

4. MEDICION DE ANGULOS CON EL TEODOLITO

4.1. TEODOLITO. FUNDAMENTO DE SU FUNCIONAMIENTO. MEDICIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTAL Y VERTICAL

El **TEODOLITO** y sobre todo la **ESTACIÓN TOTAL** son los instrumentos topográficos más universales que sirven para medir ángulos horizontales (o acimutales) y verticales, o cenitales. Pero también pueden usarse para obtener distancias horizontales y determinar elevaciones, efectuar nivelaciones diferenciales y establecer alineaciones, en particular para prolongar líneas rectas. Los instrumentos de estación total contienen en la misma unidad un teodolito digital, un IEMD (Instrumento Electrónico para Medir Distancia) y un procesador, de manera que pueden realizar todas las funciones de los teodolitos y además pueden medir distancias con exactitud. Más aún estos instrumentos pueden efectuar cálculos con las mediciones obtenidas y exhibir los resultados en tiempo real.¹

- **El fundamento de su funcionamiento** es el siguiente:

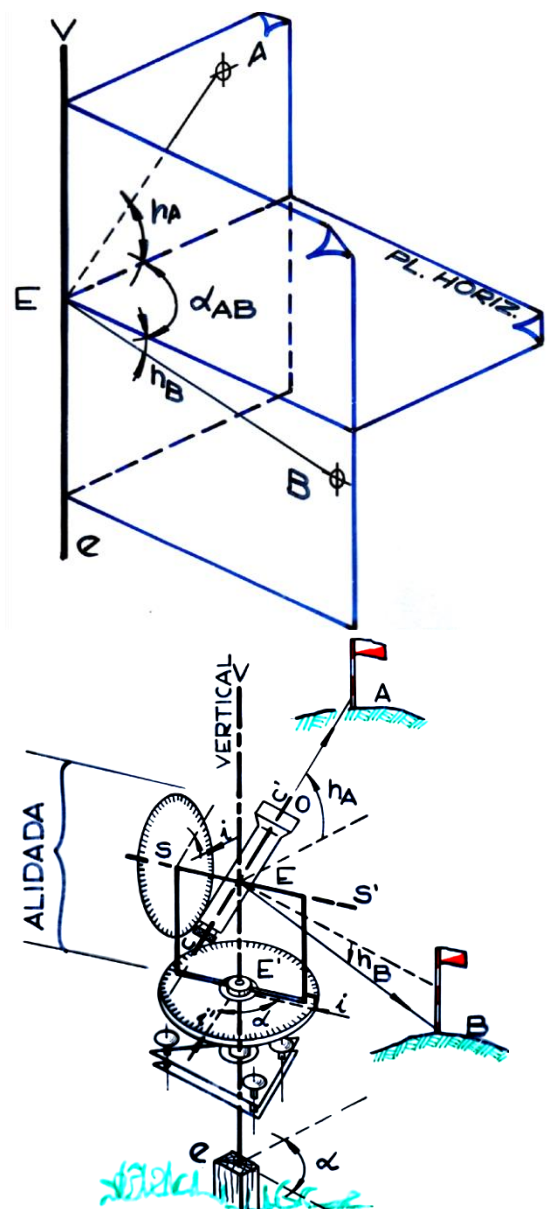
Si desde un punto E en la vertical del punto e materializado en el terreno, se dirigen visuales a dos puntos A y B, el ángulo que interesa en topografía no es el AEB, sino el de su proyección sobre un plano horizontal, o sea el valor de la sección normal del diedro determinado por los dos planos que contengan a la vertical E-e y pasen respectivamente por A y B.

Por otra parte, los ángulos verticales que también mide el teodolito son los que forman con la horizontal (o con la vertical, ángulo cenital) las visuales EA y EB.

Ambas mediciones angulares (horizontal y vertical) se efectúan utilizando el instrumento (teodolito) esquematizado en la figura.

- **Se compone de:** un anteojo astronómico O cuyo eje de colimación (C-C') bascula alrededor de un eje secundario S-S' arrastrando en su movimiento un limbo graduado cuyas divisiones enfrenta a un índice fijo (i). Su lectura da el valor del **ángulo vertical**.

Todo el conjunto, denominado **alidada**, gira a su vez alrededor del **eje principal E-E'** desplazando otro índice (i) sobre un segundo limbo graduado fijo (horizontal), que por construcción es perpendicular al eje principal.



¹ Wolf/Brinker. Topografía

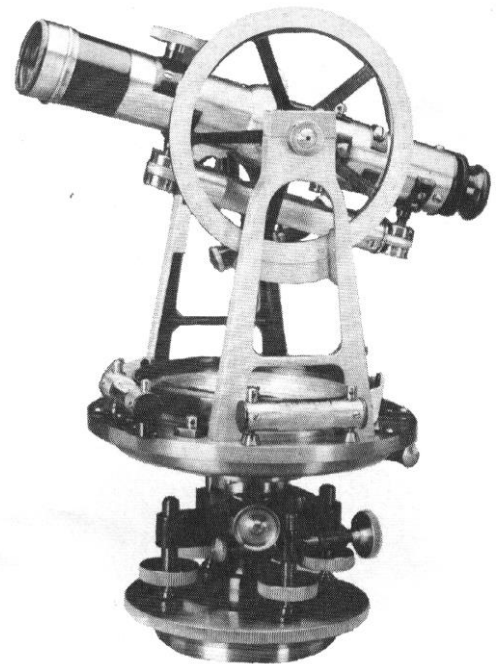
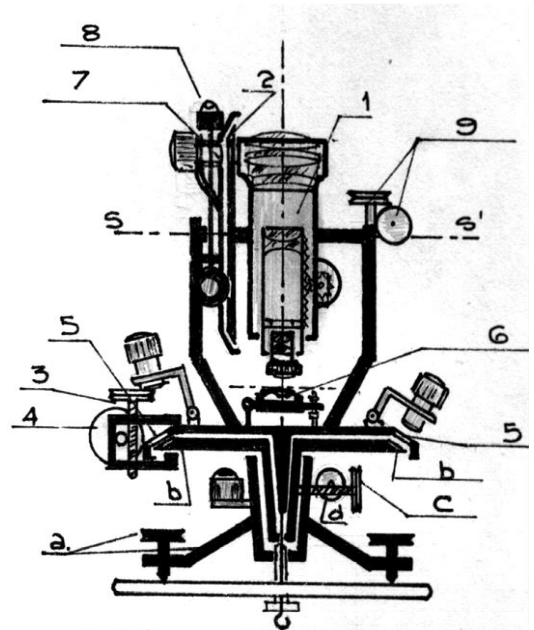
4.2. DESCRIPCION BREVE DEL TEODOLITO

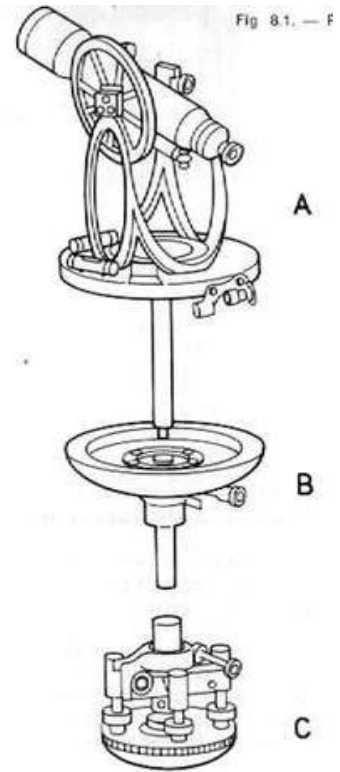
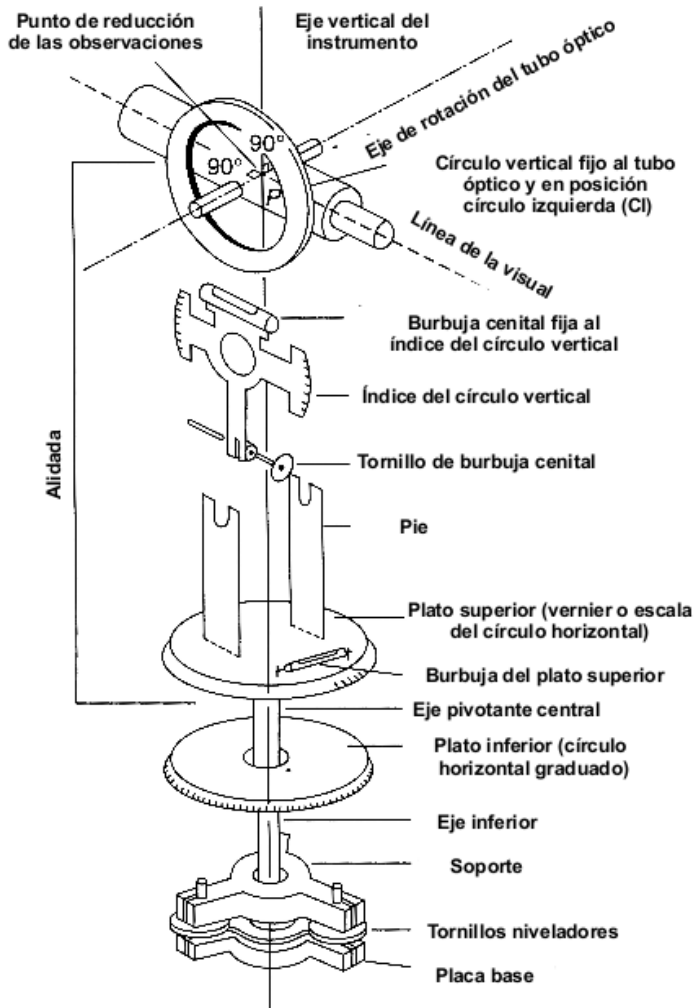
A los efectos didácticos, utilizaremos esquemáticamente la descripción de los teodolitos antiguos.

- a) **Plataforma nivelante con tres tornillo calantes**, que apoya sobre un trípode al cual se fija mediante un tornillo “ad hoc”.
- b) **Limbo acimutal**, círculo graduado de 0° a 360° o 0° a 400 gon en el sentido directo (de la agujas del reloj) –también en sentido contrario-. Generalmente está dividido de $20'$ en $20'$.
- c) **Tornillo de fijación** del limbo acimutal, colocado radialmente.
- d) **Tornillo de pequeños movimientos** del mismo, colocado tangencialmente.
- e) **Alidada**: Parte superior móvil del teodolito que gira alrededor del eje principal.

La Alidada está constituida por:

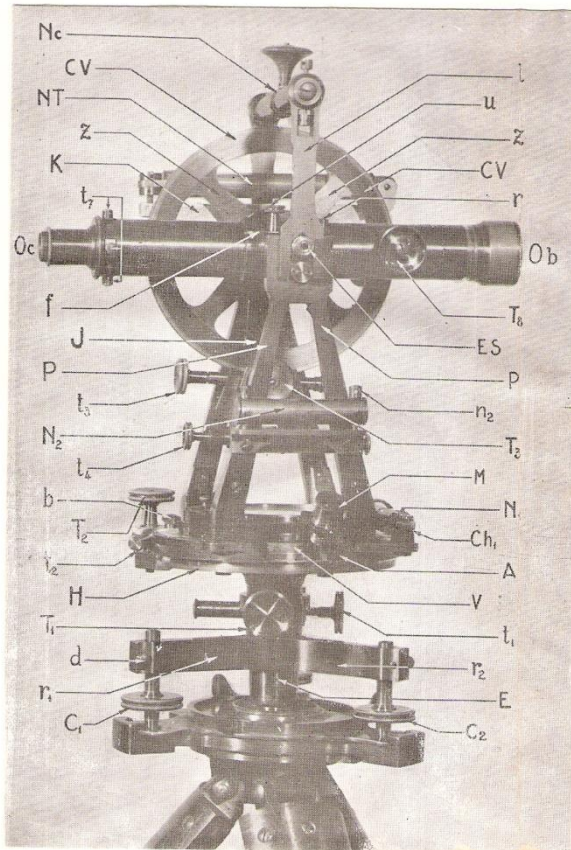
- 1) **Anteojo astronómico**: que bascula alrededor del eje secundario.
- 2) **Limbo Vertical** (graduado como el acimutal) que gira solidariamente con el anteojo.
- 3) **Tornillo de fijación** de la alidada (colocado radialmente).
- 4) **Tornillo de pequeños movimientos** de la misma (colocado tangencialmente).
- 5) **Dos Nonius** ubicados diametralmente, para lecturas en el Limbo acimutal (acompañan a la alidada en su movimiento giratorio alrededor del eje principal).
- 6) **Nivel tubular** para verticalizar el eje principal (a esta operación se la denomina **calaje**)
- 7) **Dos Nonius fijos** ubicados en la armadura que enfrenta al limbo vertical, para leer los ángulos verticales.
- 8) **Nivel testigo** solidario con los nonius fijos. Posee un tornillo para centrar la burbuja antes de leer con dichos nonius.
- 9) **Tornillos de fijación y de pequeños movimientos** del anteojo alrededor del eje secundario.



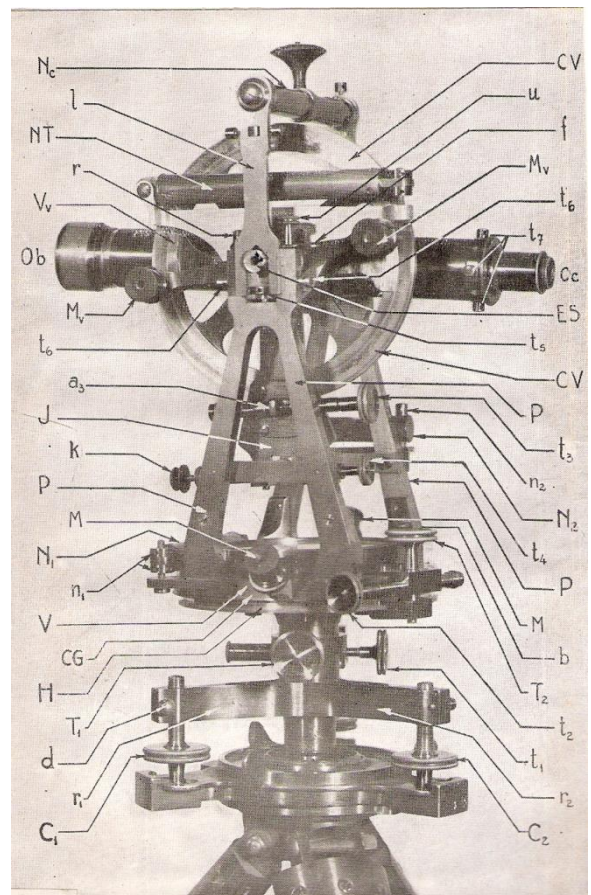




NOTA: El teodolito descende del “aparato topográfico” inventado por Diggers en 1571 y más tarde evolucionando hacia el teodolito por Sissons, Ramsden y Troughton.



TEODOLITO TROUGHTON



4.3. ELEMENTOS DEL TEODOLITO

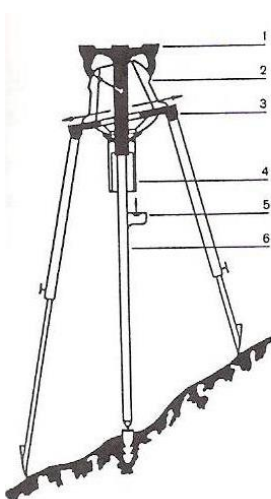
4.3.1. Elementos de sustentación y puesta en estación. ²

El goniómetro se estaciona sobre un trípode, metálico o de madera, de patas telescópicas, terminadas en regatones de hierro aguzados para su fijación al terreno.

Un buen trípode debe ser sólido, manejable, y apto para facilitar la puesta en estación. La primera condición es obvia, conduciendo a la utilización de trípodes metálicos (aluminio o de baja dilatación), o de madera fuerte y dura.

La segunda condición ha desterrado el uso de trípodes de patas rígidas, imponiendo las patas de varias piezas, capaces de extenderse y recogerse telescópicamente.

La tercera condición trata de conseguir facilitar la operación de hacer pasar la vertical del instrumento, o eje principal, por el punto señalado sobre el terreno, o punto de estación. Una solución adecuada era la facilitada y comercializada por la firma Kern, con su bastón centrador.



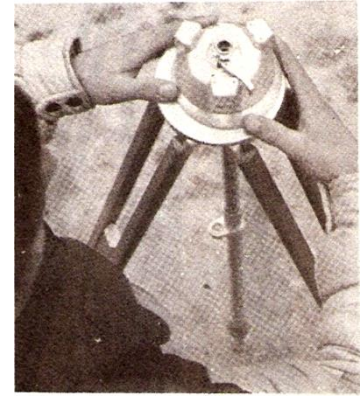
1. Plato portainstrumentos.
2. Cabeza del trípode con zona esférica.
3. Plato inferior del trípode.
4. Tuerca de apretar.
5. Nivel esférico.
6. Bastón centrador.



Según puede apreciarse, el aparato va montado sobre una cabeza basculante, o rótula, que permite posicionarlo en cualquier situación, fijándolo con tornillos de presión. Desplazando la cabeza del trípode en el plato del mismo es muy fácil calar el nivel esférico en el bastón centrador, con lo cual se centra el instrumento sobre el punto del suelo con una precisión de fracciones de un milímetro. Con el fin de poder colocar el instrumento sobre el trípode centrador se dispone de una pieza de inserción que posee

² Manuel Chueca Pazos. José Herráez Boquera. José Berné Valero. Teoría de Errores e Instrumentación .Tratado Topografía 1

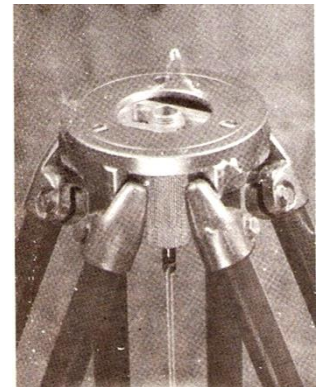
un tapón centrador calibrado que entra directamente en el orificio de la cabeza del trípode. La puesta en estación puede realizarse por lo tanto con **centrado forzoso**. Solidario con la articulación de la rótula, el bastón (provisto del nivel esférico) permite no sólo centrar el aparato sobre la señal del terreno por contacto directo de ésta con la punta del bastón, sino nivelar el aparato aproximadamente centrando la burbuja del nivel. Graduado en centímetros, el bastón permite asimismo medir la altura del aparato.



TRIPODE CENTRADOR

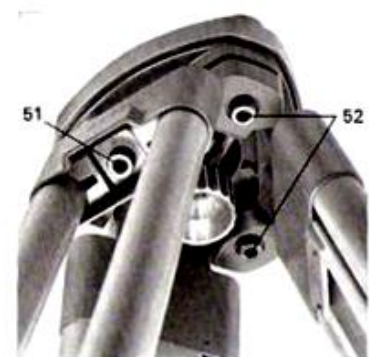


Todo trípode debe ser robusto, estable y fácil de manejar. El instrumento se coloca sobre el plato del trípode y se fija con el tornillo de sujeción. El centrado sobre el punto del suelo se realiza con la ayuda de la plomada, desplazando el instrumento sobre el plato del trípode. El margen de ajuste de los tornillos calantes permite también la nivelación del instrumento, aun cuando el plato del trípode se encuentra mal nivelado. Cada trípode lleva consigo una tapa de protección, de material sintético, una bolsa que contiene una plomada y una llave Allen, así como también un estribo para suspender la caja de baterías.



Comprobación.

Las uniones entre la madera y el metal deben estar siempre bien hechas. Si fuese necesario, apretar ligeramente las tuercas vaso (51) de las bridas con ayuda de la llave Allen que se encuentra en la bolsa. En los climas muy secos, puede ser necesario mantener húmedas las piezas de madera durante la noche. El juego de la unión articulada de la plataforma del trípode puede ser ajustado (52) con la misma llave Allen. Es necesario que las tres patas tengan la misma rigidez de movimiento. Para este control, se



Cabeza del trípode

- 51 tornillo vaso para las patas del trípode
- 52 tornillo vaso para la articulación de las patas

levanta el trípode por la plataforma con sus patas normalmente separadas; entonces las patas deben justamente mantener su separación.³

Placa para pilar.

Cuando el teodolito debe estacionarse sobre un pilar o un muro de mampostería se usa un **trípode mural**. La colocación sobre el punto queda facilitada con alta precisión mediante una clavija de centrado dotada de un nivel esférico



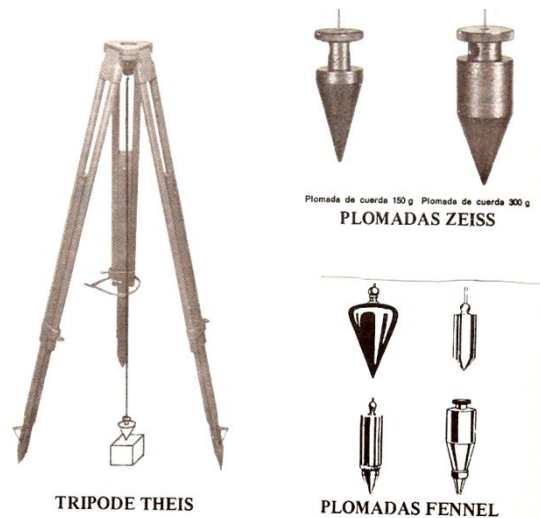
Plomada gravitacional.

Recordemos que la vertical es la dirección de la trayectoria que sigue un punto material, próximo a la superficie de la Tierra, cuando se lo deja caer libremente, y se visualiza con el hilo de una plomada gravitacional sobre la cual no actúen acciones perturbadoras como, por ejemplo, el viento. Con esta última reserva, se usa una plomada gravitacional para colocar el instrumento en la estación o vértice del ángulo; esta operación se denomina estacionar el teodolito, y concluye cuando la punta del peso de la plomada -que representa la posición ocupada por el eje principal supuestamente vertical o, dicho de otra manera, en condiciones ideales- pasa por el punto estación

El viento actúa sobre el hilo de la plomada y la desplaza de la posición correcta con un movimiento de oscilación.

Además, actúe esta acción perturbadora o no, es necesario prolongar visualmente el hilo para que pase por el punto estación.

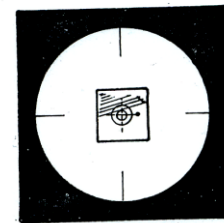
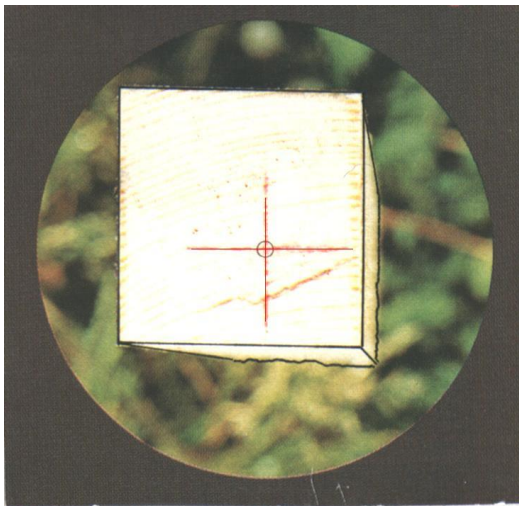
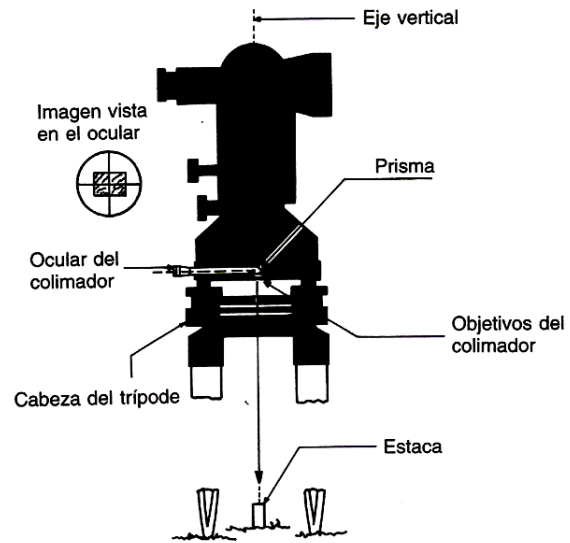
Ambas imprecisiones pueden ser superadas -para mejorar la calidad del estacionamiento- con las plomadas ópticas incorporadas al teodolito en su parte fija -placa nivelante- o en la parte móvil alidada.



Plomada óptica. Casi la totalidad del resto de los goniómetros modernos, y con el mismo fin, antes enunciado, utilizan una plomada óptica. Este dispositivo consta de un colimador provisto de un ocular con retículo y un objetivo, con un prisma intermedio de reflexión total que quiebra en ángulo recto la visual dirigida a la señal sobre el terreno.

³ Teodolito Wild1.Instrucciones

Enfocado previamente con el ocular el retículo (cruz filar o círculo) de centrado y con el mando de enfoque (objetivo), se visualizada aumentada la imagen del punto del suelo. Centrada la señal en el retículo, deslizando el aparato sobre la cabeza del trípode, quedará estacionado el aparato si previamente ha sido nivelado, es decir, horizontalizada la cabeza mencionada. Con esta plomada se consiguen precisiones en el centrado en torno del milímetro. De esta manera se elimina la plomada de cuerda más lenta y enojosa de utilización, que está desechada por todas las marcas modernas.



Plomada láser.

En los teodolitos electrónicos y estaciones totales disponen de una plomada láser, que proyecta un rayo sobre el terreno, visible a la luz del día y que permite desplazar el aparato sin necesidad de estar mirando al mismo tiempo por el antejo.

El mismo se emite desde la base coincidiendo con el eje vertical del instrumento. Se activa simultáneamente con el nivel electrónico y sirve de "puntero" para señalar en el terreno la coincidencia de la vertical con el punto señalado. La precisión del centrado es del orden del milímetro, 2,5 mm en 1,5 m de altura, dependiendo del diámetro del punto, pero no es más preciso que la plomada óptica. Tiene la ventaja de permitir el centrado a simple vista, sin lentes o prismas de por medio y sin aumentos.



4.3.2. Elementos de fijación ⁴

Puesto en estación el aparato, es preciso fijarlo en la dirección de puntería o colimación deseadas.

Todo se reduce a poder hacer solidarios dos ejes habitualmente concéntricos en la posición adecuada. Uno es el eje vertical del aparato, y el otro el de la alidada, en caso de puntería horizontal. Si la puntería es vertical, el eje de muñones o secundario sustituye al vertical o principal. Con mayor generalidad, y dado que la puntería se hace a un punto definido del espacio, es preciso reunir ambas operaciones.

En cualquier caso se utilizan tornillos, llamados de presión y coincidencia que permiten:

- Fijar solidariamente los dos ejes de que se trate, en una primera puntería grosera.
- Imprimir pequeños movimientos posteriores de afino, hasta lograr la posición exacta adecuada.

Hay dos tipos muy usados:

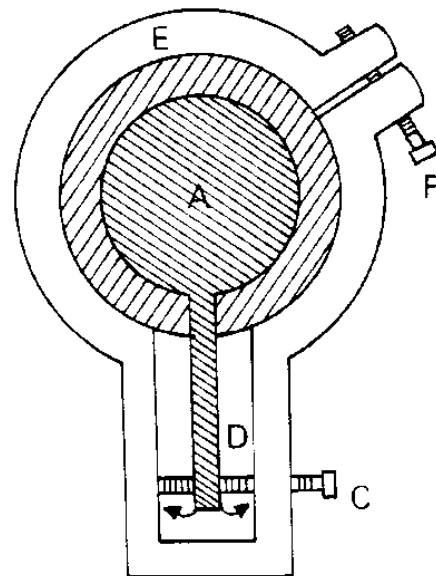
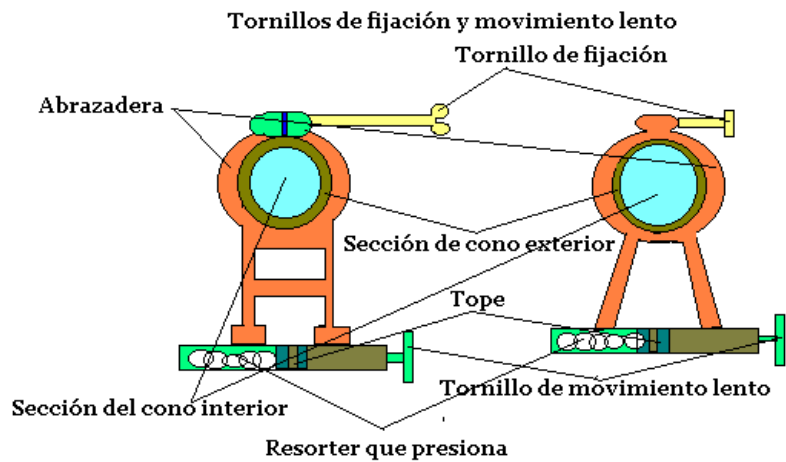
Cuando el tornillo fijación (de presión) está suelto, el eje o cono exterior gira libremente alrededor del eje o cono interior.

Si tornillo fijación se ajusta, la abrazadera impide el giro. No obstante, fijado el tornillo fijación, puede imprimirse al conjunto de cono exterior y cono interior un pequeño desplazamiento con afino actuando sobre el tornillo de movimiento lento (de coincidencia), hasta la compresión o extensión total del muelle (resorte de presión) contra el tope fijo.

Otro tipo. El tornillo de presión P fija los ejes A y B; por medio de la mordaza E.

El tornillo de coincidencia C actuando sobre el vástago D permite un pequeño movimiento al conjunto de A y B, hasta que D incida, en uno u otro sentido, contra la mordaza E por su parte interna.

En cualquier caso, el tornillo de coincidencia, llamado también de movimiento lento o fino o de pequeños movimientos, tiene un paso suficientemente pequeño como para poder fijar la puntería con toda exactitud.



4.3.3. Elementos de horizontalización

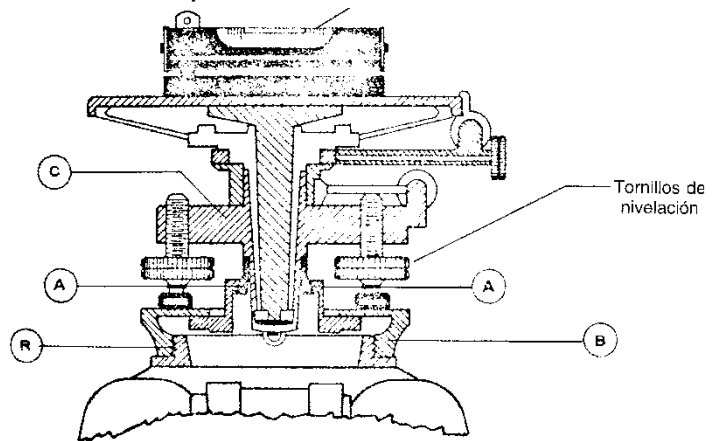
Cualquiera que sea el procedimiento de fijación del goniómetro sobre la cabeza del trípode, y aun supuesto que éste previamente se ha horizontalizado someramente (sea a ojo, o mejor con ayuda de algún pequeño nivel

⁴ Manuel Chueca Pazos. José Herráez Boquera. José Berné Valero. Teoría de Errores e Instrumentación .Tratado Topografía 1

que acostumbran a llevar muchos trípodes), es preciso situar vertical el eje principal con la mayor exactitud posible

A este efecto, todos los goniómetros Kern disponen de unos **tornillos nivelantes o calantes** que, actuando sobre una articulación de rótula (A), permiten inclinar adicionalmente a la plataforma (C), y con ella a todo el instrumento, sobre la base (B) de unión entre trípode y aparato (en este caso la unión indicada se efectúa por medio de la rosca (R),

Nivel del plato



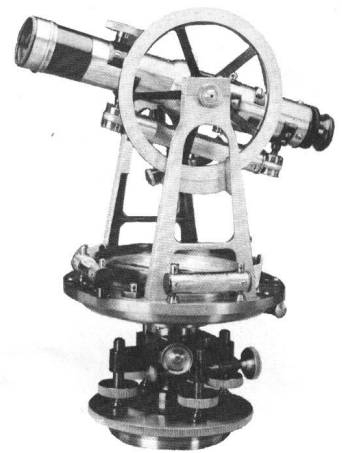
hasta verticalizar con cuanta exactitud sea posible al eje principal.

Actuando sobre los tornillos calantes o nivelantes, mientras se controla el nivel situado sobre el plato se consigue el efecto deseado.

Normalmente, un goniómetro dispone de 3 tornillos nivelantes, situados en su base formando un triángulo equilátero.

Son excepción los taquímetros americanos que generalmente están dotados de cuatro tornillos formando un cuadrado.

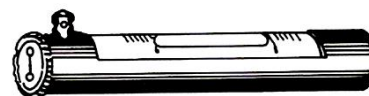
Asimismo, la casa Zeiss de Alemania ha prescindido de un tornillo, realizando la nivelación mediante dos tornillos tan sólo, auxiliados por una cabeza de rótula de que va provisto el instrumento.



Independientemente de que, a continuación, y por la trascendencia que la verticalización del eje principal presenta para la corrección de las medidas a obtener, se estudie detalladamente la teoría y empleo de los niveles, avanzando ideas, definimos ya el **nivel de burbuja** como una ampolla de vidrio de forma **tórica** casi llena de un líquido volátil, formando el espacio resultante una pequeña burbuja de aire que ocupará siempre la parte más alta del tubo de vidrio.



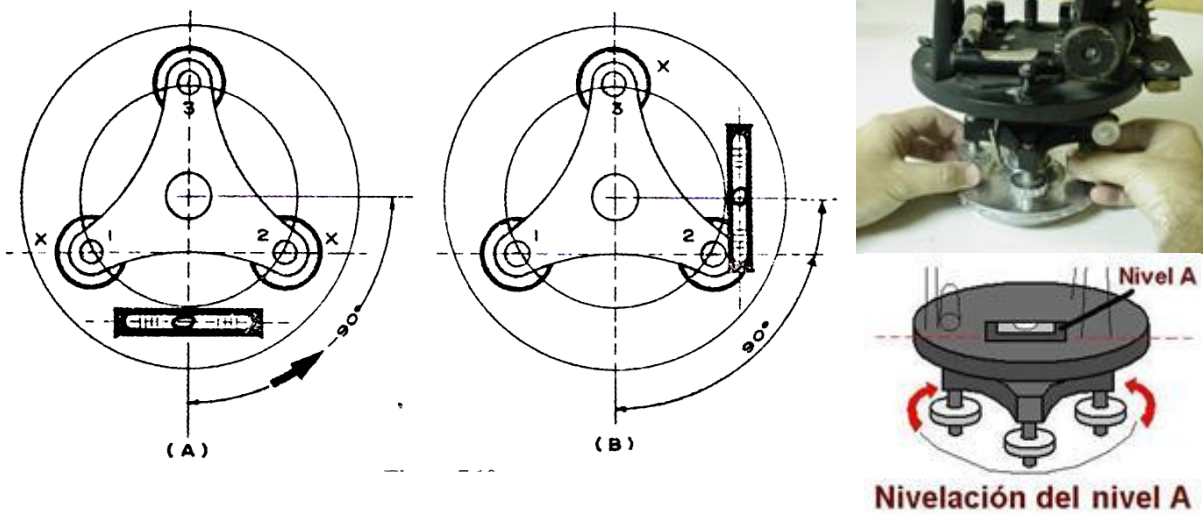
SECCIÓN VERTICAL



PERSPECTIVA

Si dicha parte (como suponemos ahora) coincide con los dos trazos centrales marcados sobre la mencionada ampolla, actuando en cualquier posición del nivel sobre dos tornillos nivelantes, hasta situar la burbuja entre dichos trazos, operación que se denomina **calar la burbuja**, se habrá conseguido que **una recta de la base del aparato, paralela al plano horizontal tangente al nivel en el centro de la burbuja,**

sea también horizontal. Un giro del nivel, y una nueva actuación, y por tanto a la base del aparato verticalizando el eje principal del mismo, según se deseaba.



La operación se representa en la figura según se realiza. Primeramente, se cala la burbuja (A) con los tornillos 1 y 2, estando el nivel paralelo a la recta que definen, y después (B) se vuelve a calar sólo el 3 girando el plato con el nivel un ángulo de 90°.

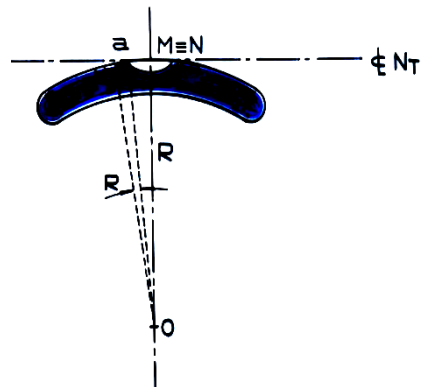
4.3.4. Sensibilidad del nivel tubular

Digamos, finalmente, que la precisión de la operación depende de la sensibilidad del nivel, o ángulo en el centro que subtende una división del mismo.

La burbuja siempre ocupa la parte más alta del tubo. Para verificar su posición, el tubo de vidrio posee trazos transversales equidistantes.

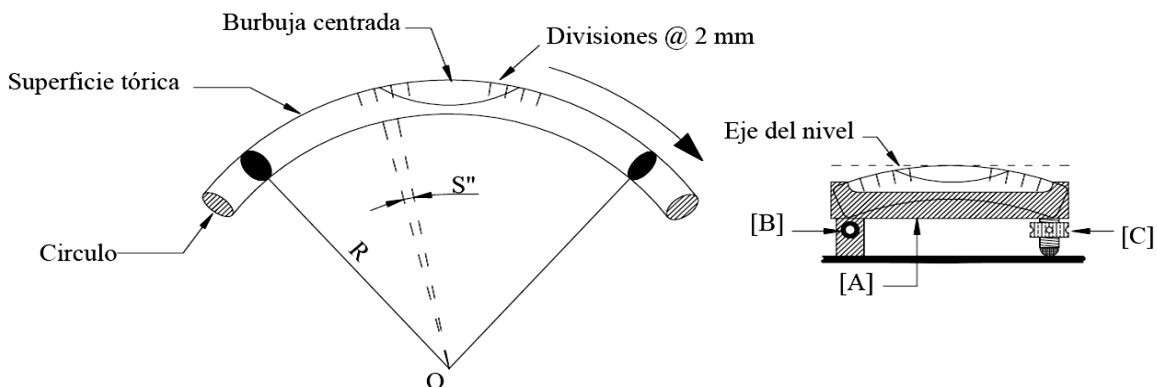
Cuando la burbuja está centrada se dice que el nivel está calado. La tangente en el punto medio de las divisiones se denomina eje del nivel, el cual ocupará la posición horizontal cuando la burbuja está centrada (nivel calado).

La **sensibilidad del nivel** es el ángulo de giro correspondiente al desplazamiento de una división de la burbuja.



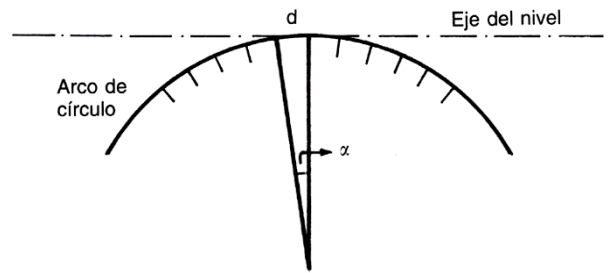
$$S = a / R \text{ (en radianes)}$$

La sensibilidad se exprese generalmente en segundos/div, o sea por ejemplo 20"/ 2 mm.



Sensibilidad $S'' = \alpha = d/R \times 206265''$.

El valor de d está normalizado universalmente a 2 mm. (línea de París), α oscila entre $1''$ y $20''$ en goniómetros usuales.



Por encima del minuto de sensibilidad la puesta en estación adolece de poca precisión.

Por debajo de $20''$ las dificultades para calar la burbuja van creciendo aceleradamente y aun cuando se han construido aparatos topográficos de hasta $5''$ de sensibilidad, su nivelación llegaba a ser realmente inasequible, y mantener el aparato nivelado, utópico. Bastaba con dar unos pasos alrededor del trípode para desnivelar el nivel y descentrar burbuja.

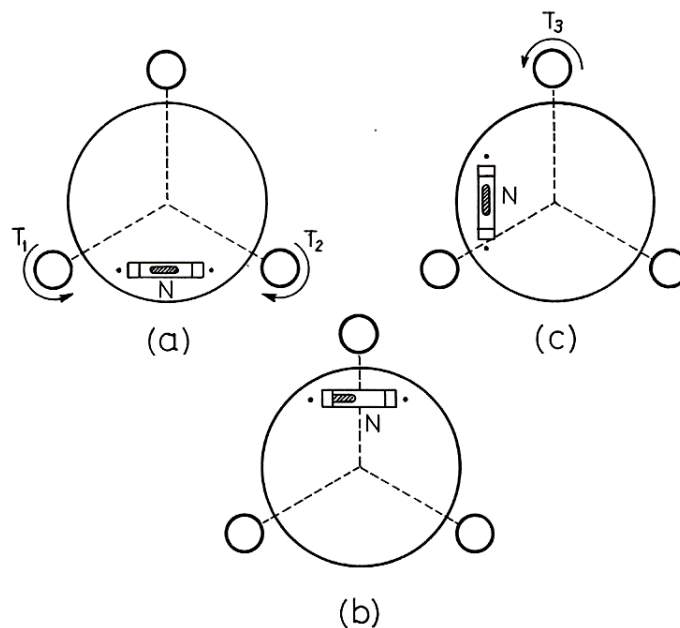
En los instrumentos topográficos su valor oscila entre $10''$ y $60''$ por división.

4.3.5. Corrección y utilización de niveles tóricos ⁵

Supongamos que, de acuerdo con lo expuesto calamos con T_1 y T_2 la burbuja del nivel (a) colocado en dirección de ambos tornillos calantes, luego giramos 90° (c) y calamos de nuevo con T_3 .

Si se hubiera tenido la precaución (que se debe adoptar siempre) de girar 180° el plato del goniómetro entre el fin de la operación (a) y el principio de la (e), puede suceder, según se representa en (b) que la burbuja del nivel se salga de los dos trazos centrales, y no quede ya calada. Ello equivale a anular la operación de nivelación, pues es evidente que la recta tangente a la burbuja a que antes nos referíamos no es paralela a la base del goniómetro y, aun cuando sea horizontal, ello nada implicará, en principio, con respecto a la base cuya horizontalización se desea.

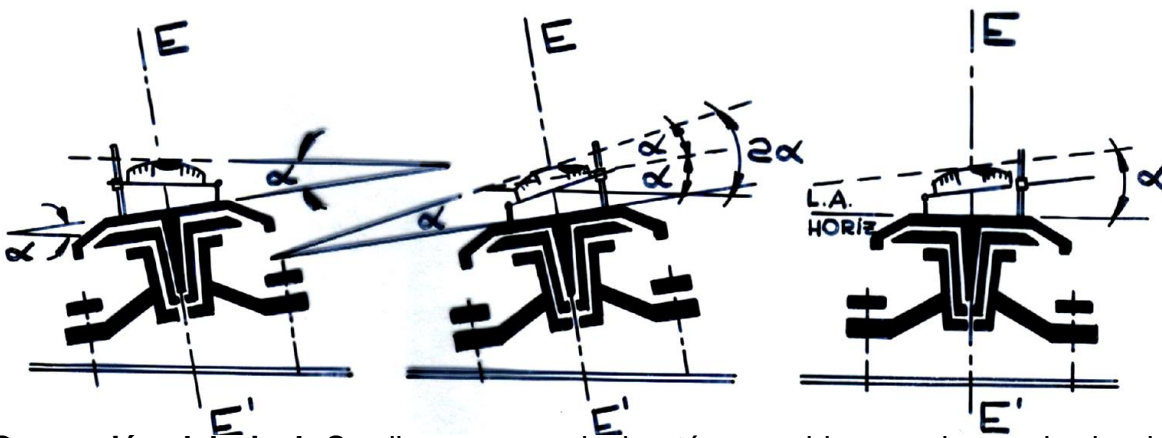
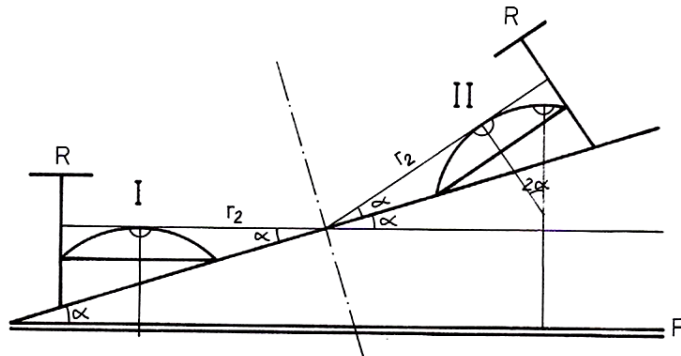
Se dice en dicho supuesto que el nivel está descorregido.



⁵ Manuel Chueca Pazos. José Herráez Boquera. José Berné Valero. Teoría de Errores e Instrumentación .Tratado Topografía 1

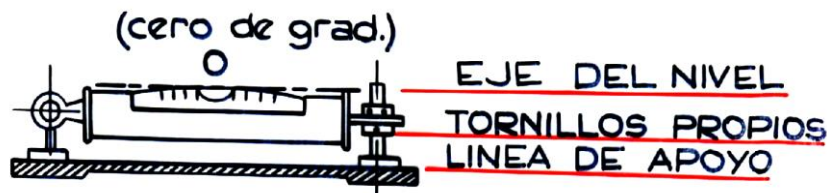
Si suponemos el nivel en la posición (I), con burbuja calada, correspondiente a la posición (a) anterior, la tangente r_2 al ecuador del nivel es horizontal, pero no paralela a la plataforma P.

Girando 180° el nivel (que hemos supuesto sobre una plataforma para mayor claridad de la figura), la recta r_1 pasará a su posición simétrica r_2 , Y por geometría elemental es evidente que la burbuja se desplaza un ángulo igual a 2α , siendo α (la inclinación de la plataforma con la burbuja calada en I.



Corrección del nivel. Se dice que un nivel está corregido cuando su eje de nivel es paralelo a la línea que le sirve de apoyo.

Si la línea de apoyo es horizontal y el nivel está corregido, su eje de nivel será horizontal, por lo tanto el centro de la burbuja estará en el cero, de la graduación .



Si el nivel **no está corregido**, el centro de la burbuja no coincidirá con el cero de la graduación, por lo que para corregirlo habrá que mover los tornillos propios del nivel hasta que el centro de la burbuja coincida con el cero. Toda la operación de corrección deberá realizarse con la línea de apoyo del nivel perfectamente horizontal.

Principio fundamental del nivel:

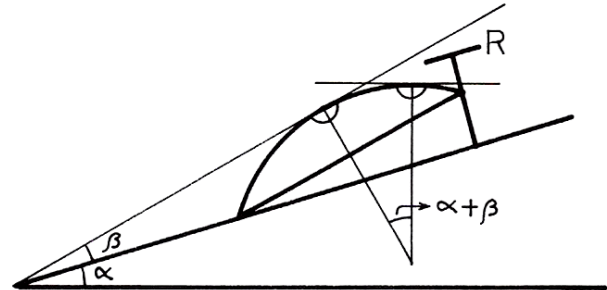
Si se apoya un nivel sobre una recta y luego se invierten sus apoyos, el desplazamiento que experimenta la burbuja mide el doble del ángulo que dicha recta de apoyo forma con la horizontal.

Analizando las figuras anteriores se demuestra fácilmente el enunciado por igualdad de ángulos entre paralelas.

Como todos los niveles disponen de un tornillo de corrección R, actuando sobre él y corrigiendo en α la posición de la burbuja se habrá restablecido el paralelismo entre plataforma y eje del nivel. Se dice que éste quedará corregido.

Inmediatamente puede ya nivelarse según el procedimiento antes explicado.

Sin embargo, sea porque se esté utilizando un nivel tan sensible que se desespere poderlo corregir bien o, simplemente, porque se adopte la siempre prudente medida de evitar en lo posible tocar los tornillos de corrección, cuyo excesivo manejo origina holguras, puede operarse como sigue, nivelando sin necesidad de previa corrección.



Supongamos que el nivel cuenta con **2n divisiones** abarcadas por la burbuja.

Si está corregido y calado, del centro de la burbuja a cada extremo habrá n divisiones. Si se levanta la plataforma un ángulo α (medido en divisiones), el extremo derecho de la burbuja se desplazará a la derecha α divisiones. Y si se des corrige β divisiones el nivel, en el sentido de la figura, el mismo extremo se desplazará β divisiones adicionales.

En dicha posición, los extremos derecho e izquierdo de la burbuja, con respecto a la división central, permitirán realizar, en número de divisiones, las lecturas:

$$\text{Derecha } d = n + \alpha + \beta$$

$$\text{Izquierda } i = n - \alpha - \beta$$

y si se gira el nivel 180° , como antes, α seguirá actuando en el mismo sentido y β en contrario, y las lecturas serán:

$$d_1 = n + \alpha - \beta$$

$$i_1 = n - \alpha + \beta$$

y como d , i , d_1 e i_1 son conocidos, se seguirá:

$$d - i = 2(\alpha + \beta)$$

$$d_1 - i_1 = 2(\alpha - \beta)$$

$$\frac{1}{2} (d - i) = \alpha + \beta$$

$$\frac{1}{2} (d_1 - i_1) = \alpha - \beta$$

sumando y restando:

$$\alpha = \frac{1}{4} [(d-i) + (d_1-i_1)] \quad (1)$$

$$\beta = \frac{1}{4} [(d-i) - (d_1-i_1)]$$

α y β son conocidos y la nivelación es ya inmediata. (Basta con corregir α con los tornillos calantes), sin necesidad de corregir el nivel.

Si en la primera posición se cala la burbuja $d = 1$ las expresiones (1) resultan más cómodas según

$$\alpha = \frac{1}{4} (d_1 - i_1)$$

$$\beta = \frac{1}{4} (i_1 - d_1)$$

De más extendido empleo. ⁶

4.3.6. Nivel de burbuja partida

Supongamos un medio diáfano, limitado por caras planas, construido en cristal y tallado según las figuras en perspectiva y representación diédrica.

Supuesto que se sitúa sobre la burbuja de un nivel tórico, guardando ambos elementos entre sí la relación de dimensiones que de la primer figura se desprende, con el sentido de luz incidente indicado, se producirán una serie de reflexiones totales que darán lugar a una imagen final como la de la figura

primera, que individualizamos en la figura tercera, atravesando libremente el cristal, sin sufrir reflexión, todos los rayos procedentes de la parte central de la burbuja. La imagen final quedará formada, pues, por los dos extremos finales de la burbuja, y solamente por la mitad de cada uno de ellos, ya que la otra mitad sólo sufre una reflexión total por no incidir sobre la entalladura central.

Ello hace posible la nivelación a partir de niveles poco exactos, con gran precisión. Así, un nivel de 30" podrá ofrecer un error máximo de $\epsilon = 1",5$; donde un nivel convencional de 1",5 es totalmente imposible de nivelar, por su sensibilidad extrema.

Es clara la comodidad, rapidez y precisión que facilita el procedimiento.

Los primeros niveles de burbuja partida fueron construidos por Zeiss. Hoy su uso se ha extendido a todas las marcas importantes.

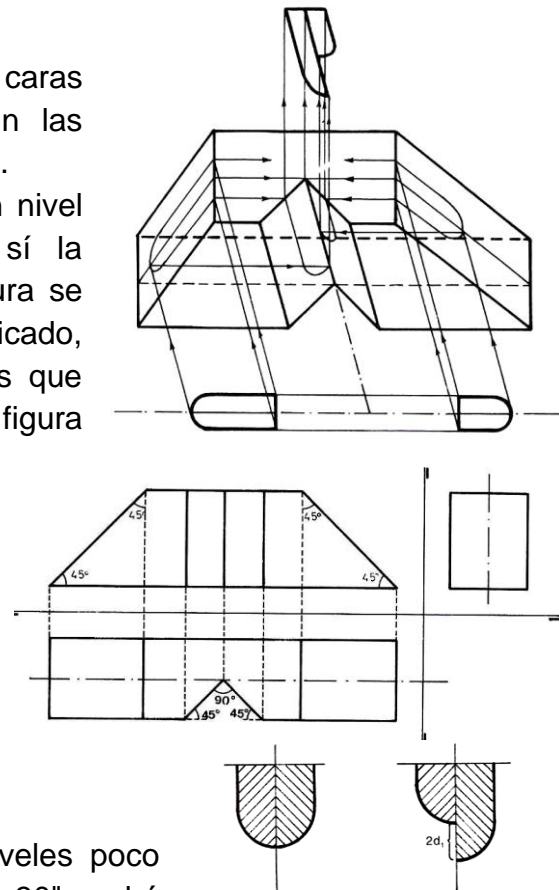
La necesaria precisión en su construcción, esencialmente de posición geométrica entre burbuja-nivel-juego de prismas, hace que su corrección manual sea aventurada. En caso de descorrección, es imperativo enviarlo a un taller especializado.

4.3.7. Calaje del teodolito

Con todo lo expuesto hasta aquí podemos concluir:

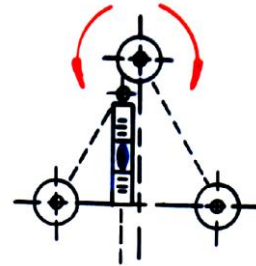
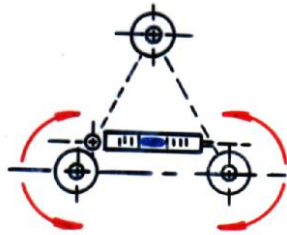
El principio fundamental del nivel se aplica al efectuar el calaje del teodolito, operación esencial que tiene por finalidad verticalizar su eje principal E-E'. La teoría de tal verticalización es de cierta complejidad. No obstante, en la práctica es lograble mediante sucesivas aproximaciones, que en general se limitan a dos, denominadas calaje aproximado y calaje fino. A tal efecto se utilizan los tornillos calantes que están dispuestos según los vértices de un triángulo equilátero.

- **Calaje aproximado:** En los teodolitos antiguos se coloca el nivel tubular aproximadamente paralelo a la dirección de dos tornillos calantes cualesquiera y se centra la burbuja mediante el accionamiento de los mismos, de tal manera que ambos

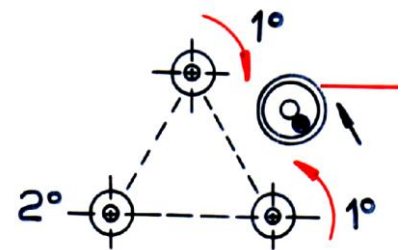


⁶ Manuel Chueca Pazos. José Herráez Boquera. José Berné Valero. Teoría de Errores e Instrumentación .Tratado Topografía 1

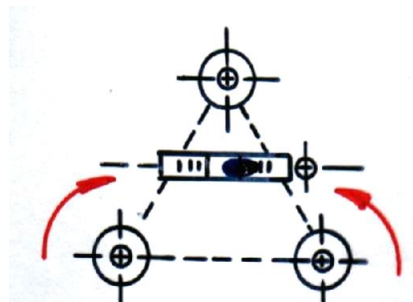
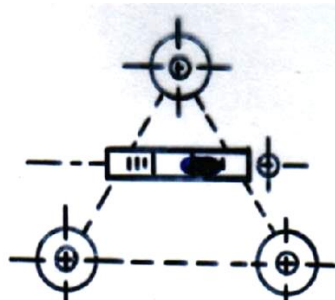
giren en sentido contrario. La burbuja se desplaza según el sentido indicado por el dedo índice de la mano derecha. Luego de centrada la burbuja se gira el nivel aproximadamente 90° y con el tercer tornillo calante se centra nuevamente la burbuja.



- Los **teodolitos actuales, por lo general, vienen provistos de un nivel esférico** (en la plataforma nivelante o en la alidada) que se utiliza para realizar el calaje aproximado con mayor rapidez, ya que no es necesario girar los 90° del procedimiento anterior. Recordemos que es una pequeña caja metálica cilíndrica con un líquido poco viscoso en el interior dejando una burbuja. La parte superior es una de cristal en forma de casquete esférico (convexa), con una o varias circunferencias grabadas en el centro donde debe colocarse la burbuja. El nivel esférico se emplea como auxiliar del nivel tubular ya que son menos precisos que éstos. Su sensibilidad oscila entre $3'$ y $6'$. Primeramente, se alinea la burbuja con el círculo central por medio de dos de los tornillos calantes, accionándolos de la misma manera ya descrita y luego con el tercer tornillo calante se la hace coincidir con el círculo central.



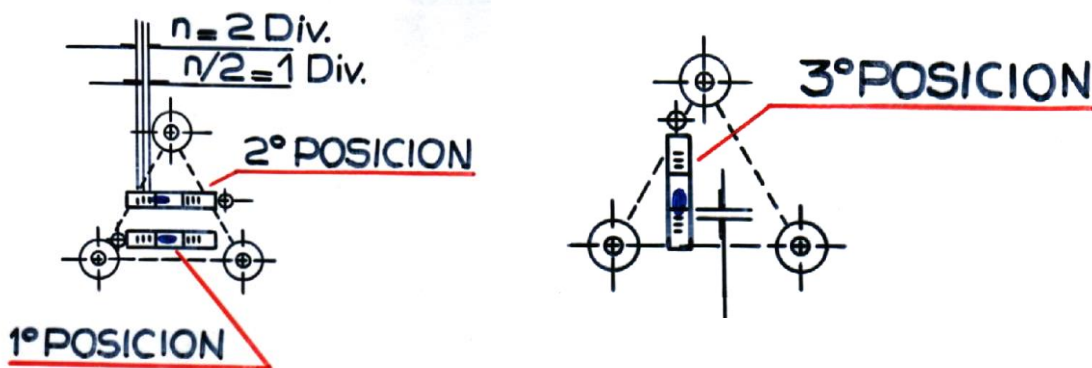
- **Calaje fino:** Una vez realizado el calaje aproximado, se vuelve a colocar el nivel en dirección paralela a dos tornillos calantes cualesquiera y se centra la burbuja. Luego se gira el nivel aproximadamente 180° , lo que es prácticamente a invertir sus apoyos y se aplica la consecuencia del principio fundamental del nivel: **si la burbuja se ha desplazado n divisiones, con los mismos tornillos calantes se corrige la mitad desplazándola en sentido inverso $n/2$ divisiones.** En ese instante se ha horizontalizado la familia de rectas que perteneciendo a un plano normal al eje principal, es paralela a la dirección de dichos tornillos calantes.



Como por construcción el limbo acimutal debe ser perpendicular al eje principal, suele decirse también, con menos rigor, que se ha horizontalizado la familia de rectas del plano del limbo, paralelas a la dirección de dichos tornillos calantes.

Basta ahora con horizontalizar otra recta no paralela a las anteriores, para tener horizontal el mencionado plano. Conviene que esa recta sea la de máxima pendiente para lo cual se gira aproximadamente 90° y con el tercer tornillo calante se lleva la burbuja a la misma posición en que había quedado anteriormente, o sea descentrada $n/2$ divisiones. Queda así concluido el calaje fino. Como control obsérvese que en cualquier posición de la alidada la burbuja permanezca constantemente inmóvil (en dicha posición descentrada), lo cual implica que el eje principal está vertical. En caso contrario se repite la operación.

El segundo paso del calaje fino también se puede lograr de la misma forma que el primero, o sea se centra la burbuja, se gira 180° y luego se corrige la mitad de la desviación total.

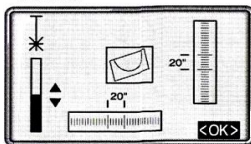


Si se deseara por simple comodidad (o porque la des corrección es fuerte), puede llevarse la burbuja a su posición central mediante los tornillos propios de corrección del nivel.

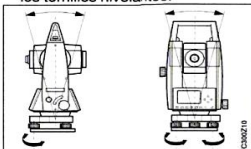
Niveles electrónicos

Los taquímetros electrónicos actuales vienen provistos del niveles electrónicos. El mismo se maneja mediante teclas de función. Consiste en dos iconos que aparecen en la pantalla digital del taquímetro cuando se activa la función correspondiente. Los iconos simbolizan 2 niveles tubulares de aire. El calado de estos niveles se debe realizar girando los tornillos de la plataforma nivelante.

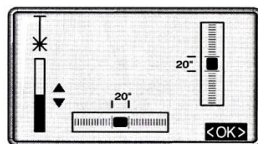
1. Conectar con el nivel electrónico. Si el instrumento no está en una posición aproximadamente horizontal, aparece el símbolo de un nivel inclinado.



2. Centrar el nivel electrónico girando los tornillos nivelantes.

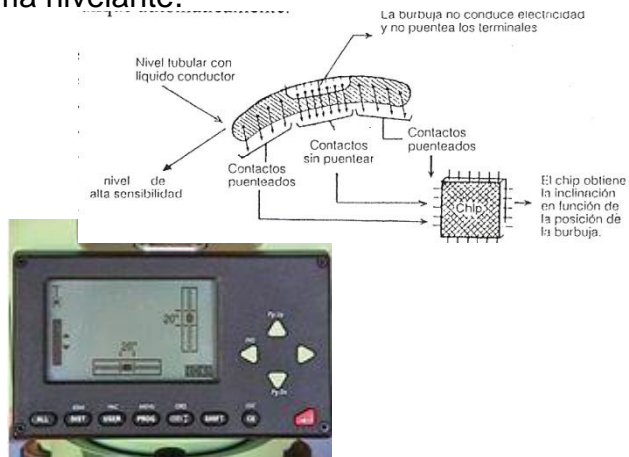


Cuando el nivel electrónico esté ajustado, estará nivelado el instrumento.



3. Comprobar el centrado con la plomada láser y corregir si fuera necesario.

4. Desconectar con el nivel electrónico y la plomada láser.

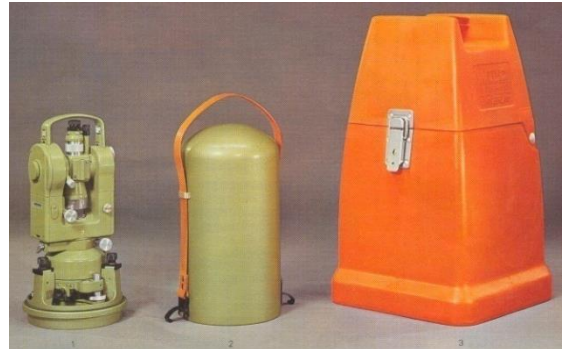


4.4. PUESTA EN ESTACIÓN DEL INSTRUMENTO.

Poner el teodolito en estación, es colocar el instrumento exactamente en un punto topográfico en perfectas condiciones de operación.

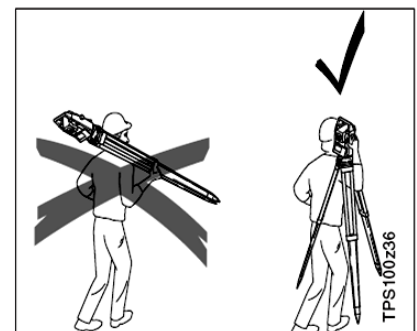
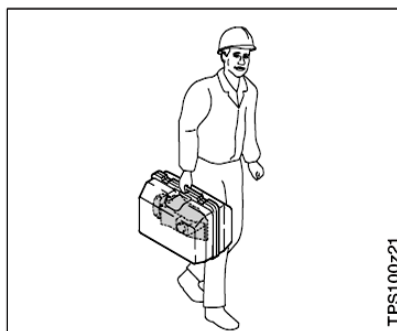
4.4.1. Estuches y caja de transporte

Para su transporte, los teodolitos están provistos de cajas plásticas o de estuches metálicos. Para el envío o el transporte en vehículos, o en otros medios, esta caja de metal se puede poner en la caja de transporte de material sintético y bien acolchada contra golpes. No se debe transportar nunca el instrumento suelto en el vehículo ya que podría resultar dañado por golpes o vibraciones. Siempre ha de transportarse dentro de su maletín y bien asegurado. Para transportar **en tren, avión o barco** utilizar siempre el embalaje original del fabricante (maletín de transporte y caja de cartón) u otro embalaje adecuado. El embalaje protege el instrumento frente a golpes y vibraciones.



– El estuche de plástico para proteger el instrumento, es impermeable y a prueba de polvo. Lleva dos correas para pasarlas por los hombros. Es muy útil para transportar el instrumento por terreno ondulado.

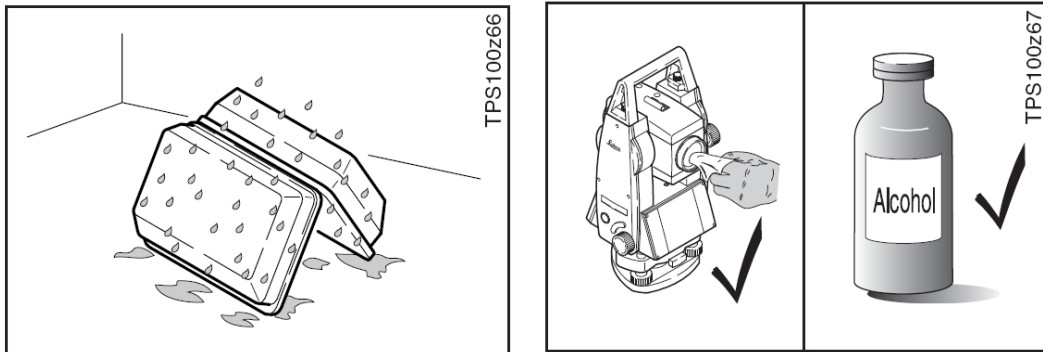
Para el transporte del equipo **en el campo**, se debe cuidar siempre de transportar el instrumento en la caja de transporte, o en cortas distancias llevar el trípode con el instrumento en posición vertical con las patas abiertas encima del hombro.



Observe los valores

límite de temperatura para el almacenamiento del equipo, especialmente en verano, si transporta el equipo en el interior de un vehículo.

Para almacenar el instrumento en el interior de un edificio utilizar también el maletín y dejarlo en un lugar seguro



Si el instrumento se ha mojado, sacarlo del maletín. Secar (a temperatura máxima de 40°C/104°F) y limpiar el instrumento, los accesorios y el maletín y sus interiores de espuma. Volver a guardarlo cuando todo el equipo esté bien seco. Mientras se esté utilizando en el campo, mantener cerrado el maletín.

Limpieza objetivo y ocular:

- soplar el polvo de lentes (no con un compresor)
- No tocar el cristal con los dedos.
- Limpiar únicamente con un paño limpio y suave. En caso de necesidad, humedecerlo ligeramente con alcohol puro.
- No utilizar otros líquidos, dado que podrían atacar los elementos de material sintético.

4.4.2. Sombrillas

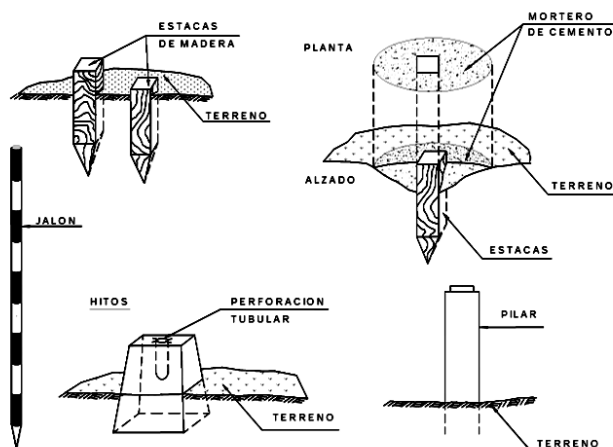
El efecto de los rayos solares sobre el teodolito afecta la operación de verticalizar su eje principal. Para operaciones precisas se puede usar sombrillas de protección especialmente diseñadas.



4.4.3. Jalones y mojones

Los jalones son elementos que materializan circunstancialmente la posición ocupada por los puntos de existencia real. Cuando se retiran es necesario mantener la definición de los mismos con el aporte de otros elementos que quedan incorporados en forma permanente en el suelo, son los mojones de madera, hierro o de mampostería.

Es necesario señalar sobre el terreno los puntos del levantamiento, para existen varios sistemas, dependiendo del tipo de terreno y de la permanencia que se quiera otorgar a dicho punto. Si se trata



de un punto de apoyo topográfico, que posteriormente será utilizado para el replanteo, debemos cuidar de que permanezca inamovible el tiempo suficiente. Para ello utilizamos: jalones, banderas, estacas, clavos, placas metálicas, señales grabadas en rocas, prefabricados, mojones, hitos, pilares de hormigón, pinturas, en superficies rígidas trazos con lápiz indelebles o permanentes, trazos con puntas widia, etc. Los mismos pueden ser:



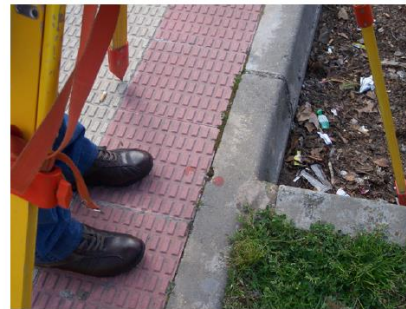
Estacas, clavos, marcas grabadas



Hitos feno



Vértices geodésicos

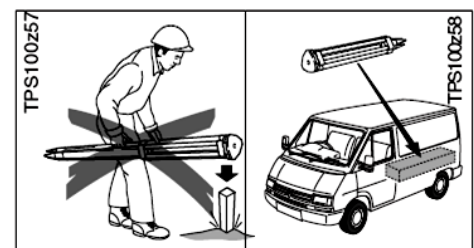


Señales en el terreno

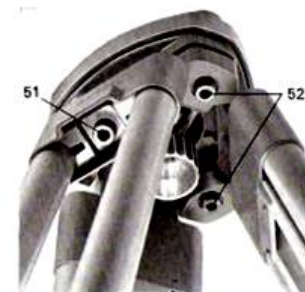


4.4.4. Trípode, transporte, cuidados, posicionamiento

- Tratar con cuidado el trípode, para su transportar el trípode utilizar siempre una cubierta, estuche de cuero, o caja e inmovilizado.
- Cualquier tipo de deterioro puede impedir el correcto estacionamiento y dar lugar a mediciones imprecisas
- Utilizar el trípode exclusivamente para los trabajos de medición.



• Las uniones entre la madera y el metal deben estar siempre bien hechas. Si fuese necesario, apretar ligeramente las tuercas vaso (51) de las bridas con ayuda de la llave Allen, que se encuentra en una bolsa adosada a una de las patas. En los climas muy secos, puede ser necesario mantener húmedas las piezas de madera durante la noche. El juego de la unión articulada de la plataforma del trípode puede ser ajustado (52) con la misma llave Allen. Es necesario que las tres patas tengan la misma



Cabeza del trípode

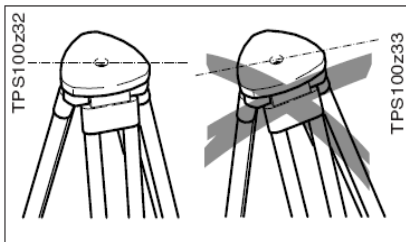
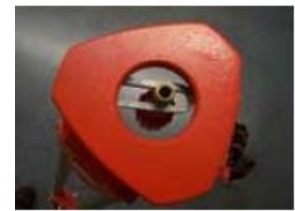
- 51 tornillo vaso para las patas del trípode
- 52 tornillo vaso para la articulación de las patas

rigidez de movimiento. Para este control, se levanta el trípode por la plataforma con sus patas normalmente separadas; entonces las patas deben justamente mantener su separación.

- Establecido, determinado y/o encontrado el punto sobre el cual debemos posicionar el Teodolito -o en su defecto la Estación Total-, continuamos con los siguientes pasos:

- Primeramente, aflojamos los tornillos de las patas del trípode y las desplegamos de tal manera que el mismo quede a una altura cómoda, hasta la altura necesaria según nuestra altura visual y apretamos los tornillos. Debemos tener la precaución que las mismas no se encuentren en los extremos de sus recorridos, sino cerca de su mitad, situación ésta que permitirá el posterior desplazamiento de las mismas para lograr la nivelación gruesa plataforma.

- Se abre el trípode y se extrae la plomada de la bolsa; se introduce el manguito a cierre de bayoneta de la plomada por debajo del tornillo del trípode y se fija por una rotación a la derecha.



- Póngase el trípode en estación, de manera que la plataforma quede prácticamente horizontal. Cuando el tornillo de fijación ocupe aproximadamente el centro de la abertura circular de la plataforma, la plomada debe encontrarse a menos de 2 cm del punto de estación

- Se debe extender el trípode de forma que la vertical imaginaria pase lo más cerca posible del punto a estacionar. La patas deben abrirse lo suficiente para conseguir una buena estabilidad; si están muy cerradas el trípode es inestable y tenderá a caerse; si están muy abiertas, tendremos dificultado el movimiento en torno al trípode.



Tripode excesivamente cerrado



Tripode excesivamente abierto



Tripode bien posicionado



- Hundir en el suelo, de una manera uniforme, las patas del trípode (la rodilla contra la pata del trípode); si es necesario, se corrige una penetración desigual de las mismas, extendiendo o acortando la pata conveniente. Antes de colocar el instrumento sobre un trípode de patas extensibles, hay que cerciorarse de que los tornillos de presión de aquellas estén apretados.

- En pisos interiores, como cemento o parquet, donde no pueden fijarse las puntas de las patas, se emplea la estrella para trípode. De lo contrario se puede “fabricar” un sostén triangular con alambre flexible de acero (tipo freno de bicicleta), con ojales en sus vértices, que encajen en los tornillos de fijación de las patas del trípode.

- Extraemos, con la precaución que un instrumento de precisión requiere, el Teodolito (o Estación Total) de su estuche y lo colocamos sobre la plataforma del trípode. Notemos que la plataforma del trípode como así también la base del teodolito poseen una forma triangular, debiéndose lograr la coincidencia de las mismas, lográndose, así, que las bases de los tornillos calantes estén en coincidencia con las patas del trípode y con ello una mejor estabilidad del aparato.



- Colocado el Teodolito sobre el trípode y ajustado perfectamente el tornillo de sujeción, tomamos la precaución de verificar que los tornillos calantes se encuentren a mitad de su recorrido, situación ésta que evitará la desafortunada situación de no poder nivelar la base del aparato por falta de recorrido de alguno de los tornillos (el aparato posee en cada tornillo una marca o muesca característica que indica el medio de su recorrido). Al ubicar la plataforma del trípode aproximadamente horizontal y los tornillos calantes a la mitad de su recorrido, las posiciones inclinadas remanentes de la plataforma del trípode deben ser compensadas con los tornillos calantes de la base nivelante.

- Caso del trípode con bastón de centraje o plomada física bastón, (por ejemplo, el Wild GST70 permite poner el T1 directamente sin GDF10 sobre la cabeza del trípode). Puesto sobre la estación el trípode, se abre el tornillo central de fijación y se pone la punta del bastón de centraje sobre el punto de la estación. Alargando o encogiendo las patas del trípode se llega a centrar el nivel esférico del bastón de centraje aproximadamente. A continuación, se desplaza la cabeza del trípode hasta que el nivel esférico del bastón esté bien centrado, y se cierra el tornillo central. Seguidamente se introduce en la cabeza del trípode el instrumento, que se fija por el botón aliforme y se horizontaliza.

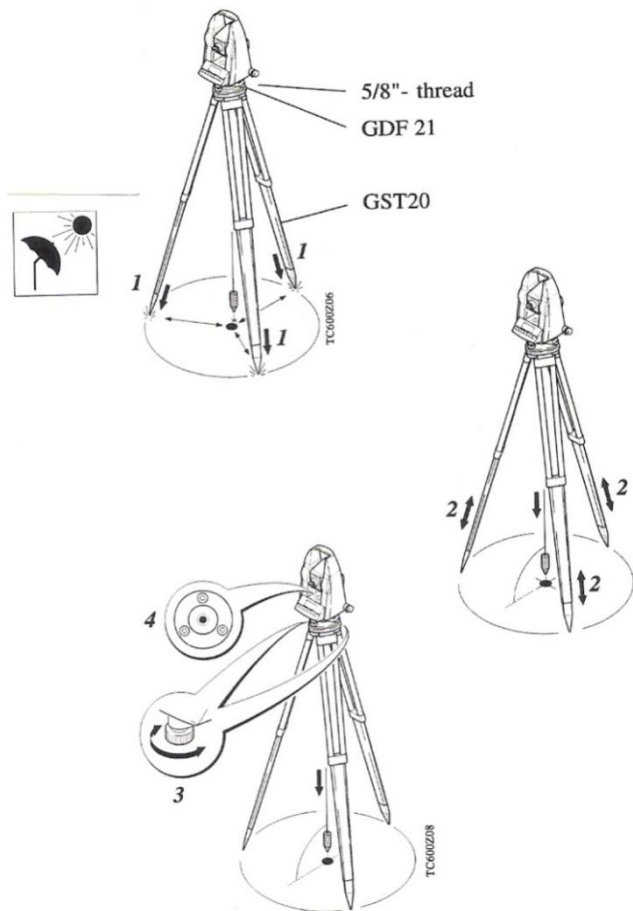
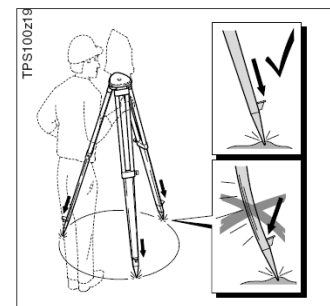


T1 en el trípode de centraje GST70

Si el trípode se pone en estación con el instrumento fijado encima, se debe proteger éste con una mano mientras se hunde el trípode en el suelo con los pies, de manera que se amortigüen los choques eventuales.⁷

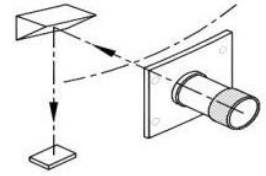
4.4.5. Estacionamiento del instrumento

- 1º Método. Calaje aproximado. Centraje con la plomada de cordón. Después de haber aflojado ligeramente el tornillo de fijación del trípode, desplazar el instrumento sobre la plataforma del mismo hasta que la plomada penda exactamente encima del punto de estación. Apretar moderadamente el tornillo de fijación y volver a colocar la plomada en la bolsa. En tiempo de viento en calma, el instrumento puede centrarse por medio de la plomada a unos 2 mm exactos. Si el desplazamiento sobre la plataforma no fuese suficiente -en su giro o radio-, colocamos nuevamente la plomada en el tornillo de fijación, luego levantamos y plantamos el trípode en las proximidades del punto, haciendo bascular el trípode sobre una de sus patas, hasta que esté lo más cercano posible a la vertical del punto. Se clavan firmemente las patas del trípode para ello hay que procurar que la fuerza actúe en la dirección de las patas del trípode.

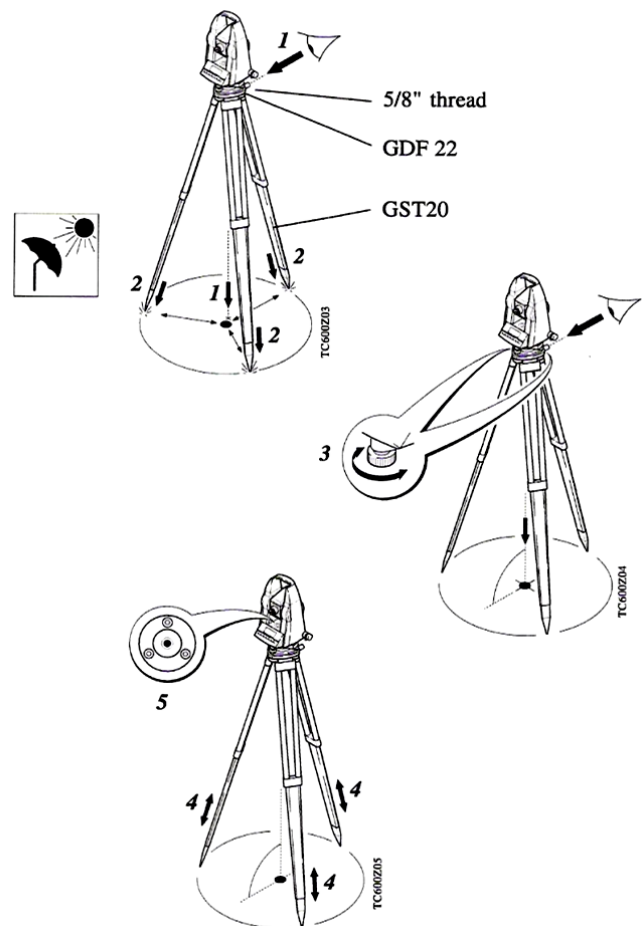


⁷ Wild- Teodolito T1.

• **Centrado con la plomada óptica.** En el caso de que el teodolito esté provisto de una plomada óptica, se retira la plomada común. La plomada óptica incorporada sirve para hacer el centrado del instrumento encima del punto de estación (alcance 0,5 m hasta ∞). Haciéndolo de un modo correcto, el error medio a esperar en el centrado es de unos $\pm 0,3$ mm, si el punto de estación está definido de una manera apropiada. Desde luego, antes hay que centrar la burbuja del nivel esférico con los tornillos nivelantes. Girar el ocular de la plomada óptica hasta que la imagen de la cruz de la retícula esté nítida, en algunos instrumentos es un pequeño círculo. Corregir el objetivo de la misma a los efectos de poder visualizar la cruz o el círculo grabado -centro de esta plomada- en el punto base de la vertical. Si ésta no coincide con el punto topográfico, aflojar ligeramente el tornillo de fijación del trípode, para poder desplazar el instrumento paralelamente a sí mismo sobre la plataforma y quedar centrado; volver a apretar moderadamente el tornillo de fijación; realizando nuevamente el calaje aproximado y se repite la operación hasta que se verifique el centrado de la plomada óptica y el calaje aproximado.



• **2º método. Calaje aproximado, sin plomada de cordón y centrado con la plomada óptica.** Tomando el trípode sobre dos patas una con cada mano y habiendo colocado la tercera frente al operador pero opuesto a él, de tal manera que la altura sea la adecuada, mantendremos las dos patas en el aire mientras bisectamos a través de la plomada óptica el punto base de la vertical, logrado esto apoyamos ambas patas de tal manera que se mantenga esta bisección. Debemos fijar las patas al suelo pisándolas sobre el estribo que posee cada una de ellas. Se clavan firmemente las patas del trípode y con los tornillos calantes centramos la plomada óptica sobre el punto topográfico. En ese instante el eje principal de la alidada pasa por el punto topográfico, aunque no coincide con la vertical del lugar. Calamos el nivel esférico modificando las alturas de las patas del trípode, mediante el movimiento ascendente

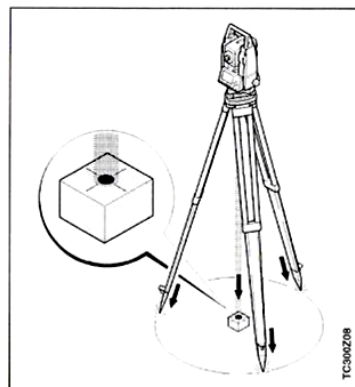


y/o descendente de la pata que corresponda según la desviación de la burbuja. Esto ha permitido lograr la horizontalidad aproximada de la plataforma del trípode y de la base del aparato. El teodolito estará aproximadamente nivelado. Finalmente se realiza el

calaje fino, verificando una vez más el centrado de la cruz filar de la plomada óptica, si ésta no coincide se centra aflojando el tornillo de fijación y realizamos nuevamente el calaje fino.



- **3º método. Calaje aproximado -sin plomada de cordón- con rayo Láser.** Se utiliza el láser como plomada, con lo que se proyecta un rayo sobre el terreno, perfectamente visible a la luz del día, que nos permite desplazar el aparato sin necesidad de estar mirando al mismo tiempo por la plomada óptica. Procederemos asentando firmemente en el terreno una de las patas del trípode y levantando las otras dos hasta que logremos asentar el aparato, tal que el punto láser coincida aproximadamente con punto topográfico. Se clavan firmemente las patas del trípode y con los tornillos calantes centramos el láser sobre el punto topográfico. En este caso el rayo láser inclinado materializa el eje principal de la alidada. Calamos el nivel esférico modificando las alturas



de las patas del trípode, mediante el movimiento ascendente y/o descendente de la pata que corresponda, según la desviación de la burbuja. Esto permite lograr la horizontalidad aproximada de la plataforma del trípode y de la base del aparato. El teodolito estará aproximadamente nivelado, es decir prácticamente el eje principal coincide con la vertical del lugar. Cuando se ha conseguido centrar el nivel esférico, debemos asegurarnos de que la estación sigue estando en la vertical del punto de estación. Lo más normal es que se haya desplazado ligeramente. Para corregir este

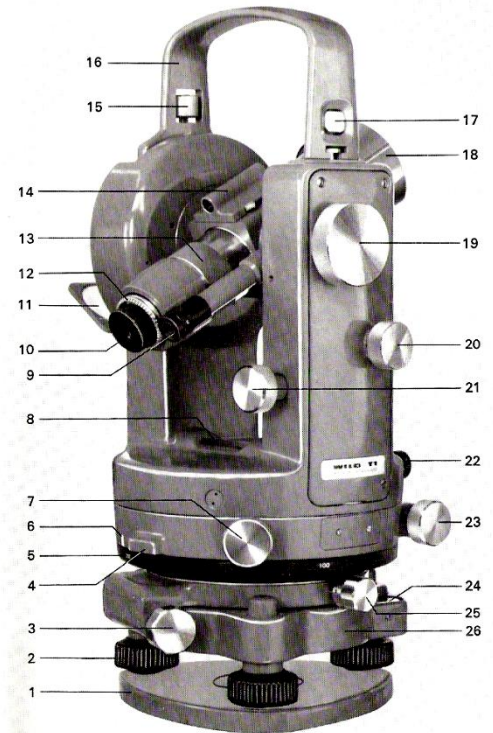
desplazamiento, aflojaremos el tornillo de fijación entre el aparato y el trípode y desplazaremos el primero sobre la plataforma nivelante hasta conseguir de nuevo la verticalidad. El nivel esférico debe seguir en su posición, con lo que solamente será necesario actuar sobre los tornillos calantes equilibrar el nivel tórico con el calaje fino, verificando una vez más el centrado del láser en el punto. Si ésta no coincide se centra aflojando el tornillo de fijación y realizamos nuevamente el calaje fino.

- **Puesta en horizontal o calaje fino.** Durante la puesta en horizontal hay que tener cuidado de que los niveles no queden expuestos a los rayos directos del sol, pues su punto de centrado podría rápidamente cambiar si sólo una parte del nivel estuviera a la sombra. Igualmente se recuerda que durante las rotaciones de los tornillos calantes o nivelantes, la burbuja se desplaza en la misma dirección que el movimiento del pulgar de la mano derecha.

Después de haber centrado la burbuja del nivel esférico por medio de los tres tornillos nivelantes, se procede de la siguiente manera:

- ✓ Abrir el tornillo de sujeción horizontal (7) y poner el ocular de la plomada óptica (22) encima de un tornillo nivelante A. Centrar la burbuja del nivel de la alidada (8) girando los dos tornillos nivelantes B y C a la vez y en sentido opuesto.
- ✓ Girar la alidada por 90° en el sentido del reloj, hasta que el montante se encuentre sobre el punto A, y centrar la burbuja, manipulando el tornillo nivelante A.
- ✓ Girar la alidada, en el mismo sentido, por 90°. Eliminar la mitad de una eventual desviación de la burbuja, girando los dos tornillos B y C, en el mismo valor, en sentido opuesto.
- ✓ Girar la alidada por otros 90° en el mismo sentido y eliminar la mitad de una eventual desviación, ahora con el tornillo nivelante A. Esta posición corresponde al punto de calado del nivel.
- ✓ Repítanse estas operaciones hasta que la burbuja del nivel de la alidada ocupe esta misma posición (punto de calado), para cualquier dirección.⁸

- 1 Placa base
- 2 Tornillo nivelante
- 3 Movimiento fino del limbo
- 4 Leva de apoyo para el embalaje
- 5 Anillo anillado con graduación prefija
- 6 Trazo índice de la graduación prefija
- 7 Sujeción Hz
- 8 Nivel de alidada
- 9 Microscopio de lectura
- 10 Ocular de anteojo con graduación
- 11 Espejo de iluminación de los círculos
- 12 Anillo de cierre de bayoneta
- 13 Anillo de enfoque
- 14 Visor óptico con punta de centrado y palanquita para el espejo de iluminación de la retícula
- 15 Tornillo de fijación para el asa
- 16 Asa
- 17 Pestillo de seguridad del asa
- 18 Montura del objetivo
- 19 Botón para micrómetro
- 20 Botón de fijación V
- 21 Movimiento fino V
- 22 Plomada óptica
- 23 Movimiento fino Hz
- 24 Nivel esférico
- 25 Sujeción del limbo
- 26 Base nivelante GDF10



⁸ Wild. Teodolito t1

4.5. ANTEOJO TOPOGRÁFICO. COLIMACIÓN Y PUNTERÍA

Todos los goniómetros están provistos de un anteojo para facilitar y permitir, en su debida precisión, la colimación de los puntos que se pretenda levantar. El anteojo utilizado es el astronómico, sea convencional (aparatos antiguos) o de enfoque interno actualmente utilizado en cualquier goniómetro moderno.

El anteojo de los teodolitos da imágenes cercanas de objetos alejados y está formado, básicamente, por un tubo metálico que soporta un **objetivo, un ocular y un retículo**.

Para la descripción de los mismos y el estudio de la marcha de los rayos, en la formación de las imágenes, se supondrá que los rayos son paraxiales -corresponden a objetos de pequeño tamaño en comparación con la distancia que los separa del objetivo-, las lentes delgadas y, en consecuencia, se aplicarán las leyes estudiadas en óptica geométrica que, someramente, se pueden reducir a las siguientes:

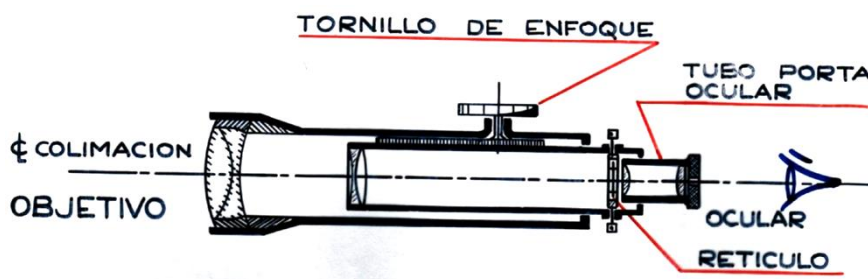
- Un rayo paralelo al eje óptico se refracta pasando por el foco correspondiente.
- Un rayo que pasa por el centro óptico no se refracta ni se desvía.
- Un objeto normal al eje óptico tiene imagen también normal al mismo eje como consecuencia de a) y b),
- Un objeto alejado ($d \rightarrow \infty$) tiene imagen cercana al foco (prácticamente coincide con el foco).

Para la explicación de los anteojos se supondrá que las lentes son simples, de esa manera el objetivo y el ocular serán convergentes. En general están formadas por un conjunto de lentes para corregir las aberraciones que acompañan a los sistemas ópticos sencillos.⁹

4.5.1. Anteojo Topográfico.

Consta de dos lentes convergentes, montadas en un tubo formando un sistema óptico centrado, con la facultad de poder variarse la distancia entre dichas lentes. La primera de éstas se denomina **objetivo** (enfrenta al objeto visado) y la segunda **ocular** (a la que se acerca nuestro ojo).

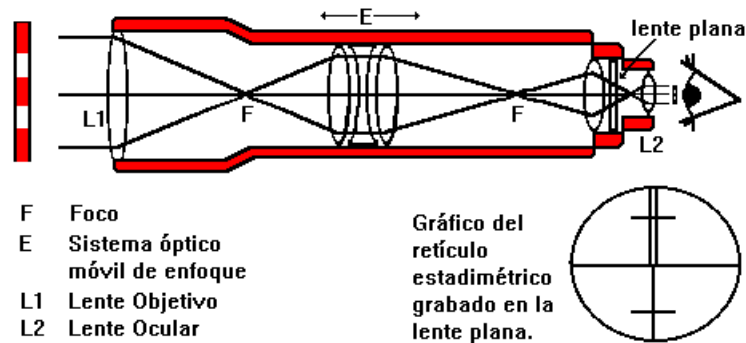
El objetivo da una imagen real e invertida del objeto. A su vez el ocular, que funciona como una lupa, proporciona de dicha imagen (que es pequeña) otra mayor, virtual y directa. De allí que en definitiva el operador observe imágenes invertidas, aunque en la actualidad los instrumentos poseen una lente intermedia que proporciona imágenes directas.



Modernamente, el anteojo antes descrito ha sido desplazado por el de enfoque interno. Difiere del anterior en la presencia de una lente divergente o de enfoque situada entre

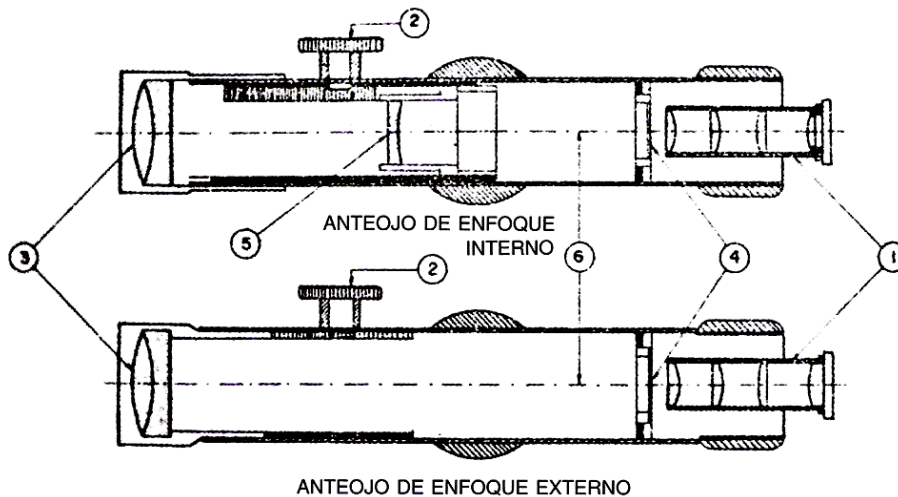
⁹Aldo Berli. Topografía. Tomo 1

objetivo y ocular, que son idénticos ópticamente (sistemas convergentes) al caso antes estudiado.



4.5.2. Descripción del anteojo topográfico.

Se recoge en dos casos en la siguiente figura, donde (1) ocular, (2) tornillo de enfoque, (3) objetivo, (4) retículo, (5) lente de enfoque, (6) eje de colimación.



Enfocar el anteojo supone conseguir la formación de las imágenes de objeto y retículo a la distancia mínima de visión distinta.

Ello se consigue enfocando previamente el retículo (apuntando al cielo, por ejemplo), utilizando sólo el movimiento del ocular situado dentro del tubo porta ocular que lo contiene y que puede entrar y salir con movimiento lento del tubo porta objetivo, que a su vez tiene fijado el anillo del retículo, acercándose o alejándose de él. Conseguida la nitidez del retículo, el tornillo (2) mediante una corredera varía la distancia entre objetivo y ocular con lo que se logrará, sin tocar el ocular, la nitidez del objeto al que se apunte que se proyectará formándose su imagen definitiva en el plano de la imagen nítida del retículo dado por el ocular. Todo ello en el anteojo de **enfoque externo, o astronómico convencional**. En el anteojo de **enfoque interno**, (2) mueve la lente divergente de enfoque dentro del tubo, variando su posición relativa con respecto a objetivo y ocular y logrando el mismo efecto.

En el anteojo astronómico convencional el enfoque descrito requiere dividir en dos partes el tubo portaobjetivo a efectos de que (3) pueda alejarse o acercarse a (1) por acción de (2) (generalmente, al tubo intermedio que no lleva el objetivo se le denomina tubo ocular). El de enfoque interno, por necesitar solamente desplazar la lente divergente dentro del tubo portaobjetivo, puede prescindir del tubo ocular, con evidente ventaja de robustez de construcción.

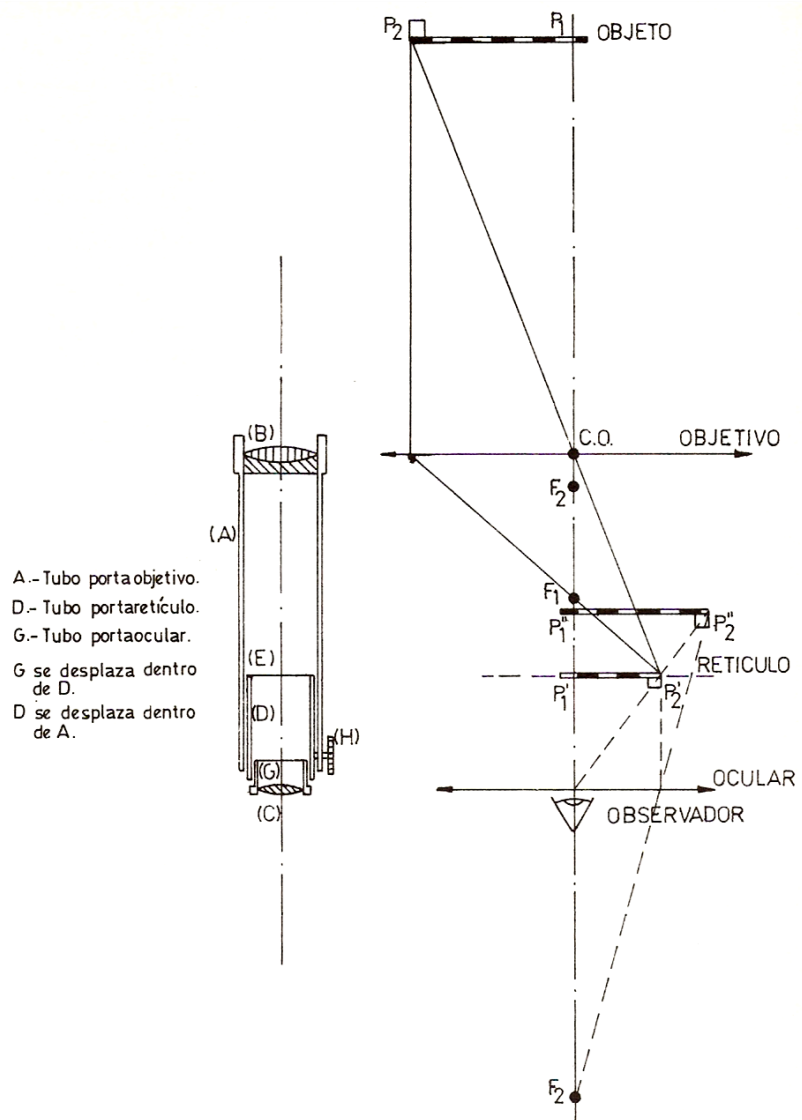
Por otra parte, el desplazamiento de la lente de enfoque en dicho caso, aun en su carrera máxima, es muy pequeño (alrededor de 1 mm para distancias usuales mayores de 15 m), mientras que en el de enfoque externo se puede necesitar desplazamientos de dos y tres centímetros en algunos casos.

Todo ello hace que el anteojo de enfoque interno permita además situado siempre según el esquema básico, pudiendo girar una vuelta de campana completa sobre sus muñones sin tropezar con el plato acimutal.

Consecuentemente, las ventajas del anteojo de enfoque interno son efectivas y concluyentes.¹⁰

4.5.3. Anteojo astronómico de enfoque exterior.

Este anteojo, que se denomina también "antiguo", está formado por dos sistemas de lentes convergentes -para simplificar, supondremos que son sólo lentes convergentes- los que están montados sobre un tubo cilíndrico (A). La lente (B), que está colocada en el extremo más cercano del objeto, se llama "Objetivo" y la (C), que se ubica en el extremo más próximo al ojo del observador, se



¹⁰ Manuel Chueca Pazos. José Herráez Boquera. José Berné Valero. Teoría de Errores e Instrumentación .Tratado Topografía 1

denomina "ocular". La distancia entre ambas lentes es variable, lo que se logra montando el ocular sobre un segundo tubo cilíndrico (D) que se desplaza por el interior de la montura (A).

En el tubo porta ocular se coloca una cruz filiar (E) llamada "retículo", sobre cuyo cruce de hilos debe formarse la imagen P'_1 que el objetivo da del punto P_1 del objeto. Por ese motivo el tubo porta ocular, que soporta ocular y retículo, es desplazable con respecto a la montura del anteojo de modo que la imagen $P'_1P'_2$ pueda formarse en el plano del retículo. Si la Imagen $P'_1P'_2$, que es invertida, se produce entre el ocular y su foco anterior, el operador que observa por el anteojo, acercando su ojo al ocular, verá al objeto P_1P_2 como si se encontrara ubicado en $P''_1P''_2$. La distancia entre el ocular y el retículo también debe ser variable; por ello, el ocular se monta sobre un tubo cilíndrico (G) que se desplaza por el interior de (D) haciéndolo girar sobre su eje longitudinal.

Cualquiera que sea el anteojo utilizado, recordemos algunos términos estudiados en Física:

- **Centro óptico:** de una lente es aquél punto por donde pasan los rayos de luz que no experimentan desviación angular. En las lentes biconvexas, con igual radio de curvatura para ambas caras, coincide con el baricentro de la figura.
- **Eje óptico:** de una lente es la dirección de un rayo de luz que no se desvía ni se desplaza cuando la atraviesa. El centro óptico y los centros de curvatura de las caras de la lente pertenecen al eje óptico.
- **Foco principal o posterior** del objetivo es el foco situado en el interior del anteojo y **foco anterior** es el que se encuentra entre el objetivo y el objeto.
- **Distancia focal** del objetivo es la separación entre su centro óptico y su foco principal.

Por ser empleadas frecuentemente en Topografía podemos distinguir en él **tres ejes**:

- **Eje óptico del anteojo** es la dirección del rayo de luz que pasa por los centros ópticos del objetivo y del ocular.
- **Eje mecánico del anteojo** es la dirección del rayo de luz que pasa por el centro óptico del objetivo y resulta paralelo a la trayectoria de un punto cualquiera del tubo porta ocular cuando se desplaza.
- **Eje de colimación** del anteojo es la dirección del rayo de luz que pasa por el centro óptico del objetivo y el cruce de los hilos del retículo.

Evidentemente, los tres ejes deben coincidir en cualquier anteojo moderno. Su no coincidencia da lugar a serios errores y obliga a rechazar el apartado de que se trate.¹¹

4.5.4. Enfoque.

Enfocar es la operación mediante la cual la imagen que el objetivo da del objeto, se forma en el plano de los hilos del retículo. En el anteojo astronómico antiguo se logra esta coincidencia desplazando el tubo porta ocular (D) mediante un tomillo (H) que acciona sobre una cremallera. El enfoque tiene por objeto entonces, lograr que la imagen se produzca a una misma distancia del ocular. Recordar que los objetos se ubican a distintas distancias del anteojo y, por ello, las imágenes se producen también

¹¹ Aldo Berli. Topografía. Tomo 1

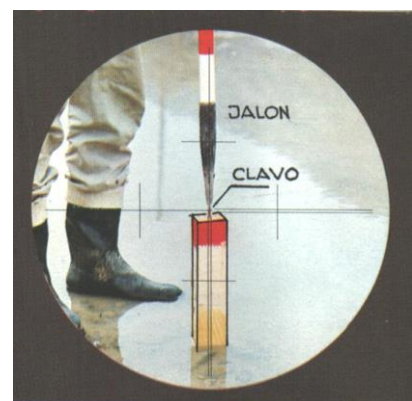
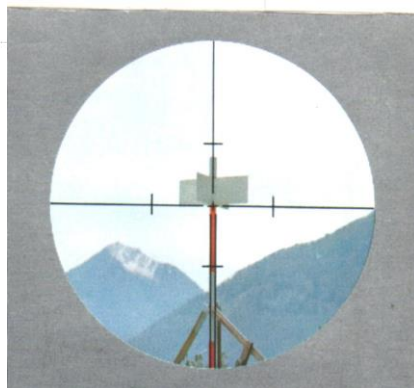
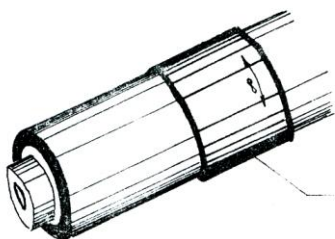
en diferentes lugares dentro del anteojo. Es el tubo porta ocular el que se debe desplazar para que la imagen dada por el objetivo coincida con el retículo.

Distancia mínima de enfoque: 1,7 a 1,8 m (5.6 ft).

4.5.5. Apuntar.

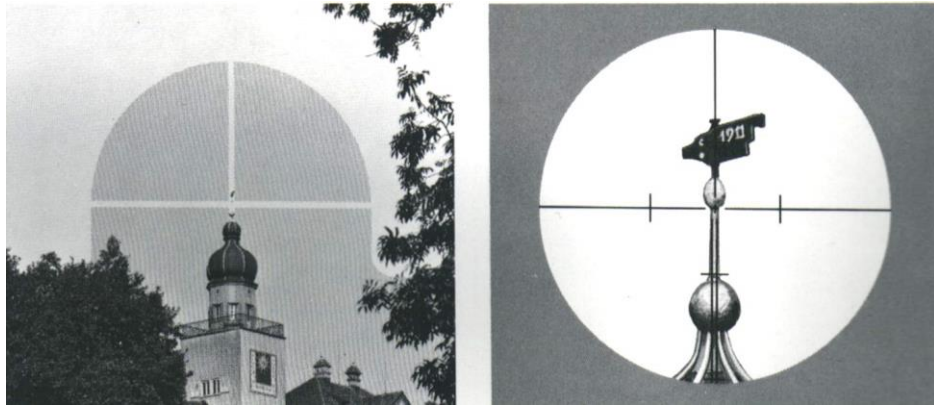
Visar, colimar o apuntar es la operación mediante la cual el eje de colimación pasa por un punto determinado del objeto. En otras palabras, es lograr que la imagen de ese punto se produzca en el cruce de los hilos del retículo. Antes de visar un punto es necesario enfocararlo, pero reiterando previo a esta operación, es indispensable mover el tubo (G) para que la distancia entre el ocular y los hilos del retículo se adapte a la vista del observador. Para que los hilos del retículo se vean con claridad, conviene apuntar con el anteojo una pantalla o pared clara o nubes o cielo, debe aparecer nítido y bien negro, para ello girando el ocular hasta el límite de nitidez. La lectura en el anillo de las dioptrías, permite a un observador dado encontrar inmediatamente el enfoque conveniente a su vista. Toda imagen que se produzca en su plano, que actuará como objeto del ocular, dará una imagen que se formará a la distancia de la visión distinta del operador.

Después de haber aflojado los tornillos de sujeción de movimientos horizontales de la alidada (Hz) y de basculamiento verticales del anteojo (V), apuntar el anteojo hacia la mira por medio del visor óptico (pínula en la parte exterior y superior del anteojo); apretar moderadamente estos dos tornillos de sujeción (Hz y V) y colocar aproximadamente la cruz filar sobre la mira con los tornillos de movimiento fino Hz y del V. Girar el anillo (o tornillo) de enfoque del anteojo hasta que la imagen del punto visado aparezca nítida y sin paralaje. Para hacer una medición de dirección, girar el tornillo de movimiento fino de Hz hasta colocar exactamente sobre la mira, el trazo vertical sencillo o el trazo vertical doble de la retícula según la naturaleza del punto visado. Para hacer una medición de un ángulo vertical, girar el tornillo de movimiento fino V hasta colocar exactamente la mira sobre el trazo horizontal de la retícula.¹²



¹² Teodolito Wild1.Instrucciones

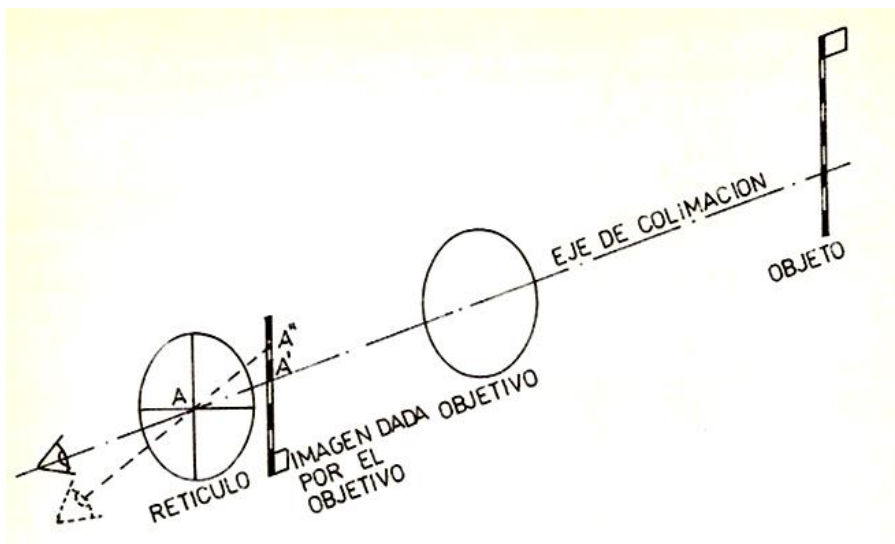
Campo visual: $1^{\circ}30'$ (1.7gon). Campo visual a 100m: 2.6 m



4.5.6. Error de PARALAJE.

Es el que se produce cuando la imagen dada por el objetivo no coincide con el plano del retículo. Se comprueba la existencia de error desplazando el ojo del observador hacia arriba y hacia abajo cuando se mira por el ocular. Si en dos posiciones distintas del ojo se observan sobre el cruce de los hilos del retículo diferentes puntos A' y A'' del jalón, la causa es la falta de coincidencia entre el plano de la imagen y el del retículo.

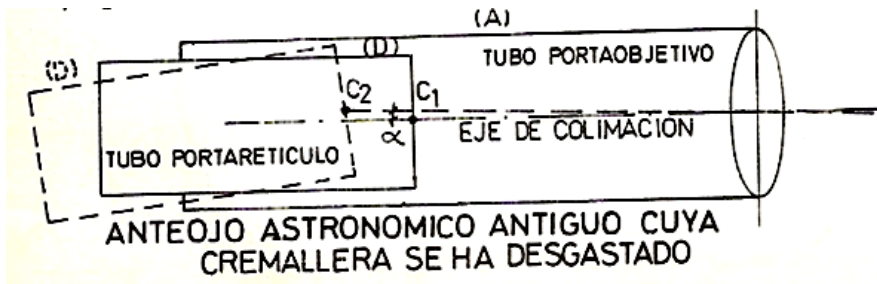
Bastará desplazar el tubo portaocular -más preciso sería decir porta retículo- hasta conseguir que el mismo punto aparezca siempre en el cruce de los hilos. Este error también puede originarse por la falta de nitidez en el enfoque del retículo; por este motivo debe ajustarse previamente la distancia entre éste y el ocular.¹³



4.5.7. Anteojo astronómico de enfoque interior

La cremallera de los anteojos antiguos está expuesta exteriormente a la acción de cuerpos extraños, especialmente a las partículas de polvo, que producen su desgaste y, en consecuencia, la modificación del eje de colimación cuando varía la distancia del objeto. Ello ocurre porque el tubo porta retículo no mantiene su posición, mejor dicho porque la trayectoria que describe el cruce de los hilos del retículo, cuando se acciona el tornillo que desplaza a ese tubo, no es paralela al eje de colimación

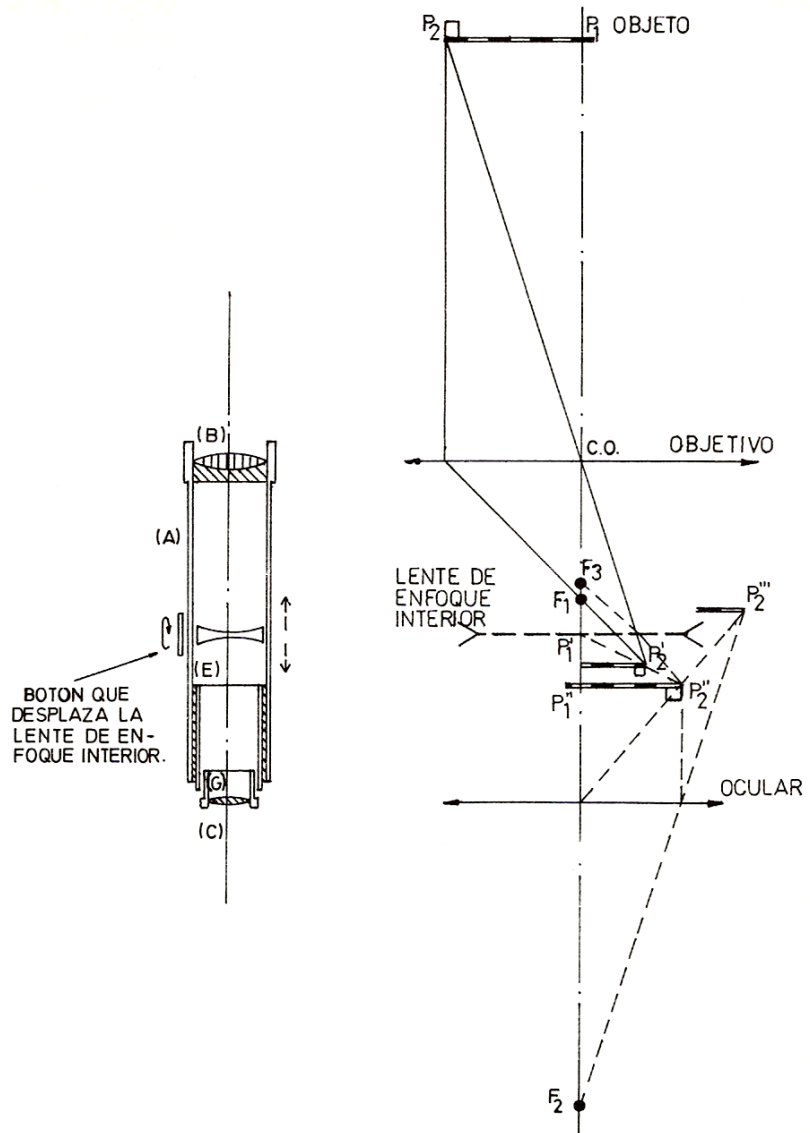
¹³ Aldo Berli. Topografía. Tomo 1



C₁ y C₂ posiciones que ocupa el cruce de los hilos del retículo.

Si el cruce C de los hilos del retículo se ha desviado verticalmente por ejemplo 0,1mm,

como consecuencia del desgaste de la cremallera, y la distancia entre el objetivo y el retículo es 100 mm, la desviación que sufre el eje de colimación es inadmisibles y descalifica al teodolito, porque el ángulo o desvío α es: $\text{tg}\alpha=0,1\text{mm}/100\text{mm}; \Rightarrow \alpha=3'26''$ Para evitar este error, el tubo porta ocular (o porta retículo) ha sido eliminado en los anteojos modernos, quedando fija la distancia entre el ocular y el objetivo, más precisamente entre esta lente y el retículo, porque el ocular, que va montado sobre otro tubo, se aproxima o se aleja del retículo de una manera análoga a la que ya hemos visto en los anteojos antiguos. La innovación de estos anteojos es la introducción en su interior de una lente divergente cuya función específica es llevar sobre el retículo la imagen que da el objetivo, o sea, el enfoque se produce mediante una lente móvil interior que sustituye al sistema de cremalleras y evita, por su hermeticidad, el desgaste por el polvo. La imagen P₁P₂ dada por el objetivo, es el objeto de la lente divergente de enfoque interior que da una nueva imagen P''₁P''₂ sobre el plano del retículo. Para que ocurra esto la lente divergente se puede desplazar interiormente modificando la distancia que la separa de su objeto P₁P₂. El ocular da una nueva imagen P'''₁P'''₂ de la misma manera que en los anteojos antiguos.¹⁴

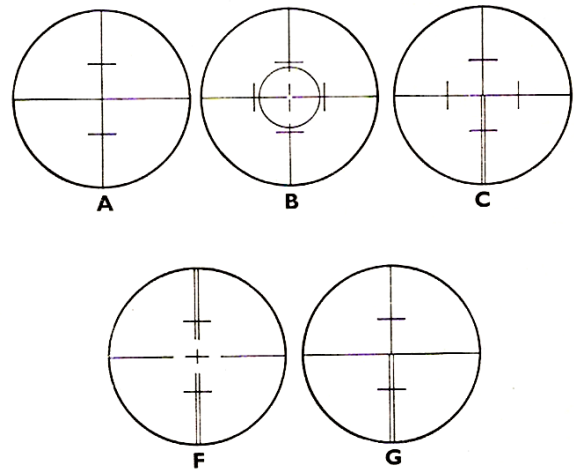


¹⁴ Aldo Berli. Topografía. Tomo 1

4.5.8. Retículo.

Es uno de los elementos que definen el eje de colimación o de puntería del anteojo y está formado por dos hilos perpendiculares entre sí, uno horizontal y otro vertical. Antiguamente los hilos eran de tela de araña montados sobre un arco metálico; posteriormente se sustituyeron por hilos metálicos y actualmente por una placa de cristal sobre la que se graban ambos hilos con trazos muy finos.

Algunos retículos, además de los hilos horizontal y vertical que definen el punto de intersección denominado cruce de los hilos del retículo, llevan otros trazos horizontales simétricos denominados estadimétricos que se usarán para medir distancias en forma indirecta.

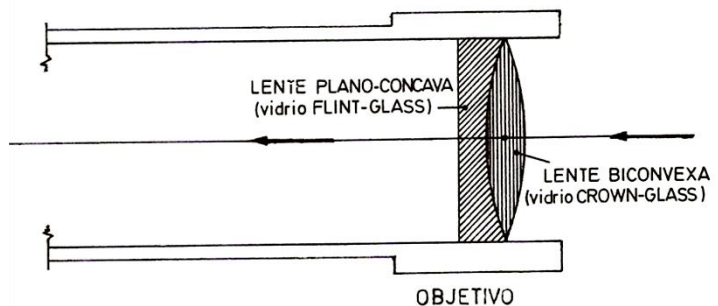


Los retículos con trazos estadimétricos se suministran, a elección, en los modelos A, B, C, F o G.

4.5.9. Objetivo.

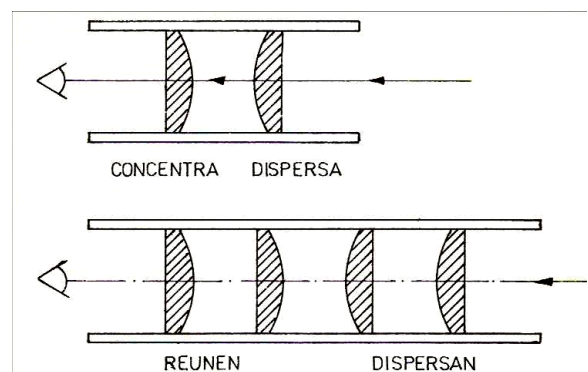
Para corregir o por lo menos atenuar los efectos de los reflejos y las aberraciones se emplean lentes compuestas en la construcción de los anteojos de los teodolitos

El objetivo más simple de todos es aquel que está formado una primera lente biconvexa –que da hacia el exterior- de vidrio CROWN-GLASS, para provocar la dispersión de los rayos, y de una segunda lente, plano cóncava -pegada a la anterior- de vidrio FLINT-GLASS que tiene por objeto reunir los rayos. La diferencia de los índices de refracción de ambos tipos o clases de vidrios permite calcular, dimensionar y construir los objetivos de manera que las aberraciones se reduzcan.



4.5.10. Oculares.

Se componen también de dos o más lentes planoconvexas, separadas entre sí por cámaras de aire, que contribuyen a la corrección de la aberración cromática que conserva el objetivo.¹⁵



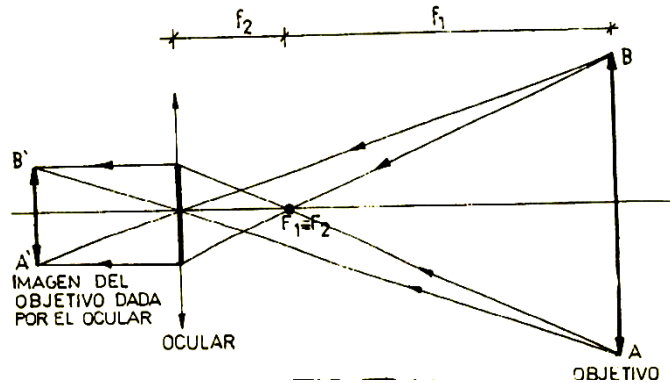
¹⁵ Aldo Berli. Topografía. Tomo 1

4.5.11. Aumento.

Se llama aumento A del anteojo al cociente entre, los ángulos bajo los cuales se ven la imagen del objeto a través del anteojo y el objeto a ojo desnudo sin intercalar lente alguna.

El aumento A del anteojo astronómico está dado por la razón entre las distancias focales imagen del objetivo y objeto del ocular, respectivamente.

Si no se conocen el aumento A, ni ambas distancias focales, se puede recurrir a una forma práctica y expeditiva, poniendo el anteojo astronómico en posición telescópica de manera que el foco posterior o imagen F₁ del objetivo y el foco anterior u objeto F₂ del ocular, coincidan.



$$AB/f_1 = A'B'/f_2 \Rightarrow AB/A'B' = f_1 / f_2$$

pero $f_1 / f_2 = A \Rightarrow \mathbf{AB/ A'B'=A}$

Bastará colocar una pantalla detrás del ocular para recoger la imagen A'B' que el ocular produce del objetivo AB.

A'B' y AB son los diámetros del objetivo y de su imagen y ambas se pueden medir fácilmente.¹⁶

Los aumentos de los teodolitos oscilan entre 24x a 30x.

4.5.12. Sintéticamente el proceso para la bisección de un punto P del espacio, el siguiente:

- 1) Se enfoca el retículo desplazando la lente del ocular dentro del tubo porta-ocular. Para que el retículo sea observado nítidamente con vista descansada. Debe ocupar una posición coincidente con el foco del ocular, ya que éste funciona como lupa. De este modo la imagen visual del retículo dada por la lente ocular se forma prácticamente en el infinito y el operador no fuerza su vista.
- 2) Se busca el punto P soltando los tornillos de fijación de la alidada y del anteojo, hasta que aquel aparezca en el campo del anteojo. Luego se fijan los tornillos.
- 3) Se desplaza el conjunto ocular-retículo, hasta que el retículo coincida con el plano en que se forma la imagen real P' dada por el objetivo. Esto se logra accionando el tornillo a cremallera que permite el desplazamiento del tubo ocular dentro del tubo objetivo. De este modo nuestro ojo percibe en un mismo plano de profundidad (sin paralaje) las imágenes virtuales del punto P y del retículo. Consecuentemente para enfocar otro punto Q más distante, habrá que accionar nuevamente la cremallera para introducir más el tubo ocular. Para distancias superiores a 100 metros este desplazamiento es muy leve, apenas un afinamiento del enfoque.
- 4) Bisección del punto P: consiste en que el eje de colimación pase por dicho punto. A tal fin se lleva a coincidir su imagen P'' con la del centro del retículo

¹⁶ Aldo Berli. Topografía. Tomo 1

(intersección de trazos). Esto se logra con los tornillos de pequeños movimientos de la alidada y del anteojo.

4.5. ACCESORIOS SUPLEMENTARIOS

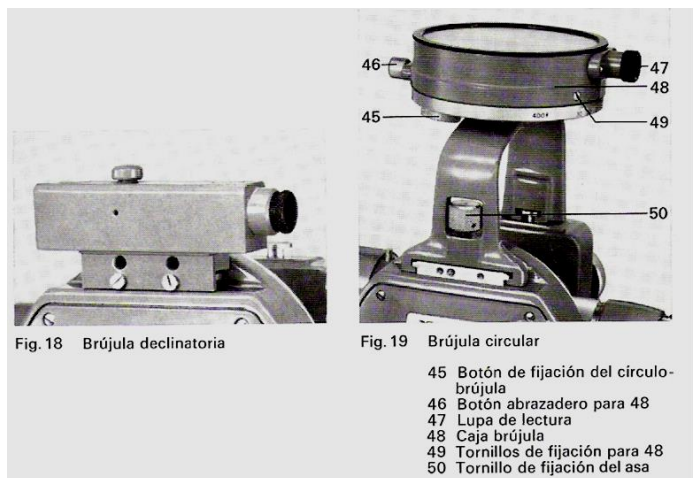
4.5.1. Brújulas

El cambio de la fuerza direccional absoluta del campo magnético de la tierra depende ante todo de la latitud geográfica. En las mediciones topográficas con brújula interesa solamente la componente horizontal de esta fuerza direccional (declinatoria) que mueve la aguja magnética hacia el norte magnético. La componente vertical (inclinación) inclina la aguja estorbando su oscilación horizontal. En el campo de trabajo se debe por eso controlar la oscilación horizontal de la aguja magnética de cada brújula y cuando sea necesario, balancearlo, bien entendido no cerca de campos magnéticos locales. (Encargar esta tarea en lo posible a una persona con conocimiento mecánico y técnico de un taller especializado).

Brújula declinatoria (fig. 18) ¹⁷

En el caso del teodolito Wild esté provisto de una **declinatoria**, se puede orientar el círculo horizontal en su posición cero, hacer el norte magnético y a continuación observar los acimutes directos orientados hacia el norte. El limbo horizontal se pone en cero. Con el tornillo de fijación del limbo abierto y el círculo puesto en su posición cero, se aprieta el botón de fijación de la declinatoria. Girar la alidada observando la declinatoria hasta que las dos agujas verticales de la declinatoria coincidan. Es preferible que la aguja entre siempre desde el mismo lado para la última coincidencia. El último medio giro del botón de movimiento fino Hz se hace por consecuencia siempre en el sentido de las agujas del reloj. De esta manera la fricción del soporte de la aguja magnética influye siempre en el mismo sentido. La declinatoria se monta sobre el montante izquierdo, lateralmente al soporte del asa y de manera que en posición I (Circulo Vertical a la izquierda) del anteojo, la lupa de la declinatoria esté dirigida hacia el operador.

Generalmente, la dirección del norte, indicada por la brújula, debe ser referida al norte geográfico o al norte del sistema de coordenadas. Su desviación, con relación al norte geográfico, se compone de la declinación magnética δ y de la constante instrumental x , y su desviación con relación al norte del sistema de coordenadas es función además, de la convergencia de meridianos γ . Como δ es variable temporal y δ y γ local, se debe comparar, lo más a menudo posible, la suma $(\delta + x)$ o $(\delta + \gamma + x)$ con las direcciones de acimut conocido y llevar esta corrección, llamada valor de calibración, a las direcciones medidas. Con el tornillo de corrección de la declinatoria, es



¹⁷ Wild .instrucciones empleo

posible hacer variar la constante instrumental y por consiguiente el error de indicación en un valor de $\pm 3^\circ$.

Brújula circular (fig. 19)

La brújula circular se monta, al contrario de la declinatoria, solamente cuando se necesita para las mediciones y se sujeta de la misma manera que el asa. La lupa de lectura (47) se encuentra, en posición I del antejo, siempre al lado del observador. La lupa proporciona una sección del círculo de la brújula, el cual está graduado de grado a grado, (360° ó $400'$) y se permite estimar $0,1$ grado. En la parte inferior de la caja se encuentra el botón de fijación (45) con resorte de retroceso. Este botón se afloja solamente cuando el teodolito Wild está listo para medir y se suelta inmediatamente cuando la medición con la brújula está terminada. De este modo el resorte retrocedor fija forzosamente de nuevo el círculo de la brújula, de modo que el círculo no se quede sobre la punta de apoyo durante el transporte.

En el círculo-brújula liberado es posible leer «el acimut magnético» de la línea de puntería para cualquier dirección del antejo. Generalmente «el acimut magnético» leído, debe ser referido al norte geográfico o al norte del sistema de coordenadas. Las indicaciones del párrafo anterior son aquí igualmente válidas. Aflojando el botón abrazadero (46) de la caja de la brújula y girando dicha caja, es posible eliminar cualquier valor de calibración.

Otros ejemplos:



4.5.2. Instrumentos para punterías verticales

Existen equipos especiales o elementos auxiliares para definir visuales verticales cenit-nadir.

Plomada Óptica Cenit-Nadir: Entre los equipos especiales se destacan de gran aplicación, en el control de verticalidad de edificios y en topografía subterránea.

La Plomada Cenit y Nadir son instrumentos independientes que tienen el mismo sistema de fijación que el Teodolito, permiten realizar determinaciones ópticas de la vertical con gran precisión. Por consiguiente, pueden permutarse con el teodolito, conservando el centraje. Están formados por una placa nivelante de gran precisión y un elemento visor cenit-nadir.



Plomada óptica cenit y nadir

406 853 ZNL Plomada cenit y nadir, en estuche
 406 855 GSTP9 Reticulo

- Para plomadas cenit y nadir precisas en topografía, la construcción sobre tierra y subterránea
- Centrado forzoso en la base nivelante
- Nivel tubular integrado
- Desviación típica: 1 mm a 30 m (1:30 000)



Plomadas ópticas de precisión

- Plomadas automáticas con compensador integrado
- Desviación típica: 0,5 mm a 100 m (1:200 000)

344 299 NL Plomada nadir automática, en estuche
 364 664 GSTP6 Reticulo

- Para plomadas nadir de precisión en topografía, construcción sobre tierra y subterránea e industria

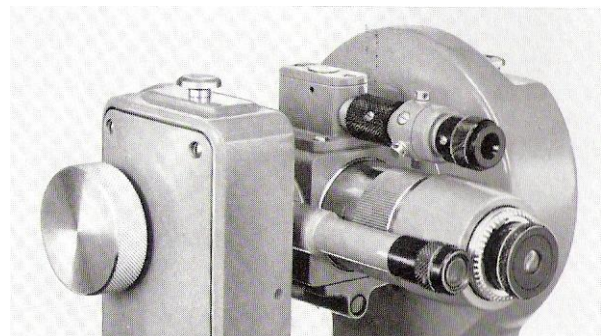
344 250 ZL Plomada cenit automática, en estuche
 364 664 GSTP6 Reticulo

- Para plomadas cenit de precisión en topografía, construcción sobre tierra y subterránea, minería e industria

Ambos anteojos automáticos se distinguen por un aumento de gran potencia y una imagen real directa clara y bien contrastada. Dos compensadores, que actúan en dos planos verticales perpendiculares aploman automáticamente la visual. Para la mayoría de los trabajos es suficiente una sola puntería para aplomar.



Visor cenital para anteojo. Es un elemento auxiliar acoplado al anteojo astronómico que permite visuales verticales. Puede centrar el teodolito bajo un punto situado en una cumbrera o en techo de una galería. Al no disponer de placa nivelante especial, la precisión es escasa, de 1 a 2 mm, limitando su alcance de trabajo a distancias menores



¹⁸ Leica.accesorios para medición.

de 10 m.

Nivel de anteojo. El anteojo se puede equipar con un nivel tubular que tiene una sensibilidad de $60''/2\text{mm}$, y permite utilizar el teodolito como instrumento de nivelación de visuales horizontales. El nivel se observa cómodamente a través de un prisma de coincidencia



Los **Prismas Objetivos** y los oculares acodados son accesorios suplementarios para el anteojo de los teodolitos. Se los utiliza en la construcción y/o montaje de máquinas y en laboratorios; para replanteos, alineamientos y controles.

El prisma de 90° desvía la línea puntería. Girando el prisma, se puede visar verticalmente hacia arriba o abajo, o replantear perpendicularmente a cualquier dirección en el espacio. El mismo tiene un tornillo de movimiento fino.

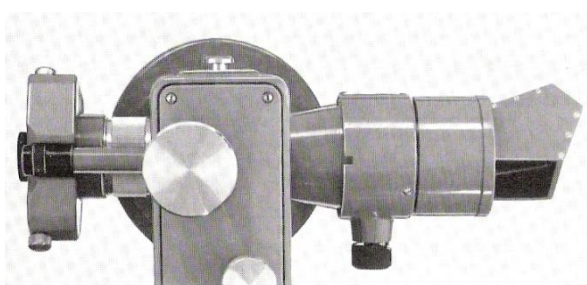
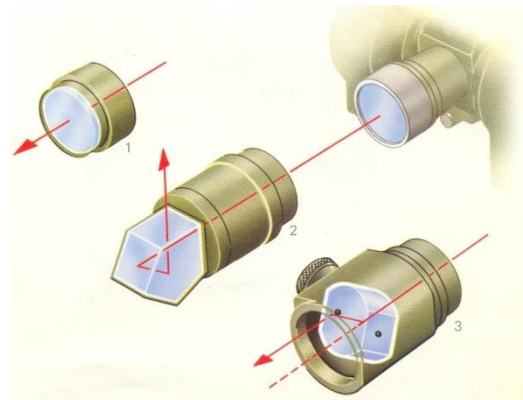


Fig. 21 Prisma de 90° , con contrapeso



Micrómetro de placa plano-paralela. Permite dentro de un alcance de 10 mm, medir directamente desviaciones de la línea de puntería, hasta 0,1 mm. Girando el micrómetro alrededor de la montura del objetivo es posible medir las desviaciones (por ejemplo, las de un eje de máquina) no solo en plano horizontal o vertical, sino también en todo otro plano.

4.5.3. Equipo accesorio para observaciones astronómicas

Prismas oculares. Para visuales inclinadas de hasta unos 65° por encima del horizonte, se utilizan un par de prismas que se atornillan uno en la rosca del ocular del anteojo y el otro en la rosca del ocular del microscopio de lectura.



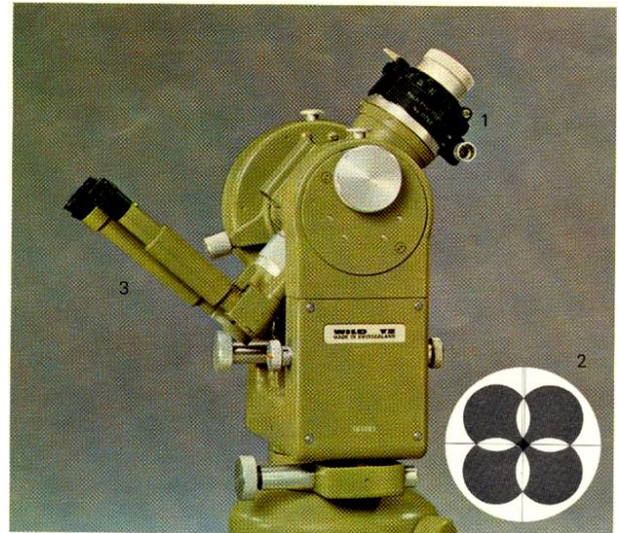
Cuando se voltea el anteojo a la posición II por el lado del objetivo, los prismas se giran una media vuelta de tornillo

Filtro para el prisma ocular

Para las visuales inclinadas hacia el sol, o hacia un objeto deslumbrante, se fija sobre el prisma del ocular del anteojo un porta-filtros en el que van montados tres filtros. Según la intensidad luminosa del objeto visado se escoge el filtro negro, el azul o el verde.

Oculares acodados

Para visuales hacia el cenit, se utilizan un par de oculares acodados. Se quita el ocular del anteojo después de una ligera rotación hacia la izquierda del anillo de su fijación a bayoneta y en su lugar se coloca el ocular acodado metiendo el tornillo de posición en su alojamiento. Se desatornilla el ocular del microscopio y se inserta el correspondiente ocular acodado en el tubo y a continuación se bloquea en la dirección deseada por medio de su pequeña palanca. En caso de no usarse, se guardan en un estuche de cuero.



Para observaciones solares: 1) Prisma solar, 2) Imagen en el anteojo con prisma puesto, 3) Oculares acodados

Filtros para los oculares (fig. 24)

Para la observación del solo de cualquier objeto deslumbrante, se fija una montura con filtro en el ocular del anteojo o del ocular acodado. Pueden servirse a elección, unas monturas con filtro negro o verde.

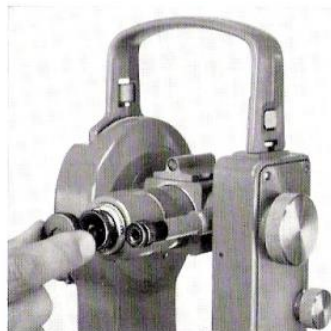


Fig. 24 Filtro para ocular



Fig. 25 Teodolito de micrómetro Wild T1 con prisma solar (espiga hacia arriba)

Prisma solar (sistema Prof. Roelofs)

Con el prisma solar Wild (fig. 25) se logran hacer más sencillas las observaciones del sol. El prisma montado sobre el objetivo del anteojo produce cuatro imágenes del sol formando un pequeño cuadrilátero simétrico en el centro

Juego de señal de puntería (fig.16)

Para observaciones con distancias de punterías relativamente cortas, como ocurre con frecuencia en la poligonación o triangulación de orden inferior, es conveniente adoptar el sistema del centrado forzado, eliminando así las influencias de un centrado inexacto. Al aplicar el centrado forzado, los trípodes con las bases nivelantes se quedan sobre el

punto de estación hasta que todas las observaciones estén terminadas. Se intercambia en la base nivelante, según sea necesario, teodolito, señal de puntería, reflector, estadía invar, etc.

El equipo para la poligonación por centrado forzado se compone por lo menos de dos trípodes, dos bases nivelantes y dos señales de puntería suplementarios. Hay dos juegos de señal de puntería: el juego de precisión con el portador (40) con nivel tubular (30" /2 mm) y plomada óptica (31) enfocable, permite un centrado de ± 0.5 mm. Los signos (34) para la puntería altimétrica de la señal de puntería (33) corresponden entonces a la altura de basculación del instrumento sobre la brida de centrado de la base nivelante. Trabajando con el distanciómetro Distomat DI35 se usa en lugar de las señales de puntería el reflector de 1 prisma (42).

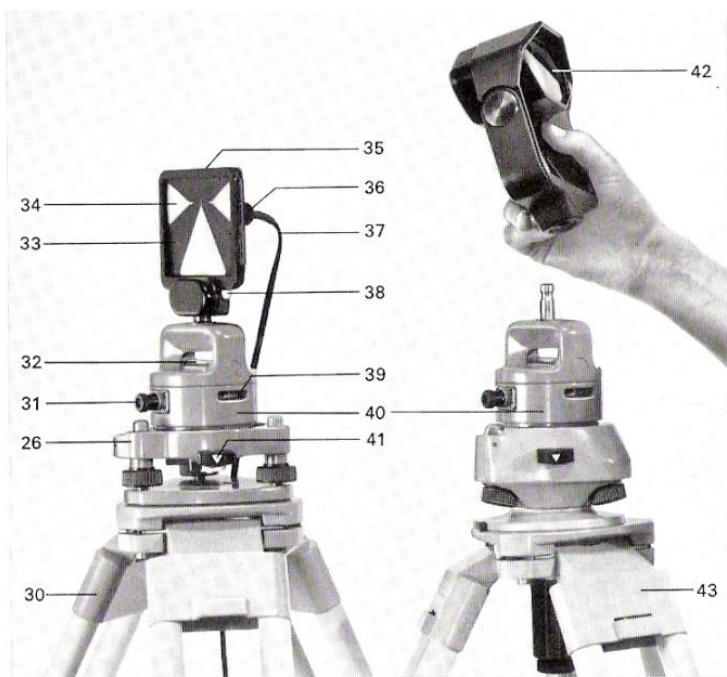
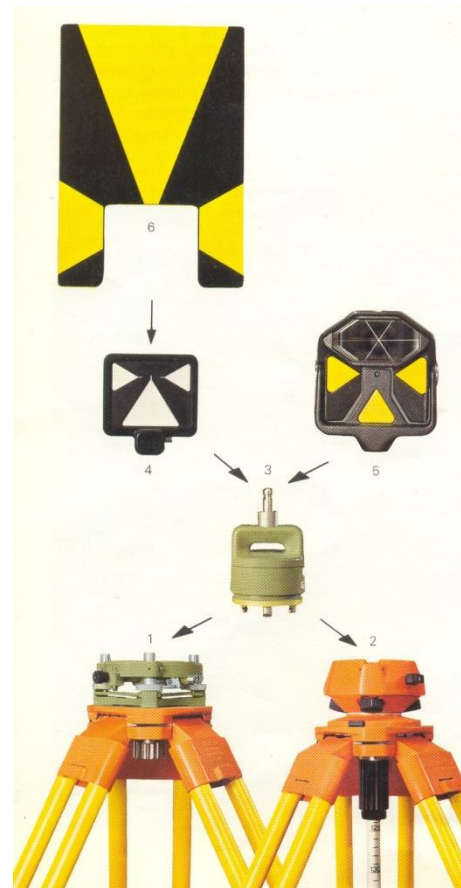


Fig. 16 Portador con señal de puntería y reflector de prisma o bien juego para el centrado con precisión

- | | |
|-----------------------------|--|
| 26 Base nivelante GDF10 | 37 Cable para batería |
| 30 Trípode GST20 | 38 Cerradura de resorte |
| 31 Plomada óptica | 39 Tornillo para el ajuste del 32 |
| 32 Nivel tubular | 40 Portador GZR1 |
| 33 Señal de puntería GZT1 | 41 Botón aliforme con tornillo de fijación |
| 34 Signo para altimetría | 42 Reflector de un prisma GDR31 |
| 35 Marca de centrado | 43 Trípode de centrado GST70 |
| 36 Reflector de iluminación | |



Las operaciones de centrado y puesta en horizontal de la señal de puntería son análogas a las descritas para el teodolito.

Para la iluminación se pone en la parte de atrás de la señal de puntería un reflector (36) con lámpara y cable (37) que se conecta a una caja de baterías.

Al efectuar de día punterías sobre más de 1 km de distancia, se monta la gran señal de puntería sobre la señal de puntería GZT1, lo que permite visuales hasta una distancia de 8 km en buenas condiciones atmosféricas. Para el intercambio del teodolito con los diversos accesorios (señal de puntería, etc.) se gira el botón aliforme del cerrojo, hasta que la marca triangular apunte hacia arriba. Se levanta el teodolito y se le intercambia por el accesorio necesario.