CURSO:

APLICACIONES DE LA TOPOGRAFÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: *TAQUIMETRÍA*

Por Cristian León Fourrey

I N D I C E

UNIDAD I: 1. ¿QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA TAQUIMETRÍA?

1.1 Áreas en que se utiliza la topografía

1.2 Instrumentos a utilizar según la labor a realizar: Teodolito

1.3 Chequeo de instrumental

1.1 Áreas en que se utiliza la topografía

Los egipcios los llamaban los “estira-cuerdas”, eran miembros de una antigua agrupación encargada de volver a señalar todos los años, con fines tributarios, los límites de las propiedades tras los desbordamientos del río Nilo.

Los acueductos y las carreteras romanas –en muchos casos todavía en existencia- dan testimonio de los sorprendentes logros de los tiempos romanos en el campo de la topografía. Los primeros topógrafos obtuvieron impresionantes resultados con escasos instrumentos. Alrededor del año 200 a.E.C., el astrónomo, matemático, y geógrafo griego Eratóstenes calculó la circunferencia del globo terrestre.

Con el paso del tiempo, distintas personas fueron complementando experiencias y conocimientos de sus estudios y, gracias a ellos, tenemos valiosa información de nuestro planeta y se han logrado grandes avances en la implementación de mejores instrumentos de uso cada vez más masivo.

Ahora, la topografía, está en todas partes. Cada vez son más las áreas en las que se incluye esta disciplina. Básicamente, se ha ido incorporando con la finalidad de hacer más exactos los resultados esperados, especialmente en los que se relacionan con demarcaciones, límites, horizontalidad, verticalidad, dimensiones exactas, asignación de coordenadas, replanteos, etc.

En sí, topografía (dibujo de la tierra) no solo se limita a representar, en planos, sectores de terrenos. Se han dado nuevas aplicaciones a esta disciplina. Por ejemplo, ya se habla de geomensura o agrimensura (medición de la tierra). Es posible hacer estudios complejos de grandes sectores del planeta. Por convención, cuando se habla de geomensura, se entiende que abarca más estudios, trabajar en grandes sectores (considerando la curvatura de la Tierra) e incluso, estudios relacionados con astronomía. Cuando se habla de topografía, se entiende que se refiere a mediciones y cálculos, en sectores pequeños (donde se considera la Tierra como plana). En el caso de la taquimetría, se puede hablar de topografía principalmente por el uso y aplicación de un instrumento topográfico: el ***Teodolito***. Por su precisión, se ha incorporado a muchas labores de construcción.

Uno de los objetivos principales de este curso es:

Potenciar el uso del instrumental topográfico conociéndolo a profundidad y colocando un fundamento matemático a su manejo.

En sí, son muchas las áreas en las que se utiliza, como en las siguientes:

Minería

Alineaciones para demarcaciones de tiros
Delimitaciones de bancos, en minas de rajo abierto
Apoyo en exploración geológica

Movimiento de Tierra

Cálculo de material a cortar, rellenar o mover.
Proyecciones de mejor rasante

Montaje

Armado de motores de gran y mediana dimensión
Armado de puentes de grúa
Colocación de pernos de anclaje
Estructuras en general

Construcción Habitacional

Loteos
Tablestacados
Cierres
Niveles de terrazas
Lozas
Cámaras de inspección
Pendientes de alcantarillados

Obras Civiles

Colocación de moldes para hormigones
Alineación de armados metálicos
Aducciones
Bases de estructuras

Obras viales

Ejes de caminos
Peraltes y bombeo
Deflexión de curvas
Pendientes

Levantamientos de terrenos

Confección de diversos tipos de planos:
- Planimetría
- Con curvas de nivel
- Perfiles longitudinales y transversales

Batimetrías

Determinación de beriles en el fondo marino
Estudios Geográficos

1.2 Instrumentos a utilizar según la labor a realizar

El Taquímetro

Se puede definir como el conjunto de elementos ópticos y geométricos que permiten medir ángulos horizontales y verticales, con otros accesorios, medimos distancias. También, aseguramos la verticalidad de piezas de interés. La finalidad de medir ángulos, es para determinar ejes verticales y horizontales, tomar estados de estructuras, edificaciones, terrenos los cuales nos permitirán hacer representaciones en láminas técnicas.

Como en todo orden de cosas, los taquímetros, han ido avanzando en tecnología y facilidad de uso. Antiguamente, los teodolitos, tenían visión invertida y los ángulos estaban graduados en limbos metálicos en el exterior de los instrumentos y las subdivisiones de los grados se contaban en las líneas que indicaban los nonios. Hoy, contamos con taquímetros electrónicos con visión directa, pantallas digitales, selector de medida angular (sexagesimal o centesimal), selector de orientación para ángulos verticales, incluso muchos cuentan con adaptaciones para montar distanciómetros. Sí conviene aclarar que, aunque existen equipos electrónicos, muchas personas prefieren los instrumentos ópticos. Esto se debe a que con estos últimos, es posible estimar mediciones entre subdivisiones marcadas. También son preferidos por sus materiales durables y confiables.

Aún cuando estamos familiarizados con la palabra taquímetro, en rigor, taquímetro se llama a los que son electrónicos y tienen la capacidad de medir distancias en forma directa. Al instrumento que sólo mide ángulos horizontales y verticales, se le llama teodolito, y, al teodolito con brújula incorporada se le llama taquítopo. Así, podemos hablar de teodolitos (óptico-mecánicos) y teodolitos electrónicos (con pantalla digital).

Para una mejor visualización de los equipos, sugerimos ver las láminas tituladas para cada equipo.

Los teodolitos, se pueden clasificar por sus características físicas en:

Óptico-mecánicos: Son los instrumentos que cuentan con un microscopio para visualizar las lecturas angulares. La visión en el microscopio es posible por iluminación exterior al equipo, generalmente iluminación solar, con ayuda, generalmente, de un espejo móvil.

Electro-ópticos: Son instrumentos que cuyo microscopio es iluminado por luz exterior pero, también es posible iluminarlo a través una ampolleta interna energizada con baterías secas. La fuente de iluminación depende del operador.

Electrónicos: Estos equipos son totalmente distintos, ya que no poseen microscopios para la lectura angular. Estos instrumentos, poseen una pantalla digital en la que se leen los ángulos horizontales y verticales. No se valen de luz solar, las lecturas angulares las realiza un receptor láser.

Además cada unos de estos tipos de teodolitos pueden ser:

Sexagesimal: un recto = 90°

Centesimal: un recto = 100^g

Horizontal: El 0 vertical está en el horizonte, es decir, perpendicular al eje vertical del instrumento.

Nadiral: El 0 vertical está justo hacia abajo, en el mismo sentido que las líneas de la fuerza de gravedad

Cenital: El 0 vertical está justo hacia arriba, en sentido contrario a las líneas de fuerza de gravedad. Esta es la forma más usual en que viene configurados los teodolitos.

Con micrómetro: El micrómetro es un elemento que permite leer ángulos y sus subdivisiones con más exactitud, generalmente se logran estas lecturas con sistemas de coincidencia (“peinetas”)

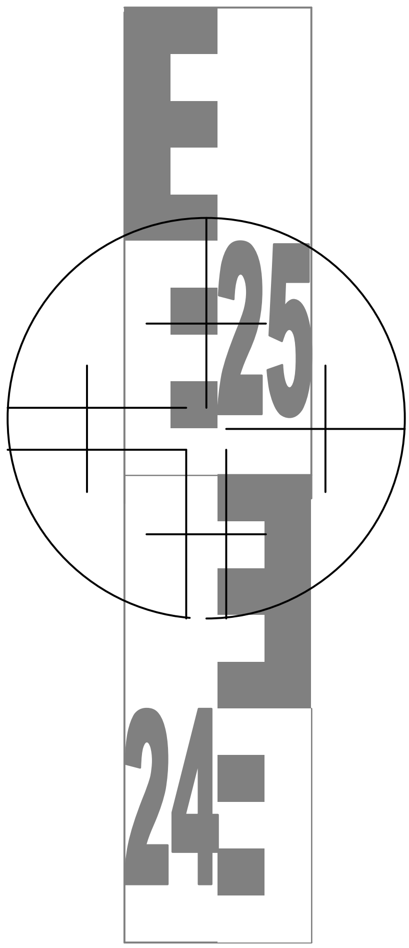
Los teodolitos también cuentan con sistemas de compensación vertical. Estos sistemas tienen la función de asegurar las mediciones verticales, para asegurar que la referencia de inicio, o 0, sea exacta. Existen distintos tipos de compensadores:

Con Sistema de compensación automático: es muy similar a los sistemas de compensación de los niveles. Tienen cintas de suspensión, contrapesos y prismas. Si el teodolito es girado o visa otro punto, esos cambios son absorbidos por este sistema y asegura que el inicio o 0 esté en su correcta ubicación. En el caso de los equipos cenitales, asegura que el 0 está justo hacia arriba.

Con Compensador con nivel tubular: Para cada lectura diferente de ángulos verticales se debe centrar un nivel tubular, así se busca asegurar la perpendicularidad de este nivel tubular con el eje óptico del teodolito.

Con Compensador de aceite: Consiste en un sistema que consta con un recipiente con fondo transparente que contiene un aceite de viscosidad especial. La proyección de los ángulos verticales que vemos en el microscopio, atraviesa este aceite. Al girar el teodolito o visar otro punto, cualquier leve inclinación es absorbida por el aceite, es decir al acomodarse por gravedad, y por propiedades físicas y ópticas, se mantiene la ubicación del inicio o 0 vertical.

Retículo de Teodolito y lectura en la mira



Para este caso, tenemos:

Hilo superior: 2,532

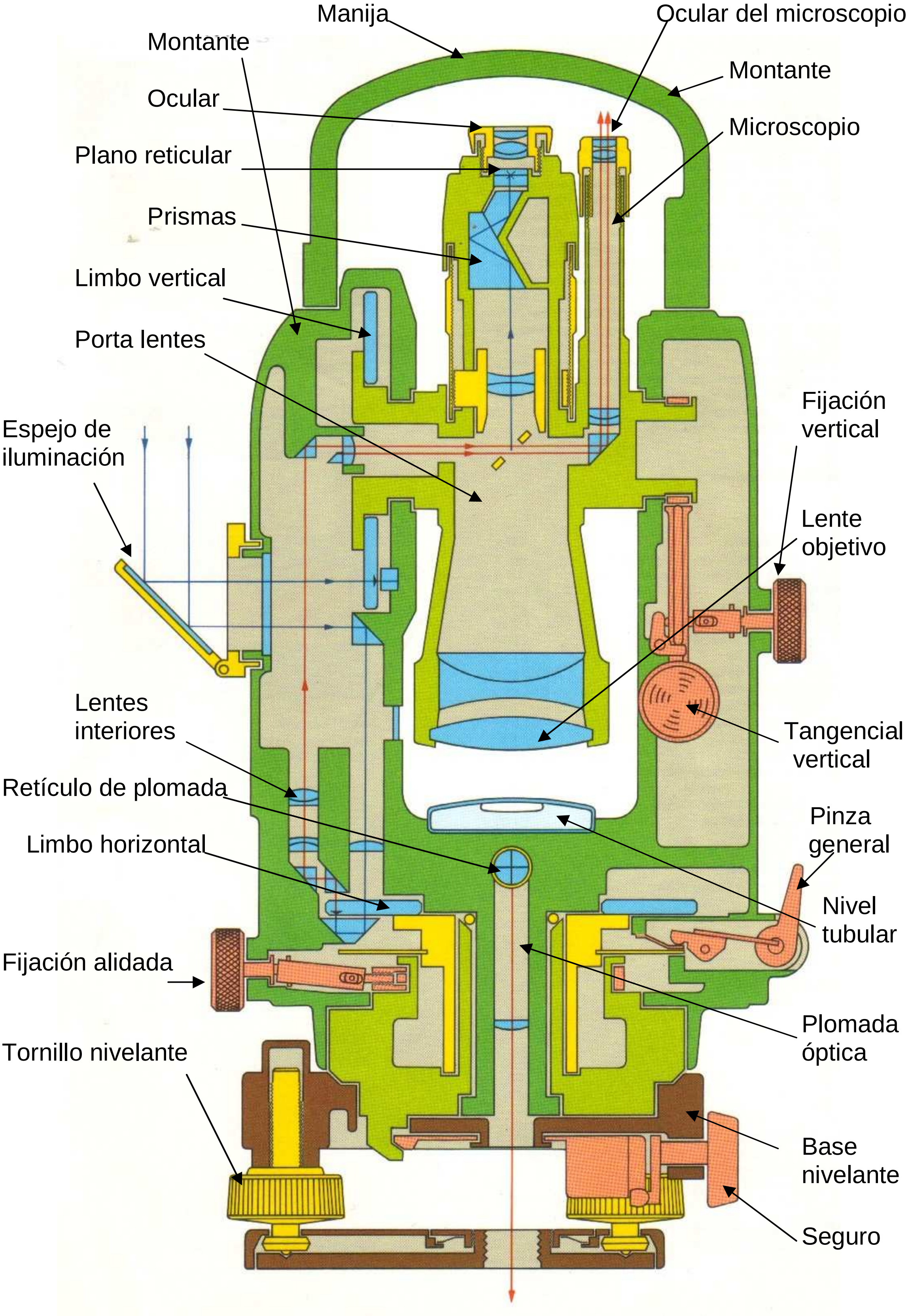
Hilo medio (hilo horizontal): 2,509

Hilo inferior: 2,487

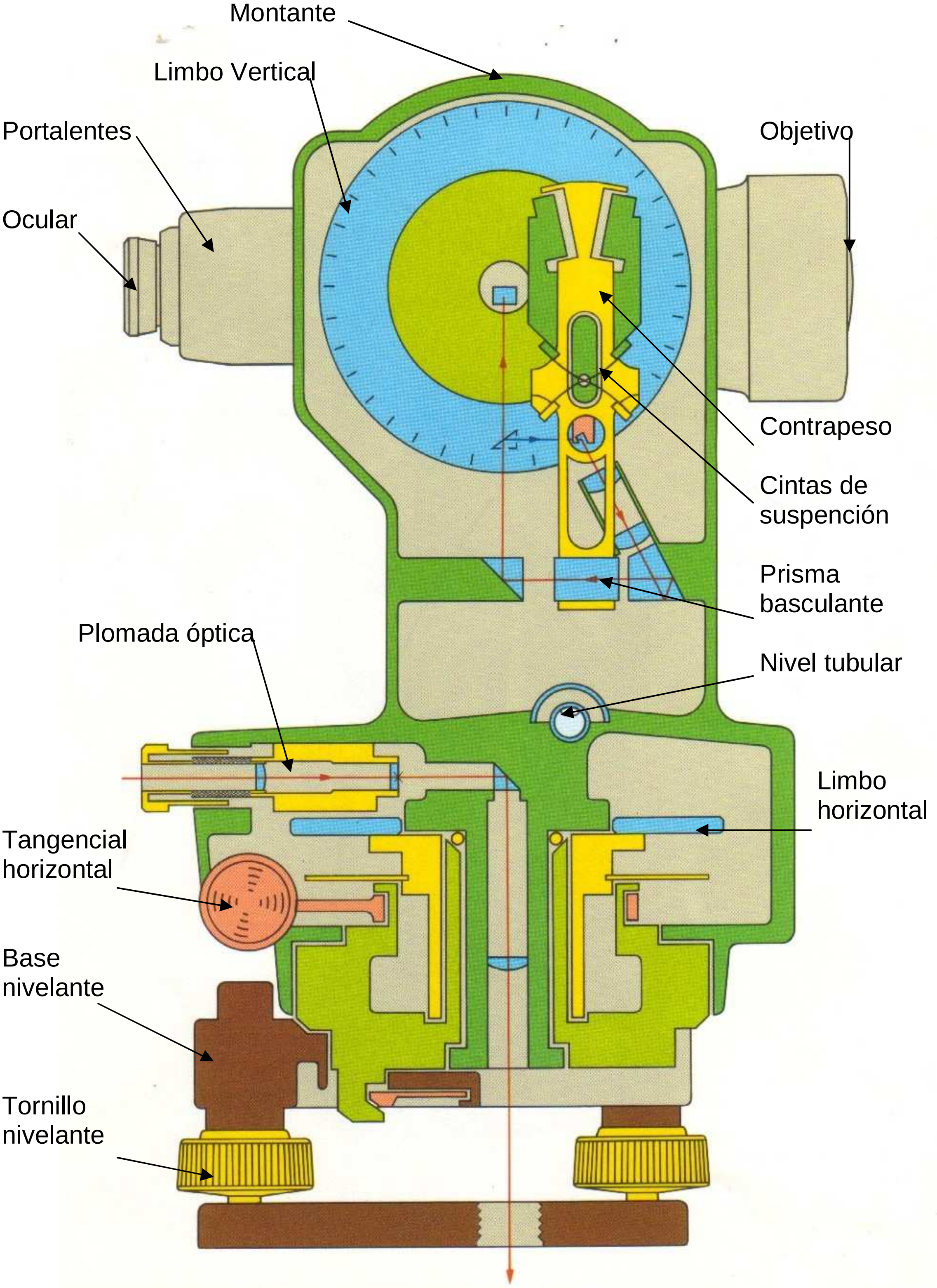
Para asegurar las lecturas, se recomienda comprobar:

$$Hm = \frac{Hs + Hi}{2}$$

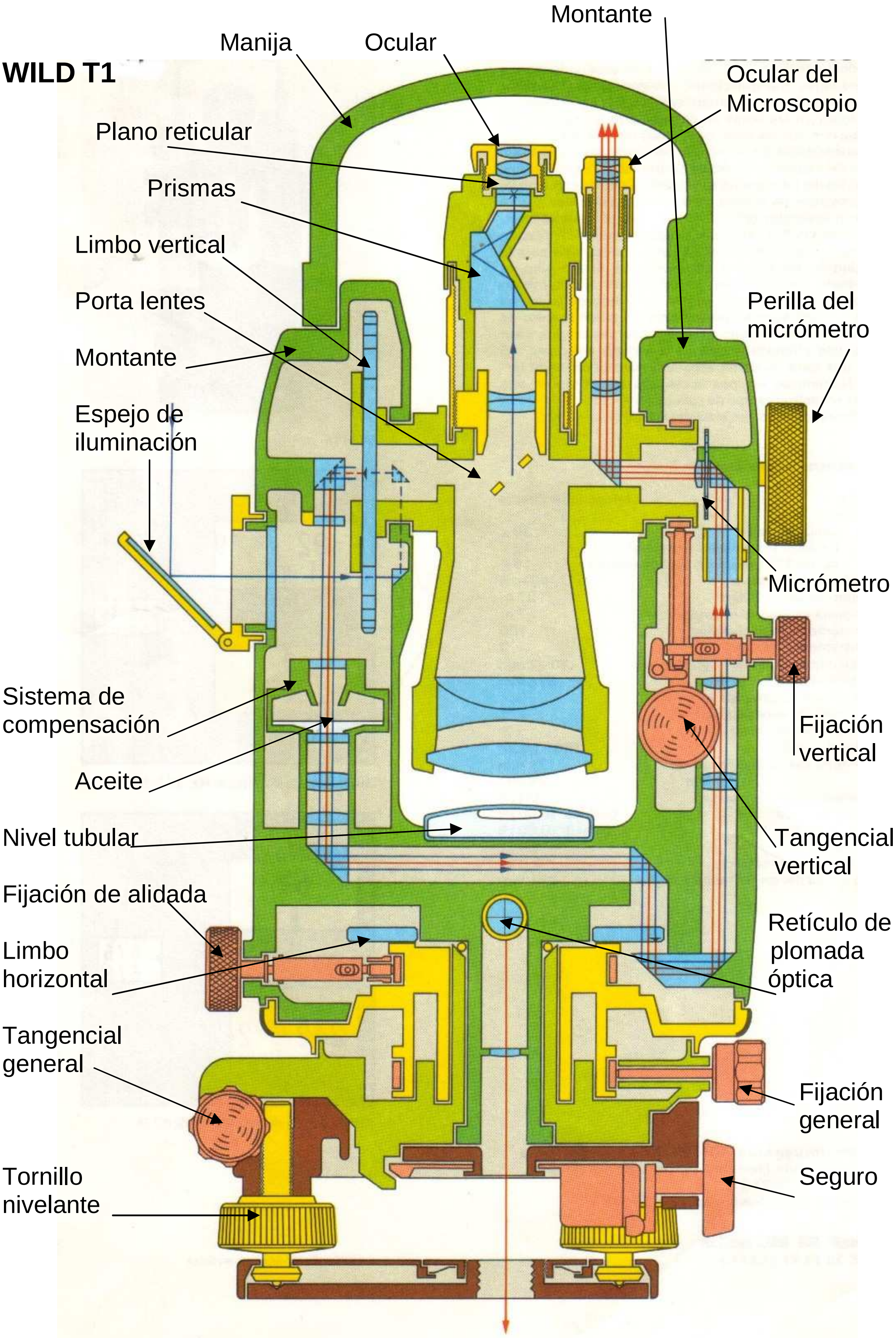
WILD T16

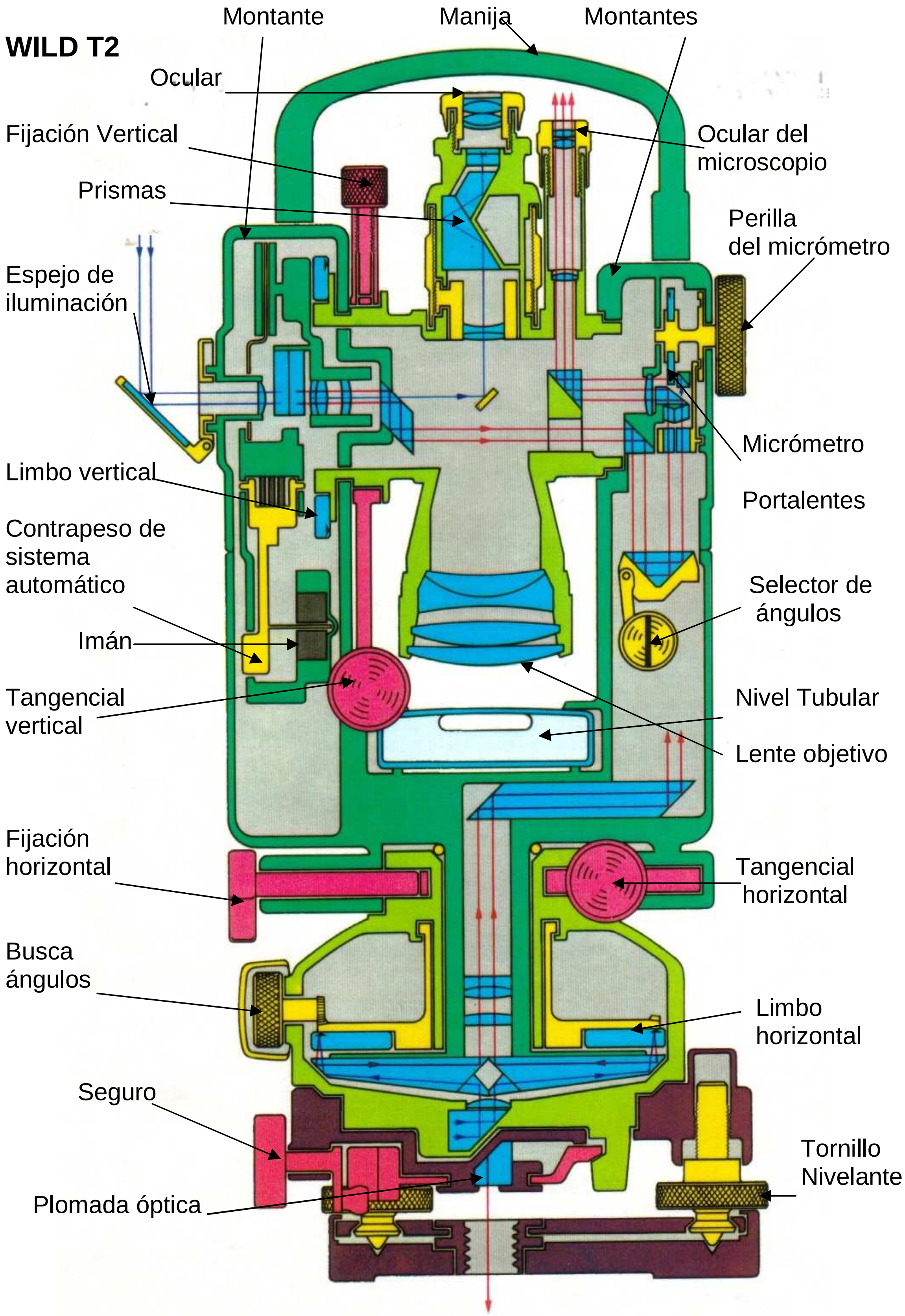

Manija
Ocular del microscopio
Montante
Ocular
Montante
Microscopio
Plano reticular
Prismas
Limbo vertical
Porta lentes
Espejo de
iluminación
Fijación
vertical
Lente
objetivo
Lentes
interiores
Tangencial
vertical
Retículo de plomada
Pinza
general
Limbo horizontal
Nivel
tubular
Fijación alidada
Plomada
óptica
Tornillo nivelante
Base
nivelante
Seguro

WILD T16


Montante
Limbo Vertical
Portalentes
Ocular
Objetivo
Contrapeso
Cintas de suspención
Prisma basculante
Plomada óptica
Nivel tubular
Limbo horizontal
Tangencial horizontal
Base nivelante
Tornillo nivelante

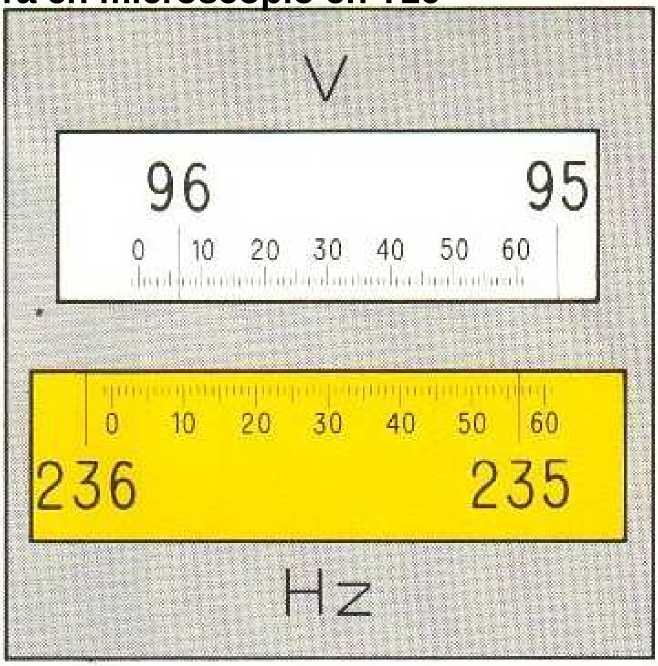
WILD T1


Montante
Manija
Ocular
Ocular del Microscopio
Plano reticular
Prismas
Limbo vertical
Porta lentes
Perilla del micrómetro
Montante
Espejo de iluminación
Micrómetro
Sistema de compensación
Fijación vertical
Aceite
Nivel tubular
Tangencial vertical
Fijación de alidada
Retículo de plomada óptica
Limbo horizontal
Tangencial general
Fijación general
Tornillo nivelante
Seguro

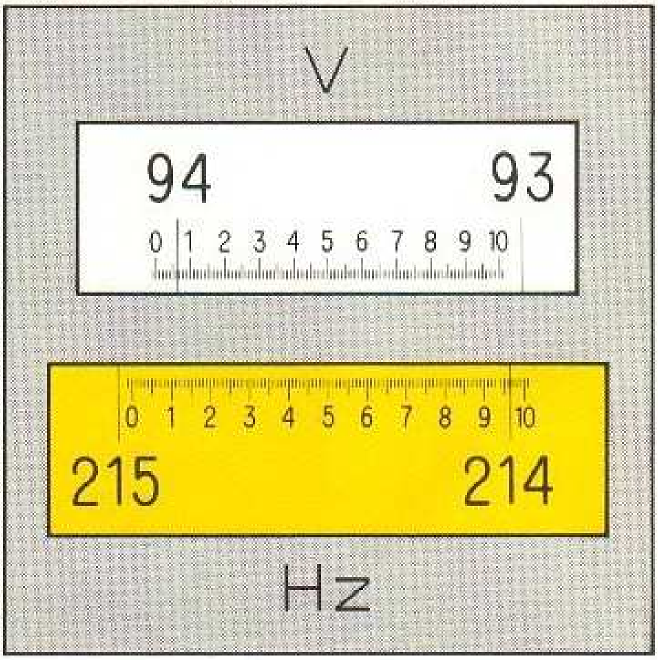


WILD T2
Montante
Manija
Montantes
Ocular
Fijación Vertical
Ocular del microscopio
Prismas
Perilla del micrómetro
Espejo de iluminación
Micrómetro
Limbo vertical
Portalentes
Contrapeso de sistema automático
Selector de ángulos
Imán
Tangencial vertical
Nivel Tubular
Lente objetivo
Fijación horizontal
Tangencial horizontal
Busca ángulos
Limbo horizontal
Seguro
Tornillo Nivelante
Plomada óptica

Lectura en microscopio en T16

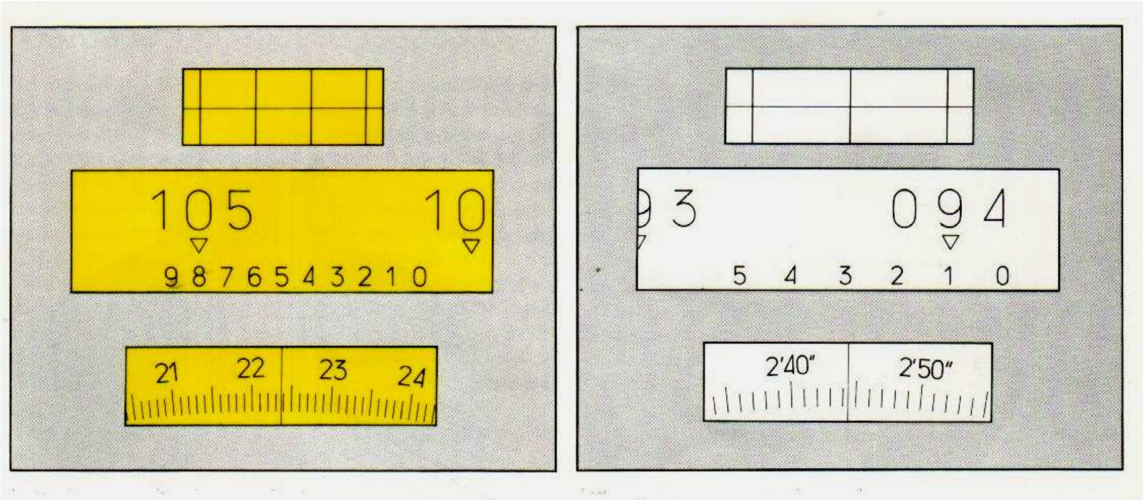


360° Lectura:
del círculo vertical 96° 06,5′
del círculo horizontal 235° 56,4′



400^g Lectura:
del círculo vertical 94,064^g
del círculo horizontal 214,964^g

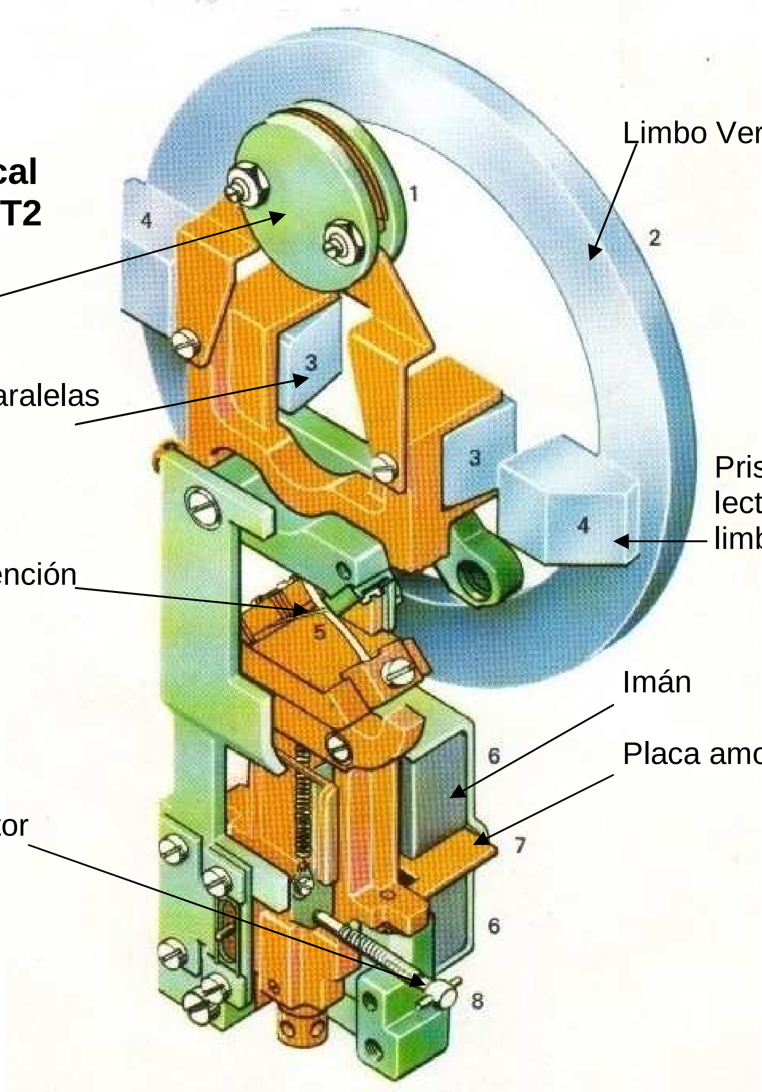
Lectura en T2, con micrómetro



Lectura horizontal: $105^{g}82^{c}24^{cc}$

Lectura vertical: 94°12'44''

Índice vertical automático T2



1.3 Chequeo de instrumental

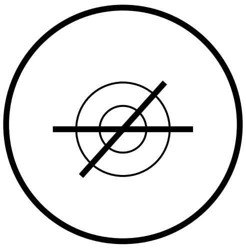
TEODOLITO

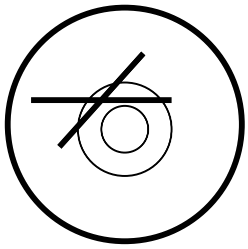
Plomada Óptica

- Ponga el instrumento sobre un trípode, no es necesario nivelarlo

- Cale un punto fijo en el suelo con el retículo de la plomada óptica.

- Gire el teodolito 2 rectos y vea si aún continúa el centro de la Plomada Óptica en el punto. Haga lo mismo en 3 rectos. En cualquier posición debe está siempre centrado el medio de la Plomada Óptica en el punto, de lo contrario está descorregida.





Posición inicial   Segunda Posición (descorregida)

Nivel Tubular

- Instale el teodolito centrando primero el Nivel Esférico.

- Afine la nivelación centrando el Nivel Tubular en posición paralela a 2 Tornillos Nivelantes (posición 1).

- Gire el teodolito en un recto (posición 2).

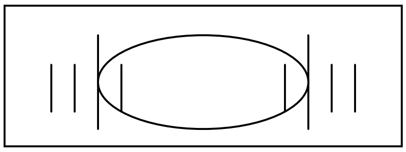
- Centre el Nivel Tubular en esa posición.

- Regrese a la posición inicial y, si es necesario, centre el Nivel Tubular.

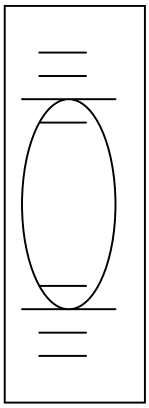
- Vuelva a posición 2 y centre el Nivel Tubular.

- Repita la operación hasta que la burbuja permanezca centra en posición 1 y en posición 2.

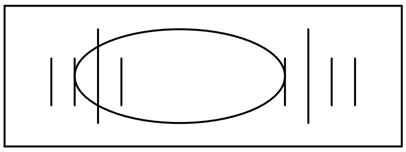
- Gire el teodolito 2 rectos respecto a la posición 1. La burbuja debería permanecer centrada, si no está descorregida.



Primera posición



Segunda posición, girado un recto



Tercera posición, girado 2 rectos (tubular descorregido)

Ángulos Horizontales

- Una vez que está el teodolito nivelado, cale en cero grados (0^g) una referencia vertical lejana o muy fina.

- Gire en 2 rectos el teodolito y vuelva a calar la referencia vertical, es decir cale el punto en tránsito

- La lectura angular debería ser 200^g (180°), 2 rectos. De no ser así, significa que el equipo está descolimado, o sea, el eje óptico no coincide con el eje del instrumento.

Ángulos Verticales

- Estando nivelado el equipo, cale a una referencia horizontal muy fina o lejana.

- Anote la lectura angular (L1).

- Gire en 2 rectos el teodolito y cale en la misma referencia horizontal, es decir, cale el punto en tránsito.

- Anote la lectura angular (L2).

- Sume L1 + L2. El resultado debería ser 400^g (360°). Si el resultado es distinto, significa que el instrumento tiene error en el índice vertical.

Por mínimas que sean las variaciones, se tomará nota de ellas. En el caso de los teodolitos, las exigencias son mucho más elevadas que las permitidas para niveles tradicionales.

UNIDAD II: 2. APLICACIÓNES MATEMÁTICAS

2.1 Fórmulas de área y perímetro de formas básicas

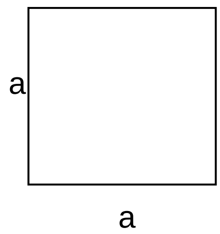
2.2 Visualización de la geometría analítica básica

2.3 “Replanteo”: cómo llevar a terreno los planos

2.1 Fórmulas de área y perímetro de formas básicas

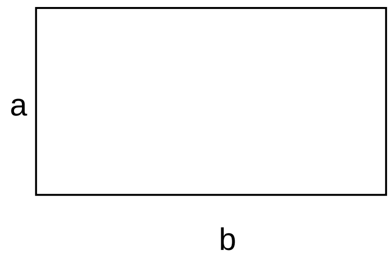
Cuadrado:

$$P = 4 \cdot a$$
$$A = a^2$$



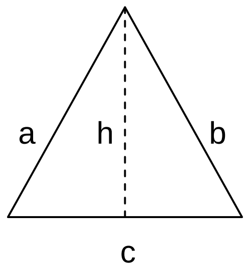
Rectángulo:

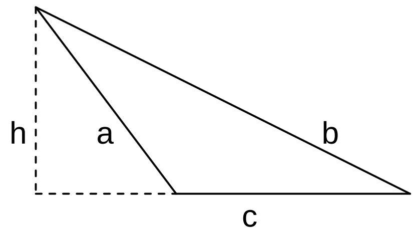
$$P = 2 \cdot a + 2 \cdot b$$
$$A = a \cdot b$$



Triángulo:

$$P = a + b + c$$
$$A = \frac{B \cdot h}{2}$$



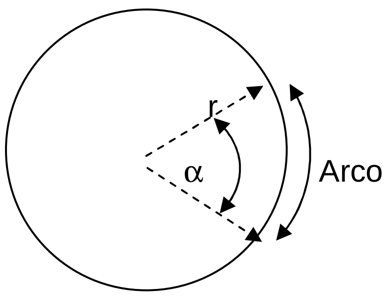


Para este caso, h = altura; c = base B

Circunferencia:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r$$
$$A = \pi \cdot r^2$$

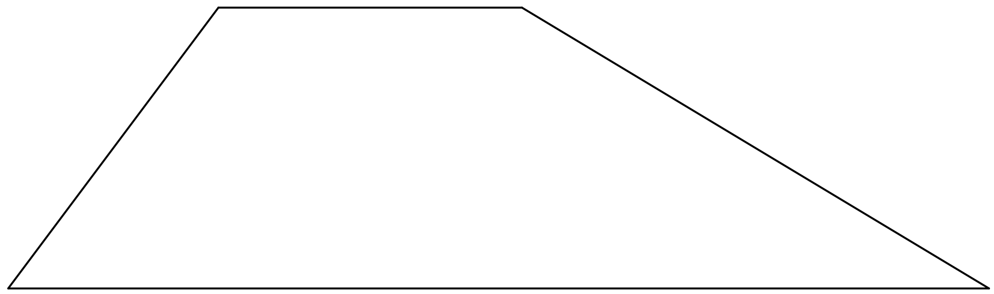
r = radio



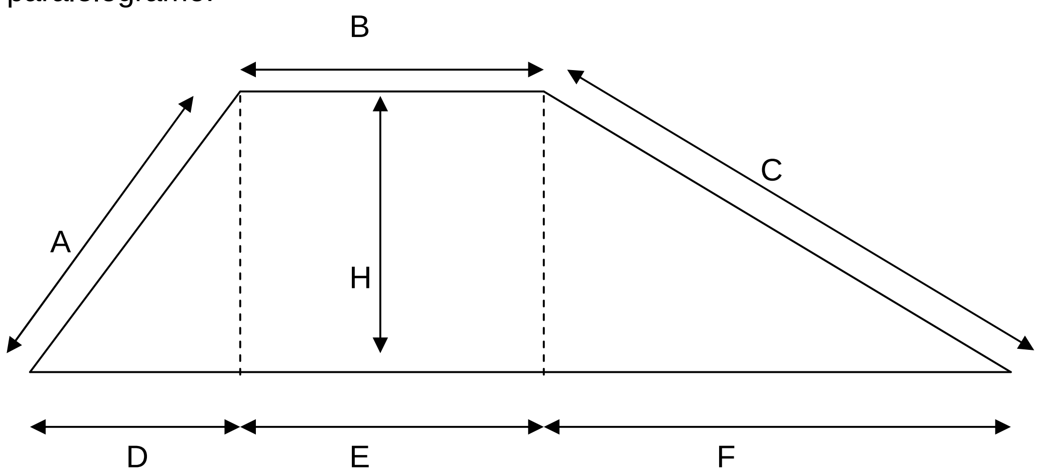
$$Arco = \alpha \cdot r$$

Descomposición de figuras geométricas:

“ingenio” para otras formas:



Esta figura, por ejemplo, se puede “descomponer” en dos triángulos y un paralelogramo.



Restamos el lado superior al lado inferior y obtenemos las dos bases de los triángulos.

Aplicando el teorema de Pitágoras, obtenemos los valores que nos faltan.
Por ejemplo:

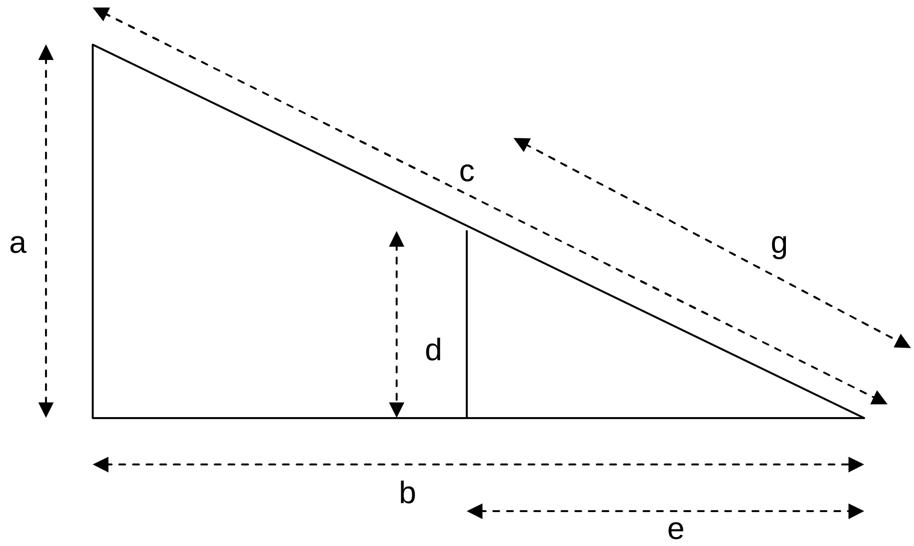
$$A = \sqrt{D^2 + H^2}$$

$$A^2 - H^2 = D^2$$

2.2 Visualización de la geometría analítica básica

Teorema de Thales de Mileto

También se conoce como teorema de los triángulos semejantes. Se basa en las proporciones que guardan 2 triángulos rectángulos en la siguiente situación:



Entonces, el teorema afirma que:

"Altura ***a*** es a base ***b*** como altura ***d*** es a base ***e***"

Expresado en fórmula:

$$\frac{a}{b} = \frac{d}{e}$$

Por lo anterior, si conocemos el valor de 3 de estas variables, podemos determinar el valor de la cuarta.

La forma es la siguiente:

Regla nemotécnica:

"Tapamos la variable faltante, multiplicamos cruzado y dividimos por la que sobra"

Es decir, si queremos saber el valor de a:

$$a = \frac{b \cdot d}{e}$$

Porcentaje de pendientes

Se puede ocupar la misma regla para determinar porcentajes de pendientes o saber cuánto sube un punto respecto a la horizontal con una pendiente conocida.

Ejemplo:

Si hablamos de una pendiente de 3%, significa que en 100 sube 3. Si queremos saber cuanto sube un punto a una distancia horizontal de 25, con una pendiente de 3%, tenemos:

$$\frac{100}{3} = \frac{25}{x}$$
$$x = \frac{3 \cdot 25}{100}$$
$$x = 0{,}75$$

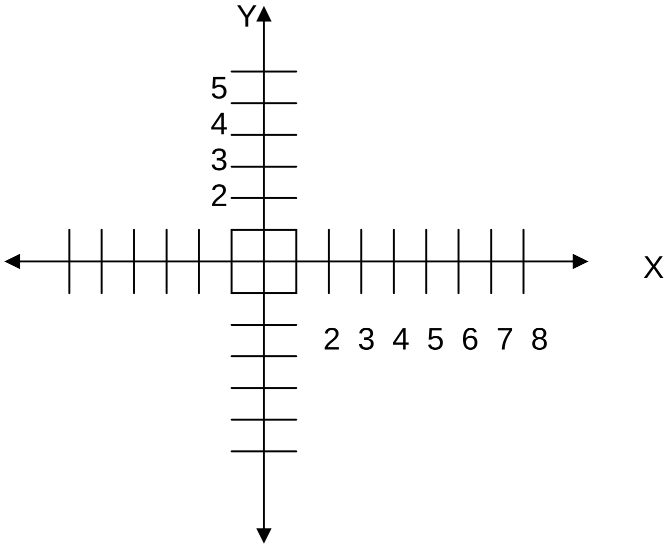
Ahora, si se debe determinar qué porcentaje tiene cierta pendiente, sabiendo la diferencia de nivel entre 2 puntos y su distancia horizontal, tenemos:

$$\frac{100}{x} = \frac{80}{2{,}4}$$
$$x = \frac{2{,}4 \cdot 100}{80}$$
$$x = 3$$

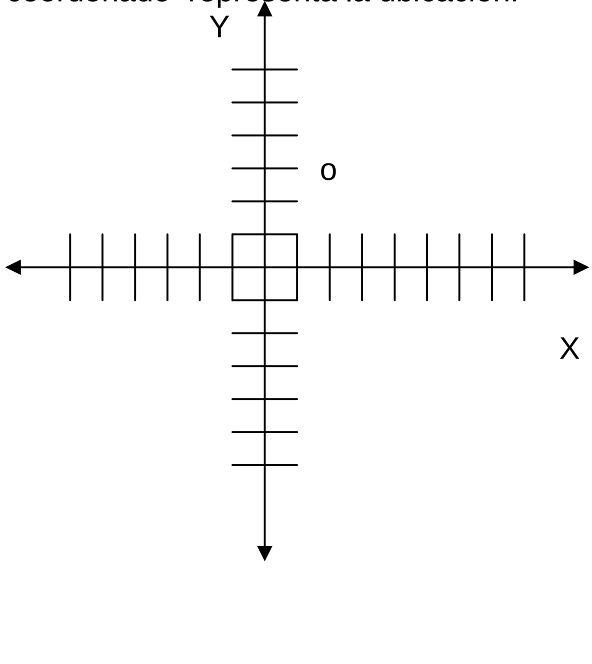
En este caso, decimos que existe una pendiente de 3%

Plano cartesiano

Es un sistema de ubicación en el espacio plano. Se basa en la orientación según dos parámetros: X e Y (también denominados abscisa y ordenada)



Si expresamos X = 2 e Y = 3, entonces anotamos (2 , 3) y es a lo que se llama un punto coordenado, pues sabemos su ubicación en el espacio plano. En el plano coordenado representa la ubicación:



Ecuaciones básicas

Las ecuaciones son expresiones matemáticas que nos permiten obtener información desconocida en base datos y elementos disponibles. Además, nos facilitan el poder graficar formas que sean de interés.

La Recta

Para definir una recta, sólo se necesitan 2 puntos coordenados. Con esto, podremos saber su pendiente, y su longitud, teóricamente, será infinita.

$$y = m \cdot x \pm c$$

Para nuestro caso, las rectas serán de longitud específica, en base a las coordenadas que la definen, las cuales, podrán ser vértices o simples puntos definidos.

Pendiente de una recta

Es la expresión de la inclinación de una recta respecto al eje Y, es una proporción entre "cuanto sube" y "cuanto avanza". Matemáticamente, la pendiente (m), es la división de la diferencia de sus ordenadas y la diferencia de sus abscisas. Es decir:

$$m = \frac{(y2 - y1)}{(x2 - x1)}$$

Observación: si es de interés que una recta sea perpendicular a otra, es decir que formen un ángulo recto, el resultado de multiplicar sus pendientes será -1.

Distancias

La distancia entre 2 puntos, está definida por:

$$D = \sqrt{(y2 - y1)^2 + (x2 - x1)^2}$$

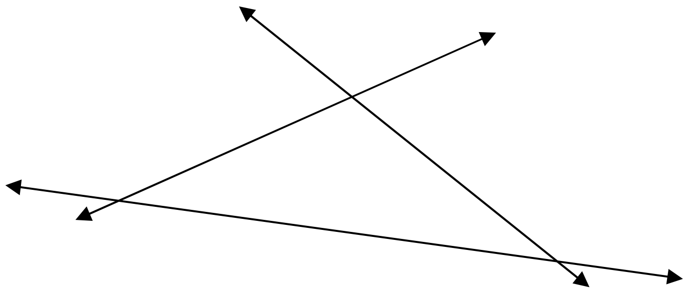
Es, en el fondo, es el teorema de Pitágoras, en donde la distancia a encontrar es la hipotenusa en cuestión.

Circunferencia

Está definida por la longitud de su radio. Si a su centro le asignamos coordenadas (h , k) y a algún punto de su perímetro (x , y), entonces tenemos:

$$r^2 = (k - y)^2 + (h - x)^2$$

Punto y rectas definen figuras en el plano cartesiano.



Trigonometría

Las funciones trigonométricas, son semejantes a una “procesadora” de números: ingresamos un valor y, sale otro. Estas funciones, ya están definidas por largas tablas específicas que relacionan ángulos con proporciones de lados de triángulos rectángulos. Esta información ya está definida en las calculadoras científicas.

Con estas funciones, en un triángulo rectángulo, conociendo uno de sus ángulos (menor de 90°) y uno de sus lados, podremos obtener otro de sus lados. Además, Conociendo 2 de sus lados podremos conocer sus ángulos. Esto lo logramos “despejando”, matemáticamente, la incógnita

Importante: Se debe asegurar de saber bien en qué unidad angular se está trabajando. Puede ser sexagesimal (4 rectos = 360°) o centesimal (4 rectos = 400^{g})

Para transformar ángulos sexagesimales a centesimales, se divide el sexagesimal por 0,9.

$$\frac{90°}{0,9} = 100^{g}$$

Para transformar ángulos centesimales a sexagesimales, se multiplica el centesimal por 0,9

$$50^{g} \cdot 0,9 = 45°$$

Las principales funciones trigonométricas son:

- *Seno*
- *Coseno*
- *Tangente*.

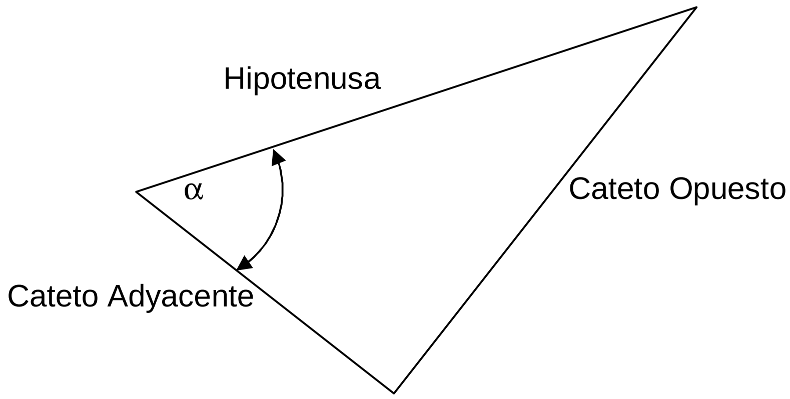
Éstas, permiten conocer un cateto o la hipotenusa a partir de un ángulo conocido.

También están sus funciones inversas:

- *arcoSeno*
- *arcoCoseno*
- *arcoTangente*.

Estas “co-funciones”, nos entregan el valor de un ángulo a partir de sus catetos y/o hipotenusa

Triángulo representativo



La función a utilizar, dependerá de la información disponible y lo que se desea encontrar.

Seno de α es igual a cateto opuesto dividido por hipotenusa, esto es anota:

$$Sen(\alpha) = \frac{CO}{Hip}$$

Despejando otras variables:

$$CO = Hip \cdot Sen(\alpha)$$

$$Hip = \frac{CO}{Sen(\alpha)}$$

$$\alpha = arcSen(\frac{CO}{Hip})$$

Coseno de α es igual a cateto adyacente dividido por hipotenusa, esto se anota:

$$Cos(\alpha) = \frac{CA}{Hip}$$

Despejando otras variables:

$$CA = Hip \cdot Cos(\alpha)$$

$$Hip = \frac{CA}{Cos(\alpha)}$$

$$\alpha = arcCos(\frac{CA}{Hip})$$

Tangente de α es igual a cateto opuesto dividido por cateto adyacente, esto se anota:

$$Tan(\alpha) = \frac{CO}{CA}$$

Despejando otras variables:

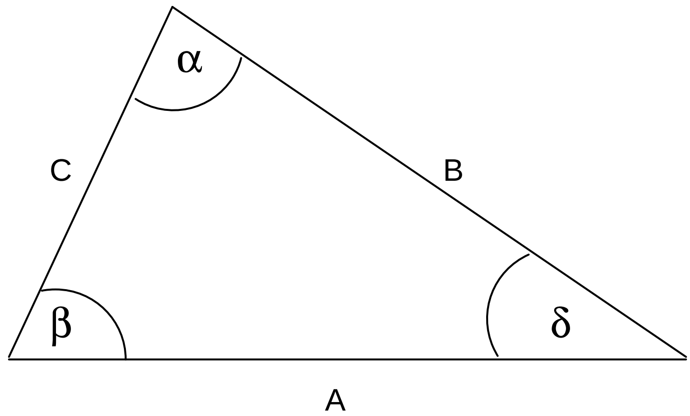
$$CO = Tan(\alpha) \cdot CA$$

$$CA = \frac{CO}{Tan(\alpha)}$$

$$\alpha = arcTan(\frac{CO}{CA})$$

Para triángulos que no son rectángulos, podemos aplicar el ***Teorema del Seno***:

$$\frac{A}{Sen(\alpha)} = \frac{B}{Sen(\beta)} = \frac{C}{Sen(\delta)}$$, Siendo:



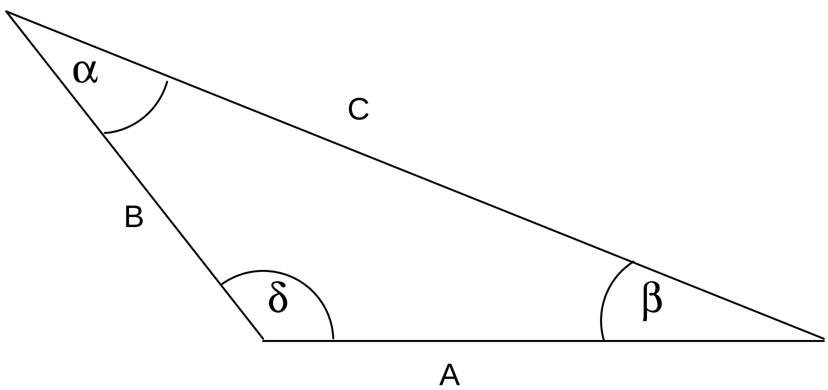
Por conveniencia, quizá sea mejor utilizar el ***Teorema del Coseno***:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot Cos(\alpha)$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot Cos(\beta)$$

$$c^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot Cos(\delta)$$

Siendo en la figura:



2.3 Replanteo: cómo materializar los planos en terreno

Recomendaciones a considerar:

- Revise los planos para asegurarse de que sean consecuentes entre sí. Quizá haya errores.

- Asegúrese de que los planos cuadren con el terreno a trabajar, es decir, que tengan las referencias (PR) de interés.

- Revise que los PR estén bien acotados y que las diferencias entre ellos, sea la indicada en planos.

- Si va a trabajar con una poligonal cerrada, estudie la forma más conveniente de la poligonal, la cantidad de vértices, tamaño, PRs de amarre y trabajos que se realizará, en los alrededores.

UNIDAD III: 3. USO DE POLIGONALES

3.1 Estaciones y cambio de estaciones

3.2 Poligonales abiertas y poligonales cerradas

3.3 Cierre de poligonales y correcciones

3.4 Estaciones auxiliares

3.1 Estaciones y cambio de estaciones

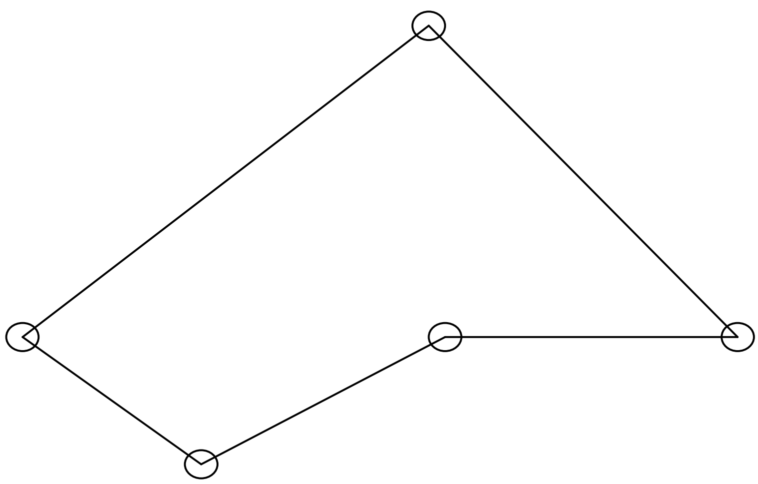
3.1 Estaciones y cambio de estaciones

Llamamos estación a un punto con coordenadas conocidas y cota conocida en el que podamos instalarnos con el teodolito. Para una mejor ubicación, conviene dar nombres característicos a cada estación. En ocasiones, usaremos estaciones ya existentes pero, en el mayor de los casos, tendremos que establecerlas nosotros, según nuestras necesidades. El ideal es que tengamos buena visual de los puntos y/o lugares a trabajar. Una estación, será por lo general una estaca firmemente puesta en el suelo. En algunos casos, se usarán o se establecerán monolitos con una estaca metálica fijada en hormigón. Cuando surja la necesidad, uno se cambiará de estación, para tener la visual desde otro punto o tomar datos faltantes. Si no existe una estación, se establecerá una nueva, talque, podamos ver la estación anterior, en la que estábamos. Cuando usamos más de una estación, podemos hablar de poligonales abiertas o cerradas.

En simbología de planos, las estaciones se representan de las siguientes formas:

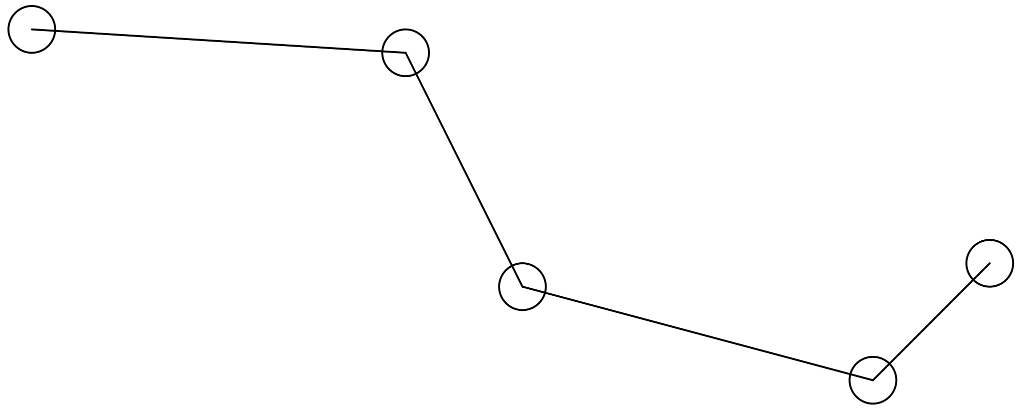
3.2 Poligonales abiertas y poligonales cerradas

Como su nombre lo indica, poligonal, es un conjunto de varios ángulos cerrados por rectas. En topografía, los vértices son las llamadas estaciones. Así, por ejemplo, la siguiente poligonal tiene 5 estaciones:



La ventaja que presenta una poligonal cerrada, es que permite obtener mediciones más seguras, lo que implica que la toma de datos o el replanteo será más exacto. Esto es porque se aplican correcciones a las medidas si no cumplen las condiciones angulares y/o de distancias. En cambio una poligonal abierta no permite correcciones y da más posibilidades a error.

Poligonal abierta



__Mediciones en poligonales__

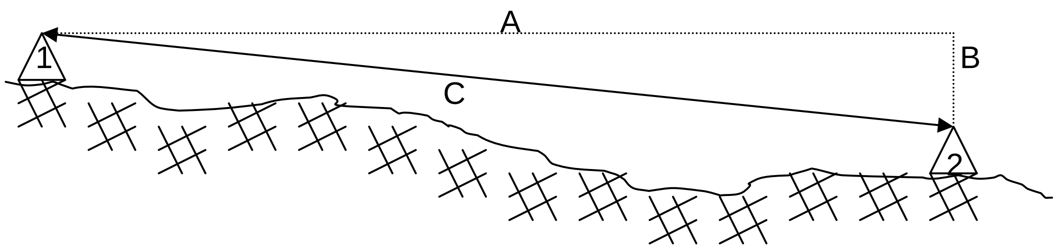
Distancias

Para una planimetría, es de interés que las distancias horizontales sean lo más cercanas a la realidad posible. Por lo menos tenemos 3 métodos de medir distancias:

- ***Con cinta***
- ***Con Estadimetría***
- ***Con Distanciómetro***

Con Cinta:

Al medir distancias horizontales con cinta, no es seguro medirlas directamente "al ojo", estimando la horizontalidad. Lo recomendable es medir la distancia inclinada entre cada estación y, aplicando el teorema de Pitágoras, calculamos la distancia horizontal.

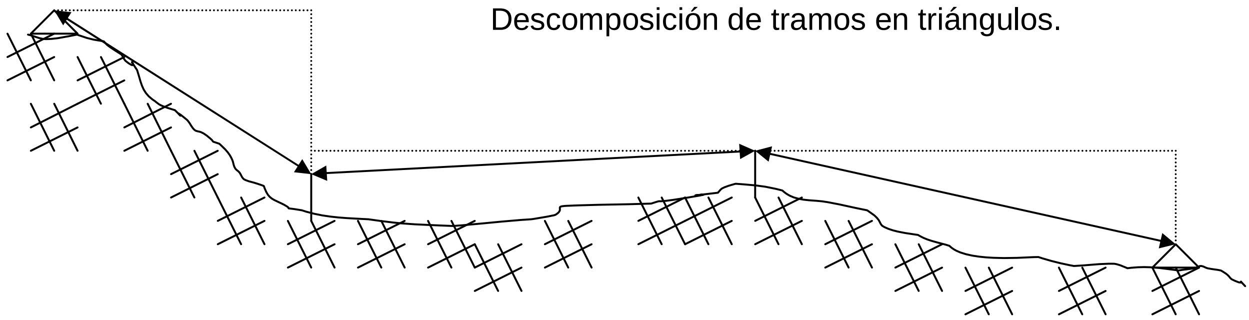


C: distancia inclinada (medida en terreno)
B: Diferencia de nivel entre estaciones (medida en terreno)
A: Distancia horizontal

Aplicando Pitágoras:

$$C^2 = A^2 + B^2$$
$$C^2 - B^2 = A^2$$
$$A = \sqrt{C^2 - B^2}$$

Ahora, en caso de que la cinta no alcanzara a medir completamente la distancia de interés, se colocarán estacas intermedias a distancias que alcance a medir la cinta. La forma de calcular la distancia horizontal será la misma.



Descomposición de tramos en triángulos.

Con estadimetría

Este método resulta más cómodo ya que teniendo una mira topográfica y buena visibilidad, es posible calcular las distancias. Se recomienda que para obtener buenas mediciones, no se use este método en tramos muy largos ni en terrenos muy inclinados. Estando instalados en una estación, leemos la mira en la otra estación y obtenemos el “generador” (hilo superior menos el hilo inferior). Ese resultado lo introducimos a la fórmula siguiente:

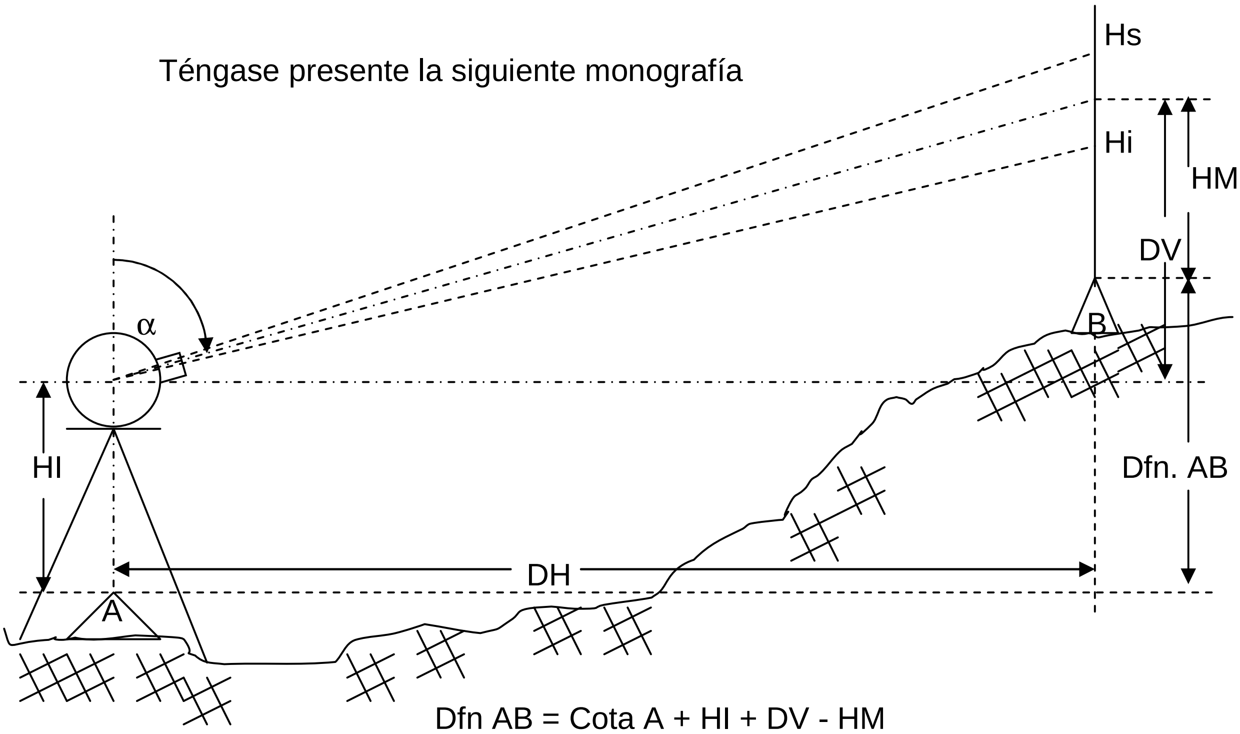
$$DH = K \cdot G \cdot (Sen^2(\alpha))$$

$$DV = \frac{1}{2} \cdot K \cdot G \cdot (Sen(2 \cdot \alpha))$$

DH : Distancia horizontal
DV : Distancia vertical
G : Generador (hilo sup – hilo inf)
K : Constante estadimétrica = 100
α : Ángulo vertical cenital

***Observación**:* Para estas fórmulas, el teodolito debe estar configurado cenitalmente. Además, téngase presente que estos valores están referidos al punto axial del teodolito

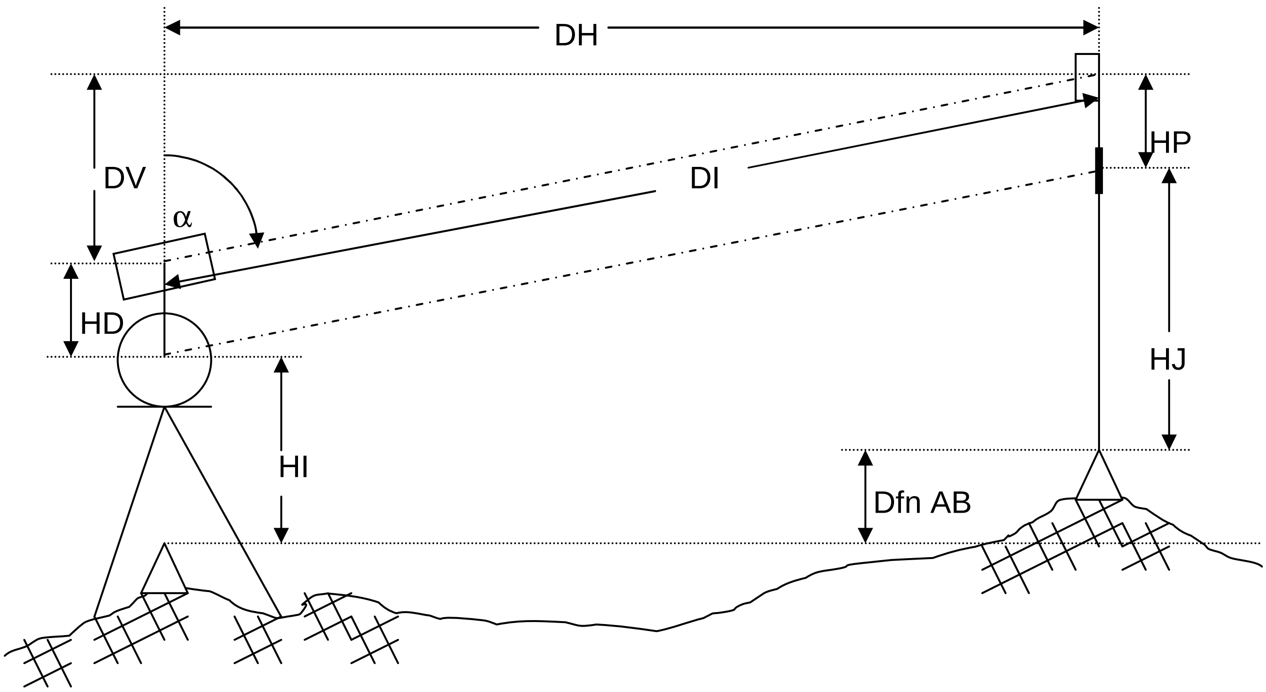
Téngase presente la siguiente monografía



Dfn AB = Cota A + HI + DV - HM

Con Distanciómetro

El distanciómetro es un equipo que mide distancias a través de diferencias de ondas de luz (ondulatorias, no láser) emitidas por un diodo, generalmente arsianuro de galio (AsGa), reflejado en uno o más prismas y recepcionado por un censor de luz. Para utilizarlo, se debe tener presente la diferencia de altura entre el distanciómetro y el punto axial del teodolito. La distancia inclinada sería la hipotenusa de un triángulo rectángulo y la lectura vertical sería el ángulo a utilizar en la función trigonométrica de interés.



DI = Distancia inclinada (entregada por distanciómetro)
HD = Altura desde el punto axial del distánciómetro al punto axial del teodolito
HP = Altura desde centro de la tarjeta de calaje a centro del prisma
HD debe ser igual a HP
HJ = Altura de jalón (es ajustable según necesidad)
DH = Distancia horizontal
DV = Distancia Vertical
α = Ángulo vertical cenital

$$DH = DI \cdot Sen(\alpha)$$

$$DV = DI \cdot Cos(\alpha)$$

$$Cota(B) = Cota(A) + HI + HD + DV - HP - HJ$$

3.3 Cierre de poligonales y correcciones

Errores angulares

Para que una poligonal sirva a su propósito, es decir, asegurar las mediciones, debe ser una poligonal que cierre correctamente en todos sus parámetros: cotas, ángulos y distancias. Las cotas se asignan con nivel topográfico y se corrigen con un método de corrección para niveles. Los ángulos interiores deben cumplir con la siguiente condición geométrica:

$$\sum \acute{a}ng.\mathrm{int} = 2rectos \cdot (n-2)$$

n = número de vértices

Es posible que no cierre correctamente, especialmente si se realiza la medición con instrumentos muy precisos. La condición anteriormente expuesta es teórica, en la práctica se admiten ciertas tolerancias, dependiendo del tipo de teodolito utilizado.

Para un teodolito con precisión entre $0{,}0050^g$ (a los 50 segundos) – $0{,}0001^g$ (al segundo) la tolerancia en cierre angular interior será:

$error \leq 1{,}5' \cdot \sqrt{n}$ [minutos sexagesimales]

$error \leq 3^c \cdot \sqrt{n}$ [minutos centesimales]

Para teodolitos con precisión al minuto ($0{,}01^c$), la tolerancia en cierre angular interior será:

$error \leq 2' \cdot \sqrt{n}$ [minutos sexagesimales]

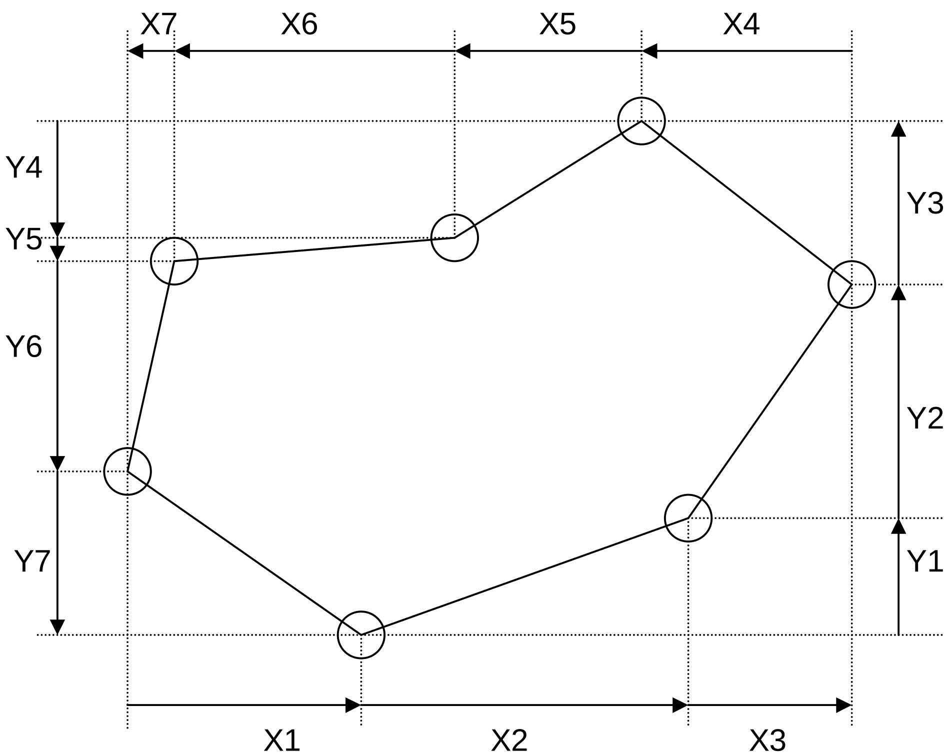
$error \leq 4^c \cdot \sqrt{n}$ [minutos centesimales]

Si la sumatoria de los ángulos interiores de una poligonal están dentro de las tolerancias, se procede a compensar el error en partes iguales para cada vértice, es decir dividimos el error por la cantidad de vértices y, según corresponda, lo sumamos a lo restamos.

Errores lineales

Estos errores, son los errores que pueden generarse en las distancias tomadas en terreno. Cuando medimos distancias estadimétricamente, es decir usando la mira, se puede ciertas tolerancias para estás mediciones. Teóricamente, debería darse lo siguiente:

> Al representar una poligonal en un plano cartesiano o un sistema arbitrario, descomponemos todos los lados de la poligonal en longitudes parciales X y longitudes parciales Y. Visualizando en la figura, vemos un sentido de avance y uno de regreso, tanto para las X como para las Y:



Así teóricamente,

(X1 + X2 + X3) – (X4 + X5 + X6 + X7) = 0

(Y1 + Y2 + Y3) – (Y4 + Y5 + Y6 + Y7) = 0

En términos generales:

$$\sum \vec{X}p - \sum \overset{\leftarrow}{X}p = 0$$

$$\sum \overset{\uparrow}{Y}p - \sum \overset{\downarrow}{Y}p = 0$$

Si existe un error, este debe cumplir con la siguiente condición:

$error \leq 0{,}06 \cdot \sqrt{L}$; L = perímetro de la poligonal

También se puede usar este otro criterio:

$error \leq 0{,}8 \cdot \sqrt{n}$; n = número de vértices

Eliminación de errores lineales

Cumpliendo con las condiciones anteriores, tenemos:

- error total en X (etX) = corrección total en X, (CtX), es decir lo que falta para alcanzar el valor ideal.
- error total en Y (etY) = corrección total en Y, (CtY) es decir, lo que falta para alcanzar el valor ideal.

Entonces, las correcciones parciales son:

$$CpX = \frac{etX}{\sum \vec{X}p + \sum \overset{\leftarrow}{X}p}$$

$$CpY = \frac{etY}{\sum \overset{\uparrow}{Y}p + \sum \overset{\downarrow}{Y}p}$$

Con lo anterior, obtenemos los factores de corrección que aplicamos a X e Y:

$$CX = CpX \cdot \overset{\leftrightarrow}{Xp}$$

$$CY = CpY \cdot \overset{\updownarrow}{Yp}$$

Finalmente, X parciales corregidas (Xpc) y las Y parciales corregidas (Ypc) son:

$$Xpc = Xp \pm CX$$

$$Ypc = Xp \pm CY$$

La corrección se sumará o restará, a cada medida parcial, según sea la necesidad. Entonces, debería cumplirse los requisitos iniciales para mediciones lineales.

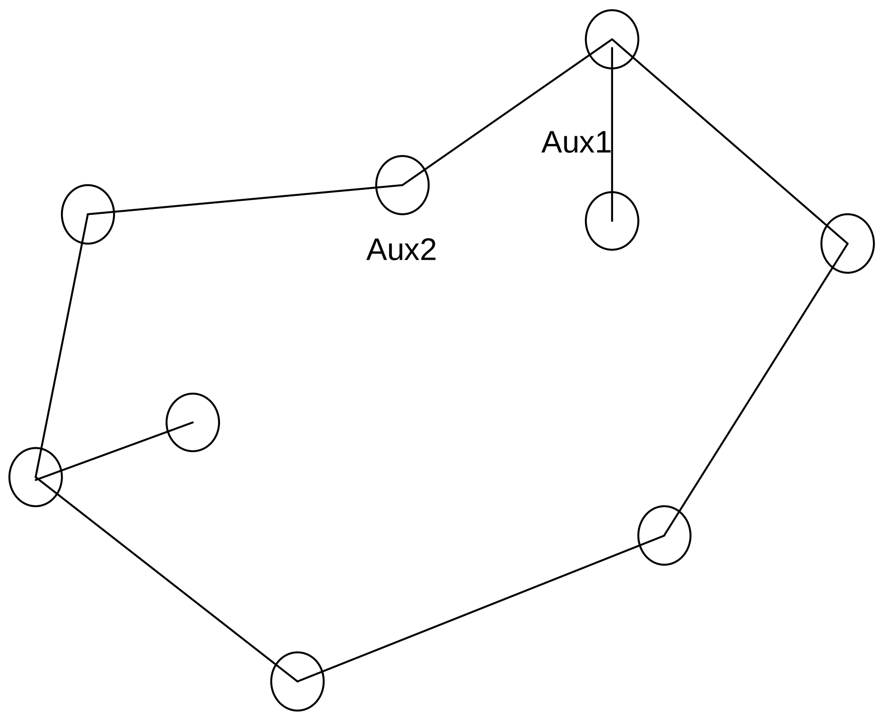
Véase el ejemplo de cartera taquimétrica de una poligonal cerrada

Cartera Taquimétrica. Cálculos Planimétricos. Poligonal Cerrada

Est.	**Pto.**	**Hz**	**Corr. Angular**	**Hz Corr.**	**Azimut**	**DH Prom**	**Coord. Parc.**		**Corrección**		**Coord. corregida**	
							Norte	**Este**	**Norte x**	**Este y**	**N**	**E**
A	**Nm**	00,00										
	B	124,20			124,200							
A	**D**	00,00										
	B	64,29	-50^{CC}	64,285	124,200	141,21	-52,395	131,130	-0,046	+0,014	-52,441	131,144
B	**A**	00,00										
	C	136,42	-50^{CC}	136,415	60,615	102,36	59,363	83,388	-0,052	+0,009	59,311	83,397
C	**B**	00,00										
	D	96,29	-50^{CC}	96,285	356,900	121,07	94,368	-75,847	-0,083	+0,008	94,285	-75,889
D	**C**	00,00										
	A	103,02	-50^{CC}	103,015	259,915	171,63	-101,067	-138,717	-0,089	+0,015	-101,156	-138,702

3.4 Estaciones auxiliares

Las estaciones auxiliares son estaciones que no se cierran con el resto de la poligonal. Tienen la utilidad de poder tomar puntos que no se alcancen a visar desde las estaciones vértices. En ocasiones, en el avance, nos damos cuenta que nos falta tomar datos que no vemos, así materializamos una estación auxiliar. En la monografía vemos 2:



Partida y asignando coordenadas

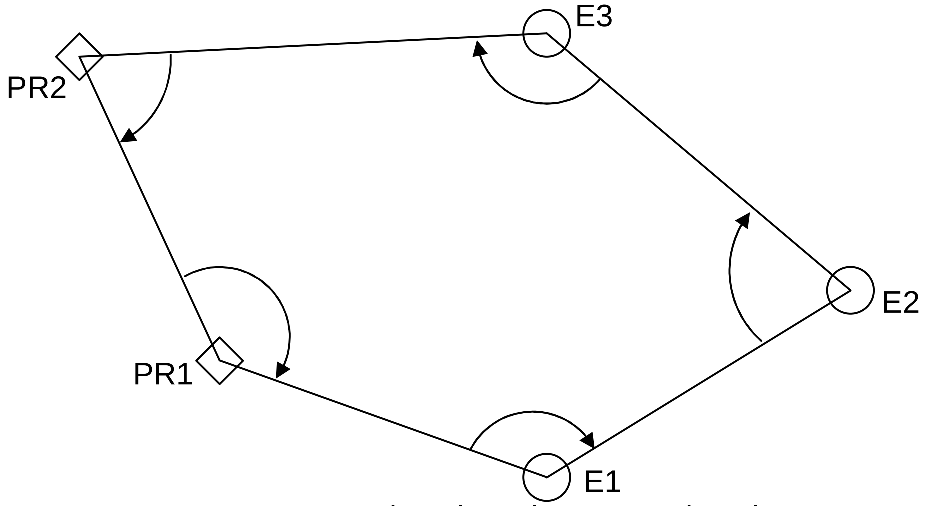
Hay varias maneras de las que podemos comenzar una poligonal:

1) Utilizando 2 PRs conocidos e incluyéndolos en la poligonal.

2) Utilizando 2 PRs conocidos para establecer una estación que será parte de una poligonal

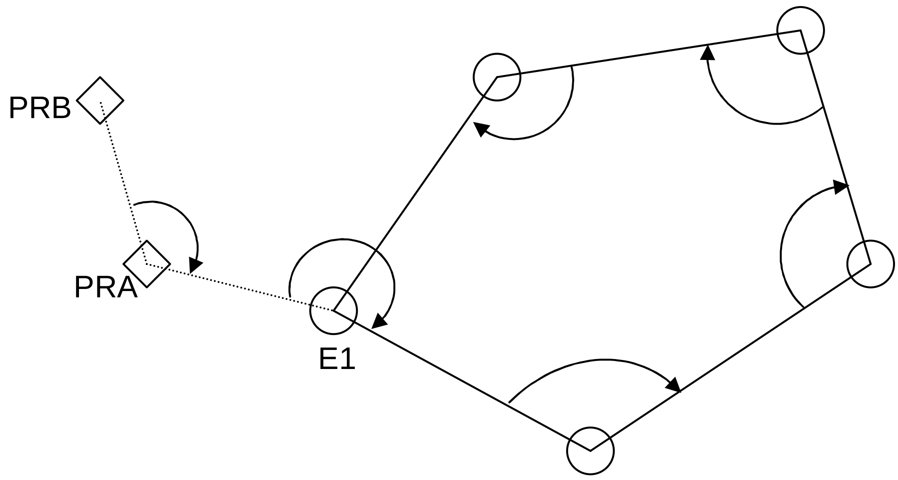
3) Poniendo 2 estacas arbitrariamente, que serán 2 vértices de la poligonal, y buscamos la orientación respecto al Norte del trazo formado por ellas.

1)



En este caso, por ejemplo, primero nos instalamos en PR1 calando a PR2 y definimos E1. En E1, calamos a PR1 y definimos E2. En E2 calamos a E1 y definimos E3. En E3 calamos a E2 y verificamos el ángulo horizontal para el cierre.

2)



DETALLADO

Conociendo 2 PRs:

- Nos instalamos en uno de ellos (PRA)
- Calamos en 0^g Hz al otro (PRB)
- Anotamos los datos necesarios en la libreta taquimétrica:

  Altura instrumental (HI)
  Ángulo Hz
  Las coordenadas y cotas de ambos PRs

- Leemos la mira en el PR que estamos calando (sugerimos acomodar el hilo inferior en 1m en la mira)
- Anotamos el ángulo vertical
- Anotamos hilo superior, hilo inferior e hilo medio
- Calamos el hilo vertical en el centro de la estaca o PR que deseamos asignar coordenadas (E1)
- Anotamos el ángulo horizontal
- Leemos la mira puesta en la estaca o PR (sugerimos acomodar el hilo inferior en 1m en la mira)
- Anotamos el ángulo vertical
- Anotamos el hilo superior, hilo inferior e hilo medio.

Con estos datos, podemos asignar coordenadas al nuevo PR o estación, ya veremos cómo.

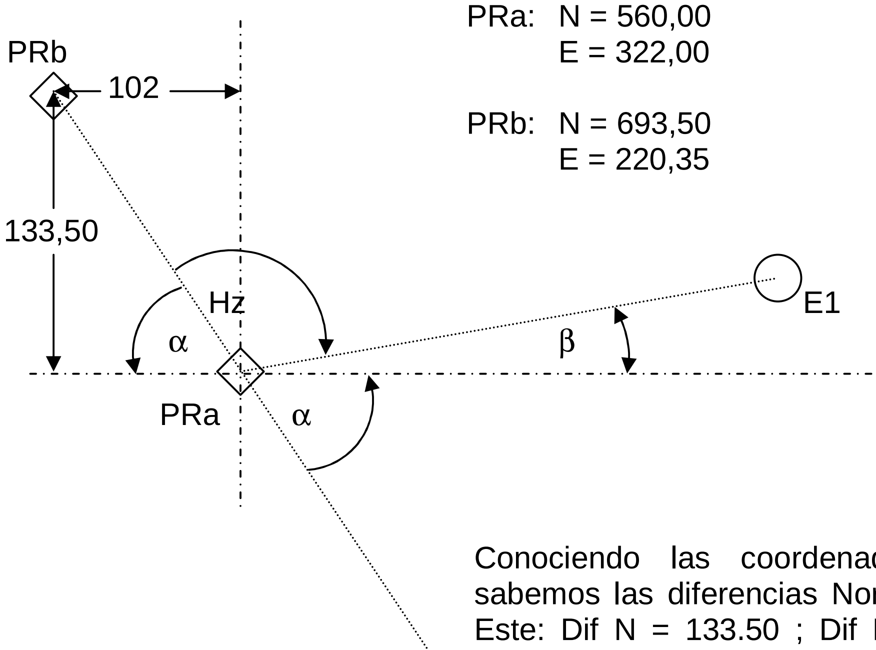
Asignación de coordenadas

El conocer 2 PRs con coordenadas reales, nos ayuda a conocer su orientación respecto al Norte. Al instalarnos en uno de ellos y calar al otro para visar una nueva estación, sabremos la orientación que tiene respecto a estos PRs y al Norte.

Con los datos tomados en terreno, visualicemos lo siguiente:

Por diferencias matemáticas, podemos ubicar en un plano cartesiano los PRs. Ahora, nuestra abscisa será el Este y nuestra ordenada el Norte.

Para entender mejor este ejemplo, diremos que el ángulo Hz = $127^g63^c50^{cc}$ y que $DH_{PRa\text{-}E1}$ = 213,72.



PRa: N = 560,00
E = 322,00

PRb: N = 693,50
E = 220,35

Conociendo las coordenadas de los PRs, sabemos las diferencias Norte y las diferencias Este: Dif N = 133.50 ; Dif E = 102. Aplicando ArcTan, determinamos que $\alpha = 58^g46^c51^{cc}$. Entonces, 200 - α - Hz = β = $13^g89^c99^{cc}$.

Ahora, conociendo β y $DH_{PRa\text{-}E1}$, aplicando Seno y Coseno, obtenemos las diferencias N y las diferencias E para E1:

$$DifN = DH \cdot Sen(\beta) \qquad DifE = DH \cdot Cos(\beta)$$

$$DifN = 213{,}72 \cdot Sen(13{,}8999) \qquad DifE = 213{,}72 \cdot Cos(13{,}8999)$$

$$DifN = 46{,}294 \qquad DifE = 208{,}646$$

En este caso, sumamos las diferencias obtenidas a las coordenadas de PRa y obtenemos para E1: N = 606,294
E = 530,646

Recomendaciones:

Siempre conviene usar la lógica para enfrentar este tipo de problemas. Nunca se cierre a utilizar una fórmula para todo. Ayúdese con dibujos y, si es posible, fragméntelos para ver las cosas con más claridad.

Este es un caso general, entendiendo este podrá ver mejor otros casos. Recuerde que lo importante, más que fórmulas, es tener la idea de cómo solucionarlos.

Cuando esté trabajando sin PRs conocidos y sólo use estaciones arbitrarias, una de ellas será su origen en el plano cartesiano y la otra la orientará justo en el sentido del Norte. De esta manera le será posible asignar coordenadas arbitrarias a las otras estaciones.

EL RESTO DE SITUACIONES PUNTUALES, SE ANALIZARÁN EN CLASES SEGÚN LA NECESIDAD DE LOS ASISTENTES.

UNIDAD IV: 4. TAQUIMETRÍA

4.1 Toma de puntos con jalón y cinta

4.2 Toma de puntos estadimétricamente

4.3 Taquimetría en la construcción

4.4 Asegurando verticalidad

4.1 Toma de puntos con jalón y cinta

Llamamos jalón a un bastón cilíndrico, de madera o metal, de unos 2m de largo y 1,5Plg de diámetro. Este bastón, generalmente, se pinta a tramos intercalados, de 30cm, blanco y rojo.

La cinta de medir, debe ser de por la menos 30m. También las hay de 50m. Existen de lona, plásticas y metálicas. Recomendamos las metálicas.

Como recomendación general, los puntos a tomar, respecto a las estaciones, deberán estar a una distancia inferior al largo de la cinta de medir. Por eso conviene estudiar bien antes las necesidades y los medios de los cuales se dispone.

La ventaja es que se obtienen las distancias en forma directa o casi directa y resulta en algo más rápido para su posterior dibujo, cálculo o estudio.

EN ESTE PUNTO LOS ESTUDIANTE DARÁN A CONCER SUS INQUIETUDES Y NECESIDADES.

4.2 Toma de puntos estadimétricamente

Este método presenta la ventaja de no estar limitado por distancias largas. Sí se debe cuidar de no “abusar” tomando distancias muy largas si se desea tener resultado muy precisos.

Como este método se basa en trigonometría, para no tener mayor distorsión numérica (y nos alejemos de la realidad), se recomienda trabajar con ángulos verticales entre 30 y 60 grados. Esto no es una regla, si la situación lo amerita, trabajaremos con ángulos fuera de ese rango pero, los mejores resultados se obtienen en el rango mencionado.

Asegúrese de que su ayudante aplome bien la mira, así sus resultados serán más exactos.

Recomendamos que se ponga de acuerdo antes con su ayudante respecto a las señas que usarán cuando trabajen a distancias larga.

NOTAS ADICIONALES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DE LOS ASISTENTES

4.3 Taquimetría en construcción

En esta área, las labores más usuales son:

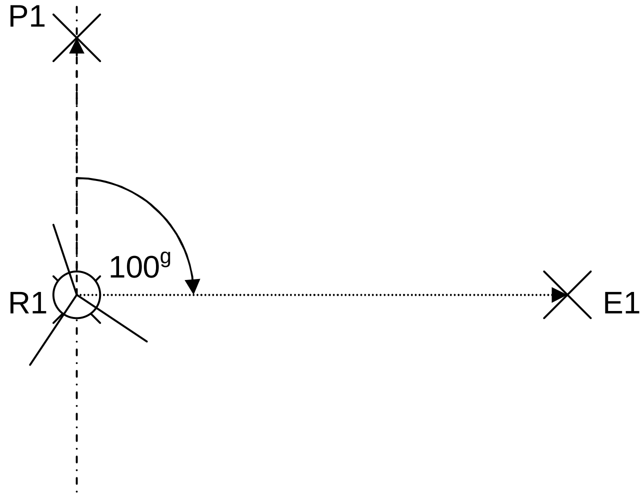
- Replantear ejes de planos
- Trazar ejes
- Trazar escuadras
- Paralelas a edificaciones existentes
- Prolongar líneas de edificaciones existentes
- Asegurar la verticalidad de muros, estructuras, etc.

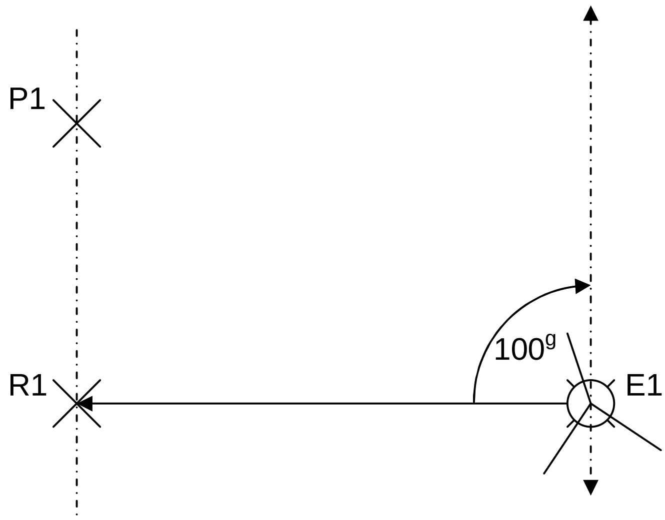
Cuando debemos trazar o replantear ejes, y nuestra referencia está en el suelo, no resulta tan difícil trazar el eje de interés.

Ejemplo: debemos trazar ***un eje paralelo*** a la línea de solera a 8m de ella.

- Nos instalamos en una referencia (R1) sobre la línea de solera
- Calamos un punto (P1) en la misma línea
- Giramos un recto
- Clavamos una estaca (E1) a 8m de la solera en el hilo vertical del teodolito
- Nos instalamos en la nueva estaca (E1)
- Calamos al punto donde estábamos instalados (R1)
- Giramos un recto y tenemos el eje deseado.

(Véase la secuencia en la monografía)

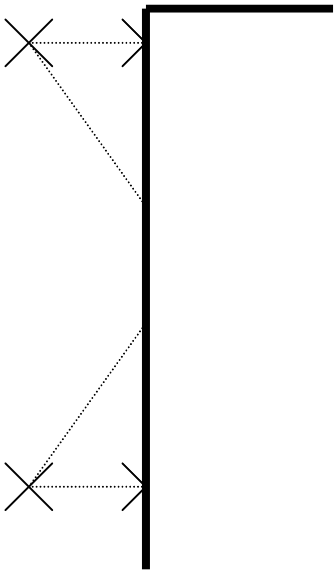




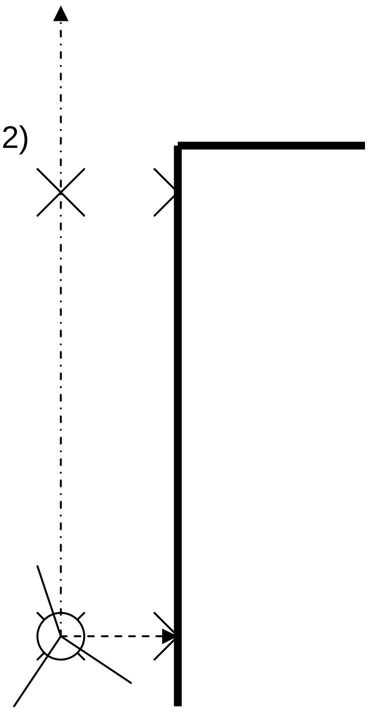
Ahora, cuando debemos ***prolongar una línea de edificación*** de un muro alto, u otra edificación, no podemos instalar el teodolito sobre la referencia. Entonces, prolongamos un eje. Procedemos:

Sacamos 2 escuadras a través del teorema de Pitágoras (método “3, 4, 5”), marcamos un punto en cada extremo de las perpendiculares (1), instalamos el teodolito en una de las marcas y calamos a la pared. Deberíamos pasar por la otra marca (2).

1)

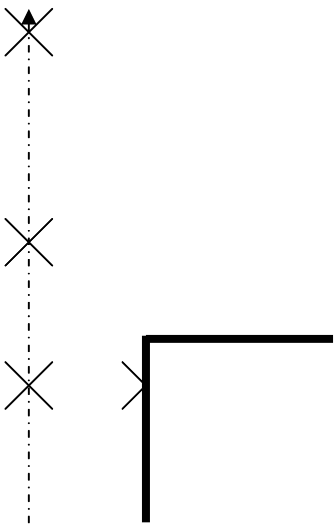


2)

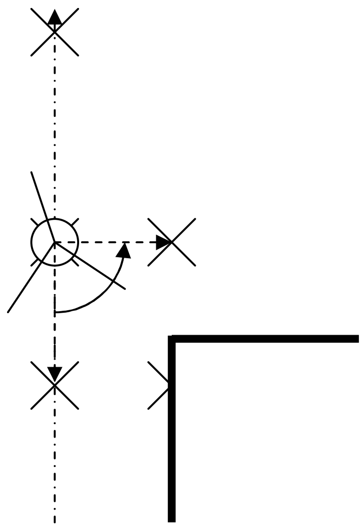


Ponemos 2 estacas más en el eje obtenido (3). Ponemos otra marca perpendicular al eje, a la distancia requerida (4)

3)

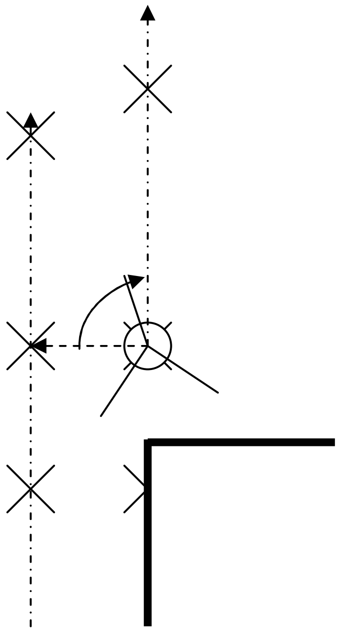


4)

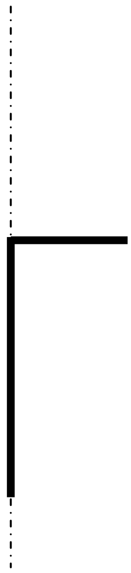


Instalamos el teodolito en la última marca hecha, calamos al punto anterior y giramos un recto (5). Entonces tenemos la prolongación de la línea de edificación (6).

5)



6)



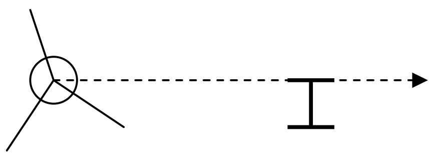
4.4 Asegurando verticalidad

El ideal para asegurar la verticalidad de algún elemento, es hacerlo en 2 direcciones, siendo una transversal a la otra. Se debe tomar un punto como referencia en la base y, recorriendo verticalmente la columna con el hilo vertical del retículo, las diferencias o coincidencias deben ser constantes en todo el recorrido. Así, si es el caso de asegurar la verticalidad de una columna, podemos tomar como guía sus ejes axiales o sus aristas como indican las figuras:

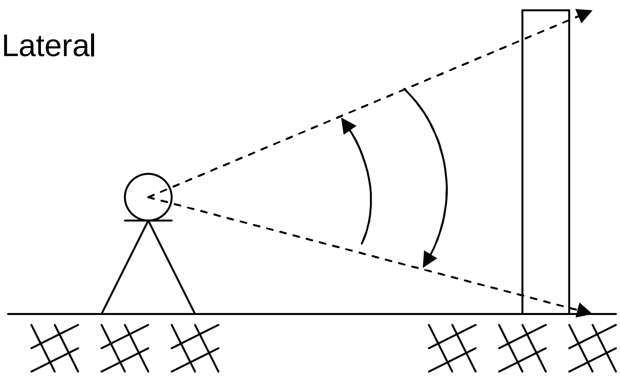
Ponemos como ejemplo una columna “H”:

1) En sus aristas:

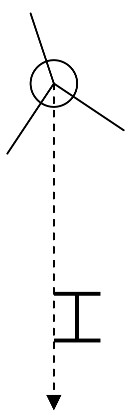
Planta



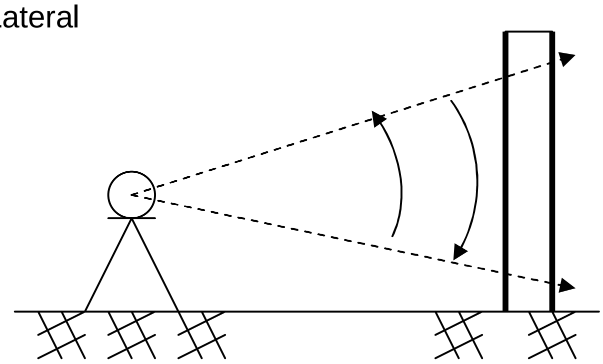
Lateral



Planta



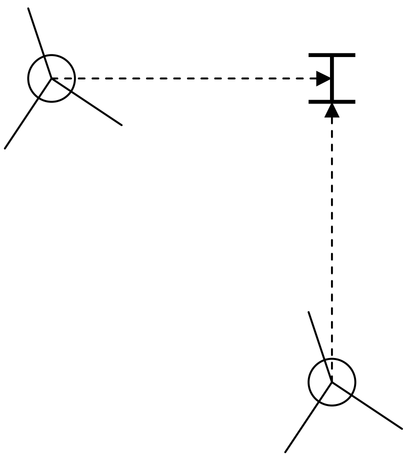
Lateral



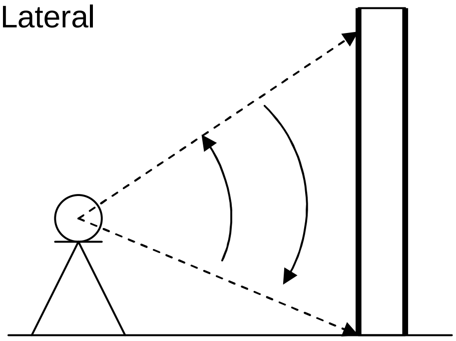
En las dos direcciones, el hilo vertical del teodolito no debe “alejarse” de las aristas medidas ni “adentrarse” en la columna. Las direcciones de verificación, deben ser, idealmente para percibir su máximo error (si existe), perpendiculares.

En sus puntos axiales

Planta

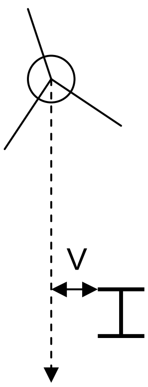


Lateral

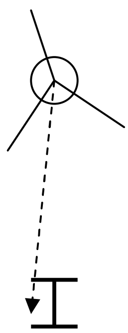


También es posible realizar las verificaciones desde otros puntos, aún cuando lo más recomendable es hacerlo de la manera anterior, hay otras posibilidades, como se muestra a continuación:

Posibilidad 1



Posibilidad 2



En la posibilidad 1, la variación V se debe mantener desde la base hasta la parte más alta de la columna. En la posibilidad 2, se debe mantener el hilo vertical justo en la arista de la columna.

En construcción, los bloques y moldes, se aploman generalmente con reglas de madera (maestras) y plomadas de albañil. El teodolito se puede usar también para estas labores, aunque generalmente se utiliza para aplomar moldes más grandes.