



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

AJUSTE DE EQUIPO TOPOGRÁFICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A

ANA LILIA MORALES CASTRO

TUTOR: ING. BENITO GOMEZ DAZA



CIUDAD UNIVERSITARIA

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA:

A MI MADRE y HERMANO, por su apoyo incondicional, por confiar, creer en mí; porque gracias a ellos he llegado hasta esta etapa en mi vida, MUCHAS GRACIAS.

A MI FAMILIA, por siempre estar conmigo, brindarme su apoyo y ayuda en todo momento.

A MIS AMIGOS que siempre estuvieron conmigo, apoyándome, gracias por su amistad.

Y a todas aquellas personas que siempre han creído en mí, por estar conmigo, por sus palabras.

AGRADECIMIENTOS:

Al Ing. Benito Gómez Daza, por su apoyo en la realización y dirección de esta tesis, así como por compartir sus conocimientos.

Al Ing. Adolfo Reyes Pizano por su apoyo para la realización de esta tesis, sus consejos y enseñanza.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería por compartir sus conocimientos con todos aquellos que fuimos sus alumnos, ahora colegas.

A todos los Ingenieros que han contribuido en mi formación profesional por sus enseñanzas y su confianza.

Al Ing. Miguel Moreno Jasqui por brindarme la oportunidad de desarrollar este tema de tesis y por el apoyo para su realización.

RECONOCIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación académica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS DE LOS GONIÓMETROS Y EQUIALTÍMETROS	2
I.1 Lentes.....	2
I.1.1 Dioptrías o aumentos.....	3
I.2 Hilos del retículo.....	4
I.3 Enfoque.....	5
I.4 Vernier.....	6
I.5 Alidada.....	7
I.6 Limbo.....	8
I.7 Niveles de Burbuja.....	9
I.7.1 Niveles Tubulares o Tóricos.....	9
I.7.2 Niveles Esféricos.....	9
I.8 Plomadas.....	10
I.8.1 Plomada Óptica.....	10
I.8.2 Plomada Láser	10
I.9 Tripiés.....	11
I.10 Tornillos de presión y de coincidencia.....	11
I.11 Balizas.....	12
I.12 Mira Vertical o Estadal.....	12
CAPÍTULO II. EQUIALTÍMETROS	13
II.1 Condiciones Geométricas Generales.....	13
II.2 Equialtímetro Tipo Americano (Tipo Y)	14
II.2.1 Condición, Revisión, Ajuste.....	17
II.3 Equialtímetro Tipo Francés.....	25

II.3.1 Condición, Revisión, Ajuste.....	27
II.4 Equialtímetro Tipo Inglés.....	35
II.4.1 Condición, Revisión, Ajuste.....	37
II.5 Equialtímetro Tipo Suizo - Alemán.....	41
II.5.1 Condición, Revisión, Ajuste.....	43
II.6 Otros Equialtímetros Importantes.....	53
II.6.1 Equialtímetro Dumpy.....	53
II.6.2 Equialtímetros Inclinables De Nivelación Rápida.....	53
II.6.3 Equialtímetro Automático.....	53
II.6.4 Equialtímetro Láser.....	53
CAPÍTULO III. TEODOLITOS.....	54
III.1 Tipos.....	58
III.2 Condiciones Geométricas.....	61
III.3 Revisión y Ajuste.....	62
CAPÍTULO IV. TAQUÍMETROS ELECTRÓNICOS.....	66
IV.1 Tipos.....	67
IV.2 Condiciones Geométricas, Revisión y Ajuste.....	68
IV.3 Condiciones Meteorológicas.....	78
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81

INTRODUCCIÓN

El motivo de la tesis es plantear algunos procedimientos y consideraciones pertinentes a la calibración de equipos de topografía como son goniómetros y equialtímetros, así como las particularidades de equipos de medición de distancia por medio de rayo láser.

Actualmente la profesión de Ingeniero Topógrafo y Geodesta e Ingeniería Geomática, demanda la necesidad de poseer conocimientos acerca del funcionamiento, reparación y calibración de los equipos para corregir los desperfectos que se pueden presentar en los equipos afectando las mediciones.

Los equipos que se utilizan actualmente pueden tener diferentes principios de funcionamiento y diferentes precisiones, por lo tanto es importante evaluar su exactitud así como los procedimientos generales para su calibración o comprobación de calibres en laboratorios especializados y en campo. Conocer los aspectos para la calibración y ajuste de equipo de topografía es la meta.

Resulta de particular interés crear la tesis con el fin de proporcionar a la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular a la carrera de Ingeniero Topógrafo y Geodesta, actualmente Ingeniería Geomática, un documento en el cual pueda respaldarse y documentarse sobre el tema, así como crear espacios dedicados a esta acción.

I. CARACTERÍSTICAS DE LOS GONIOMETROS Y EQUIALTIMETROS

I.1 Lentes y Anteojos

Las lentes son sólidos o medios transparentes limitados por superficies curvas o planas y curvas. Según la curvatura que tengan las lentes reciben diversos nombres, siendo las esféricas las únicas utilizadas en los aparatos topográficos.

Las lentes se dividen en *convergentes* y *divergentes*; unas y otras se forman combinando superficies esféricas entre sí o con otras planas.

Los tres tipos de lentes convergentes son: 1. Biconvexa, 2. Planoconvexa, 3. Convexo-cóncava; si un haz de rayos luminosos paralelos incide sobre ellas, emerge un haz convergente, es decir, son más gruesas por el centro que por el borde y forman normalmente imágenes reales.

Los tres tipos de lentes divergentes, como se muestra en *la figura 1*, son: 4. Bicóncava, 5. Planocóncava, 6. Cóncavo-convexa; un haz de rayos paralelos que incida en ellas, emerge formando un haz de rayos divergentes; son más gruesas por los bordes y más delgadas por el centro, forman siempre imágenes virtuales.

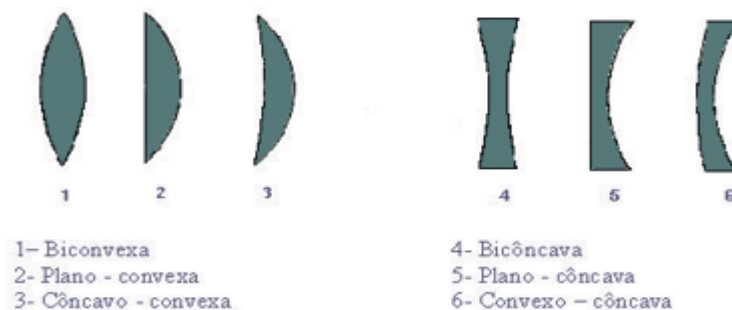


Figura 1. Lentes Divergentes

Las lentes utilizadas en los aparatos topográficos son lentes delgadas; de menor espesor.

Se le nombra *centro óptico* de una lente a un punto tal de la misma que cualquier rayo que pasa por él no experimenta desviación angular ni paralela.

Toda recta que pasa por el centro óptico de una lente se llama *eje secundario* y un rayo de luz que la atraviese no sufre desviación alguna.

El *foco principal* es un punto del eje óptico situado detrás de la misma y donde concurren todos los rayos que inciden en la lente paralelamente a dicho eje.

Los planos perpendiculares al eje óptico por los focos se llaman *planos focales*; y se llama *distancia focal* a la distancia existente entre su centro óptico y cualquiera de los focos.

Cabe mencionar que el anteojo utilizado en los aparatos topográficos es el astronómico, el cual consta de una lente convergente montada coaxialmente en otro sistema convergente, siendo la distancia focal de la primera muy superior a la de la segunda.

Por óptica proyectiva, sabemos que la imagen B (figura 2) producida por el instrumento a partir del objeto P es invertida, virtual y mayor que el objeto. Objetos e imágenes definen una homografía involutiva entre las formas de la tercera categoría, producto a su vez de dos involuciones, la producida por el sistema objetivo, y la producida por sistema ocular.

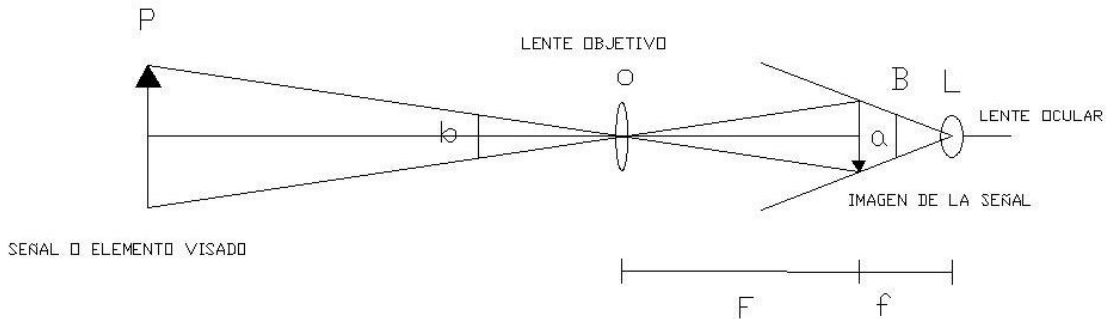


Figura 2. Esquema elemental del anteojo

En los anteojos topográficos, se pueden distinguir 3 ejes:

- Óptico. Que une los ejes ópticos de objetivo y ocular
- De Colimación. Que une el centro óptico del objetivo con el centro de la cruz filar.
- Mecánico. Pasa por el centro óptico del objetivo y es paralelo al movimiento del tubo ocular durante el enfoque.

1.1.1 Dioptrías y Aumentos

La dioptría es la unidad de potencia óptica de una lente o de un sistema óptico cualquiera. Equivale al inverso de la distancia focal, expresada en metros, de una lente convergente o divergente.

Se llama potencia de una lente a la inversa de la distancia focal. Por ejemplo, una lente de distancia focal 1 m tiene una potencia de 1 dioptría y una lente de distancia focal 0,5 m tiene una potencia de 2 dioptrías. La potencia de una lente convexa es positiva y la potencia de una lente cóncava es negativa.

El aumento es la relación que existe entre el ángulo bajo el cual se observan los objetos a través del anteojo y el ángulo bajo el cual se observa a simple vista.

El aumento de un anteojo es igual a la relación entre las distancias focales del objetivo y del ocular; creciendo conforme aumenta la distancia focal del objetivo o según disminuye la del ocular.

I.2 Hilos del Retículo

En las lentes de los aparatos topográficos existe un retículo (*figura 3*) con por lo menos dos líneas ortogonales, llamadas hilos, estos hilos se encuentran grabados y cortándose en su centro, a estos hilos se les llama *cruz filar*. Estos hilos, uno horizontal y otro vertical, son sostenidos por un anillo metálico llamado *retículo*. Por lo general son hilos de tela de araña o platino. Actualmente son líneas finamente grabadas en vidrio. Asimismo la retícula posee un juego de tornillos de corrección que permite encontrar la cruz en el eje del anteojo. Estos anillos permiten: 1) que este sea desplazado vertical u horizontalmente, para lo cual se giran en sentido contrario con los tornillos verticales o los dos tornillos horizontales, 2) que se pueda girar para lo cual se aflojan dos tornillos consecutivos, se gira y luego se vuelve a ajustar. Anteriormente cuando había que reemplazar los hilos de la retícula, se reemplazaban por hilos de telaraña de araña joven, para que fueran lo más finos posibles, en la actualidad el lente grabado solamente es reemplazado en caso de ruptura.

La retícula también puede llevar dos hilos adicionales para taquimetría, llamados hilos superior e inferior, equidistantes del hilo principal o hilo medio.

Sobre el lente donde los hilos se encuentran grabados debe caer la imagen del objeto formada por el objetivo.

Se denomina *colimar* a la operación de centrar el objeto o señal, sobre el cual se hace puntería, en la cruz filar del retículo.

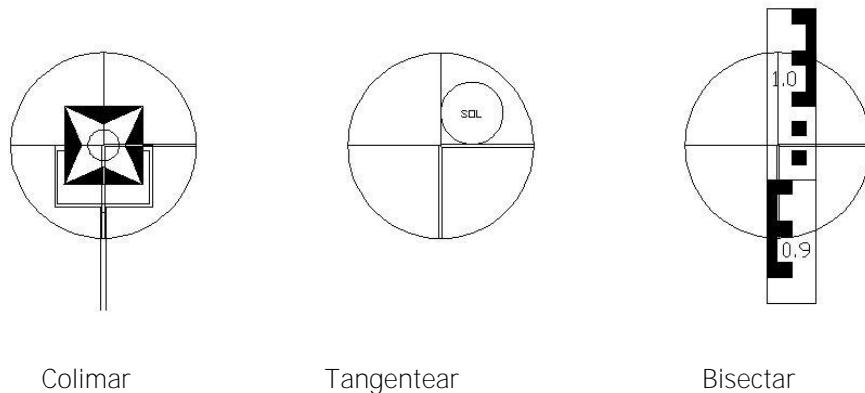


Figura 3. Retículo de un instrumento topográfico

I.3 Enfoque

Para dirigir una visual es necesario poner a punto el antejo mediante el *enfoque* (figura 4) ; esto se realiza en dos tiempos; en el primer tiempo se hace que el retículo se vea con nitidez llevándolo a la distancia de visión distinta mediante el movimiento del tubo porta ocular, y en el segundo tiempo se actúa en el piñón para trasladar el tubo, hasta que la imagen real dada por el objetivo se forma en el plano del retículo, en cuyo momento las imágenes amplificadas del objeto y del retículo se confunden en una sola.

Esta operación se realiza a efecto de conseguir la mayor nitidez posible y el menor cansancio para el ojo.

Al realizar el enfoque es conveniente "pararse" y volver atrás rápidamente para asegurarse que la imagen aparece con la mayor nitidez posible.

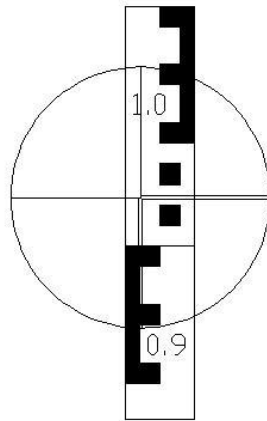


Figura 4. Enfoque de un antejo

I.4 Vernier

El calibrador vernier es uno de los instrumentos mecánicos para medición lineal de exteriores, medición de interiores y de profundidades más ampliamente utilizados.

El vernier o nonio que poseen los calibradores actuales permiten realizar fáciles lecturas hasta 0.05 o 0.02 mm y de 0.001" o 1/128" dependiendo del sistema de graduación a utilizar (métrico o inglés).

Los vernieres más utilizados en los aparatos topográficos son:

- *Vernier directo o sencillo.* Este se lee solamente en un sentido, y por tanto debe tener sus graduaciones después de la marca cero (índice) en el sentido en el que se haga girar.
- *Vernier doble.* Un vernier doble puede leerse tanto en el sentido de rotación del reloj como en el sentido contrario, usándose solo la mitad de sus graduaciones cada vez.

Una vez que se coloca la marca cero o índice en coincidencia con el 0°00" del círculo, o con cualquier valor conocido. El observador no está limitado a girar ángulos en un sentido solamente.

- *Vernier con divisiones dobladas.* Este tipo evita la larga placa de vernier que se requiere para un nonio doble normal. Su longitud es la de un vernier directo, con la mitad de las divisiones situadas a cada lado del índice. Excepto posiblemente para los arcos graduados verticales, el uso de los vernieres con divisiones dobladas no está justificado por ahorro de espacio no de costo pero si puede causar errores de lectura.

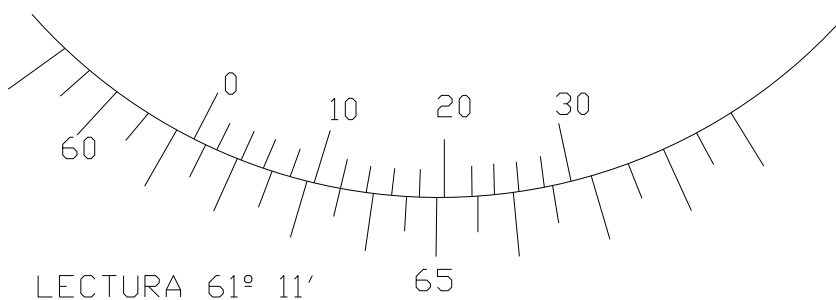


Figura 5. Lectura en un Vernier

I.5 Alidada

La alidada o plato superior está constituido por un plato o disco circular provisto de un vástago cónico perpendicular en su centro y sobre el cual gira en torno a un eje vertical. Sujeto al plato superior hay dos niveles tubulares de burbuja, uno paralelo al anteojo (nivel de alturas) y otro situado en ángulo recto respecto al primero (nivel de azimutes) y dos vernieres situados a 180° uno del otro.

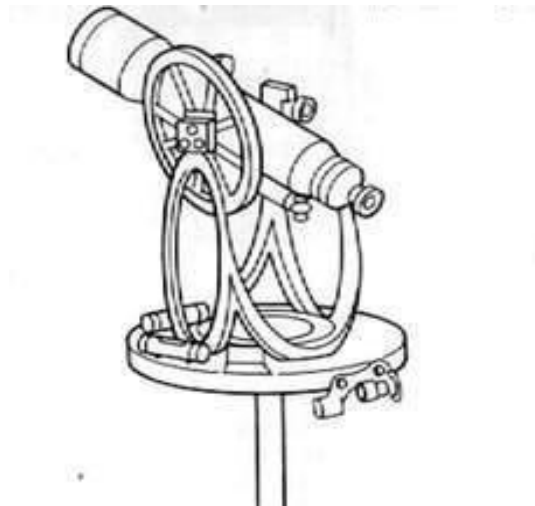


Figura 6. Alidada

I.6 Limbo

El limbo o plato inferior son los instrumentos que proporcionan la medida gradual de ángulos y están constituidos por círculos graduados que son siempre solidarios de un eje que puede situarse en posición vertical u horizontal, según se trate de ángulos horizontales o verticales. En el primer caso el limbo se llama *limbo horizontal o azimutal* y el segundo recibe el nombre de *limbo vertical o cenital*.

Consisten principalmente de unas placas circulares de metal, en cuyos bordes va una cinta plateada donde se encuentran grabadas las divisiones.

Estos limbos pueden ser sexagesimales o centesimales, según el tipo de unidad que utilicen, y normales o anormales, según que su graduación crezca en el sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario.

Los limbos horizontales o verticales pueden ir montados al aire o encerrados por cajas o estuches apropiados, existiendo en tales casos aberturas provistas de lentes y prismas para la iluminación con la luz de día o artificial de los puntos donde se realiza la lectura.

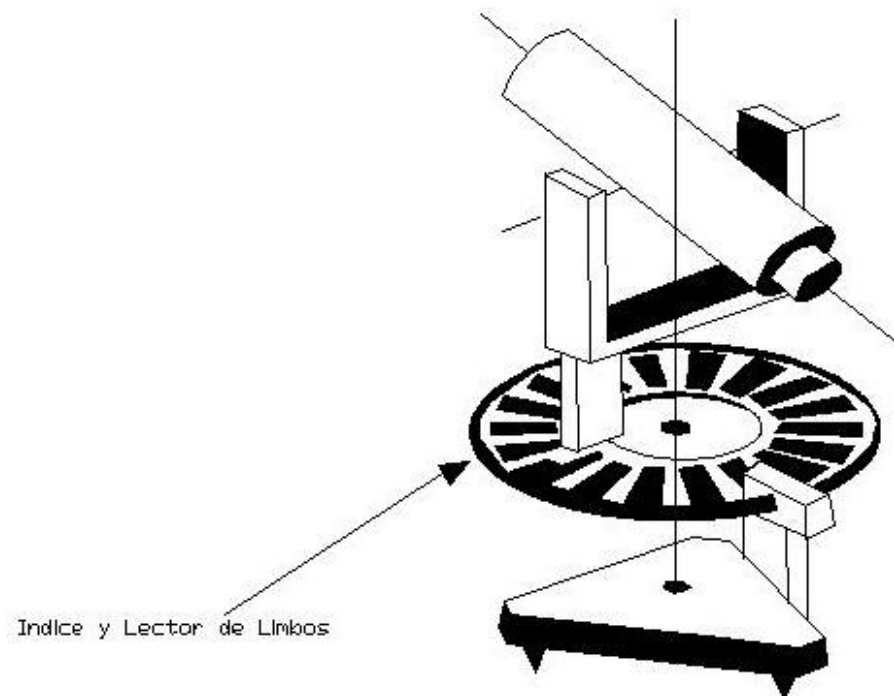


Figura 7. Índice y lector de limbos

I.7 Niveles de Burbuja

Los niveles son dispositivos que tienen como finalidad asegurar la horizontalidad del plano del instrumento y por lo tanto, la verticalidad de su eje principal.

I.7.1 Niveles Tubulares o Tóricos

Este nivel es un tubo de vidrio de forma tórica, encerrada en una caja metálica que se encuentra sustentada sobre dos tornillos correctores en sus extremos, lleno casi en su totalidad, de un líquido de escasa viscosidad, quedando una burbuja de aire mezclada con los vapores del líquido.

Cuanto mayor sea el radio de curvatura del tubo, mayor es la sensibilidad de la burbuja. La parte superior del tubo está graduado de manera simétrica desde el centro. Las líneas más largas representan la posición de los extremos de la burbuja a una temperatura normalizada. La superficie de las burbujas siempre es horizontal por lo que la línea tangente a un punto de la superficie interna del tubo siempre será horizontal ya que es paralela al plano que está en sus extremos. Si el tubo de nivel se gira en un plano vertical cuando la burbuja está centrada, el eje del tubo de la burbuja debe ser horizontal. El espaciamiento de cada graduación es con frecuencia de 2 milímetros y el nivel angular de una graduación por lo general se indica en la superficie misma del tubo. Entonces el movimiento del centro de la burbuja a través de una división podría implicar una rotación del eje de 20 segundos de arco.

I.7.2 Niveles Esféricos

El nivel esférico o también llamado de precisión está constituido por un pequeño recipiente metálico provisto de un disco de cristal en su parte superior. La cara interna del disco presenta una marca en forma de casquete esférico que facilita el desplazamiento de la burbuja de aire que se produce al estar parcialmente relleno el recipiente de un líquido de baja viscosidad. La cual al ocupar la marca circular, indica la horizontalidad del plano tangente al centro del nivel, su sensibilidad está **comprendida entre los 3' y 6'.**

I.8 Plomadas

La plomada es el instrumento más sencillo y posiblemente el más antiguo en Topografía. Está constituida por un cordón fino y flexible, de cuyo extremo pende un peso o plomo que la acción de gravedad atrae en dirección hacia el centro de la Tierra, cuando se le suspende del otro extremo del cordón.

Cuando la plomada queda en equilibrio, el cordón de la misma sigue la dirección de la gravedad terrestre materializándonos la vertical del punto.

En la práctica, la plomada se utiliza con dos finalidades: colocar vertical cualquier objeto y para encontrar la proyección de un punto cualquiera sobre el terreno.

I.8.2 Plomada Óptica

Esta plomada va acoplada a la base del instrumento. Consta de un prisma de reflexión total que es observado por medio de un pequeño antejo. Este contiene un dispositivo de enfoque por fricción y un círculo grabado que es necesario hacer coincidir sobre la señal materializada sobre el terreno.

Se puede hablar de la precisión que ofrece cada plomada, la plomada óptica ofrece un rango más alto de precisión, ya que la resolución con que se puede centrar es igual al ancho de los hilos de la retícula de la plomada, que es mucho más fino que un haz de rayo láser que puede tener de 3 a 6 milímetros de diámetro.

I.8.3 Plomada Láser

En los aparatos modernos se encuentra la plomada láser. Esta plomada indica con un rayo luminoso rojo la proyección del eje vertical del aparato. El proceso es el mismo que con las otras plomadas.

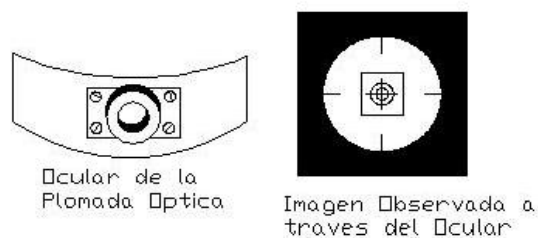


Figura 8. Plomada

I.9 Tripiés

Los aparatos topográficos de observación tienen que situarse de forma que resulten fijos para poder realizar las observaciones con precisión, y también es importante que el aparato se encuentre situado a la altura del operador.

Existe una gran variedad de modelos clasificados en 3 grupos.

- a) Trípodes de espiga. Son los trípodes más sencillos. Se componen de un prisma de madera terminado en una espiga S que se enchufa en un cono hueco que sirve de base al instrumento. En cada una de las caras van atornilladas las patas. Este tipo de trípodes no es ocupado para aparatos de precisión. La verticalidad de la espiga se consigue por movimientos del trípode, en algunos modelos la unión entre los trípodes y el instrumento se realiza por medio de una pieza intermedia.
- b) Trípodes de tuerca. También son llamados *trípodes de tipo inglés*, las patas eran de una sola pieza teniendo la sección transversal de las mismas forma triangular mixtilínea, de modo que al cerrarse el trípode constituían las 3 patas un tronco de cono. El trípode en su parte superior termina en una rosca en la que se atornilla una pieza plana que forma un elemento de unión entre aparato y trípode. Este trípode es el que presenta menos estabilidad.
- c) Trípodes de meseta. Estos trípodes tiene una plataforma generalmente metálica de forma circular o triangular con un orificio central que sirve para la sujeción del instrumento. La plataforma lleva 3 ejes metálicos, donde se articulan las patas que llevan el dispositivo apropiado que también es metálico y que adopta formas muy variadas. Cada pata está formada por dos largueros unidos por travesaños, lo que le proporciona estabilidad y peso reducido.

El trípode termina en un casquete esférico, sobre el que va una meseta basculante que tiene una gran amplitud de movimiento. El aparato se coloca sobre la meseta y se une al trípode por medio del bastón centrador que tiene un nivel esférico.

El extremo inferior del bastón se sitúa sobre el punto de estación, y por movimientos de la meseta con el aparato, se cala la burbuja del nivel esférico, previamente ha quedado horizontal esta plataforma, bastando con apretar la rosca del bastón para que el instrumento quede perfectamente unido al trípode.

I.10 Tornillos de presión y de coincidencia

El tornillo de presión bloquea el movimiento del eje sobre el que actúa. Suele existir uno dispuesto en el eje vertical bloqueando el giro de rotación y otro en el horizontal o secundario. Los de coincidencia actúan cuando los de presión se encuentran apretados y permiten los movimientos lentos o de aproximación. En la actualidad cada vez es más frecuente que se sustituyan los de presión por unas pinzas de mordaza que realizan iguales prestaciones y que se encuentran acopladas al tornillo propiamente dicho o de coincidencia.

I.11 Balizas

Son tubos de madera o aluminio con un diámetro de 2.5 cm y una longitud que varía de 2 a 3 metros. Vienen pintadas con franjas rojas y blancas alternas de 30 cm y en su parte final poseen una punta de acero.

Se utiliza como instrumento auxiliar para medir distancias, localizando puntos y trazando alineaciones.

I.12 Mira Vertical o Estadal

Son reglas graduadas en metros y decímetros, generalmente fabricados de madera, aluminio, metal o fibra de vidrio. Usualmente, para trabajos normales, vienen graduadas con precisión de 1 cm y apreciación de 1mm. Comúnmente, se fabrican con longitud de 4m divididos en 4 tramos plegables para facilidad de transporte y almacenamiento.

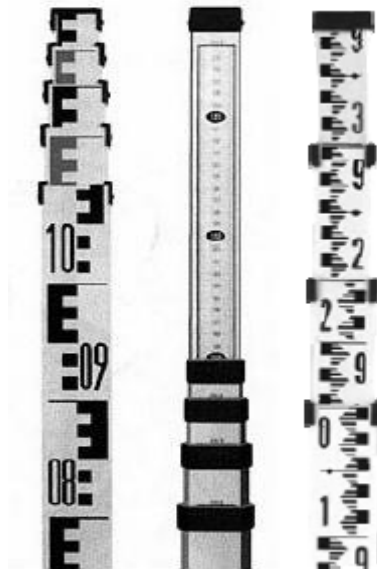


Figura 9. Estadales

II. EQUIALTIMETROS

Estos aparatos son los empleados en una nivelación y sirven para lanzar visuales horizontales. Los niveles en general tienen características principales: la línea de vista y un nivel de burbuja para poner la línea de vista horizontal.

II.1 Condiciones Geométricas Generales

Todos los equialtímetros de nivel de burbuja, con telescopio y tripié, deben satisfacer las siguientes condiciones generales.

- a) La línea de colimación y la directriz del nivel, deben estar en el mismo plano y ser paralelas entre sí.
- b) Ambas líneas, antes mencionadas, deben mantenerse en sendos planos perpendiculares al **"eje vertical"** en cualquier dirección que se dé al telescopio.

Si se satisfacen estas condiciones, cuando el equialtímetro está calado correctamente, las visuales son horizontales. Esto debe ser comprobado por medio de las verificaciones y ajustes para cada tipo de equialtímetro.

II.2 Equialtímetro Tipo Americano

Este tipo de equialtímetro es muy común, también es conocido como "equialtímetro de abrazaderas". El aumento del anteojo es de 20 a 30 diámetros. Semejante al equialtímetro tipo inglés.

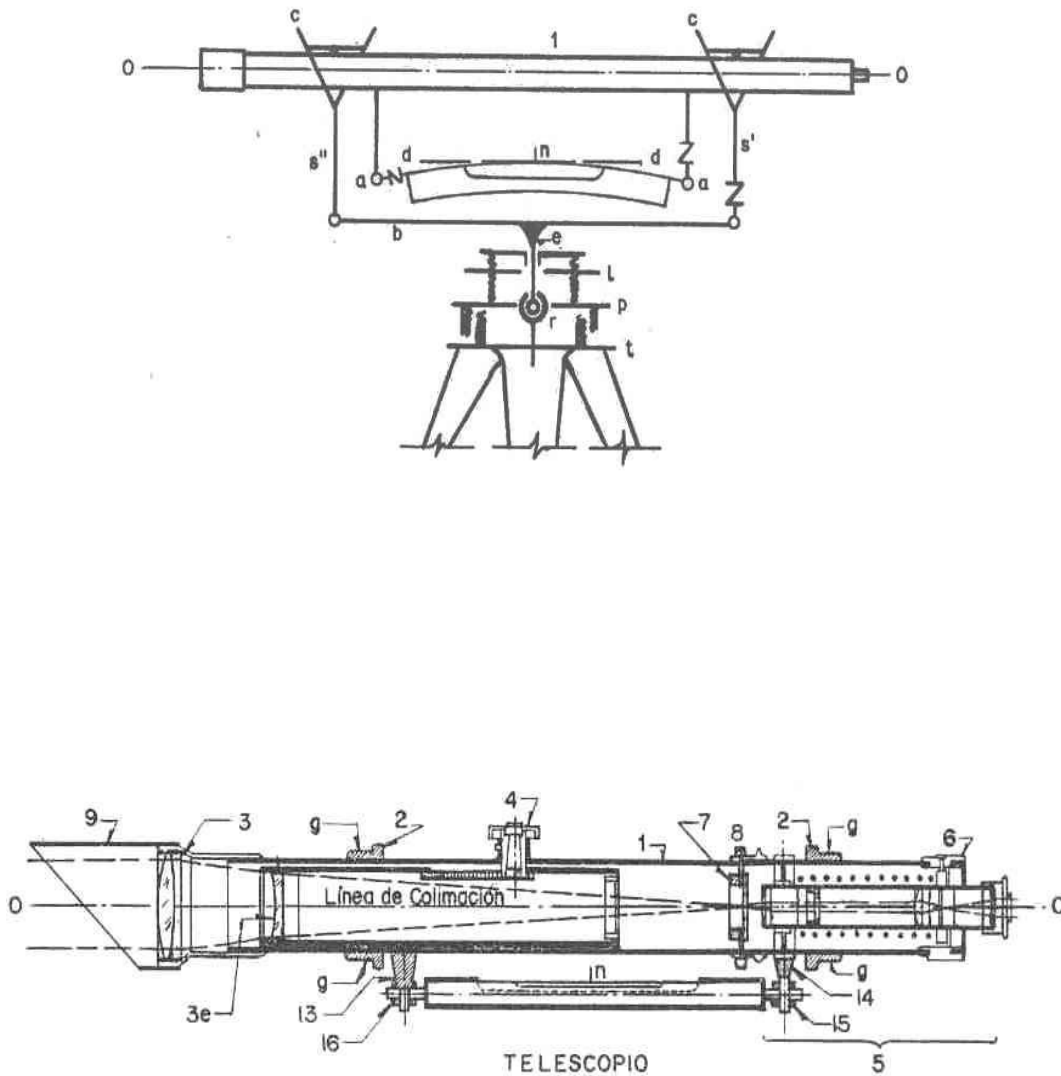


Figura 10. Equialtímetro Tipo Americano

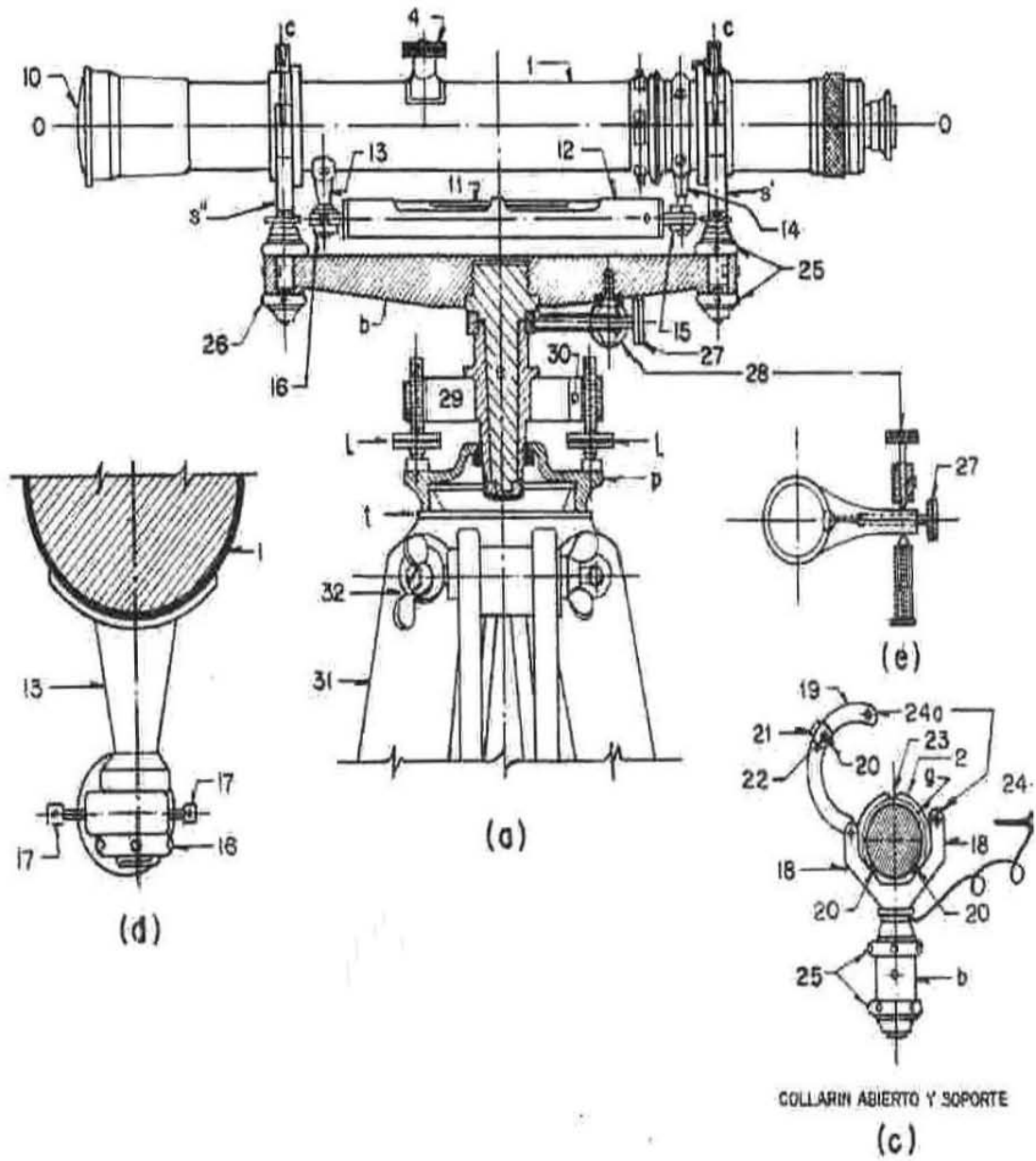


Figura 11. Componentes del Equialtímetro Americano

- a Articulación del brazo del estuche del nivel
- b Barra
- c Collarines
- d Directriz del nivel
- e Eje vertical
- g Anillos de apoyo del telescopio
- L Tornillos niveladores
- o Línea de colimación
- p plataforma del equialtímetro
- r Articulación de rodilla

- 9 Parasol
- 10 Tapa del objetivo
- 11 Nivel de burbuja
- 12 Estuche del nivel
- 13 Brazo no ajustable para ligar el estuche del nivel al telescopio
- 14 Brazo ajustable para ligar el estuche del nivel al telescopio
- 15 Tuercas de ajuste vertical del brazo
- 16 Tuerca de presión del brazo no ajustable
- 17 Tornillos de ajuste horizontal del estuche del nivel
- 18 Base de apoyo del collarín
- 19 Abrazadera del collarín
- 20 Puntos de apoyo de los collarines

s' Soporte ajustable

s'' Soporte no ajustable

- t Cabeza del tripié
- n Centro de la escala del nivel
- 1 Tubo del telescopio
- 2 Ceja del anillo de apoyo del telescopio
- 3 Lentes del objetivo
- 4 Tornillo de enfoque del objetivo
- 5 Ocular
- 6 Anillo para enfocar el ocular
- 7 Anillo porta-retícula
- 8 Tornillos de ajuste del porta-retícula

- 21 Tornillo de ajuste del apoyo del collarín
- 22 Pivote para evitar el giro del telescopio
- 23 Muesca para el pivote
- 24 Pasadores de los collarines
- 25 Tuercas de ajuste del soporte
- 26 Tuerca de presión del soporte no ajustable
- 27 Tornillo fijador del movimiento de la barra
- 28 Tornillo tangencial
- 29 Cruceta nivelante del equialtímetro
- 30 Tornillo pata templar la presión de los tornillos niveladores
- 31 Placas del tripié
- 32 Tuercas de presión de las patas

Ii.2.1 Condición, Revisión y Ajuste

1.1 Condición

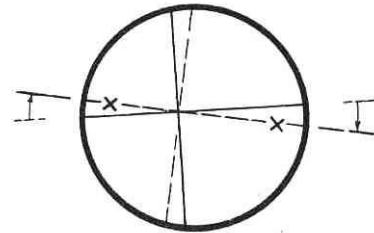
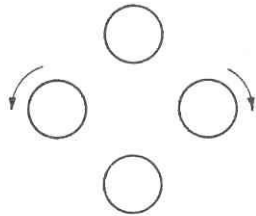
El trazo horizontal de la retícula debe estar en un plano perpendicular al eje vertical.

1.2 Revisión

- i. Marcar una X bien definida, con trazos finos pero visibles, en una pared y a una distancia de 50 a 60 cm; instalar con firmeza el equialtímetro (no es necesario que este calado).
- ii. Colocar el telescopio en la dirección de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos y bisectar el centro de la marca X con el cruce de los de los trazos de la retícula, moviendo los tornillos niveladores y el tangencial para afinar la coincidencia.
- iii. Moviendo el tornillo tangencial, hacer girar el telescopio lentamente para uno y otro lado. Si el trazo horizontal se mantiene bisectando la marca, la prueba es satisfactoria. Si el trazo horizontal de la retícula deja de coincidir con el centro de la marca X, se requiere ajuste.

1.3 Ajuste

- i. Aflojar los dos tornillos adyacentes del porta-retícula, del lado hacia donde se requiere hacerlo girar.



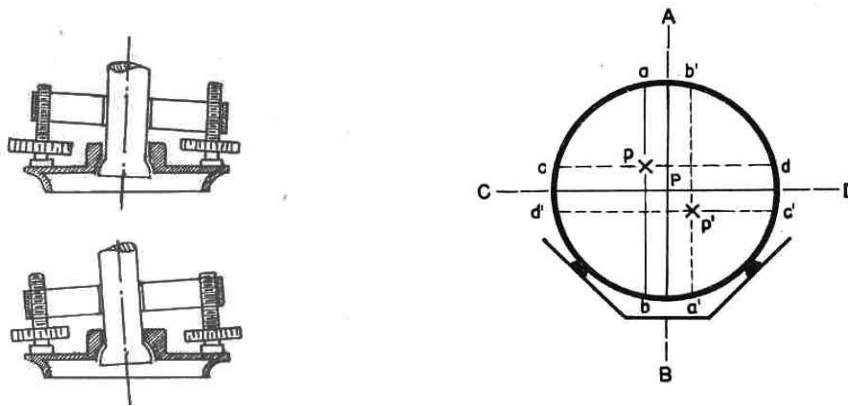
- ii. Hacer girar el porta retícula en el sentido conveniente, hasta lograr que el trazo horizontal se mantenga sobre el centro de la marca X, al girar el telescopio alrededor del "eje vertical" con ayuda del tangencial, como se describió en la prueba.
- iii. Apretar los tornillos con tacto suave, alternando el movimiento de uno y otro, hasta que el porta retícula quede fijo.

- iv. Repetir la prueba.
- v. Afinar el ajuste hasta que sea satisfactorio y finalmente apretar los tornillos sin forzar la presión.

Cuando el equialtímetro está bien ajustado y calado, al mover el telescopio alrededor del "eje vertical", el trazo horizontal de la retícula estará verdaderamente horizontal.

2.1 Condición

La línea de colimación debe coincidir con el eje óptico del telescopio que, a su vez por construcción debe coincidir con el eje de los anillos de apoyo y collarines.



2.2 Revisión

- i. Dejar instalado el equialtímetro frente a una pared en la cual se ha marcado una X.
- ii. Colocar el telescopio en dirección a dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos y apuntar hacia la marca X. Fijar el movimiento del telescopio y abrazaderas de los collarines.
- iii. Bisectar la marca X con el cruce de los trazos de la retícula, moviendo el telescopio con ayuda de los tornillos niveladores y del tangencial. Hacer esto con la mayor finura que permita la vista.
- iv. Girar lentamente y con suavidad el tubo del telescopio alrededor de su propio eje y sin que se levante de sus puntos de apoyo de los collarines, hasta ponerlo a 180° de su posición original.

- v. Si la marca X se ve bisectada por los trazos de la retícula, la prueba es satisfactoria. En caso contrario, el equialtímetro debe corregirse.

2.3 Ajuste

Si el punto definido por la marca X queda fuera del cruce de los trazos de la retícula, se corrige la mitad de la desviación con respecto a cada uno de ellos, para lo cual, se mueve el porta-retícula de modo que los trazos se desalojen paralelamente a sí mismos. El procedimiento es el siguiente:

- i. Se empieza por ajustar uno de los trazos, para esto se requiere aflojar ligeramente el tornillo que permitirá el desalojamiento del porta-retícula en el sentido en que se necesita mover.
- ii. Apretar con suavidad el tornillo opuesto, con lo que se realizará el desalojamiento que se necesita, hasta que el trazo de la retícula se mueva la mitad del error.
- iii. Apretar suavemente, sin forzar, el primer tornillo que se había aflojado.
- iv. Proceder al ajuste del otro trazo de la retícula, procediendo del mismo modo que se indicó anteriormente (paso No. 1)
- v. Repetir la prueba y afinar el ajuste las veces que sea necesario hasta que resulte satisfactorio.

NOTA. En los telescopios de la imagen invertida, el movimiento de los trazos de la retícula se efectúa en sentido contrario al aparente.

Es ventajoso utilizar una marca X en vez de un punto, ya que se obtiene mayor seguridad y precisión en la bisección.

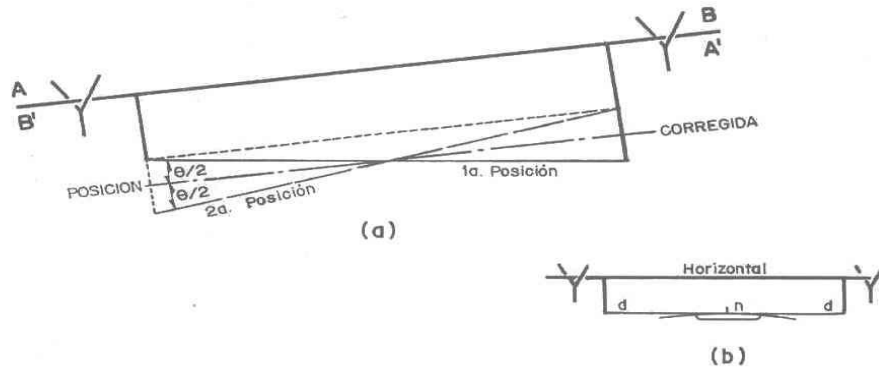
3.1 Condición

La línea de colimación y la directriz del nivel deben estar en el mismo plano y ser paralelas entre sí.

Para comprobar esta condición se necesitan dos pruebas:

3.1.a Condición

Estando la directriz del nivel horizontal, la línea de colimación debe estar contenida en un plano horizontal.



3.2.a Revisión

- i. Instalar firmemente el equialtímetro y abrir completamente las abrazaderas de los collarines.
- ii. Colocar el telescopio en la directriz de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos y llevar la burbuja al centro.
- iii. **Girar el telescopio 90° alrededor del "eje vertical", y llevar la burbuja al centro.**
- iv. Volviendo a la posición anterior del telescopio, apretar el tornillo que fije el movimiento de la barra y llevar al centro, esta vez, con precisión.
- v. Sacar el telescopio de los collarines, evitando el más leve impacto.
- vi. Con el mismo cuidado, volver a colocar el telescopio sobre los apoyos de los collarines; pero, cambiando su posición, de modo que el objetivo quede del lado donde antes estaba el ocular y viceversa. El nivel deberá quedar en su posición normal, abajo del telescopio.
- vii. Observar la nueva posición de la burbuja, si no está en el centro se requiere ajuste.

3.3.a Ajuste

- i. Corregir la mitad de la desviación de la burbuja con respecto al centro de la escala, moviendo las tuercas del ajuste vertical del brazo ajustable que liga el estuche del nivel con el telescopio.
- ii. Terminar de poner la burbuja en el centro, por medio de los tornillos niveladores.
- iii. Repetir la prueba, ejecutando las operaciones descritas en iv, v y vi.
- iv. Si la burbuja permanece perfectamente centrada, es satisfactorio el ajuste; de no ser así, corregir la mitad de la desviación como ya se indicó, con las tuercas del ajuste vertical del brazo ajustable que liga el nivel con el telescopio y la otra mitad de los tornillos niveladores.

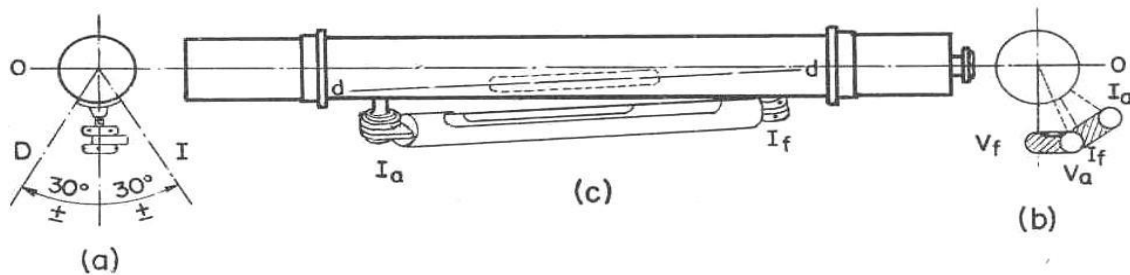
- v. Repetir la prueba las veces que sea necesario, hasta finar el ajuste con la precisión que pueda apreciar la vista.

NOTA. La maniobra de sacar el telescopio de los collarines y volverlo a colocar, se debe hacer con el mayor cuidado, pues el menor impacto, por leve que sea, puede conducir la prueba a resultados no satisfactorios.

Cuando se necesite repetir la prueba, como se indica en el inciso v del ajuste, es recomendable **colocar el telescopio en una posición inicial a 90° con respecto a la de la serie de la prueba anterior.**

3.1.b Condición

La línea de colimación y la directriz del nivel deben ser coplanares.



3.2.b Revisión

- i. Dejar abiertas las abrazaderas, como quedaron en la prueba anterior.
- ii. Llevar la mitad de la burbuja al centro de la escala, en dos posiciones del telescopio perpendiculares entre sí, correspondiendo a las direcciones de los tornillos niveladores diagonalmente opuestos, respectivamente.
- iii. Al quedar en la segunda posición, apretar el tornillo que fija el movimiento de la barra, o sea, el "eje vertical".
- iv. Afinar la posición de la burbuja en el centro de la escala.
- v. **Girar con suavidad el telescopio alrededor de su propio eje, unos 30°, hacia uno y otro lado del eje del plano vertical, cuidadosamente, para que no pierda el apoyo sobre los collarines.**

- vi. Observar la posición de la burbuja mientras se hace girar el telescopio. Si permanece bien centrada, la prueba es satisfactoria.
- vii. En caso de que la burbuja se desaloje en un sentido, cuando se hace girar el telescopio hacia la izquierda, y en sentido contrario, cuando se hace girar hacia la derecha, es necesario el ajuste.

3.3.b Ajuste

- i. Mover las tuercas del ajuste horizontal del estuche del nivel, hasta que la burbuja quede en el centro y conseguir que no se desaloje cuando se hace girar el telescopio hacia uno y otro lado alrededor de su propio eje.
- ii. Repetir la prueba para afinar el ajuste hasta que sea satisfactorio.
- iii. Cerrar las abrazaderas de los collarines y fijarlas con los pasadores.

NOTAS. El pivote de la abrazadera debe ajustar con la muesca correspondiente en la ceja del anillo de apoyo del telescopio, para impedir toda posibilidad de que gire.

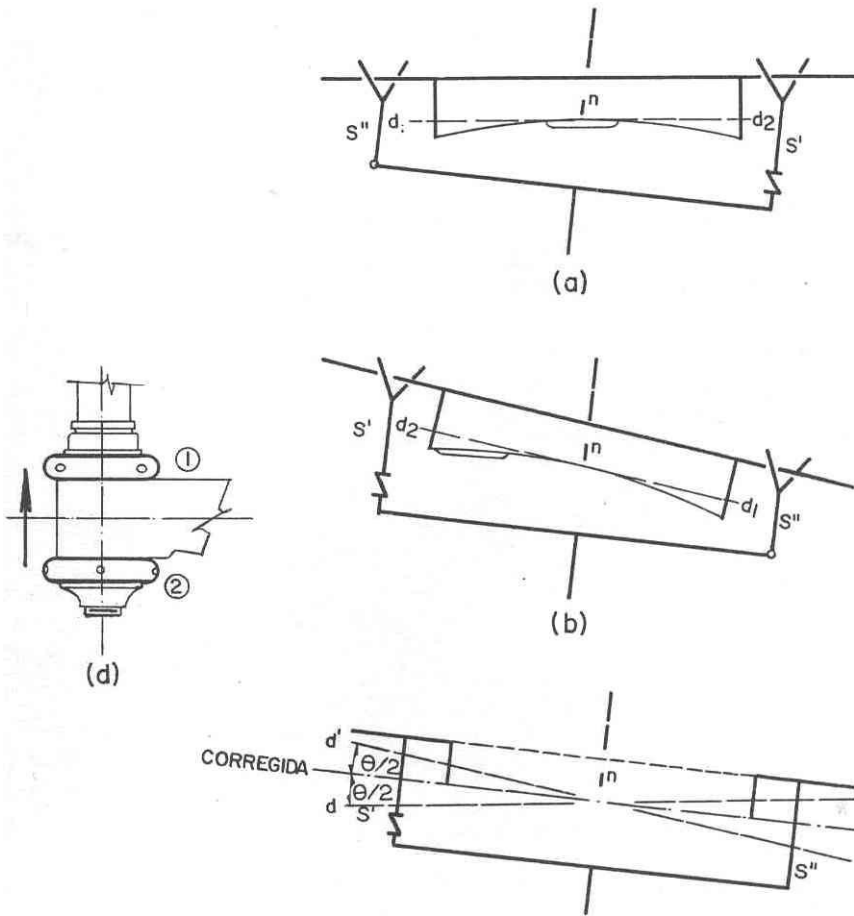
Combinar los ajustes correspondientes a las pruebas 3.2.a y 3.2.b, en el siguiente orden

- a) Verificar el ajuste 3.2.b hasta un grado aceptable.
- b) Verificar el ajuste 3.2.b, afinándolo
- c) Repetir la prueba 3.2.a; con todo el refinamiento posible
- d) Repetir nuevamente la prueba 3.2.b, la cual, generalmente, resulta satisfactoria cuando se opera en este orden.
- e) Cuando el ajuste no resulta satisfactorio, se repiten las pruebas en el mismo orden cuantas veces sea necesario.

Los equialtímetros tienen, generalmente, pares de tornillos o tuercas para efectuar los ajustes y fijar la posición de las piezas. El modo correcto de operar es el siguiente: aflojar ligeramente el tornillo o tuerca del lado correspondiente al sentido del desalojamiento que se desea y luego apretar suavemente el tornillo y tuerca del otro lado, para producir el movimiento requerido. Cuando se ha llegado al ajuste deseado, se aprietan poco a poco sin forzar y alternativamente, los tornillos o tuercas de ambos lados, para fijar la posición. Se comprueba luego el ajuste.

4.1 Condición

La directriz del nivel debe mantenerse en un plano perpendicular al eje vertical.



4.2 Revisión

- i. Instalar firmemente el equialtímetro.
- ii. Poner el telescopio en dirección de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos.
- iii. Llevar la burbuja al centro
- iv. Poner el telescopio en la dirección de los otros dos tornillos niveladores
- v. Llevar la burbuja al centro, con precisión

- vi. **Girar la barra 180° alrededor del "eje vertical"**
- vii. Si se observa que la burbuja permanece en el centro, la prueba es satisfactoria. Si la burbuja esta fuera, es necesario el ajuste.

4.3 Ajuste

- i. Aflojar ligeramente la tuerca del soporte no ajustable. Generalmente es ajustable un solo soporte y el otro es de longitud fija. Cuando ambos soportes son ajustables, se debe tomar una decisión respecto a cuál será ajustado y cual no.
- ii. Corregir la mitad de la desviación de la burbuja, alargando o acortando el soporte ajustable por medio de las tuercas de ajuste y temple la presión de la tuerca que se había aflojado en el soporte fijo.
- iii. Por medio de los tornillos niveladores que están en la dirección del telescopio, llevar la burbuja el centro con precisión.
- iv. **Girar 90° la barra, para que el telescopio quede en la dirección de los otros dos tornillos niveladores.** Centrar la burbuja con precisión.
- v. **Girar la barra otros 90°, en el mismo sentido del giro anterior, para que el telescopio quede en la posición original, al iniciar la prueba.** Observar si la burbuja está centrada.
- vi. Si queda fuera de centro, se repite la revisión, pero ahora, con la barra en la dirección de los otros dos tornillos niveladores, como posición inicial.
- vii. Verificar si la burbuja se mantiene en el centro para cualquier posición de la barra, lo cual comprobará que esta satisfactoriamente ajustado

a Articulación de los brazos del estuche del nivel

b Barra

c Collarines

d Directriz del nivel

e Eje vertical

g Anillos de apoyo del telescopio

L Tornillos niveladores

n Centro de la escala del nivel

o Línea de colimación

s' Soporte ajustable

s" Soporte no ajustable

1 Telescopio

2 Objetivo

3 Tornillo de enfoque del objetivo

4 Ocular

5 Anillo porta-retícula

6 Tornillos de ajuste del porta-retícula

7 Cejas de los anillo de apoyo

8 Abrazadera del collarín

9 Base de apoyo de los collarines

10 Tope ajustable del telescopio

11 Tuerca de presión del soporte no ajustable

12 Tuercas de ajuste del soporte ajustable

13 Brazo no ajustable para ligar el estuche del nivel a la barra

14 Brazo ajustable para ligar el estuche del nivel a la barra

15 Tuercas del ajuste vertical del brazo.

16 Estuche del nivel

17 Burbuja

18 Tornillo fijador del movimiento de la barra

19 Tornillo tangencial

20 Cruceta nivelante del equialtímetro

21 Tornillo para fijar el equialtímetro al tripié

22 Cabeza del tripié

23 Patas del tripié

24 Tuercas de presión de las patas del tripié

II.3.1 CONDICIÓN, REVISIÓN Y AJUSTE

1.1 Condición

El trazo horizontal de la retícula debe estar contenido en un plano perpendicular el eje vertical

1.2 Revisión

- i. Marcar una X bien definida, con trazos finos pero visibles, en una pared y a una distancia de 50 a 60 cm; instalar con firmeza el equialtímetro (no es necesario que este calado).
- ii. Colocar el telescopio en la dirección de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos y bisectar el centro de la marca X con el cruce de los de los trazos de la retícula, moviendo los tornillos niveladores y el tangencial para afinar la coincidencia.
- iii. Moviendo el tornillo tangencial, hacer girar el telescopio lentamente para uno y otro lado. Si el trazo horizontal se mantiene bisectando la marca, la prueba es satisfactoria. Si el trazo horizontal de la retícula deja de coincidir con el centro de la marca X, se requiere ajuste.

1.3 Ajuste

- i. Aflojar los dos tornillos adyacentes del porta-retícula, del lado hacia donde se requiere hacerlo girar.
- ii. Hacer girar el porta retícula en el sentido conveniente, hasta lograr que el trazo horizontal se mantenga sobre el centro de la marca X, al girar el telescopio alrededor del **“eje vertical” con ayuda del tangencial, como se describió en la prueba.**
- iii. Apretar los tornillos con tacto suave, alternando el movimiento de uno y otro, hasta que el porta retícula quede fijo.
- iv. Repetir la prueba.
- v. Afinar el ajuste hasta que sea satisfactorio y finalmente apretar los tornillos sin forzar la presión.

NOTA. Son válidas todas las notas indicadas para la verificación del equialtímetro tipo americano.

Algunos modelos tienen un tope en la parte exterior de uno de los collarines que, por medio del tornillo, permite hacer girar el telescopio pequeños ángulos, alrededor de su eje y quedar ajustados en la posición deseada. Cuando el movimiento permitido no es suficiente para el ajuste que se necesita, se procede primero como se indicó antes, moviendo la retícula, y se afina con el tornillo del tope.

2.1 Condición

La línea de colimación debe coincidir con el eje óptico del telescopio que, a su vez y por construcción, debe coincidir con el eje de los anillos de apoyo y collarines.

2.2 Revisión

- i. Dejar instalado el equialtímetro frente a una pared en la cual se ha marcado una x.
- ii. Colocar el telescopio en dirección a dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos y apuntar hacia la marca x. Fijar el movimiento del telescopio y abrazaderas de los collarines.
- iii. Bisectar la marca x con el cruce de los trazos de la retícula, moviendo el telescopio con ayuda de los tornillos niveladores y del tangencial. Hacer esto con la mayor finura que permita la vista.
- iv. Girar lentamente y con suavidad el tubo del telescopio alrededor de su propio eje y sin que **se levante de sus puntos de apoyo de los collarines, hasta ponerlo a 180° de su posición original.**
- v. Si la marca x se ve bisectada por los trazos de la retícula, la prueba es satisfactoria. En caso contrario, el equialtímetro debe corregirse.

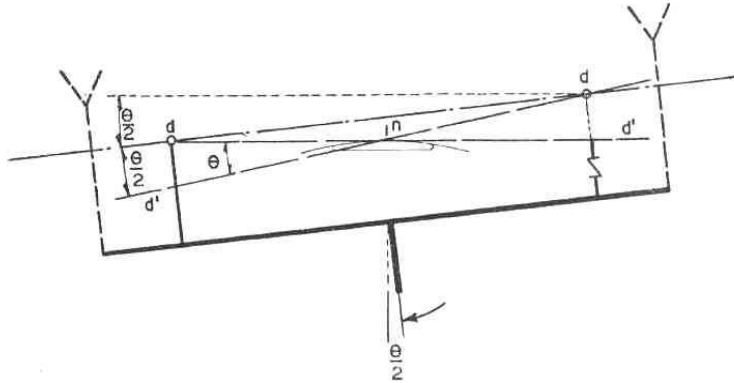
1.3 Ajuste

Si el punto definido por la marca x queda fuera del cruce de los trazos de la retícula, se corrige la mitad de la desviación con respecto a cada uno de ellos, para lo cual, se mueve el porta-retícula de modo que los trazos se desalojen paralelamente a sí mismos. El procedimiento es el siguiente:

- i. Se empieza por ajustar uno de los trazos, para esto se requiere aflojar ligeramente el tornillo que permitirá el desalojamiento del porta-retícula en el sentido en que se necesita mover.
- ii. Apretar con suavidad el tornillo opuesto, con lo que se realizará el desalojamiento que se necesita, hasta que el trazo de la retícula se mueva la mitad del error.
- iii. Apretar suavemente, sin forzar, el primer tornillo que se había aflojado.
- iv. Proceder al ajuste del otro trazo de la retícula, procediendo del mismo modo que se indicó anteriormente (paso no. 1)
- v. Repetir la prueba y afinar el ajuste las veces que sea necesario hasta que resulte satisfactorio.

3.1 Condición

La directriz del nivel debe mantenerse en un plano perpendicular al eje vertical.



3.2 Revisión

- i. Instalar firmemente el equialtímetro.
- ii. Poner el telescopio en dirección de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos.
- iii. Llevar la burbuja al centro
- iv. Poner el telescopio en la dirección de los otros dos tornillos niveladores
- v. Llevar la burbuja al centro, con precisión
- vi. **Girar la barra 180° alrededor del "eje vertical"**
- vii. Si se observa que la burbuja permanece en el centro, la prueba es satisfactoria. Si la burbuja esta fuera, es necesario el ajuste,

3.3 Ajuste

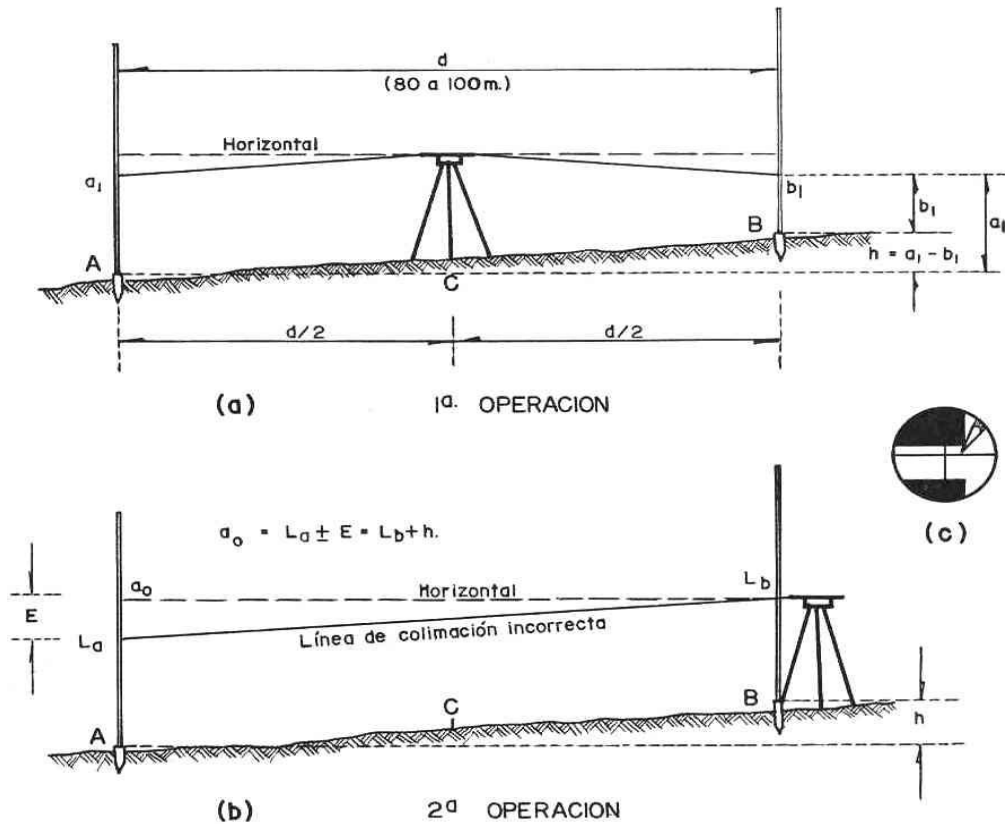
Proceder con el mismo método como se indicó con los equialtímetros de tipo americano, con la única diferencia de que no se corrige la longitud de los soportes sino que es la longitud de los brazos que ligan al estuche del nivel con la barra, la que debe ser ajustada.

- i. Aflojar ligeramente la tuerca del soporte no ajustable. Generalmente es ajustable un solo soporte y el otro es de longitud fija. Cuando ambos soportes son ajustables, se debe tomar una decisión respecto a cuál será ajustado y cual no.

- ii. Corregir la mitad de la desviación de la burbuja, alargando o acortando el soporte ajustable por medio de las tuercas de ajuste y temple la presión de la tuerca que se había aflojado en el soporte fijo.
- iii. Por medio de los tornillos niveladores que están en la dirección del telescopio, llevar la burbuja el centro con precisión.
- iv. **Girar 90° la barra, para que el telescopio quede en la dirección de los otros dos tornillos niveladores.** Centrar la burbuja con precisión.
- v. **Girar la barra otros 90°, en el mismo sentido del giro anterior, para que el telescopio quede en la posición original,** al iniciar la prueba. Observar si la burbuja está centrada.
- vi. Si queda fuera de centro, se repite la revisión, pero ahora, con la barra en la dirección de los otros dos tornillos niveladores, como posición inicial.
- vii. Verificar si la burbuja se mantiene en el centro para cualquier posición de la barra, lo cual comprobará que esta satisfactoriamente ajustado.

4.1.a Condición

La línea de colimación debe mantenerse en un plano perpendicular al eje vertical.



4.2.a Revisión

- i. Clavar 3 estacas A, B y C, de modo que la C este a igual distancia de A y B y que la distancia entre estas sea de 80m a 100m. además, las alturas de A y B deben mantenerse invariable, durante la prueba y conviene poner sobre las estacas una marca.
- ii. Instalar y calar el equitímetro en el punto central C.
- iii. Realizar las lecturas del estadal a_1 en A y b_1 en B.
- iv. Determinar el desnivel entre los dos puntos: $h = a_1 - b_1$.
- v. Trasladar el equitímetro al punto más alto B (se supone que así es) y se instala de modo que el ocular del telescopio quede a 2 cm., aproximadamente, de un estadal colocado verticalmente sobre ese punto.

- vi. Obtener la lectura del estadal sobre B, viendo por el lado del objetivo con el ocular próximo al estadal y con ayuda de la punta afilada de un lápiz para precisarla. El valor de esta lectura es L_b .
- vii. Hacer después la lectura L_a , sobre el estadal puesto en A, observando en la forma ordinaria.
- viii. Si el instrumento esta ajustado, se debe satisfacer la siguiente igualdad:

$$L_a = L_b + h + c$$

en la que: $h = a_1 - b_1$: desnivel entre A y B.

L_a : lectura del estadal en A con el equaltímetro en B.

L_b : lectura del estadal en B con el equaltímetro en B.

$c = 0.000\ 000\ 07\ d^2$: error por curvatura y refracción, en m.

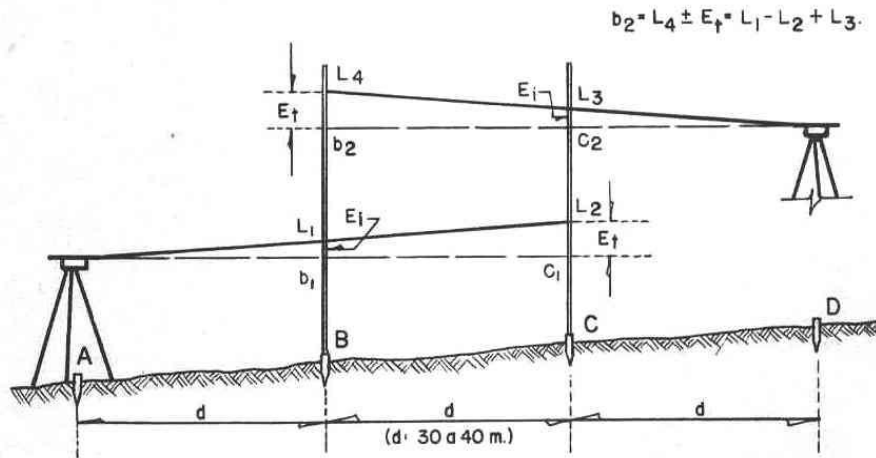
d = distancia entre A y B, en m.

Para $d = 100\text{m}$, $c = 0.7\ \text{mm}$.

4.3.a Ajuste

- i. Modificar la longitud del soporte ajustable, con lo cual se mueve la línea de colimación hasta que apunte la lectura correcta del estadal, L_a , cuando el equaltímetro está instalado en B.
- ii. Volver a calar el equaltímetro con cuidado y comprobar nuevamente si la lectura del estadal es la correcta.
- iii. Afinar el ajuste repitiendo la prueba las veces que sea necesario.

4.2.b Revisión



- i. En un terreno plano, marcar cuatro puntos en línea recta: A, B, C y D, a la misma distancia de 30m, uno de otro y con poco desnivel entre ellos. La altura de los puntos se debe mantener invariable, por lo que conviene marcarlos con estacas.
- ii. Instalar y calar el equialtímetro en uno de los puntos extremos.
- iii. Colocar el estadal, sucesivamente, en los puntos intermedios, y anotar las lecturas.
- iv. Trasladar el equialtímetro al otro punto extremo, instalarlo y calarlo.
- v. Poner el estadal sucesivamente en los puntos intermedios y anotar las lecturas.
- vi. Si el instrumento está ajustado, se debe satisfacer la igualdad:

$$L_4 = L_1 - L_2 + L_3$$

4.3.b Ajuste

Cuando no se verifica la igualdad anterior, significa que el equaltímetro esta desajustado y la línea de colimación esta inclinada cuando se ha calado el instrumento y la igualdad interior, como consecuencia del error total E_1 se transforma en:

$$L_4 \pm E_1 = b_2 = L_1 - L_2 + L_3$$

Como se deduce en la figura. Por lo tanto, es necesario cambiar la posición de la línea de colimación, como se indica:

- i. Modificar la longitud del soporte ajustable hasta que la visual apunte a la altura del estadal:

$$b_2 = L_1 - L_2 + L_3$$

- ii. Volver a calar el equaltímetro con cuidado y comprobar nuevamente si la lectura del estadal es la correcta b_2 .
- iii. Afinar el ajuste repitiendo la prueba desde el principio, cuando sea necesario.
- iv. Para economía de tiempo, en la repetición de prueba, conviene empezar con el equaltímetro en uno de los extremos y terminar en el otro.

NOTAS. La justificación del método es sencilla, cuando el equaltímetro esta ajustado $b_2 - b_1 = c_2 - c_1$; y $b_2 = L_1 - E_t$; $b_1 = L_1 - E_t/2$; $c_2 = L_3 - E_t/2$; $c_1 = L_2 - E_t$

Al hacer las sustituciones se llega a la fórmula, ya indicada.

La descripción del primer método pone de manifiesto que, si el equaltímetro se coloca a la misma distancia de los puntos cuyo desnivel se trata de encontrar, se eliminan todos los errores instrumentales, los de refracción y curvatura; pero, al observar de un extremo a otro, se deben tomar en cuenta esos errores.

El segundo método tiene la ventaja sobre el primero, de eliminar totalmente los errores de refracción, de curvatura y los instrumentales.

a' Brazo ajustable del
estuche del nivel

a'' Brazo no ajustable del
estuche del nivel

b Barra

d Directriz del nivel

e Eje vertical

L Tornillos niveladores

n Centro de la escala del
nivel

o Línea de colimación

p Plataforma

r Articulación de la rodilla

s Soportes de longitud fija

t Cabeza del tripié

1 Tubo del telescopio

2 Objetivo

3 Tornillo de enfoque del
objetivo

4 Ocular

5 Anillo de enfoque del
ocular

6 Tornillos de ajuste del
porta retícula

7 Nivel de burbuja

8 Estuche del nivel

9 Brazo no ajustable que
liga el estuche del nivel a la
barra

10 Brazo ajustable que liga
el estuche del nivel a la
barra

11 Tuercas de ajuste
vertical del brazo

12 Tuerca de presión del
brazo no ajustable

13 Tornillo fijador del
movimiento de la barra

14 Tornillo tangencial

15 Cruceta nivelante

16 Patas del tripié

17 Tuercas de presión de
las patas del tripié

18 Parasol

II.4.1 Condición, Revisión Y Ajuste.

1.1 Condición

El trazo horizontal de la retícula debe estar contenido en un plano perpendicular al eje vertical.

1.2 Revisión

- i. Marcar una X bien definida, con trazos finos pero visibles, en una pared y a una distancia de 50 a 60 cm; instalar con firmeza el equialtímetro (no es necesario que este calado).
- ii. Colocar el telescopio en la dirección de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos y bisectar el centro de la marca X con el cruce de los de los trazos de la retícula, moviendo los tornillos niveladores y el tangencial para afinar la coincidencia.
- iii. Moviendo el tornillo tangencial, hacer girar el telescopio lentamente para uno y otro lado. Si el trazo horizontal se mantiene bisectando la marca, la prueba es satisfactoria. Si el trazo horizontal de la retícula deja de coincidir con el centro de la marca X, se requiere ajuste.

1.3 Ajuste

- i. Aflojar los dos tornillos adyacentes del porta-retícula, del lado hacia donde se requiere hacerlo girar.
- ii. Hacer girar el porta retícula en el sentido conveniente, hasta lograr que el trazo horizontal se mantenga sobre el centro de la marca X, al girar el telescopio **alrededor del "eje vertical" con ayuda del tangencial, como se describió en la prueba.**
- iii. Apretar los tornillos con tacto suave, alternando el movimiento de uno y otro, hasta que el porta retícula quede fijo.
- iv. Repetir la prueba.
- v. Afinar el ajuste hasta que sea satisfactorio y finalmente apretar los tornillos sin forzar la presión.

2.1 Condición

La directriz del nivel debe mantenerse en un plano perpendicular al eje vertical.

2.2 Revisión

- i. Instalar firmemente el equialtímetro.
- ii. Poner el telescopio en dirección de dos tornillos niveladores diagonalmente opuestos.
- iii. Llevar la burbuja al centro
- iv. Poner el telescopio en la dirección de los otros dos tornillos niveladores
- v. Llevar la burbuja al centro, con precisión
- vi. **Girar la barra 180° alrededor del "eje vertical"**
- vii. Si se observa que la burbuja permanece en el centro, la prueba es satisfactoria. Si la burbuja esta fuera, es necesario el ajuste.

2.3 Ajuste

- i. Aflojar ligeramente la tuerca del soporte no ajustable. Generalmente es ajustable un solo soporte y el otro es de longitud fija. Cuando ambos soportes son ajustables, se debe tomar una decisión respecto a cuál será ajustado y cual no.
- ii. Corregir la mitad de la desviación de la burbuja, alargando o acortando el soporte ajustable por medio de las tuercas de ajuste y temple la presión de la tuerca que se había aflojado en el soporte fijo.
- iii. Por medio de los tornillos niveladores que están en la dirección del telescopio, llevar la burbuja el centro con precisión.
- iv. **Girar 90° la barra, para que el telescopio quede en la dirección de los otros dos tornillos niveladores.** Centrar la burbuja con precisión.
- v. **Girar la barra otros 90°, en el mismo sentido del giro anterior, para que el telescopio quede en la posición original,** al iniciar la prueba. Observar si la burbuja está centrada.
- vi. Si queda fuera de centro, se repite la revisión, pero ahora, con la barra en la dirección de los otros dos tornillos niveladores, como posición inicial.
- vii. Verificar si la burbuja se mantiene en el centro para cualquier posición de la barra, lo cual comprobará que esta satisfactoriamente ajustado.

3.1 Condición

La línea de colimación debe mantenerse en un plano perpendicular al eje vertical y por lo tanto, al girar alrededor de ese eje, esta línea y la directriz del nivel generan planos paralelos.

3.2 Revisión

- i. Clavar 3 estacas A, B y C, de modo que la C este a igual distancia de A y B y que la distancia entre estas sea de 80m a 100m. además, las alturas de A y B deben mantenerse invariable, durante la prueba y conviene poner sobre las estacas una marca.
- ii. Instalar y calar el equialtímetro en el punto central C.
- iii. Realizar las lecturas del estadal a_1 en A y b_1 en B.
- iv. Determinar el desnivel entre los dos puntos: $h = a_1 - b_1$.
- v. Trasladar el equialtímetro al punto más alto B (se supone que así es) y se instala de modo que el ocular del telescopio quede a 2 cm., aproximadamente, de un estadal colocado verticalmente sobre ese punto.
- vi. Obtener la lectura del estadal sobre B, viendo por el lado del objetivo con el ocular próximo al estadal y con ayuda de la punta afilada de un lápiz para precisarla. El valor de esta lectura es L_b .
- vii. Hacer después la lectura L_a , sobre el estadal puesto en A, observando en la forma ordinaria.
- viii. Si el instrumento esta ajustado, se debe satisfacer la siguiente igualdad:

$$L_a = L_b + h + c$$

en la que: $h = a_1 - b_1$: desnivel entre A y B.

L_a : lectura del estadal en A con el equialtímetro en B.

L_b : lectura del estadal en B con el equialtímetro en B.

$c = 0.000\ 000\ 07\ d^2$: error por curvatura y refracción, en m.

d = distancia entre A y B, en m.

Para $d = 100\text{m}$, $c = 0.7\ \text{mm}$.

3.3 Ajuste

- i. Proceder como se indica en las partes relativas de la cuarta verificación del equaltímetro tipo francés, pero se debe tomar en cuenta que este tipo de equaltímetros se puede modificar la longitud de los soportes, por lo que, para que la línea de colimación apunte a la lectura correcta, se debe mover la retícula hasta que el trazo horizontal coincida con las lecturas que se deben hacer.
- ii. Para mover la retícula, proceder como se indicó para el ajuste de la segunda verificación de los altímetros tipo americano.
- iii. Repetir la prueba hasta que el ajuste sea satisfactorio.

NOTA. Tomar en consideración lo indicado en la cuarta verificación de los equaltímetros de tipo francés y en el ajuste de la segunda verificación de los altímetros tipo americano.

II.5 Equialtímetro Tipo Suizo Alemán

Estos equialtímetros se originaron en Suiza y Alemania. El siguiente esquema representa los componentes principales de este aparato.

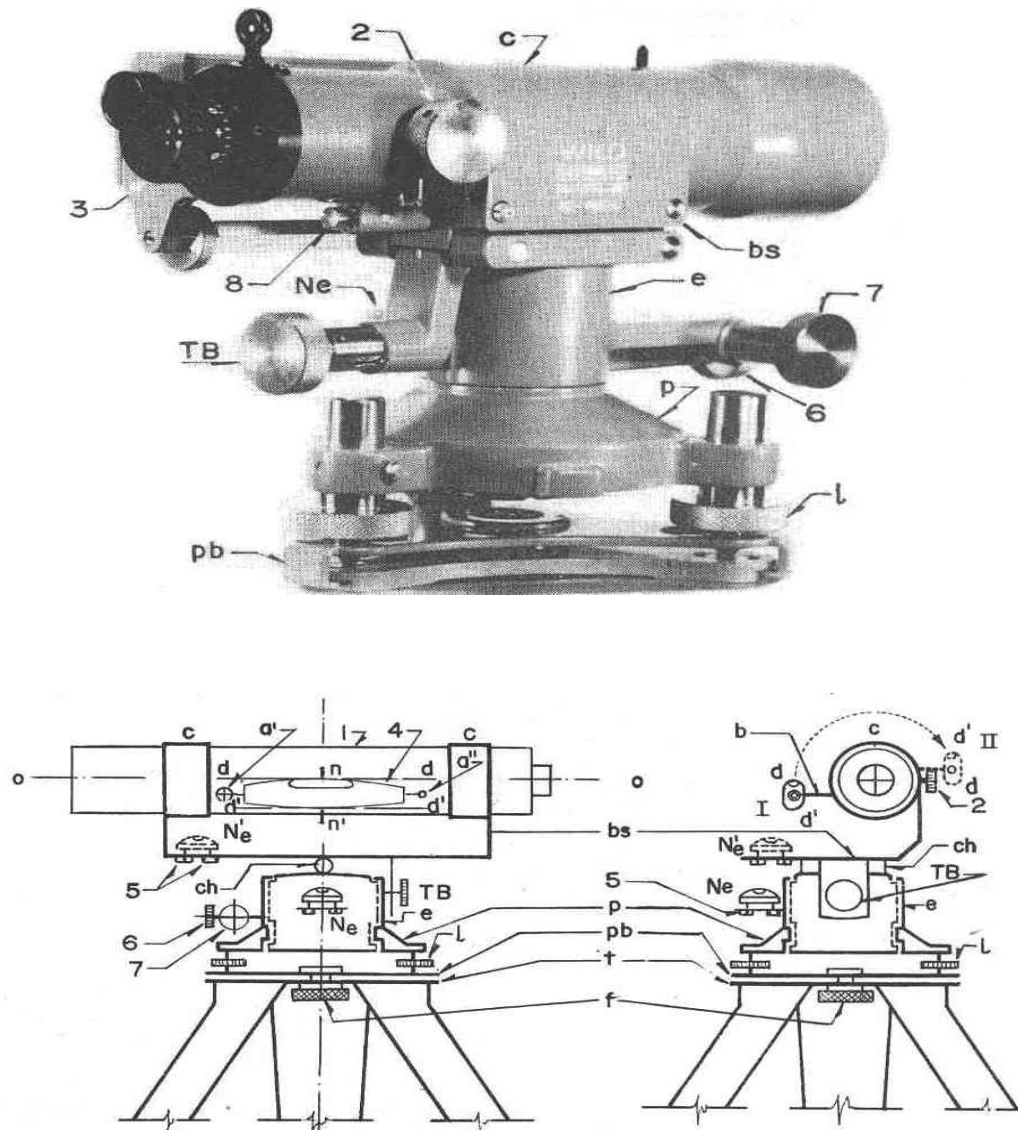


Figura 14. Equialtímetro Tipo Suizo-Alemán

a' Articulación del brazo ajustable del estuche del nivel tubular

a'' Articulación del brazo no ajustable del estuche del nivel tubular

bs Barra-soporte unida al telescopio

c Cojinetes para giro del telescopio (cuando es reversible)

ch Articulación de la barra soporte con el "eje vertical"

d Directriz del nivel

d' Directriz del nivel en posición revertida

e Eje vertical tubular

f Tornillo central para fijar el equialtímetro al tripié

L Tornillos niveladores

n Índice central definido por los prismas

n' El mismo índice en posición revertida

Ne Nivel esférico

N'e Posición alternativa para el nivel esférico

o Línea de colimación

p Plataforma

pb Placa de base

TB Tornillo basculante

t Cabeza del tripié

1 Telescopio´

2 Tornillo de enfoque del objetivo

3 Anillo de enfoque del ocular

4 Nivel tubular

5 Tornillos de ajuste del nivel esférico

6 Tornillo fijador del eje vertical

7 Tornillo tangencial

8 Pasador para el movimiento reversible

Se clasifican en dos subtipos:

- a) Con nivel NO REVERSIBLE: el telescopio esta fijo a la barra articulada al eje vertical y el nivel está ligado al telescopio con brazos ajustables.
- b) Con nivel REVERSIBLE: el telescopio puede girar alrededor de su propio eje colocado dentro de collarines cerrados que están fijos a la barra articulada al eje vertical. El nivel es de forma de doble toro y esta ligado al telescopio con brazos ajustables, de modo que puede girar junto con él, un ángulo de 180.

II.5.1 Condición, Revisión Y Ajuste

1.1 Condición

El nivel esférico, el plano directriz del nivel debe ser normal al eje vertical.

Plano directriz del nivel es el que contiene a todas las tangentes al casquete esférico en el punto central, o sea, el más alto.

1.2 Revisión

- i. Instalar bien el equialtímetro.
- ii. Colocar el telescopio en la dirección de uno de los tornillos niveladores (si son tres) o de dos opuestos diagonalmente (si son cuatro), según sea el caso.
- iii. Llevar al centro la burbuja del nivel esférico, con precisión.
- iv. **Hacer girar 180° al telescopio, alrededor del "eje vertical".**
- v. Si la burbuja permanece centrada, la prueba es satisfactoria. Si la desviación es mayor a 5mm., se necesita ajustar.
- vi. Conviene repetir la prueba con otra posición inicial del telescopio.

1.3 Ajuste

- i. Corregir la mitad de la desviación con los tornillos de ajuste de la posición del nivel esférico.
- ii. Colocar el telescopio en otra posición inicial, en dirección de otro de los tornillos niveladores.

- iii. Repetir la prueba y si el resultado no es satisfactorio, ajustar nuevamente como se indicó, es decir, corregir la mitad de la desviación de la burbuja con los tornillos de ajuste del nivel esférico.
- iv. Repetir el procedimiento las veces que sea necesario, alternando la posición inicial del telescopio en cada prueba.

NOTAS. Los tornillos niveladores deben girar sin juego y sin presión.

Se debe tener presente que la verticalidad que se obtiene para el eje vertical, por medio del nivel esférico, es aproximada. Por lo tanto, es innecesario conducir la prueba con demasiado refinamiento y basta lograr que la desviación de la burbuja no pase de 0.5 mm.

2.1 Condición

La línea de colimación y la directriz del nivel tubular deben poder estar contenidos, simultáneamente en sendos planos horizontales.

La posición de los prismas fija la del índice central que, a su vez, define la directriz del nivel. Es poco común que se necesiten mover los prismas y como ésta es una operación delicada, es preferible confiarla a personas especializadas cuando se llega a necesitar. Para la verificación del ajuste mencionado, se presentan dos casos:

2.2.a Revisión. Nivel No Reversible

- i. Proceder como se indicó en la cuarta revisión relativa a los equialtímetros del tipo francés.
- ii. Una vez efectuadas las observaciones necesarias para determinar las lecturas de estadal que se deben realizar cuando la visual sea horizontal, estando instalado el equialtímetro en uno de los puntos extremos, se dirige el telescopio hacia el estadal colocado en el otro punto y por medio del tornillo de basculamiento, se hace coincidir el trazo horizontal de la retícula con la lectura del estadal que se debe realizar con la mayor precisión, en estos casos la visual es horizontal.
- iii. Observar la posición de la burbuja en el nivel tubular. Si las imágenes de sus extremos, reflejadas en los prismas, coinciden, significan que la burbuja está centrada y la prueba es satisfactoria. Cuando no es así se debe proceder al ajuste.

2.3.a Ajuste

- i. Si la desviación de la burbuja es grande, corregir el error obligando a que coincidan las imágenes de los extremos de la burbuja, para lo cual, es necesario mover la posición del tubo del nivel por medio de los tornillos del ajuste vertical del brazo que liga el estuche del nivel al telescopio.

- ii. Si la desviación de la burbuja es pequeña, se corrige el error desplazando el índice de los prismas al centro de la burbuja, para lo cual, es necesario mover los prismas hasta que coincidan las imágenes de los extremos de la burbuja.

NOTAS. Cada vez que se practiquen las operaciones de ajuste moviendo los prismas o los tornillos del brazo, confirmar que la burbuja queda centrada cuando la visual es horizontal; si no se realiza así, repetir la prueba y afinar el ajuste.

Generalmente, las desviaciones grandes ocurren cuando, por torpeza, se han movido los tornillos de ajuste del brazo. En ocasiones, un maltrato, golpe o caída, puede producir este desajuste.

2.2.b Revisión: Nivel Reversible

Como se observa en las figuras (figura 14a), a las superficies opuestas corresponden a las tangentes niveladoras que, alternativamente, constituyen la directriz del nivel. Hay solamente una posición del índice central, determinada por dos prismas, para lo cual son paralelas ambas tangentes. Para todas las demás posiciones, las tangentes niveladoras son divergentes con inclinaciones iguales respecto al eje de simetría E-E.

- i. Colocar el nivel reversible apropiadamente.
- ii. Proceder como se indico para la 4ª revisión del altímetro tipo francés, empleando los métodos que mejor se ajusten.
- iii. Una vez efectuadas las observaciones necesarias para determinar la lectura de estadal que se debe hacer para que la visual sea horizontal y estando instalado el altímetro en uno de los puntos extremos, se dirige el telescopio hacia el estadal colocado en el otro punto y por medio del tornillo de basculamiento, se hace coincidir el trazo horizontal de la retícula con la lectura de estadal que se debe hacer, con la mayor precisión; en estas condiciones la visual es horizontal.
- iv. Observar la burbuja del nivel reversible. Si coinciden las imágenes de sus extremos, reflejadas en los prismas, la prueba es satisfactoria en la posición I pero debe verificarse para la otra posición.
- v. Colocar el nivel reversible en la posición II, para lo cual, con suavidad, hacer girar el **telescopio 180° alrededor de su propio eje hasta el final del movimiento.**
- vi. El telescopio estará dirigido, como antes, hacia el estadal colocado en el otro punto. Afinar la posición del trazo horizontal de la retícula por medio del tornillo de basculamiento, sobre la lectura de estadal que se debe hacer para que la visual sea horizontal.
- vii. Observar la burbuja del nivel reversible. Si coinciden las imágenes de sus extremos, reflejadas en los prismas, la prueba es satisfactoria en la posición II.

viii. Si en las dos posiciones de la prueba, ha quedado la burbuja en el centro, el resultado es completamente satisfactorio; pero si en alguna de las posiciones; o en ambas, la burbuja queda fuera del centro, se necesita ajustar.

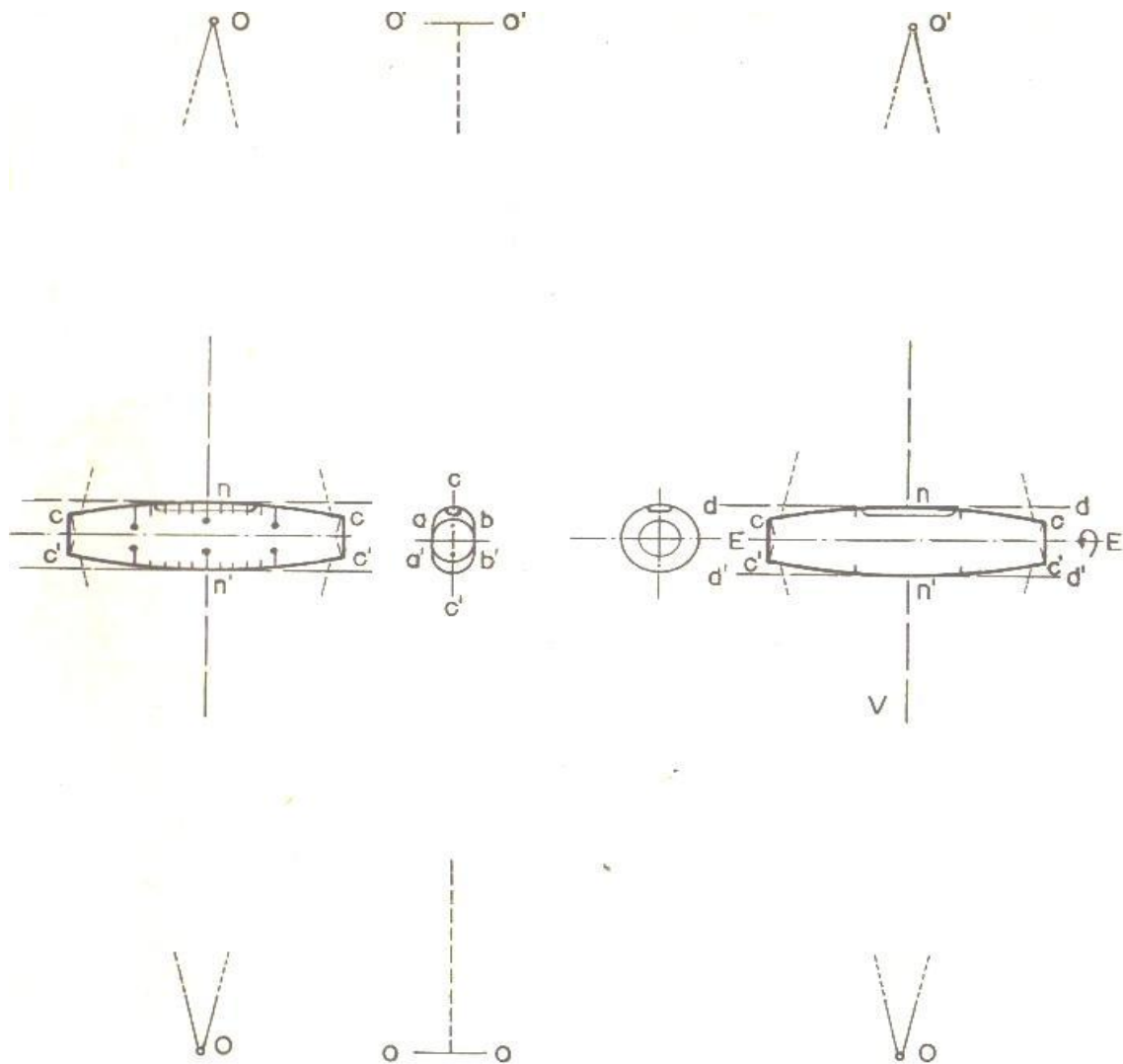


Figura 14a

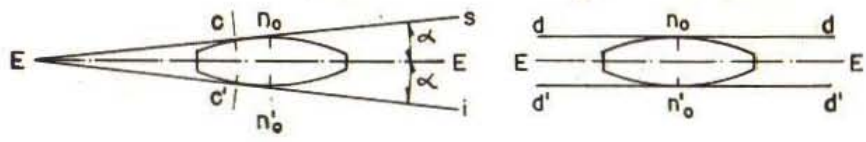
2.3.b Ajuste

Cuando en una posición queda centrada la burbuja y en la otra no, esto indica que las tangentes niveladoras no son paralelas; cuando en las dos posiciones queda la burbuja fuera del centro, las tangentes niveladoras pueden ser paralelas o no. Si el equialtímetro está instalado en uno de los puntos, tal como quedo al finalizar la verificación anterior, para ajustarlo se deben efectuar las siguientes operaciones.

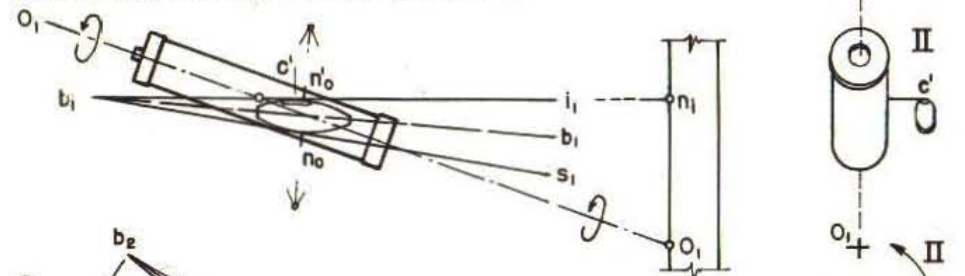
1ª. Operación.

Hacer que la línea de colimación y la bisectriz del ángulo m que forman las dos tangentes niveladoras, estén contenidas simultáneamente, en planos horizontales. (observar figura 14b)

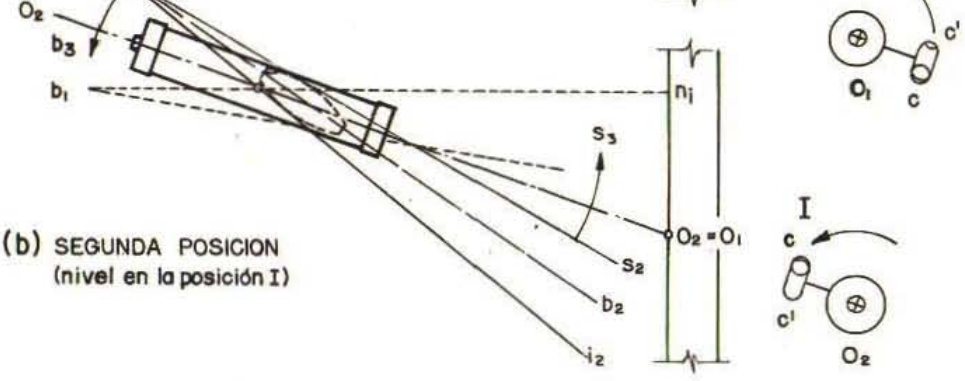
- i. Poner el nivel reversible en la posición II.
- ii. Apuntar el telescopio al estadal colocado en el otro punto.
- iii. Afinar la posición de la burbuja en el centro del nivel esférico.
- iv. Llevar la burbuja del nivel reversible al centro, por medio del tornillo de basculamiento.
- v. Hacer la lectura O_1 sobre el estadal como se muestra en la figura y anotarla.
- vi. **Hacer girar suavemente el telescopio 180° sobre su propio eje para que el nivel reversible regrese a la posición I.** como se ha supuesto que esta desajustado, la burbuja queda fuera del centro, o sea que las imágenes de los extremos de la burbuja, reflejadas en los prismas, no coinciden.
- vii. Centrar la burbuja del nivel reversible por medio del tornillo de basculamiento
- viii. Hacer la lectura O_3 sobre el estadal, ver la figura, y anotarla.
- ix. Promediar las dos lecturas de estadal O_1 y O_3 y obtener el valor de la lectura $O_4 = (O_1 + O_3) / 2$.
- x. Hacer coincidir el trazo horizontal de la retícula con la lectura O_4 , utilizando el tornillo de basculamiento.
- xi. Obligar a la burbuja del nivel reversible a volver al centro, moviendo los tornillos del ajuste vertical, en unos de los brazos que lo ligan al telescopio
- xii. **Girar el telescopio 180° alrededor de su propio eje para que el nivel reversible vuelva a estar en la posición II.** Si queda centrada la burbuja, el ajuste está terminado en lo que se refiere a la 1ª. Operación. Si no es así, repetir la operación hasta que la burbuja quede centrada satisfactoriamente en ambas posiciones.



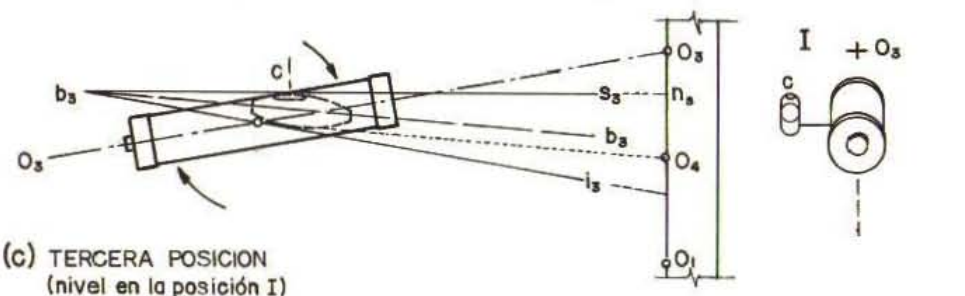
(a) POSICION ORIGINAL (nivel en la posición II)



(b) SEGUNDA POSICION (nivel en la posición I)



(c) TERCERA POSICION (nivel en la posición I)



(d) POSICION DE AJUSTE (nivel en la posición I)

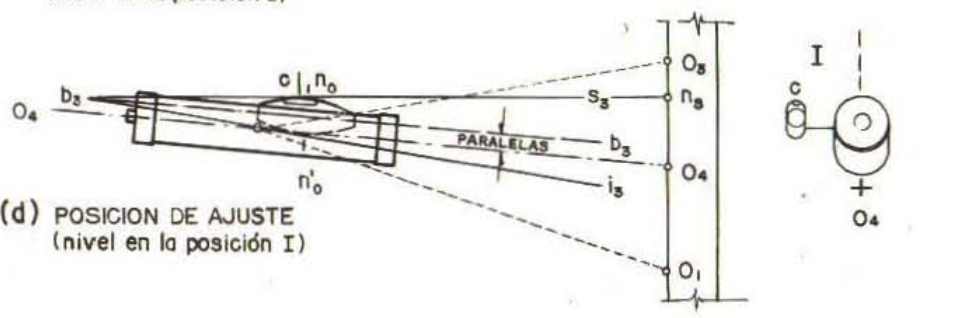


Figura 14b.

2ª. Operación.

Hacer que las tangentes niveladoras sean paralelas entre sí y estén contenidas en planos horizontales cuando la línea de colimación esta horizontal.

- i. Mantener el alfiler instalado en el mismo punto, tal como quedo después de la primera operación.
- ii. Poner el nivel reversible en la posición I.
- iii. Retirar la tapa de la caja de protección del nivel reversible que también contiene a los prismas.
- iv. Aflojar los tornillos que fijan la posición de los prismas, los cuales se desplazan en la posición paralela al eje de simetría E-E.
- v. Dirigir el telescopio hacia el estadal colocado en el otro punto.
- vi. Afinar la posición de la burbuja del nivel esférico en el centro.
- vii. Hacer que el trazo horizontal de la retícula coincida con la lectura del estadal que se debe hacer para que la visual sea horizontal.
- viii. Con suma delicadeza, desplazar los prismas hasta lograr que coincidan las imágenes de los extremos de la burbuja; con lo cual el índice de los prismas quedará en el centro de la posición que en ese momento tiene la burbuja y por lo tanto, la tangente niveladora, en la posición I, será horizontal.
- ix. Apretar con suavidad los tornillos que fijan la posición de los prismas.
- x. Poner el nivel reversible en la posición II.
- xi. Afinar la coincidencia del trazo horizontal de la retícula sobre la lectura de estadal que se debe hacer para que sea horizontal la visual.
- xii. Observar si coinciden las imágenes de los extremos de la burbuja, reflejadas en los prismas, si es así, está terminado el ajuste. En el caso contrario, repetir la operación hasta que sea satisfactorio el ajuste. La burbuja debe quedar centrada en ambas posiciones cuando la línea de colimación, o se la visual, esta horizontal.

NOTAS.

Al terminar satisfactoriamente el ajuste, se deber volver a colocar la tapa de la caja de protección del nivel reversible y prismas, sin forzar ni hacer demasiada presión sobre el equialtímetro.

Cuando se emplea el nivel reversible, debe operarse con tacto muy delicado al cambiar sus posiciones.

Se designa como posición I, la que tiene el nivel reversible respecto del telescopio, cuando se guarda el equialtímetro en su caja. A la otra posición se le designa II.

Para verificar los ajustes, es recomendable emplear una superficie vertical fija en vez de un estadal y se sustituyen las lecturas por puntos.

3.1 Condición

La directriz del nivel, y la línea de colimación deben ser paralelas y por lo tanto, coplanares.

Verificados los ajustes anteriores, cuando la burbuja del nivel tubular está centrada, la directriz del nivel y la línea de colimación son horizontales, pero puede ocurrir que los planos verticales que las contienen, respectivamente, no sean paralelos entre sí, y por lo tanto, no son paralelas las dos líneas mencionadas, dando lugar a los que se llama "ERROR DE CRUZAMIENTO". Cuando existe este error, deber ser corregido. Se presentan dos casos.

3.2.a Revisión. Nivel No Reversible

- i. Instalar el altímetro en un punto que este a unos 40 o 50 m de distancia de una superficie vertical.
- ii. Dirigir el telescopio hacia la superficie vertical, pero de modo que uno de los tornillos niveladores quede colocado precisamente debajo del eje del telescopio.
- iii. Calar cuidadosamente el equialtímetro.
- iv. Marcar dos puntos sobre la superficie vertical, al mismo nivel de la línea de colimación y separados unos seis centímetros, uno del otro.
- v. Trazar una raya fina apoyada en esos dos puntos.
- vi. Dirigir la **visual a un punto de la raya cercano, el extremo y fijar el movimiento del "eje vertical" apretando el tornillo correspondiente.**
- vii. Dar media vuelta a uno de los tornillos niveladores que no esté verticalmente debajo del telescopio, con lo cual, la línea de colimación de inclinara y dejara de apuntar a la raya.
- viii. Hacer girar en sentido contrario el otro tornillo nivelador, que tampoco esta verticalmente debajo del telescopio, hasta conseguir que la línea de colimación vuelva a estar apuntando a la raya.
- ix. Si la burbuja permanece centrada, es prueba de que la directriz del nivel se ha mantenido **horizontal a pesar de que el "eje vertical" del equialtímetro este inclinado, y como la línea de colimación, por los movimientos efectuados, se reintegro la posición horizontal, resulta que ambas líneas son paralelas y por lo tanto coplanares.** Así pues, la prueba es satisfactoria. Si la burbuja queda fuera de centro, se necesita ajustar.

3.3.a Ajuste

- i. Corregir la totalidad de la desviación hasta que la burbuja vuelva a quedar centrada, por medio de los tornillos de ajuste horizontal, que están en el brazo que liga al estuche del nivel con el telescopio.
- ii. Repetir la operación hasta conseguir que la burbuja permanezca centrada al verificar la prueba.

3.2.b Revision. Nivel Reversible.

- i. Instalar y calar el equialtímetro en cualquier punto.
- ii. **Fijar el movimiento del "eje vertical", apretando el tornillo correspondiente.**
- iii. Afinar la horizontalidad de la línea de colimación, por medio del tornillo de basculamiento, hasta lograr que coincidan las imágenes de los extremos de la burbuja del nivel reversible, reflejadas en los prismas.
- iv. Soltar el pasador que fija el movimiento de reversión, con tacto suave.
- v. **Girar el telescopio alrededor de su propio eje, un ángulo de 20° a 30°.**
- vi. Observar la burbuja del nivel reversible. Si permanece en el centro es prueba de que la directriz del nivel y la línea de colimación siguen siendo horizontales y por lo tanto son paralelas y desde luego, coplanares. Así pues, la prueba es satisfactoria. En caso de que la burbuja salga del centro, es que ha perdido horizontalidad y por lo tanto se necesita ajustar.}

3.3.b Ajuste

- i. Corregir la totalidad de la desviación de la burbuja, por medio de los tornillos del ajuste horizontal, que están en el brazo que liga el estuche del nivel al telescopio.
- ii. Repetir la operación hasta conseguir que la burbuja permanezca centrada al verificar la prueba.

NOTAS (para ambos casos).

Con relación a los incisos xi de la verificación del caso de nivel no reversible y ii de la del caso nivel reversible, tomar en cuenta que algunos equialtímetros de este tipo no tienen tornillo que fije el movimiento del "eje vertical" y solo tienen tangencial.

No mover los tornillos de ajuste hasta comprobar, con seguridad, que es necesario hacerlo.

El método empleado para el caso del nivel no reversible, se puede utilizar también para los equialtímetros con nivel reversible.

Todos los movimientos deben efectuarse con sumo tacto. Si el operador no tiene suficiente experiencia y control nervioso, es preferible que no se haga cargo del ajuste. Esto es aplicable para todos los ajustes en este tipo de equialtímetros.

Recomendaciones y notas adicionales.

No se debe tomar el equialtímetro por el nivel i por la caja de prismas, porque puede desajustarse.

No forzar los tornillos de ajuste a acción contraria.

Los tornillos niveladores deben tener un movimiento suave, pero sin juego. Para templarlos se usan los tornillos laterales con cabeza perforada (de cabrestante), que se regulan con una palanquita de ajuste.

Detrás de los tornillos de coincidencia (tangenciales) horizontal y vertical (basculamiento), se encuentran anillos de ajuste que raras veces es necesario accionar.

Estos equialtímetros se fijan sobre el tripié por medio de un tornillo y tuerca central, en vez de tener cabezal con rosca y plataforma con cuerda inversamente.

Las retículas de estos equialtímetros tienen, generalmente, dos trazos cortos horizontales, a igual distancia arriba y abajo del trazo horizontal de la cruz reticular, que se utilizan para medir distancias. La constante diastinométrica es generalmente 100 y la constante aditiva, 0.

Algunos equialtímetros están equipados con limbo horizontal para medir ángulos horizontales.

II.6 Otros Equialtimetros Importantes

II.6.1 Equialtimetro Dumpy

La característica general de éste es que el anteojo es solidario con el resto del aparato. Está construido de tal forma que el eje óptico es perpendicular al eje vertical del aparato. Este equialtímetro es más sencillo y práctico, debido a que tiene menos partes sujetas al desgaste y existe menos número de correcciones que hacerle.

II.6.2 Equialtímetros Inclinables De Nivelación Rápida.

La mayoría de los equialtímetros corresponde a esta categoría. Este instrumento se nivela rápida y aproximadamente utilizando los tornillos del tripié o una articulación esférica grande. Cada vez que se nivela el telescopio utilizando un tornillo que actúa sobre el eje interior.

II.6.3 Equialtimetro Automático

El principio que manejan estos equialtímetros, consta de un prisma compuesto suspendido en fajas de metal delgado pero muy resistentes, dentro del telescopio entre las lentes para enfocar y la retícula.

La nivelación preliminar rápida del aparato se realiza de manera semejante a la del equialtímetro inclinable, y el péndulo de prisma corregirá la línea de colimación poniéndola horizontal desde una inclinación máxima de 1 a 20. Lleva hilos de estadia y un prisma taquimétrico de imagen doble

II.6.4 Equialtímetro Láser

Estos generan rayos de luz laser que reemplazan las visuales de los anteojos o mediante prismas con motor crean planos horizontales con el haz de luz que permiten determinar diferencias de nivel (rotativo o de plano).

III. TEODOLITO

Teodolito es una palabra formada por los vocablos griegos Theao, que significa mirar y Hodos que quiere decir camino. La etimología no corresponde totalmente al objeto, ya que un teodolito es un instrumento para medir ángulos.

El Teodolito es tal vez el más universal de los instrumentos topográficos. Generalmente se emplea como goniómetro para el establecimiento de ángulos verticales y horizontales, también se emplea para determinar distancias horizontales y verticales utilizando estadia, hasta la máxima precisión de las triangulaciones geodésicas de primer orden.

El teodolito dispone de dos movimientos alrededor del eje principal: *el movimiento del aparato*, con giro del limbo acimutal solidario a él, y el *particular de la alidada acimutal*, con desplazamiento relativo respecto al limbo, marcando una lectura distinta en cada posición de aquella.

El teodolito, está compuesto por la base nivelante, la alidada y el anteojo. La base nivelante donde están los tres tornillos nivelantes, se encuentra sobre la meseta de un trípode.

En los teodolitos sencillos de tipo antiguo, el círculo horizontal es solidario con este conjunto base, en los instrumentos modernos, este círculo puede desplazarse por medio de un botón o por cualquier otro medio.

La alidada, que es una montura en forma de Y, puede girar por su eje vertical (eje de rotación) y sostiene en sus extremos al eje horizontal, al cual van fijados el anteojo y el círculo vertical.

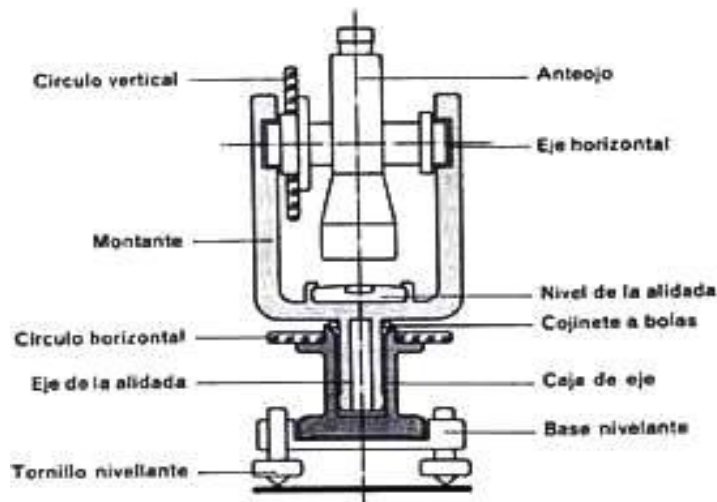


Figura 15. Teodolito

Si el aparato dispone de tornillo de movimiento lento (particular) en el movimiento general, puede colimarse un punto con una lectura cualquiera prefijada.

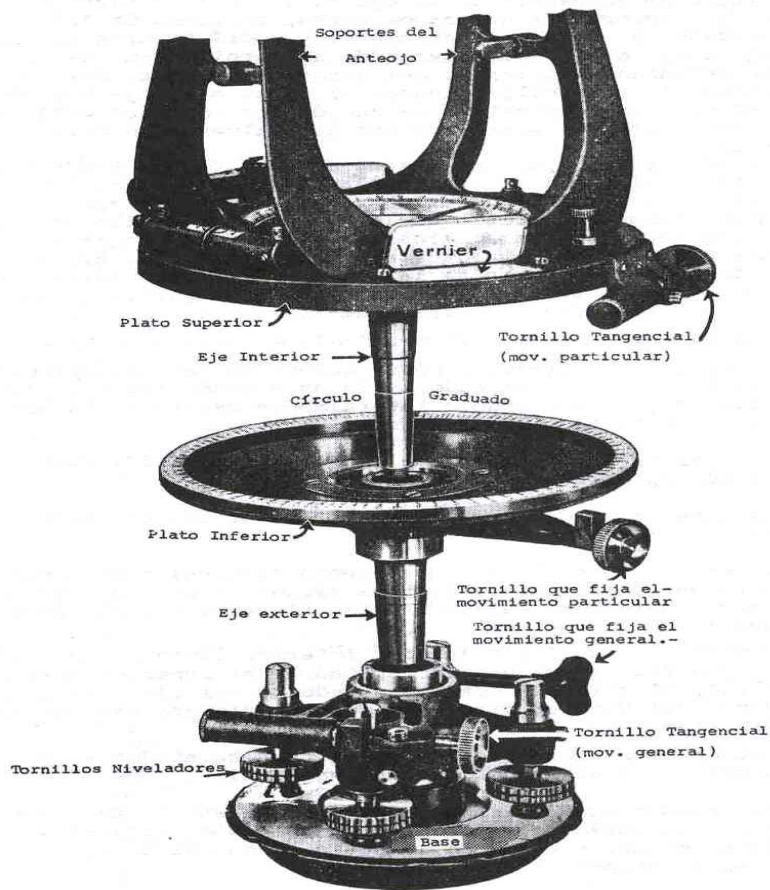


Figura 16. Representación esquemática de un teodolito. Imagen superior: Gráficos de la disposición de los círculos vertical y horizontal

A los teodolitos que disponen de dicho tornillo de movimiento lento se les llama *repetidores*.

Los que solo disponen de tornillo de presión en el movimiento general se les conoce con el nombre de *reiteradores*.

El tercer movimiento del teodolito o movimiento del *eclímetro* es el basculamiento del anteojo alrededor del eje secundario.

El teodolito tiene 3 ejes principales y 2 ejes secundarios.

EJES PRINCIPALES

- a) Eje Vertical de Rotación Instrumental s - s
- b) Eje Horizontal de Rotación del Anteojo K - K
- c) Eje Óptico Z - Z (EO)

El eje Vertical de Rotación Instrumental es el eje que sigue la trayectoria del Cenit-Nadir, también conocido como la línea de la plomada y que marca la vertical del lugar.

El eje óptico, es el eje donde se enfoca a los puntos. El eje principal es el eje donde se miden ángulos horizontales. El eje que sigue la trayectoria de la línea visual debe ser perpendicular al eje secundario y éste debe ser perpendicular al eje vertical. Los discos son fijos y la alidada es la parte móvil. El declímetro también es el disco vertical.

El eje Horizontal de Rotación del Anteojo o eje de muñones es el eje secundario del teodolito, en el se mueve el visor. En el eje de muñones hay que medir cuando se utilizan métodos directos, como una cinta de medir y así obtener la distancia geométrica. Si se mide la altura del jalón se obtendrá la distancia geométrica elevada y si se mide directamente al suelo se obtendrá la distancia geométrica semielevada; las dos se miden a partir del eje de muñones del teodolito.

El plano de colimación es un plano vertical que pasa por el eje de colimación que está en el centro del visor del aparato; se genera al girar el objetivo.

EJES SECUNDARIOS

- a) Línea de índice
- b) Línea de fe

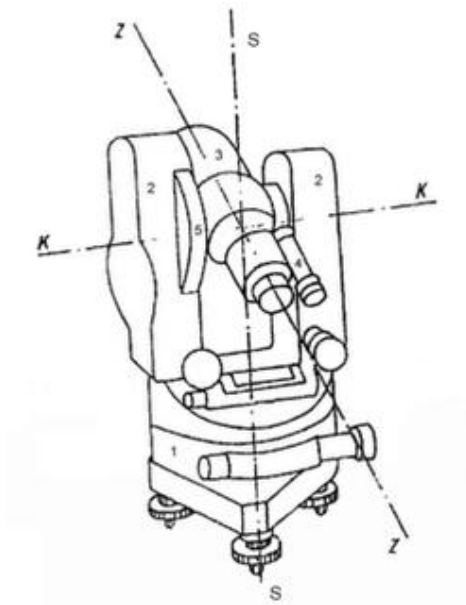


Figura 17. Ejes de un Teodolito

TEODOLITO

ESQUEMA ELEMENTAL DE UN TEODOLITO

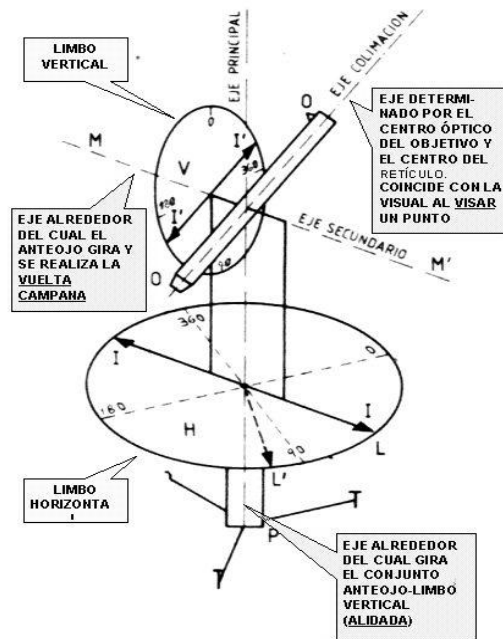


Figura 18. Esquema Elemental de un Teodolito

III.1 Tipos

III.1.1 Teodolitos De Precisión

Estos teodolitos difieren de los tránsitos en su apariencia general y en su diseño.

a) TEODOLITOS DE PRECISIÓN REPETIDORES.

Los teodolitos repetidores están equipados con un mecanismo doble de eje acimutal o con un tornillo fijador de repetición. Este diseño permite repetir los ángulos cualquier número de veces y acumularlos en el círculo del instrumento. En cada uno de estos teodolitos se lee directamente al **minuto más próximo, con estimación posible a 0.1'.** Este tipo de teodolitos tienen **plomada óptica y sensibilidad del nivel de la alidada de 30" por división de 2mm.**

b) TEODOLITOS DE PRECISION DIRECCIONALES.

Este teodolito es un tipo de instrumento no repetidor que no tiene doble movimiento horizontal. **Con este equipo se leen "direcciones" más que ángulos.** Después de que se ha dirigido una visual a un punto, se lee en el círculo la dirección de la línea al punto. Una nueva observación hecha al punto siguiente dará una nueva dirección, de manera que puede calcularse el ángulo comprendido entre las líneas restando la primera dirección de la segunda.

Los teodolitos direccionales tienen mecanismo sencillo de eje acimutal y por lo tanto no pueden medir ángulos por el método de repetición. Sin embargo tienen un *dispositivo orientador del círculo* para efectuar un ajuste aproximado del círculo horizontal en cualquier posición deseada.

En todos los teodolitos de precisión direccionales, cada lectura representa la *media o promedio* de los lados diametralmente opuestos del círculo, que resulta posible porque el operador ve simultáneamente ambos lados del círculo a través del sistema óptico interno. Este procedimiento de lectura, equivale a promediar las lecturas de los vernieres de un tránsito, compensa automáticamente la lectura por errores de excentricidad.

Cuenta con un micrómetro, y puede leerse directamente a 1", con estimación posible a la 0.1" más próximo. Tiene anteojo con potencia de 30 diámetros de burbuja en la alidada con sensibilidad de 20" por división de 2mm.

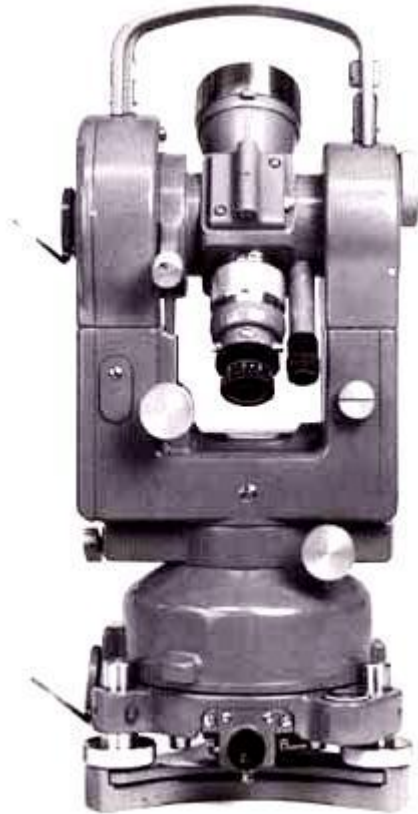


Figura 19. Teodolito de Precisión

III.1.2 Teodolitos Ópticos

Estos Teodolitos se dividen en:

- a) TEODOLITOS DE SEGUNDO, CON MICROMETRO OPTICO DE COINCIDENCIA POR PLACA PLANOPARALELA.

Corresponden todos a las características de lectura de dos puntos diametralmente opuestos del limbo. Disponen asimismo de micrómetro óptico de placa planoparalela, con la última graduación en el segundo sexagesimal o centesimal. Suponen la máxima precisión necesaria y adecuada en trabajos topográficos.

Son utilizados en triangulaciones topográficas de cualquier orden, medida de bases con estadia, con mira invar y poligonaciones de alta precisión.

b) TEODOLITOS DE MINUTO CON MICROMETRO ÓPTICO DE ESTIMA POR ESCALAS.

Se trata del modelo más específicamente topográfico, capaz de cubrir eficientemente y con versatilidad la gran mayoría de las aplicaciones usuales.

Se utiliza en triangulaciones, poligonaciones, taquimetría, toma de puntos de relleno, demarcaciones y deslindes, planos de población, trazado de vías de comunicación, replanteos, perfiles, trabajos catastrales, etc.

Generalmente se toma lectura en un punto del limbo y con micrómetro de estima con apreciación del minuto.

c) TEODOLITOS DE MINUTO O FRACCIÓN CON MICRÓMETRO ÓPTICO POR PLACA PLANOPARALELA.

Su empleo es más lento por la necesidad de centrar el micrómetro en cada colimación.

d) TEODOLITOS DE MENOR PRECISIÓN Y TIPOS DIVERSOS

Comprende a todos los teodolitos de pequeña precisión para puntos de relleno, alineaciones, construcción, obras públicas, etc.

III.1.3 Teodolitos Geodésicos Y Astro geodésicos

Estos son aparatos muy pesados (más de 50Kg) de complicada óptica con anteojos de más de 45 aumentos, y lecturas directas de por lo menos 0".5.

III.1.4 Teodolitos Electrónicos

Son aquellos que han constituido su limbo óptico por un sistema electrónico angular.

Es la versión del teodolito óptico, con la incorporación de electrónica para hacer las lecturas del círculo vertical y horizontal, desplegando los ángulos en una pantalla eliminando errores de apreciación, es más simple en su uso, y por requerir menos piezas es más simple su fabricación y en algunos casos su calibración.

Este tipo de teodolitos operan en igual forma que los teodolitos de micrómetro óptico. Su diferencia fundamental consiste en el dispositivo electrónico que permite leer a elección ángulos horizontales y verticales en una pantalla (display) en forma digital, haciendo en ceros la visual de origen.

Las revisiones y ajustes de las condiciones geométricas se hacen en forma similar a los tránsitos de nonio. Los ajustes de línea de colimación, verticalidad del hilo o marca de la retícula y de eje de

alturas varia de un fabricante a otro por la disposición de partes y construcción de los aparatos. La mayor parte de las piezas que integran un teodolito de este tipo vienen cubiertas y es difícil que sufran desarreglos serios.

III.2 Condiciones Geométricas

Un teodolito debe trabajar fácil y suavemente y satisfacer los requisitos siguientes:

- a) Los únicos movimientos de una parte con relación a las demás, deben ser circulares, sin juego, oscilación, y sus partes no deben estar flojas.
- b) El eje horizontal debe estar en ángulo recto con el eje óptico del telescopio y con el círculo vertical, mientras que las placas horizontales deben ser perpendiculares al eje vertical.
- c) Cuando las placas horizontales estén en un plano horizontal, el eje horizontal debe también estar en la misma posición.
- d) Los centros geométricos del círculo vertical y el eje horizontal deben coincidir, así como los centros geométricos de los ejes de las placas horizontales y el eje vertical del instrumento.
- e) Los vernieres de los teodolitos deben quedar diametralmente opuestos entre sí.
- f) El grado de precisión que se pueda obtener con una parte del instrumento no debe ser mayor que el que se pueda obtener con cualquier otra, a menos que haya una razón buena y suficiente para que exista esa diferencia.

Además existen varios requisitos que puede establecer el Ingeniero topógrafo en campo:

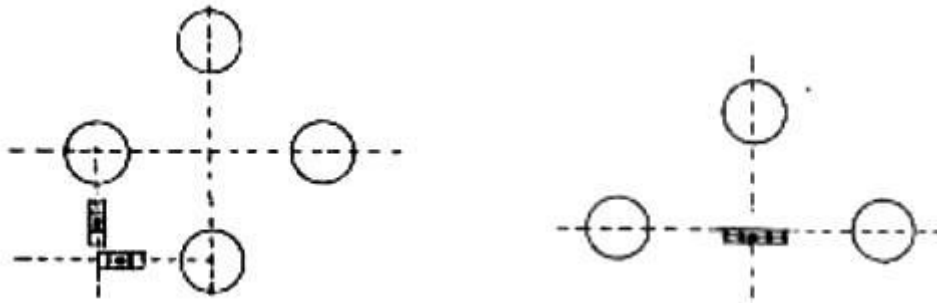
- a) El eje óptico del telescopio debe coincidir con la línea de colimación, que a su vez debe ser paralela al eje del nivel de burbuja del telescopio y perpendicular al eje horizontal.
- b) Cuando la línea de colimación es horizontal, la lectura del círculo vertical debe ser cero y la burbuja del nivel del brazo del índice debe quedar centrada.
- c) Cuando el eje vertical está en posición vertical, las burbujas de los niveles de la placa superior deben estar centradas.
- d) El eje vertical y el eje horizontal deben ser perpendiculares entre sí.

III.3 Revisión Y Ajuste

Las revisiones y ajustes deben realizarse en el orden que a continuación se presentan para evitar que una revisión modifique a otra ya efectuada.

1) El nivel o niveles del limbo

Puede haber aparatos que cuentan con 4 tornillos niveladores y 2 niveles tubulares opuestos perpendicularmente. También hay los que poseen 3 tornillos niveladores y 1 nivel tubular.



Para revisar y ajustar los aparatos del primer caso se deben colocar los niveles tubulares paralelos a cada pareja de tornillos niveladores, girando los tornillos en el mismo sentido 2 a 2. Llevar ambas burbujas al centro. Una vez hecho esto hay que girar el telescopio hasta colocar los niveles en una **posición opuesta 180° con respecto a la anterior posición. Si la burbuja permanece centrada, no se** requerirá de corrección alguna, pero si se desplaza del centro, será necesario ajustar los niveles.

Si un solo nivel es el que aparece desplazada, es necesario revisar con el otro nivel si la burbuja **permanece en el centro en las posiciones de 90° y 270°.** De ser así, es necesario llevar la otra burbuja al centro por medio de los tornillos de calavera, apretando uno y simultáneamente aflojando el opuesto, a fin de subir o bajar el tubo hasta que la burbuja se encuentre en el centro.

Si los dos niveles presentan problemas, es recomendable ajustar primero uno y después el otro de la siguiente manera: en la segunda posición, donde se detectó el desplazamiento de error, llevar mediante los tornillos niveladores las burbujas al centro y regresar a la posición inicial. Se observará la burbuja con un desplazamiento equivalente al doble del error en ambos niveles aunque con diferente magnitud.

Como el desplazamiento es igual a $2e$, hay que recorrer la mitad por medio de los tornillos niveladores y la mitad restante, que es el verdadero desplazamiento, con los tornillos de calavera, hasta que la burbuja quede en su posición correcta. Hay que tomar en cuenta que la burbuja se desplazara en sentido contrario si se abate el tubo y en el mismo sentido si se levanta.

Realizar la misma operación con el otro nivel y repetir todo el procedimiento si es necesario. En ocasiones conviene revisar en todas las posiciones un solo nivel, ajustarlo de acuerdo con los pasos anteriores y finalmente se recomienda ajustar el otro utilizando únicamente los tornillos de calavera del nivel tubular

En el caso de los teodolitos que poseen un solo nivel tubular y tres tornillos niveladores, se procede de la siguiente manera: se coloca el nivel en forma paralela a dos tornillos niveladores. Girando ambos en el mismo sentido, ya sea hacia adentro o hacia afuera, llevar la burbuja al centro. Hecho esto, colocar el nivel perpendicular a los dos tornillos niveladores utilizados y con el tercer tornillo, llevar la burbuja al centro, repetir las dos posiciones anteriores hasta que la burbuja permanezca en **el centro en ambas posiciones, es decir, en 0° y 90°**. Posteriormente colocar el nivel a 180° de la primera posición. Si el nivel es correcto, la burbuja estará en el centro. De no ser así, hay que centrarla en esta última posición y regresar al punto inicial para corregir como en los casos anteriores la mitad del desplazamiento de la burbuja por medio de los tornillos niveladores y la mitad restante, por los tornillos de calavera del tubo. Repetir la operación hasta que la burbuja permanezca centrada en cualquier posición del nivel.

Los aparatos provistos de plomada óptica, regularmente poseen 3 tornillos niveladores, un nivel tubular del limbo y un nivel circular de la base niveladora.

El nivel tubular se revisa y ajusta de la manera antes descrita.

El nivel circular puede ser ajustado mediante los tornillos de calavera que tiene a su alrededor, una vez que el nivel tubular se encuentre revisado y ajustado y la burbuja permanezca en el centro. También puede ajustarse por separado, pero esto es impráctico. Sin embargo, si fuese necesario, se hace de la siguiente forma: llevar la burbuja al centro por medio de los tornillos niveladores, **cambiar el nivel circular de posición en 180° y verificar que** está en el centro. De no ser así, hay que colocar la burbuja al centro y regresar a la posición inicial, corregir la mitad del error por medio de los tornillos niveladores y la otra mitad con los tornillos de calavera, como ya se ha mencionado y repetir la operación cuantas veces sea necesario. Algunos niveles circulares vienen cubiertos con una tapa protectora; por lo tanto, para corregirlos será necesario retirarla consultando el manual correspondiente.

2) Hilos de la retícula

El hilo vertical y el hilo horizontal de la retícula deben ser perpendiculares entre si y perpendiculares al eje de alturas y al eje acimutal respectivamente.

Algunos aparatos antiguos poseen hilos independientes. Los aparatos modernos en lugar de hilos poseen marcas grabadas sobre cristal; en estos casos solo es recomendable hacer la revisión y ajustarse.

En el caso de aparatos que tienen hilos de retícula, es prácticamente obligatorio realizar la revisión y ajuste, procediendo de la siguiente manera:

El hilo vertical puede revisarse viendo a través del telescopio, una plomada pendiente de un hilo y haciendo coincidir el hilo vertical con el hilo de la plomada. Se hace la corrección mediante los tornillos de calavera de la retícula cualquier desviación que presente, se aflojan los tornillos opuestos para colocar la retícula en su sitio.

Cuando se trata de aparatos con marcas grabadas sobre cristal, la marca horizontal automáticamente quedara corregida, pero si se trata de otro tipo de dispositivo, se revisara visando un punto fijo sobre un muro, haciendo coincidir el punto con uno de los extremos del hilo horizontal. A continuación se recorre con el tornillo el movimiento lento o tangencial del movimiento horizontal (ya sea el movimiento particular o del movimiento general). Si al final del recorrido el punto permanece en coincidencia con el hilo horizontal, el aparato se encuentra correcto en este requisito geométrico, de no ser así, se recorre el hilo o marca horizontal hasta quedar alineado con el punto fijo mediante los tornillos de calavera de la retícula.

3) Línea de colimación

La línea debe ser perpendicular a los ejes de alturas y acimutal. La línea de colimación es una línea imaginaria que cruza por la intersección de los hilos de la retícula y que debe coincidir con el eje óptico, de no ser así, es necesario realizar su corrección: hay que buscar un terreno plano y colocar el aparato en un punto cualquiera, nivelarlo perfectamente bien y a continuación colocar a una distancia de 50 u 80 metros una ficha que defina un punto A. Hacer la visual en tal punto hasta que el cruce con los hilos de la retícula se ubique en la parte más baja de la ficha, por medio de los tornillos tangenciales del movimiento vertical y horizontal. Realizado esto ya se tiene definida la línea.

Posteriormente se soltara el tornillo de sujeción del movimiento vertical y se invertirá el telescopio en dirección contraria a la línea en una visual definida. A una distancia precisamente igual a la anteriormente definida, alinear una segunda ficha que nos defina un punto B. en este caso, con ayuda de alguien es necesario mover la ficha hasta que quede precisamente en el cruce de los hilos de la retícula sobre la prolongación de la línea A.

Realizado esto se suelta el movimiento horizontal y con el telescopio en posición invertida se visa nuevamente el punto A, localizando la ficha con la cruz filar. Fijo el movimiento horizontal, se suelta nuevamente el movimiento vertical y hay que girar el telescopio hasta visar nuevamente la ficha B. si la línea de colimación está en posición correcta, la cruz filar caerá precisamente en B.

Si la ficha en B apareciera con algún desplazamiento, este presentará un error de cuatro tantos del error que presente la línea de colimación.

Para corregir esto, será necesario colocar una ficha B' en el cruce de los hilos y se medirá la distancia BB'. En ese momento, mover horizontalmente la retícula, apretando y aflojando los tornillos opuestos mediante dos punzones operados simultáneamente, en el mismo sentido, hasta

que la cruz filar vaya a su sitio correcto. Será necesario repetir la operación a fin de comprobar que se ha realizado bien el ajuste.

4) Eje de alturas

El eje de alturas tiene como condición geométrica ser perpendicular al eje acimutal. Para revisarlo, se coloca el aparato muy cercano a un muro, se nivela y con el telescopio se busca un punto perfectamente definido y fácil de localizar. Después se fija el movimiento horizontal y con el tornillo tangencial hay que llevar la cruz filar hasta un punto en lo mas alto del muro que se definirá como A. Bajar la visual y con el cruce de los hilos o cruz filar, marcar sobre el muro un punto B y girar el telescopio **180°**. **Después invertir nuevamente el telescopio y se buscara nuevamente el punto A**, fijar y afinar la visual, bajar nuevamente el telescopio (ahora en posición invertida) de tal modo que si no existe incorrección, la cruz filar caerá precisamente sobre el punto B. De no ser así, medir la **distancia BB'** y en el centro de la misma (ya que se ha acumulado el doble de desplazamiento) marcar un punto C para hacer la corrección. Recordando que el eje de alturas coincide con el centro del eje de giro del telescopio que en este caso, por estar inclinado, hace que la vertical no coincida con la línea seguida por la cruz filar. Para corregir este problema, ajustar mediante los tornillos del cojinete que soporta al eje de giro del telescopio hasta que la visual quede sobre el punto C. Repetir la operación las veces que sea necesario.

IV. MEDICION ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS

El equipo que se utiliza para la medición electrónica de una distancia (MED) incluye instrumentos electro-ópticos (ondas de luz) y electromagnéticos (microondas).

El principio Básico consiste en la determinación indirecta del tiempo que requiere un rayo de luz para viajar entre dos estaciones.

La condición es que sean intervisibles las dos estaciones.

Los instrumentos funcionan en general a base de ondas electromagnéticas de radio frecuencia o rayos luminosos.

En los MED, la frecuencia se puede controlar con toda precisión, pero la velocidad varía con la temperatura, la humedad y la presión atmosférica. Para lograr medidas exactas con los MED, es necesario evaluar los factores atmosféricos para realizar las correcciones precedentes. La mayoría de los instrumentos son electroópticos, transmitiendo luz infrarroja como señal portadora, en general está dada por un diodo de arseniuro de galio.

Estos dispositivos determinan la distancia mediante la medición indirecta del tiempo que le toma a la energía electromagnética de velocidad conocida, en viajar de un extremo a otro de la línea por medir y regresar.

La energía electromagnética se propaga a través de la atmosfera de acuerdo con la ecuación:

$$V = f\lambda$$

En la cual V es la velocidad de la energía electrónica en metros, f la frecuencia de modulación de la energía y λ la longitud de onda en metros.

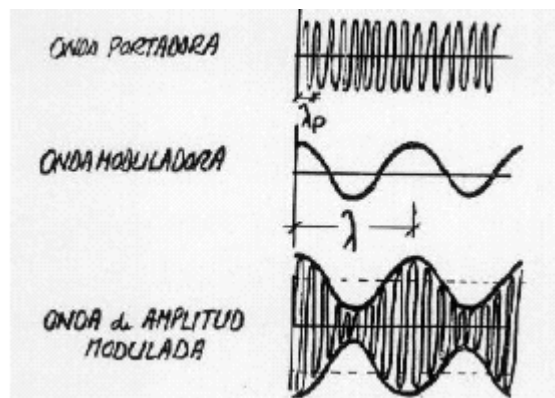


Figura 20. Ondas Electromagnéticas

IV.1 Tipos

IV.1.1 Distanciómetro Electroóptico (Teluómetro)

Este instrumento determina distancias por procedimientos electromagnéticos o sistemas de microondas con frecuencias de 1010Hz y longitudes de onda de 1m a 1cm.

Los electrodistanciómetros convencionales hacen una partición horizontal y vertical del ocular. Con la mitad izquierda hacen la emisión del rayo de luz y con la mitad derecha la recepción. Este diseño es para trabajar con prismas convencionales pero no tarjetas reflectoras. Cuando se mide con las tarjetas reflectoras la inclinación de la causa de variaciones es el retorno del haz de luz que imposibilita obtener un resultado, u obtener resultados erróneos.



Figura 21. Electrodistanciómetro

IV.1.2 Estación Total

Es el instrumento que resulta de la integración en un solo equipo, del sistema electrónico de medida de ángulos y el sistema electroóptico para la medida de distancias, con un microprocesador para el cálculo automático de datos topográficos (distancia reducida o inclinada, azimut, desniveles, coordenadas polares o cartesianas).

Las características funcionales del microprocesador son: exploración del limbo y presentación digital de los resultados; corrección automática de las lecturas iniciales del limbo, considerando la falta de perpendicularidad del eje vertical; compensación de la distancia en función de la temperatura y presión; adición de la constante del prisma.

En la medición de distancias el alcance oscila entre 1 y 5 kms., pudiendo ser medidas en forma reducida o geométrica, así como calcular la diferencia de alturas. Realizan correcciones automáticas para la refracción atmosférica y la curvatura terrestre.

La medición de ángulos horizontales y verticales se realiza mediante un sistema de detección basado en un codificador giratorio incremental, mientras que un sensor de inclinación se usa para corregir el eje vertical. El margen es de $\pm 3'$ y si es superior, aparece en la pantalla un mensaje de error.

IV.1.3 Sistema De Posicionamiento Global

Este sistema es considerado como un instrumento electrónico, que recibe ondas de radio y procesa los códigos que se modulan sobre la misma, determinando la distancia a ciertos satélites. El instrumento procesa una resección entre 4 o más satélites, apuntos de coordenadas conocidas, para determinar las coordenadas o posición del instrumento. Por tanto, en forma más indirecta, aplicando el concepto básico de distancia entre dos puntos cuyas coordenadas cartesianas se conocen, se podrá determinar la distancia entre los mismos.

IV.2 Condiciones Geométricas, Revisión y Ajuste.

- **Sensor De Eje Dual**

Ventajas:

- *Corrección de los ángulos horizontales para el eje del instrumento Y, fuera de condiciones adecuadas, así como la corrección de los ángulos verticales debido al eje de X fuera de condiciones adecuadas.*

El sensor dual de la inclinación del eje proporciona mayor exactitud del instrumento al medir ángulos inclinados de la elevación o de la depresión. En estas circunstancias, cualquier error de nivelación en el eje de Y causará error horizontal significativo en el ángulo. En la medida de los ángulos verticales la inclinación del eje Y tiene casi ningún efecto. (Ver el gráfico incluido para el ángulo vertical afectando la corrección).

El nuevo diseño mejoró la estabilidad de la corrección de la inclinación sobre una gama más amplia de las condiciones de temperatura con respecto al solo diseño del eje.

Precauciones:

Los usuarios inexpertos de la inclinación del eje dual serán sorprendidos por el efecto de la corrección de la inclinación en el ángulo horizontal mostrado. Si el instrumento está fuera de nivel en el eje Y y el telescopio se mueve a través de un arco vertical grande a +/- 30 grados, el ángulo horizontal mostrado cambiará mientras que no haya movimiento horizontal del instrumento. La operación común es que está funcionando incorrectamente el sistema horizontal del ángulo del instrumento. Sin embargo, éste es solamente el efecto normal de la corrección de la inclinación del eje en el ángulo horizontal.

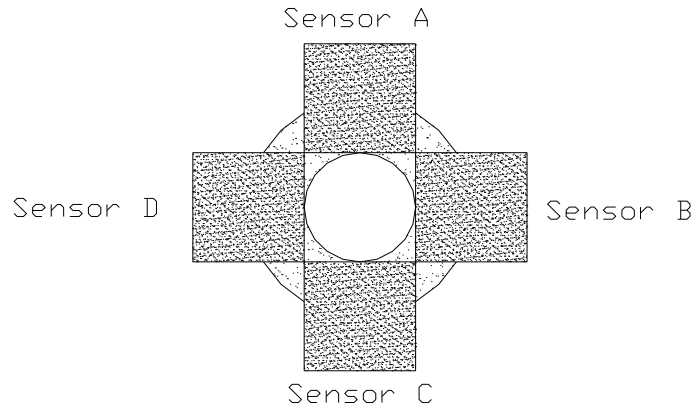
Una falla común entre usuarios inexpertos es no comprobar la calibración del sensor de la inclinación. Una cierta inclinación del punto cero debe esperarse en un cierto tiempo debido a la variación de la temperatura y la cantidad de vibración que el instrumento experimenta durante al uso normal y el transporte. El ajuste del punto cero es un procedimiento de la calibración de campo en todos los instrumentos equipados con la inclinación del eje dual.

MUY IMPORTANTE. Debe ser recordado que cualquier error de la inclinación está aplicado directamente a todos los ángulos verticales y cuando se miden los ángulos grandes de la elevación o de la depresión, los ángulos horizontales serán afectados también. Por lo tanto, esto es un punto importante para la inspección frecuente del usuario.

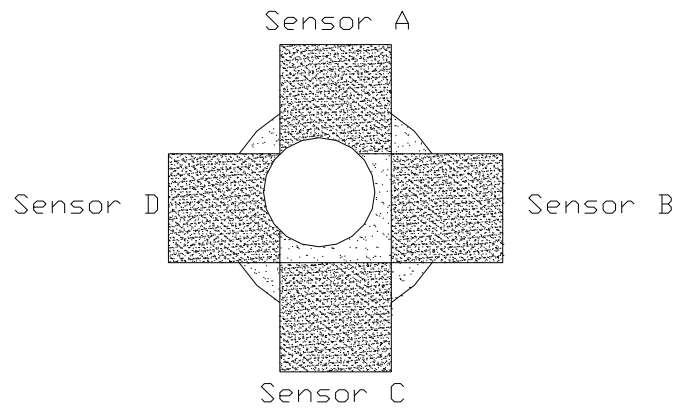
Error Cero Del Índice.

El principal problema que ocurre con los sensores de la inclinación es el error cero del índice. El punto de índice cero del sensor de la inclinación es el punto en el cual la burbuja se centra entre los sensores, de modo que los sensores indiquen una respuesta igual a la presencia de la burbuja. Este punto ocurre cuando ambos sensores se nivelan exactos y los circuitos de detección electrónicos todos se ajustan en equilibrio perfecto. Cualquier error en la nivelación o nivelación electrónica hará que el sensor de la inclinación indique "hacia fuera o mala condición" cuando el instrumento está en realidad nivelado correctamente. Este error se llama el "error cero del índice"

SENSOR PERFECTAMENTE NIVELADO
SIN ERROR DE PUNTO CERO



SENSOR CON ERROR DE NIVELACION
EN EL PUNTO ZERO X, Y



Nota. El error de punto cero puede ser resultado de un error en la nivelación en el sensor de inclinación o en el circuito electrónico. El ajuste es difícil de obtener y casi difícil de mantener con el paso del tiempo.

Figura 22. Error de Punto Cero

El Ajuste Del Sistema De La Colimación

- Del error de las colimaciones de los instrumentos
 1. Antes de comprobar el instrumento, se debe confirmar que el sistema de la colimación requiere de un ajuste apropiado.
 2. Realizar todas las revisiones de los colimadores horizontales usando un nivel automático.
 3. No utilizar un teodolito o una estación total porque habrá normalmente cierta cantidad pequeña o excentricidad vertical del círculo que afectarán el ajuste de la colimación.
 4. Si se requiere información detallada sobre cómo ajustar el sistema de la colimación, por favor refiera a un manual de la instalación del sistema de la colimación.

EJE X Y Y FUERA DE NIVEL O ERRORES DE INCLINACION

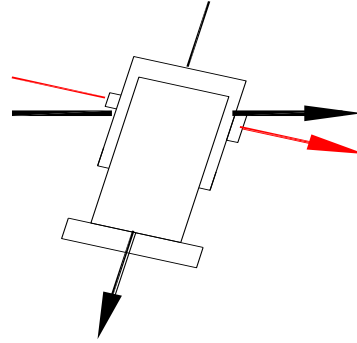
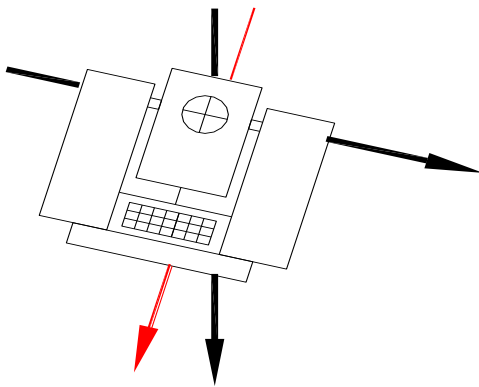
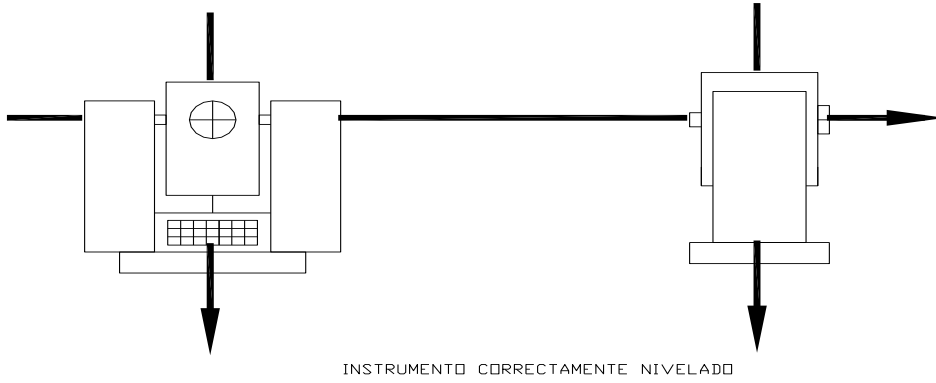


Figura 23. Errores en el Sistema de Colimación

El Error Vertical Del Índice

El error vertical del índice es una mitad de la diferencia entre la suma de lecturas verticales de un ángulo de la cara 1 y de la cara 2 y 360 grados. Este error incluirá cualquier error del punto-cero del sensor de la inclinación, así primero se debe verificar el sensor de la inclinación.

Para corregir el error vertical del índice en un instrumento óptico-mecánico se debe rotar el círculo vertical para re alinear el punto cero del grado correctamente. En un instrumento electrónico, se puede poner un factor positivo o negativo de la corrección en el microprocesador para ajustar hacia fuera el error. En otras versiones del programa esto fue hecho usando ajustes de interruptor para definir el factor numérico de la corrección. Cualquier error menor de 10 segundos o arcos puede ser quitado normalmente ajustando el retículo del instrumento.

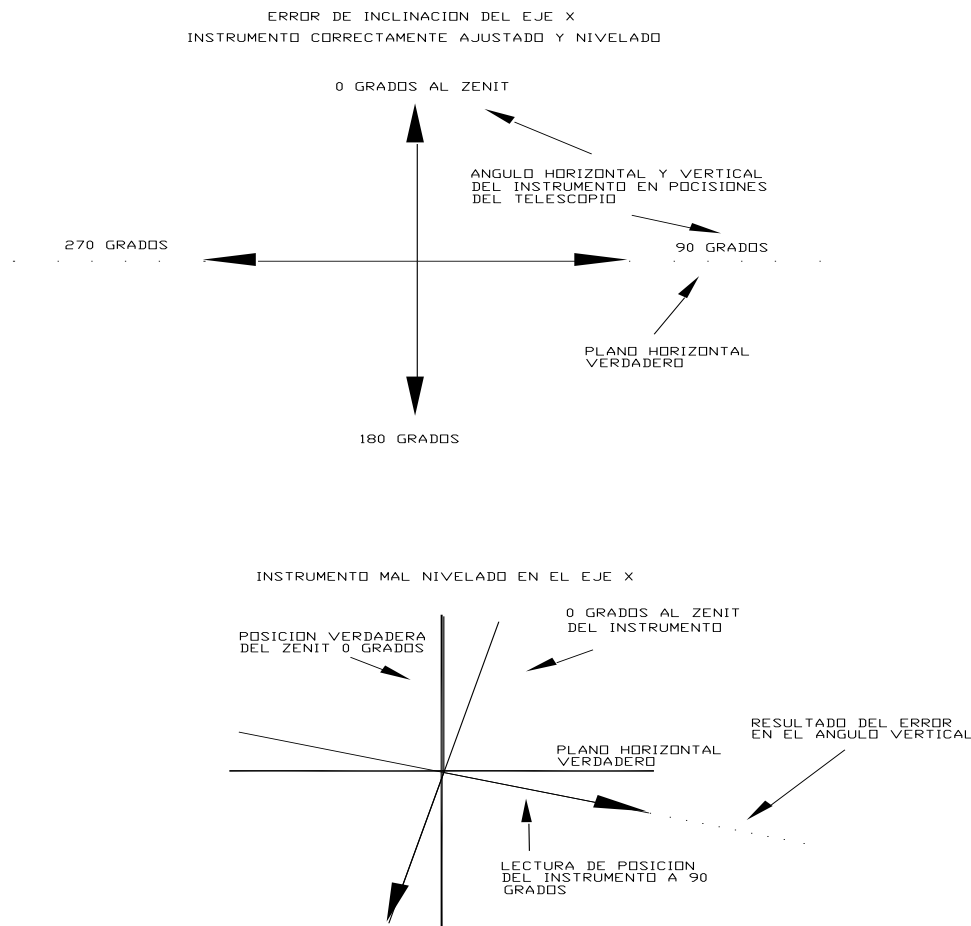


Figura 24. Error de Inclinación del eje X

El Error Vertical Compensado.

Para compensar el error vertical es necesario obtener la diferencia entre la lectura del ángulo del instrumento y 90 grados al visar un punto del blanco situado en el plano horizontal del telescopio. El error es causado por la excentricidad del círculo vertical y de cualquier error vertical de la orientación de direcciones.

Ejemplo:

Cara 1: 90° 00' 03"

Cara 2: 270° 00' 07"

$$\begin{aligned}\text{Error vertical} &= ((90^\circ 00' 03'' + 270^\circ 00' 00'') - 360^\circ)/2 \\ &= (360^\circ 00' 10'' - 360^\circ)/2 = 5''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Después del ajuste Cara 1} &= 90^\circ 00' 03'' - 5'' = 89^\circ 59' 58'' \\ &= 270^\circ 00' 07'' - 5'' = 270^\circ 00' 02''\end{aligned}$$

El **-2" de error en 90°** es la compensación del error vertical.

Para corregir este error compensado de la vertical, se debe verificar primero que exista el error vertical del índice y se debe proceder a que el error vertical del índice en 90 grados es igual a cero segundos. Cualquier error restante cuando se visa un colimador de 90 grados es debido a la excentricidad en el círculo vertical y a cualquier error en el colimador fijado exactamente a 90 grados. Se debe comprobar el ajuste del sistema de la colimación si se tiene un error grande. El error compensado de la vertical del instrumento puede ser reducido solamente volviendo a centrar el círculo vertical.

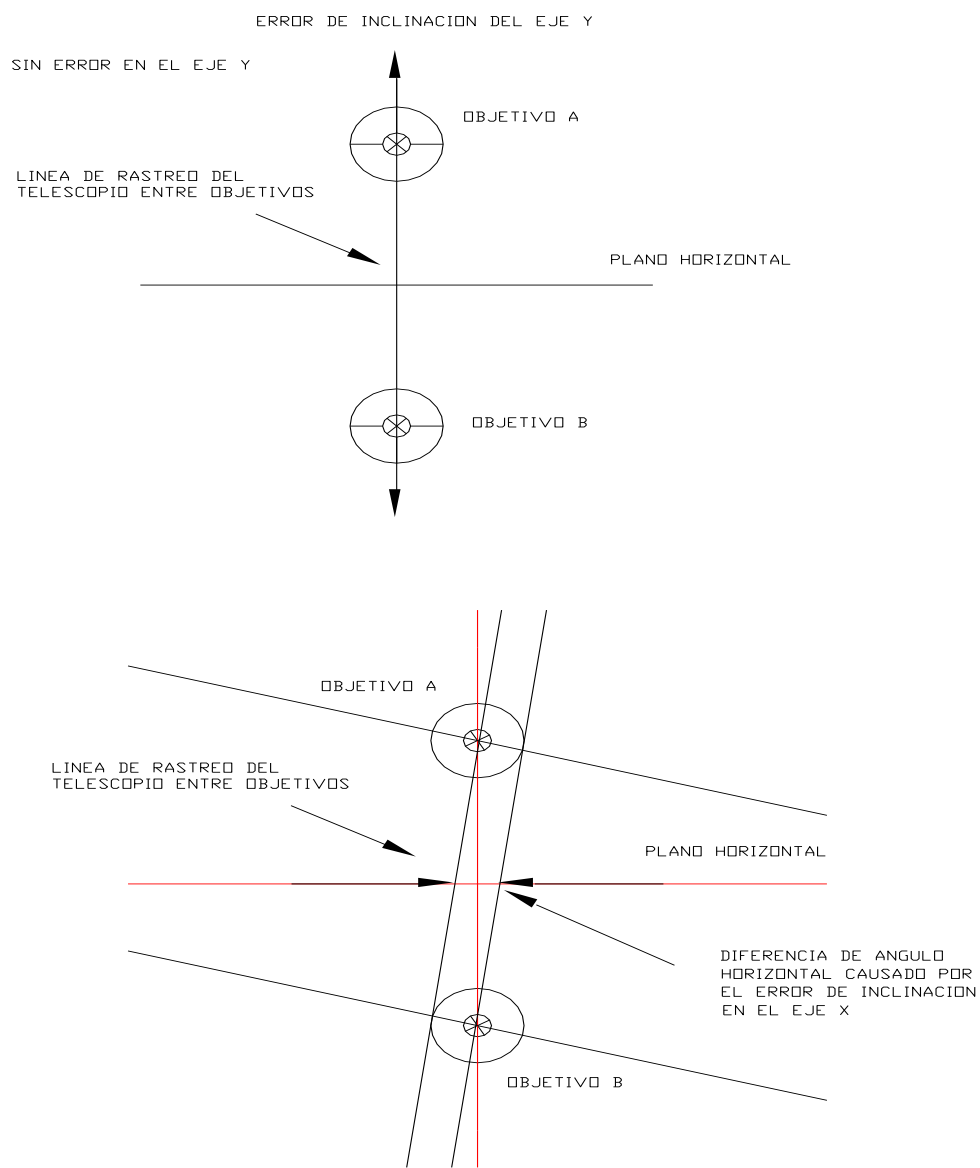


Figura 25. Error de Inclinación del Eje Y

El Error De Doble Centro

El error de centro doble es la diferencia entre el punto del centro del telescopio que visa el eje y el punto de centro del instrumento. Si el punto de centro del telescopio que visa el eje es 10 segundos a la derecha del punto de centro del instrumento en la derecha de la cara, cuando el instrumento se rota 180 grados y el blanco visado en cara a la izquierda, el telescopio que visara el eje será de 10 segundos a la izquierda.

El error de centro doble es corregido normalmente moviendo la línea vertical del retículo del instrumento derecha o izquierda para ajustar hacia fuera la cantidad de error.

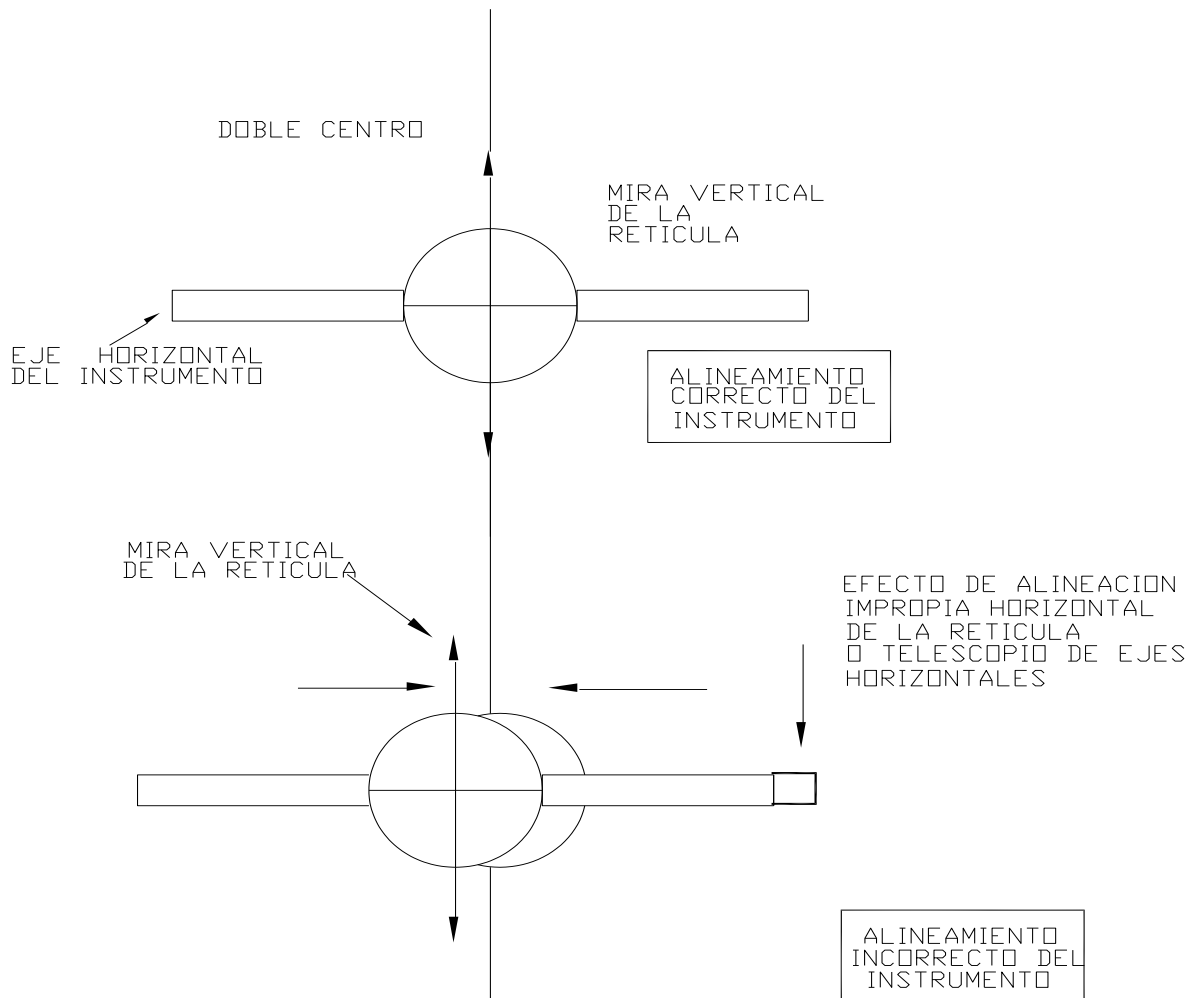


Figura 26. Error de Doble Centro

La Altura De La Altura Del Error

La altura de la altura del error de estándar es causada por el eje del telescopio que no es llano y es perpendicular al eje vertical del instrumento. Este error es corregido normalmente físicamente al bajarse de los cojinetes del eje del telescopio para arriba o levemente y es un trabajo muy aburrido.

La altura del error estándar es la cantidad de desviación del ángulo horizontal medida entre dos puntos en un plano vertical. Esto se comprueba normalmente usando una línea vertical o dos telescopios de la colimación localizados a +/- 20 a 30 grados de la horizontal. Un instrumento correctamente ajustado debe seguir entre una elevación y una depresión que visan el punto sin cambio en la lectura horizontal del ángulo.

IV.3 Condiciones Meteorológicas

La Corrección Atmosférica

La exactitud de las medidas de la Medición Electrónica de Distancias depende de la velocidad de la luz a lo largo de la trayectoria que mide. La velocidad de la luz es 299 792 550 metros por segundo en el vacío. Al pasar a través del aire, la luz viaja en una velocidad más baja dependiendo de la temperatura y de la presión barométrica.

Los fabricantes calculan los efectos de las longitudes de onda de la fuente de luz usada y establecen un índice de refracción estándar para cada instrumento basado en un sistema de temperatura y de condiciones barométricas. Todas las unidades de Lietz en la EDM se basan en 15°C y 760 milímetros de mercurio. Usando una fórmula se puede derivar para determinar la corrección necesaria de la distancia para cualquier otro sistema de temperatura y de condiciones barométricas.

La temperatura tiene un efecto más grande en una distancia medida que la presión barométrica. Un cambio de 1°C causará un cambio de 1 PPM (partes por millón) en la distancia medida. Esto equivale a 1 milímetro en 1000 metros. Un cambio de la presión barométrica de 2.5 milímetros de mercurio también causará un cambio de 1 PPM.

La temperatura exacta y los datos barométricos son necesarios si se espera que los resultados finales de la distancia estén dentro de lo especificado con la exactitud y de las capacidades del equipo usado. Para obtener datos exactos, se deben utilizar termómetros y barómetros de buena calidad. Estos instrumentos también deben comprobarse para saber si hay la calibración apropiada.

Los termómetros se deben comprobar contra otro termómetro que no se ha sujetado a los rigores de los trabajos en campo. Si la diferencia entre los dos es bastante grande puede causar un error significativo, por lo tanto es necesario sustituir el termómetro de campo.

Los barómetros deben ser buena calidad, aneroide de tipo electrónico. Otros tipos son menos exactos o demasiado delicados para el uso en campo. La calibración del barómetro se debe comprobar con frecuencia.

Según NGS, se debe determinar el factor apropiado de la corrección, la presión barométrica se debe leer en ambos extremos de una línea. Los barómetros se deben colocar en cortina y blindar de los vientos impetuosos. Las temperaturas se deben tomar en la altura de EDM con el termómetro blindado del sol y colocado en el viento. Si el viento es 3 millas por hora o mayores, la temperatura debe ser bastante constante a lo largo de la línea. Sin embargo, si el aire es tranquilo, las temperaturas pueden variar perceptiblemente. Para obtener los mejores datos, es preferible medir la temperatura en ambos extremos de la línea y promediar los resultados.

Para aplicar factores de corrección a las distancias del "ROLLOVER", se debe fijar la corrección de PPM en el instrumento a cero. Calcular la corrección y aplicarla a la distancia medida.

El RED 2, el RED 3, y los instrumentos SMD3 se pueden fijar para los factores de la corrección en incrementos de 1 PPM. El RED 1, 1A RED, y mini instrumentos RED se pueden fijar para los factores de la corrección en incrementos de 10 PPM.

NOTA. Las fórmulas para corregir los 2 RED, del RED 3, y de SMD3E son levemente diferentes del 1/RED, RED 1A.

V. CONCLUSIONES

Dentro de la carrera de Ingeniero Topógrafo y Geodesta, actualmente Ingeniería Geomática, el empleo de equipo de medición es una parte fundamental dentro de esta profesión. Dichos instrumentos como Teodolitos, Equialtímetros, Equipos de Medición Electrónica de Distancias (MED), requieren estar en las mejores condiciones posibles para desarrollar un trabajo de topografía con la mejor precisión.

El equipo topográfico, a lo largo de su vida útil, está expuesto a muchos desperfectos que alteran su funcionamiento y la precisión que pueden brindarnos en un trabajo topográfico, dichos desperfectos pueden ser corregidos y devolver al equipo sus condiciones ideales.

En diversos trabajos que requieren del empleo de estos equipos, es de importancia la precisión que estos equipos proporcionen, muchas de las actuales empresas que emplean topografía exigen las mejores y más altas precisiones, para contar con un respaldo exigen un certificado de calibración al inicio de cada obra, así como calibraciones periódicas que les permita llevar un mejor control de calidad dentro de la obra.

Es por eso que en el trabajo presentado se exponen los principales condiciones geométricas que debe cumplir cada equipo topográfico, a fin de conocer el tipo de ajuste se requerirá, ya que se describen algunas de las pruebas más comunes para comprobar su calibración y se enuncian algunos de los procedimientos que se pueden llevar a cabo en campo a fin de poder realizar una calibración rápida, con los mejores efectos, sin necesidad de requerir de los servicios de un laboratorio que proporciona los tratamientos más sofisticados en esta materia, aunque es importante tomar en cuenta que en la presente tesis se mencionan los desperfectos y calibraciones más sencillos que pudieran presentarse.

Más que una tesis, se presenta como un manual a todos aquellos estudiantes que se encuentren interesados en conocer los tratados y procedimientos de una calibración realizada en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- ***Nivelación Diferencial Topográfica*** por SOLCHAGA MADRIGAL FRANCISCO E HIGASHIDA MIYABARA ANTONIO SABRO, S.O.P, Dirección Gral. De Proyectos y Laboratorios. Departamento Técnico de Sección de Especificaciones, México D.F. Marzo de 1965.
- ***Manual SOKKIA, Teoría de Medición Electrónica de Distancias, Pruebas y Procedimientos***, Febrero de 1993.
- ***Tratado de Topografía, Teoría de los Errores e Instrumentación***, Prof. Dr. D. Manuel Chueca Pazos, Prof. Dr. José Herraéz Boquera, Prof. Dr. Jose Luis Berné Valero, 1996, Ed. Paraninfo, Madrid España.
- www.abreco.com.mx
- ***Topografía***, J.A Sandover, CIA Editorial Continental, 1982, México D.F.
- ***Topografía***, Torres Nieto, Álvaro; Villate Bonilla Eduardo; 4ª. Edición; Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería; Colombia; 2001
- ***Topografía***, Montes de Oca, Miguel; 4ª Edición; Editorial Alfaomega; México D.F; 2000.
- <http://www.scribd.com/doc/3301989/CALIBRADOR-VERNIER>
- <http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/tipos-de-lentes/imagens/tipos-de-lentes-1.gif>
- <http://www.astromia.com/glosario/dioptria.htm>
- <http://www.mitecnologico.com/Main/CalibradorVernier>