



La diferencia de cota entre dos puntos es la diferencia entre la COTA FINAL (B) menos la COTA INICIAL (A).

diferencia de nivel (A,B) =  
 diferencia de cota (A,B)

SUPERFICIE DE REFERENCIA

## DIFERENCIA DE NIVEL y DIFERENCIA DE COTAS entre 2 puntos

$$\Delta H_{AB} = \text{lectura de mira (A)} - \text{lectura de mira (B)}$$

lectura "atrás" - lectura "adelante"

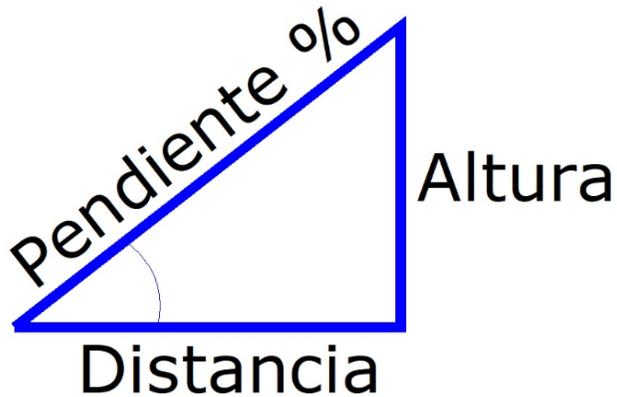
$$\text{Diferencia cota entre A y B} = \text{COTA (B)} - \text{COTA (A)}$$

¿Como interpretar el signo del resultado?

Diferencia con signo positivo (+)  el terreno "sube" de A hacia B  
 (pendiente positiva)

Diferencia con signo negativo (-)  el terreno "baja" de A hacia B  
 (pendiente negativa)

## REPASO: CALCULO DE PENDIENTE (PORCENTUALMENTE Y ANGULARMENTE)



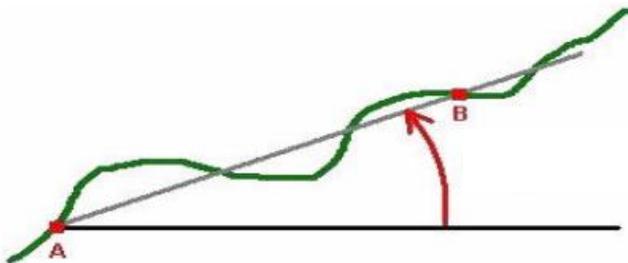
Calculo del valor de la Pendiente en porcentaje:

$$\text{Pendiente (\%)} = \left( \frac{\text{Altura}}{\text{Distancia}} \right) \times 100$$

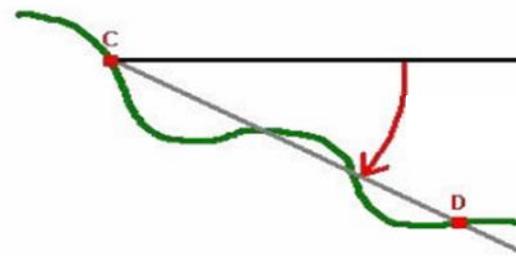
Calculo del valor angular de la pendiente:

$$\text{Pendiente (}^\circ\text{)} = \text{arctg} \left( \frac{\text{Altura}}{\text{Distancia}} \right)$$

Signo de la pendiente:



Pendiente POSITIVA (+): el terreno sube



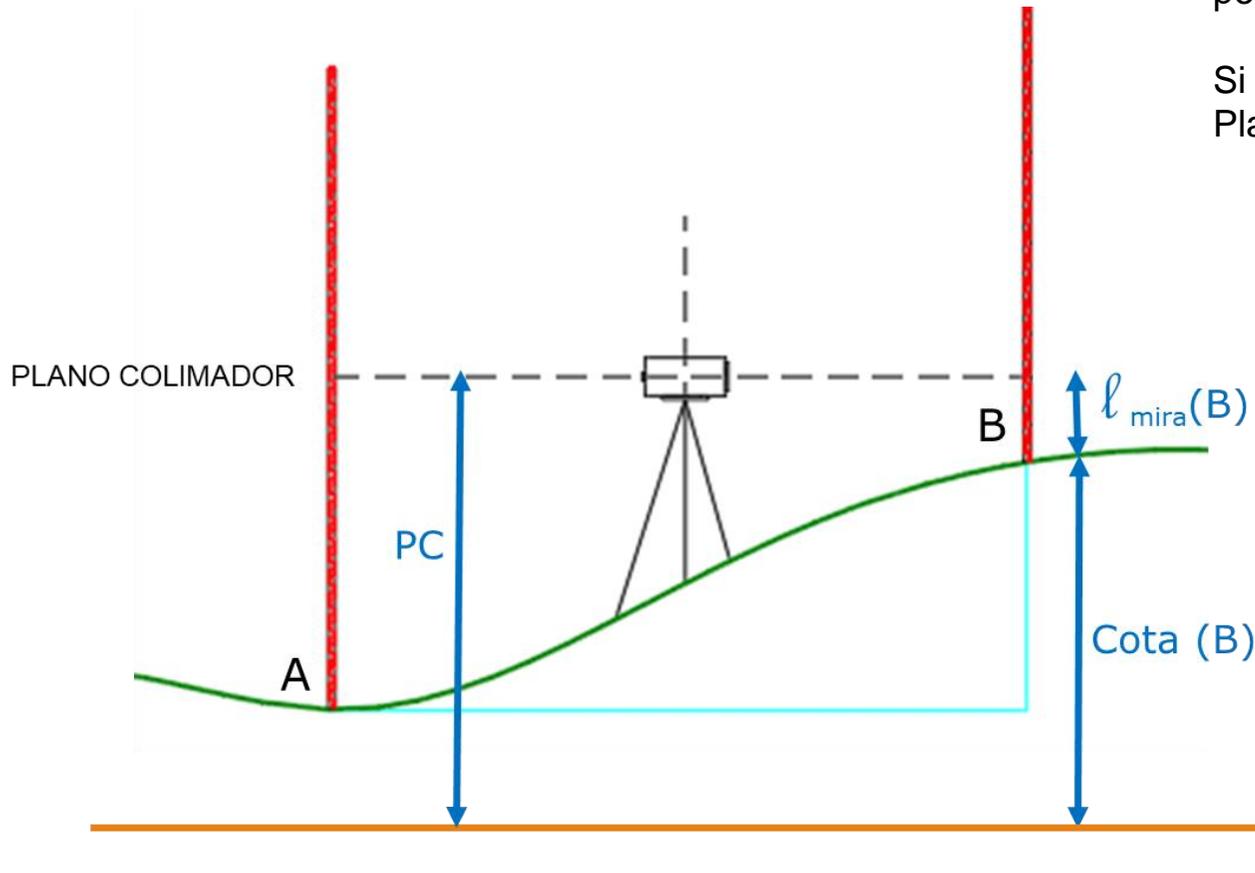
Pendiente POSITIVA (-): el terreno baja

**RELACION COTA – LECTURA DE MIRA – PLANO COLIMADOR EN UN PUNTO**

$$PC = COTA (B) + l_{mira}(B)$$

El PLANO COLIMADOR se mantiene constante para todas las lecturas de mira que realizamos desde la misma posición (estación) del nivel.

Si movemos el nivel se modifica el Plano Colimador.



SUPERFICIE DE REFERENCIA