



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

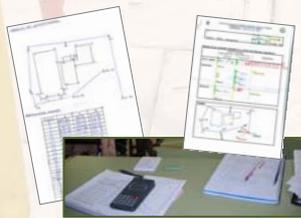
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFIA GEODESIA Y CARTOGRAFIA

# TOPOGRAFÍA I

## Cuaderno de Prácticas de campo



Septiembre 2009



# TOPOGRAFÍA I

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID  
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFIA GEODESIA Y CARTOGRAFIA

## Cuaderno de Prácticas de campo

### PROFESORES:

Rosa Mariana Chueca Castedo

José Manuel Benito Oterino

Rafael Caturla Vázquez

Teresa Fernández Pareja

Roberto López González

Francisco Javier Olmedo Delgado

Septiembre 2009

**ISBN: N° 978-84-96737-49-5**

**Contenido - documentación:** Profesores de la asignatura Topografía I  
Última revisión: Septiembre 2009

# TOPOGRAFÍA I

## Cuaderno de *Prácticas de Campo*

Este cuaderno de “*Prácticas de Campo*” se presentó hace veinte años como valioso documento de ayuda para el alumno en la realización de las Prácticas de la asignatura de “*Instrumentos topográficos*” en la entonces Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos en Topografía.

Con la reforma de los planes de estudios del año 92, apareció la asignatura “*Topografía I*” estructurada en base a la impartición de clases teóricas y clases prácticas, éstas últimas desarrolladas en *campo* y en *gabinete*. Para realizar las “*Prácticas de Campo*” resulta imprescindible el trabajo diario con este Cuaderno.

El alumno encontrará los documentos que debe leer antes de iniciar las observaciones de campo. Y también encontrará los estadillos que empleará durante la observación para recoger, ordenadamente, los datos de dichas observaciones. Así mismo, en el cuaderno se encuentran las indicaciones básicas que servirán de ayuda para guiar los cálculos que habrán de realizarse a partir de los datos recogidos en las observaciones.

Pero, en ningún caso, puede entenderse la realización de las prácticas de campo sin el **trabajo simultáneo en las clases teóricas y en las prácticas de gabinete**. Los cálculos que conllevan las observaciones realizadas en cada una de las prácticas de campo se presentan y se ejercitan en las clases de prácticas de gabinete. Y los conceptos necesarios para su comprensión se desarrollan en las clases teóricas.

Este cuaderno de “*Prácticas de Campo*” se ha concebido en base a esta estructura. La síntesis en los textos facilita su lectura y comprensión pero no será posible obtener el objetivo pretendido sin el aludido trabajo simultáneo en las clases de teoría y de prácticas de gabinete.

Como no podía ser de otra manera, el contenido de este cuaderno se ha ido adaptando de año en año a la constante actualización de la asignatura. Y ahora se presenta una profunda renovación.

Con la ayuda de este material didáctico, los alumnos de primer curso entran en contacto con la TOPOGRAFÍA. Nuestro propósito es introducir una Ciencia apasionante, cimentando con rigor una base que les permita después, a lo largo de la carrera, acumular conocimientos, adquirir destrezas, desarrollar experiencias ...

**Profesores de Topografía I**



## ÍNDICE

<b>PRÁCTICA:</b>	<b>Página</b>
<b>UTILIZACIÓN DE TEODOLITOS</b>	
<b>P1.</b> OBSERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN GONIÓMETRO.....	7
<b>P2.</b> UTILIZACIÓN DE TEODOLITOS. PUESTA EN ESTACIÓN.....	25
<b>P8.</b> VERIFICACIÓN DE UN TEODOLITO. CALIBRACIÓN DE TAQUÍMETROS ELECTRONICOS .....	37
<b>P3.</b> OBSERVACIÓN Y CÁLCULO DE UNA VUELTA DE HORIZONTE .....	51
<b>P4.</b> REALIZACIÓN DE MEDIDAS ANGULARES EN UN TRIÁNGULO .....	63
<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>	
<b>P5.</b> RADIACIÓN.....	69
<b>P6.</b> ITINERARIO TAQUIMÉTRICO.....	85
<b>P7.</b> LEVANTAMIENTO TAQUIMÉTRICO <i>EDIFICIO DE LA E.T.S.I. TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA.....</i>	103
<b>NIIVELACIÓN GEOMÉTRICA</b>	
<b>P9.</b> NIVEL O EQUIALTÍMETRO. DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN.....	137
<b>P10.</b> COMPROBACIÓN DE UN NIVEL O EQUIALTÍMETRO .....	145
<b>P11.</b> ITINERARIO DE NIVELACIÓN .....	153

### **NOTA IMPORTANTE:**

**En los resultados numéricos de TODAS las prácticas será IMPRESCINDIBLE indicar las unidades en que se han obtenido**



# PRÁCTICA 1

## OBSERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y LOS ELEMENTOS DE UN GONIÓMETRO.

Previamente al empleo de cualquier instrumento se deben conocer los elementos que lo constituyen, la utilización adecuada de cada uno de ellos y las posibilidades de trabajo que permiten.

Como norma general no se debe forzar los movimientos del aparato. En el caso de encontrar resistencia al movimiento habrá que buscar el tornillo o mecanismo que lo bloquea. Para bloquear algún movimiento del aparato, no será necesario apretar excesivamente los tornillos correspondientes, estando éstos diseñados para sujetar sólidamente sin necesidad de presionarlos con insistencia.

El objeto de la práctica es, por lo tanto, la observación de las características de los elementos que componen un goniómetro y su funcionamiento.

### **1.1.- ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN GONIÓMETRO**

Los goniómetros son los aparatos topográficos destinados a la medida de ángulos.

Antes de proceder a la observación de los elementos que componen un goniómetro, se coloca el mismo en una posición firme y cómoda para el observador. Se utiliza para ello elementos auxiliares como:

#### a) Elementos de sustentación:

- **Trípodes:** elementos de tres patas telescópicas, sólidos, manejables y aptos para facilitar la puesta en estación del instrumento.

El tipo de trípode a utilizar en las prácticas es el trípode de meseta, así denominado por presentar en su parte superior una zona plana en forma de triángulo de vértices matados, sobre la que se apoya el instrumento, y que presenta una zona hueca circular en su parte central.

b) Elementos de unión:

- **Mecanismo de sujeción al trípode:**  
los trípodes de meseta van provistos de una guía metálica (G), sujeta a la parte inferior de la meseta por uno de sus extremos (P), alrededor del cual puede girar. En la guía se desliza un tornillo de unión (T) que penetra en la base del goniómetro, fijándolo a la meseta en cualquier posición de la abertura circular (Figura 1-1).

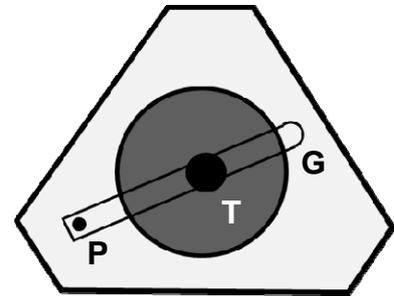


Figura 1-1

Centrando ya la atención en el goniómetro destinado a medir ángulos horizontales y verticales, se distingue una serie de elementos que, según su función, se clasifican en:

a) Elementos de horizontalización:

- **Plataforma nivelante:** en general de forma triangular, constituye la base del instrumento; está atravesada en sus tres vértices por tres tornillos verticales, llamados tornillos nivelantes, que sirven de soporte al aparato y que apoyan sobre la meseta del trípode. Estos tornillos pueden ser alargados o acortados para inclinar la plataforma, en el sentido adecuado y con la magnitud requerida, hasta su perfecta horizontalización.
- **Nivel esférico:** consta de una caja metálica cilíndrica sujeta por tres tornillos de corrección ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ) a la plataforma de montaje, y cerrada en su parte superior por un vidrio en forma de casquete esférico, en cuyo centro va grabada una circunferencia. La caja contiene en su interior un líquido muy fluido y una burbuja de vapor de este líquido; cuando la burbuja ocupa la posición correspondiente a la circunferencia grabada en el vidrio, el plano tangente en el centro de la burbuja será horizontal.

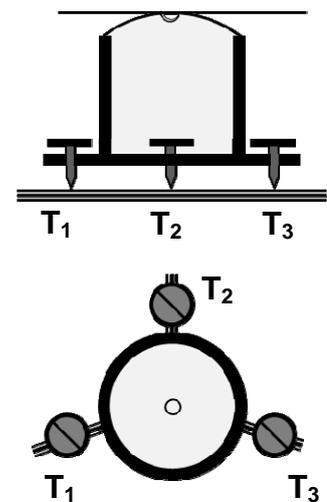


Figura 1-2

- **Nivel tubular:** está constituido por un tubo de vidrio combado en forma de toro. Contiene en su interior un líquido fluido y anticongelante y una burbuja de vapor de este líquido. El tubo está soldado en sus extremos y se introduce, para su protección, en una montura metálica dotada de un tornillo de corrección (T) (Figura 1-3). La burbuja ocupa siempre la parte más alta del toro y el plano (PH) tangente en su centro (A) es horizontal. Para facilitar la labor de calado, en el caso de observación directa de la burbuja, se gradúa la parte superior, siendo las divisiones simétricas respecto del centro del nivel (Figura 1-4).

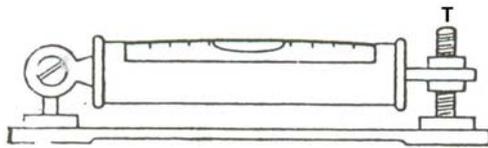


Figura 1-3

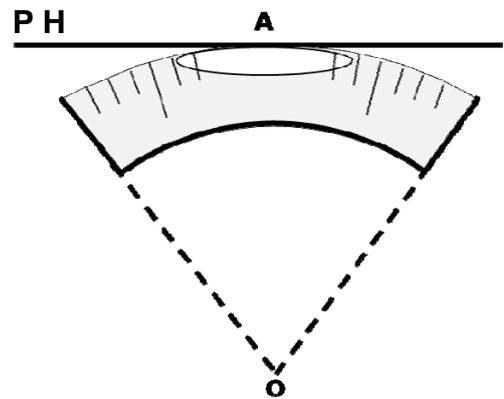


Figura 1-4

b) Elementos de centrado:

- **Plomada física o de gravedad:** dispositivo formado por un peso que pende de una cuerda y que se cuelga del tornillo de anclaje del aparato; al estar dicho tornillo fijado perpendicularmente a la superficie de sustentación del instrumento o plataforma nivelante, será necesario que ésta sea horizontal para que el eje principal del instrumento siga la dirección de la cuerda de la plomada. Un mecanismo especial permite regular la longitud del hilo de la plomada para que nunca esté en contacto con el terreno, sino solicitada por la fuerza de la gravedad (Figura 1-5).

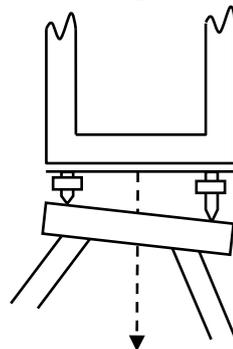
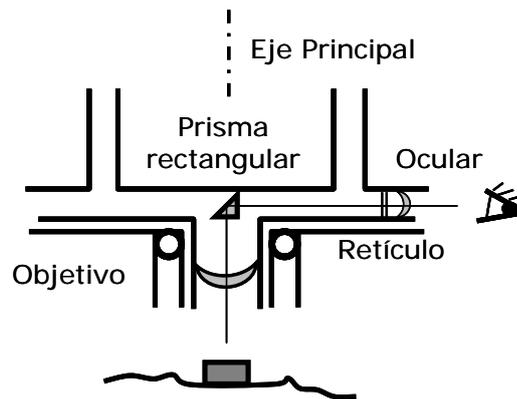


Figura 1-5

- **Plomada óptica:** se trata de un anteojo de centrado que proporciona una visual que coincide, por construcción, con la prolongación del eje principal del instrumento; dicha visual será vertical si el instrumento está nivelado. Consta de un anteojo provisto de un ocular con retículo, un objetivo y un prisma intermedio de reflexión total que quiebra en ángulo recto la visual dirigida a la señal sobre el terreno.

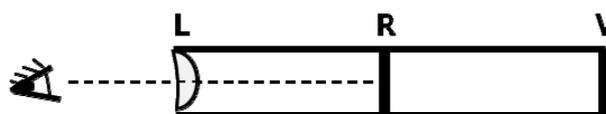


*Figura 1-6*

Algunos anteojos quedan fijos sobre la base nivelante, otros son solidarios con la alidada o parte móvil del instrumento.

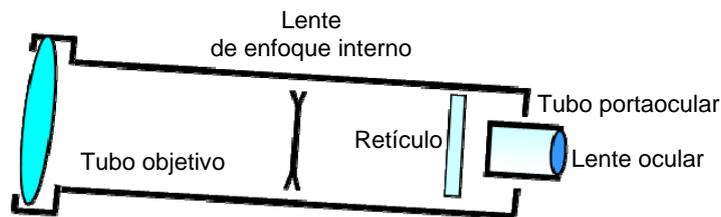
c) Elementos de visado:

- **Visor con colimador:** consta (Figura 1-7) de un tubo en el que se sitúa una lente convergente (L), un retículo grabado sobre una placa (R) y un vidrio esmerilado (V). El retículo está situado de manera que la imagen que de él proporciona la lente quede situada a unos 30m. El objeto no se puede ver directamente a través del colimador puesto que lo impide el vidrio esmerilado; sobre él quedará proyectada la imagen del retículo. Se utiliza como elemento de puntería grosera.



*Figura 1-7*

- **Anteojo Topográfico de enfoque interno:** consta básicamente de dos sistemas convergentes y una lente divergente montados en un tubo (Figura 1-8). Uno de los sistemas se dirige hacia el objeto que se ha de visar, por esta razón se denomina objetivo; el otro sistema se queda más próximo al ojo, por lo que se le conoce con el nombre de ocular. El anteojo va provisto de un anillo que constituye un diafragma que limita la imagen, en el que va empotrado un disco de vidrio, denominado retículo, con dos líneas perpendiculares grabadas, llamadas hilos, formando lo que se denomina **cruz filar**; el punto intersección del hilo central horizontal y el vertical constituye el centro del retículo.



**Figura 1-8**

Para el enfoque, dado que el objetivo ocupa un extremo del tubo y el retículo el otro, no existe entre ambos posibilidad de desplazamiento.

El ocular se aproxima más o menos al retículo, según la vista del operador, mediante un movimiento rotatorio hasta que la imagen del retículo se vea nítida (enfoque al observador); en este momento se habrá formado dicha imagen a la distancia de la visión distinta. Ésta es la primera operación que ha de hacerse, dirigiendo el anteojo al cielo o a cualquier otra superficie uniforme.

Sin tocar ya en lo sucesivo el ocular, se enfocará el objeto gracias a la lente divergente situada en el interior del anteojo, entre el objetivo y el retículo; esta lente es móvil y tiene como función superponer la imagen del objeto, dada por el objetivo, al retículo, formándose así la imagen final del objeto a la distancia de la visión distinta y coincidente con la imagen del retículo.

Es muy importante que la imagen final del objeto y la del retículo se formen en el mismo plano. La no coincidencia de ellas da lugar al denominado "error de paralaje". Para comprobar si el enfoque es correcto basta que el operador mueva ligeramente la cabeza a derecha e izquierda sin dejar de observar por el anteojo; si la imagen del objeto se desplaza respecto de la cruz filar, es prueba evidente de que ambas imágenes no están en el mismo plano.

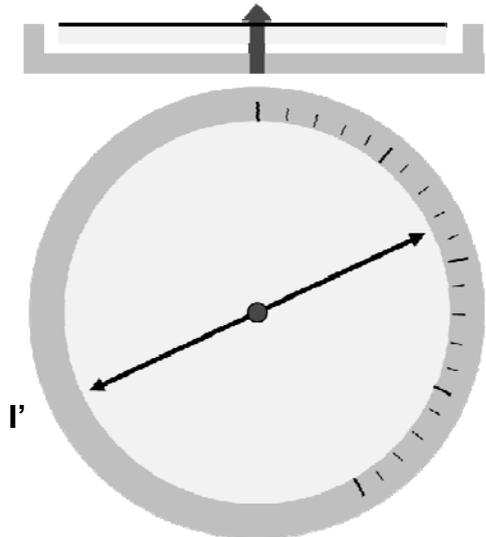
Actualmente la imagen proporcionada por el anteojo topográfico es derecha aunque este hecho no sea relevante en una observación topográfica.

Los antiguos goniómetros que incorporaban en su retículo otros dos hilos horizontales, equidistantes del hilo central, denominados hilos estadimétricos, permitían la determinación de la distancia por métodos estadimétricos; son los llamados taquímetros ópticos.

Cuando la determinación de la distancia se hace mediante la incorporación de un distanciómetro (actualmente en montaje coaxial), el taquímetro entra en la categoría de electrónico.

d) Dispositivos para la medida de ángulos:

- **Círculos graduados o codificados:** son, en diseño, dos plataformas concéntricas superpuestas, fija al aparato una de ellas y la otra móvil, ligada a la alidada o parte móvil del instrumento (Figura 1-9). La plataforma que lleva la graduación o codificación recibe el nombre de limbo, la otra incorpora la línea de índices de lectura (en la figura: I-I').



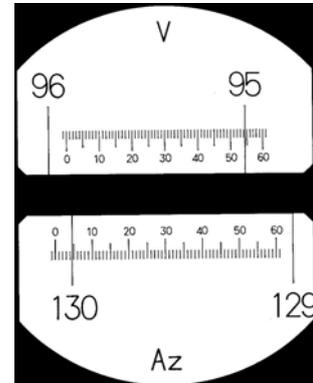
*Figura 1-9*

Según sean los limbos incorporados al instrumento, actualmente de vidrio graduado o vidrio codificado, así se adecuarán los sistemas de lectura.

Si el limbo es de **vidrio graduado**, los dispositivos de lectura serán ópticos. Los más utilizados han sido los siguientes:

- **Micrómetro de escala:**

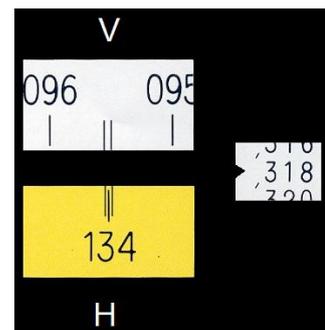
Es un microscopio de lectura que agranda mucho la imagen del limbo; va provisto de un retículo en forma de escala cuya imagen se superpone a la del limbo, y que tiene una longitud total calculada correspondiente a la división del limbo (Figura 1-10).



**Figura 1-10**

- **Micrómetro óptico de coincidencia:**

Más preciso que el de escala, incorpora un dispositivo óptico de coincidencia (placa de vidrio de caras planas y paralelas o prisma rectangular) que permite medir la fracción de la última división que, en el micrómetro anteriormente mencionado, se obtenía a estima (Figura 1-11).

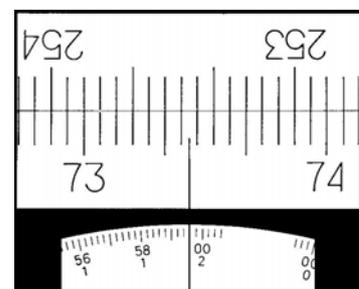


**Figura 1-11**

- **Micrómetro de precisión:**

Se incorpora como sistema de lectura un dispositivo óptico con el que en una lectura única se obtiene el equivalente a la media de las lecturas de dos posiciones diametralmente opuestas.

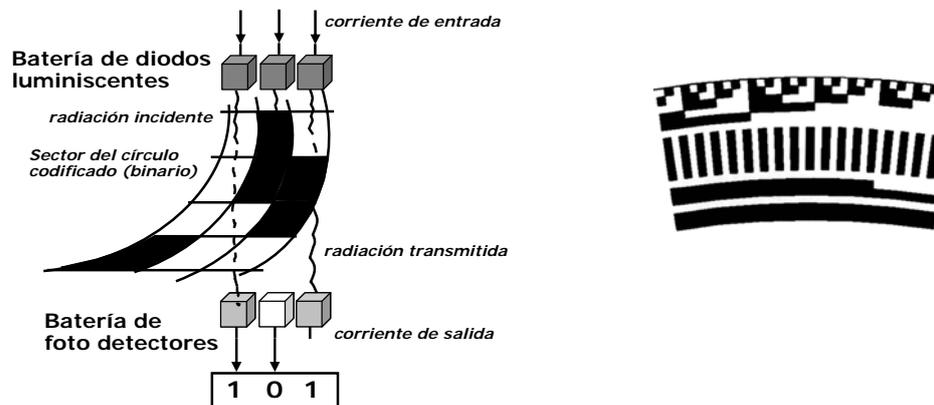
Se elimina la influencia de un posible error de descentrado de círculo o de desviado de índices y se duplica la apreciación (Figura 1-12).



**Figura 1-12**

Si el limbo es de **vidrio con graduación codificada**, los dispositivos de lectura serán **óptico-electrónicos**.

En este caso los limbos están codificados es decir, en lugar de los trazos clásicos de la graduación, aparece un mosaico de áreas transparentes y opacas yuxtapuestas. Los círculos son barridos, a modo de índices, por elementos óptico-electrónicos, de manera que la energía luminosa, transmitida o reflejada por el mosaico, es convertida en energía eléctrica; ésta será analizada en un microprocesador y convertida en un valor angular digital que aparecerá en un elemento de presentación como puede ser una ventana de lectura de cristal líquido (Figura 1-12.1).

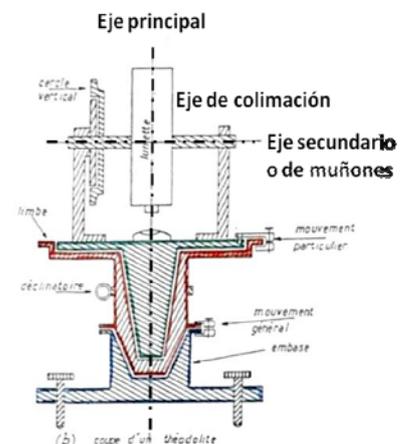


**Figura 1-12.1**

## 1.2.- EJES Y MOVIMIENTOS

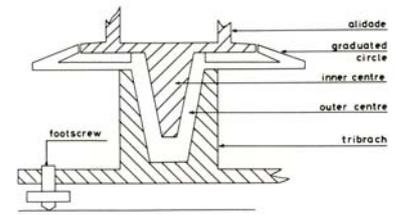
Los **ejes** fundamentales de un goniómetro son: eje principal, eje secundario o de muñones y eje de colimación (Figura 1-13):

**a) Eje principal:** es el eje vertical alrededor del cual gira la alidada horizontal (parte móvil de un instrumento cuando gira alrededor del eje principal). Está materializado por tres piezas: pieza inferior o de base nivelante, pieza intermedia, generalmente el limbo, y pieza superior, o pieza de alidada, que soporta la alidada horizontal.

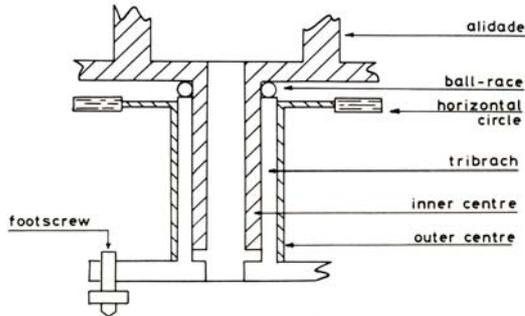


**Figura 1-13**

En los montajes troncocónicos esta pieza quedaba encastrada en un mango ligado a la pieza intermedia; la parte inferior de ésta era también de forma troncocónica y se introducía en un segundo manguito que estaba fijado a la plataforma de tornillos nivelantes que constituía la pieza inferior (Figura 1-14).



**Figura 1-14**



**Figura 1-15**

En los teodolitos modernos, los ejes troncocónicos han sido sustituidos por ejes cilíndricos ajustados a la micra; el círculo alidada reposa sobre el círculo del limbo mediante unos rodamientos de bolas (Figura 1-15).

El eje principal debe ser vertical cuando el aparato está puesto en estación.

b) **Eje secundario o de muñones:** es el eje alrededor del cual gira el anteojo; dicho eje se apoya en dos soportes, llamados muñones, que lleva la alidada. El eje de muñones debe ser horizontal cuando el instrumento está en estación.

Sobre el eje de muñones queda centrado un círculo vertical formado por un limbo, solidario en general con el anteojo, y un círculo, que contiene los índices de medida, ligado a uno de los soportes del eje de muñones mediante un tornillo de reglaje.

c) **Eje de colimación:** es la recta definida por el centro óptico del objetivo y el centro del retículo. Este eje debe coincidir con el eje óptico del anteojo definido como la recta que pasa por el centro óptico del objetivo y el centro óptico del ocular.

Los **movimientos** de un teodolito o un taquímetro, como goniómetros más perfeccionados, son:

a) **Movimiento del anteojo en un plano vertical.** El anteojo del teodolito es móvil en un plano vertical, por consiguiente gira alrededor del eje secundario o de muñones. Este giro es posible gracias a los tornillos que permiten el movimiento de basculación del anteojo; se distingue un tornillo para el movimiento rápido y otro para el lento o de coincidencia.

b) **Movimiento de la alidada alrededor del eje principal.** Todo el conjunto formado por la alidada horizontal y la vertical gira alrededor del eje principal del instrumento sobre el que queda centrado el círculo horizontal.

El mango intermedio en el esquema troncocónico del eje principal, o su equivalente en el esquema cilíndrico, puede hacerse solidario de la pieza de alidada mediante un tornillo de bloqueo con tornillo de movimiento lento; se llama **movimiento general** al que se puede dar a toda la parte superior del instrumento respecto de la base nivelante.

El **movimiento particular** será aquel en el que la alidada se mueva respecto de las piezas limbo y base nivelante solidarias. El control de este movimiento se consigue mediante una pinza de bloqueo, provista de tornillo de presión y coincidencia.

Por lo tanto en el movimiento del teodolito alrededor del eje principal pueden distinguirse dos pares de tornillos, uno para el movimiento particular y otro para el general, cada uno de ellos provisto de los correspondientes tornillos para el movimiento rápido y de coincidencia.

### 1.3.- GONIÓMETROS EN USO PARA PRIMER CURSO.

En las prácticas a realizar durante el curso primero se utilizarán fundamentalmente cinco instrumentos:

Dos óptico-mecánicos (**T1** y **T16** de la desaparecida casa **WILD**)

Tres óptico-electrónicos (**TC-1000**, **TC-600** y **TC-307** de la casa **Leica**)

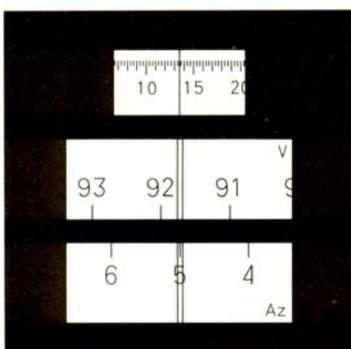
Las descripciones particulares (fotocopias de los manuales de usuario) se incluyen a continuación:

#### **WILD T1:**

Sistema de lectura: micrómetro óptico de coincidencia.

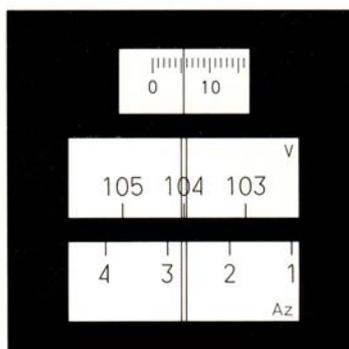
Ejemplos de lecturas en sistema sexagesimal y centesimal, una vez hecha la coincidencia, en círculo horizontal y vertical respectivamente.

#### **SEXAGESIMAL**



Lectura del círculo horizontal (360°) 5'13' 35"

#### **CENTESIMAL**

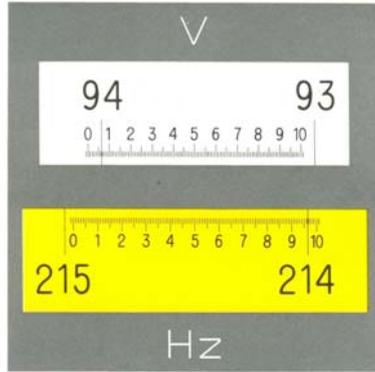


Lectura del círculo vertical ((400°) 104,054°)



## WILD T16:

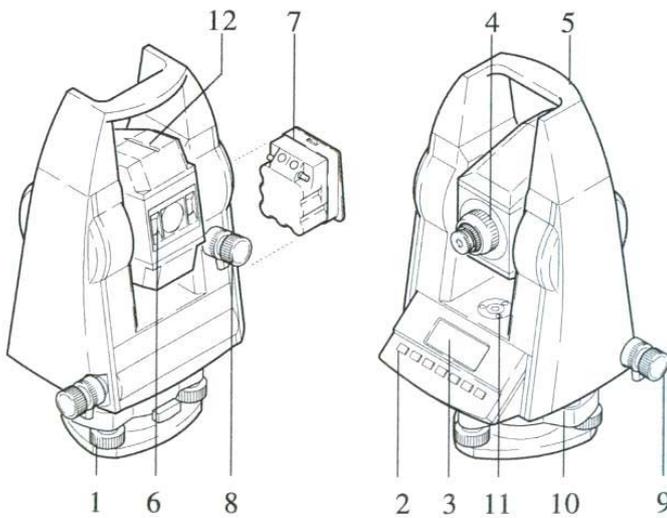
Sistema de lectura: micrómetro óptico de escala. Ejemplos de lecturas en sistema centesimal



Lectura del círculo 400 gon: Hz 214, 964 gon, V 94, 064 gon

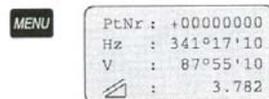


## Leica TC600:



- 1 Tornillo nivelante
- 2 Teclado
- 3 Pantalla
- 4 Enfoque
- 5 Asa de transporte
- 6 Orificio de salida taquímetro EDM
- 7 Batería
- 8 Tornillo de ajuste fino, vertical
- 9 Tornillo de ajuste fino, horizontal
- 10 Interface RS-232
- 11 Burbuja de nivel
- 12 Telescopio

## Símbolos en pantalla:



- PtNr : Número de punto
- Hz : Ángulo horizontal
- V : Ángulo vertical
- $\triangle$  : Distancia geométrica
- $\triangle$  : Distancia horizontal
- $\triangle$  : Desnivel
- E : Coordenada X
- N : Coordenada Y
- H : Altitud (Z)
- hr : Altura del reflector
- hi : Altura del instrumento
- ppm : Corrección de distancia atmosférica
- mm : Constante de prisma (prisma esférico Leica = 0)

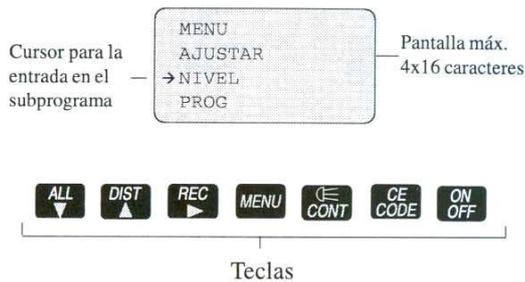
## Pantalla y Teclado

La unidad TC600/TC800 tiene dos niveles de comandos, diferenciados por los colores de las teclas.

**Teclas blancas:** activas durante el transcurso de la medición.

**Teclas de color naranja :** La tecla **MENU** activa las teclas de color naranja para la introducción de parámetros de medición y del instrumento (resaltado de color gris en el modo de empleo).

Pantalla y teclado

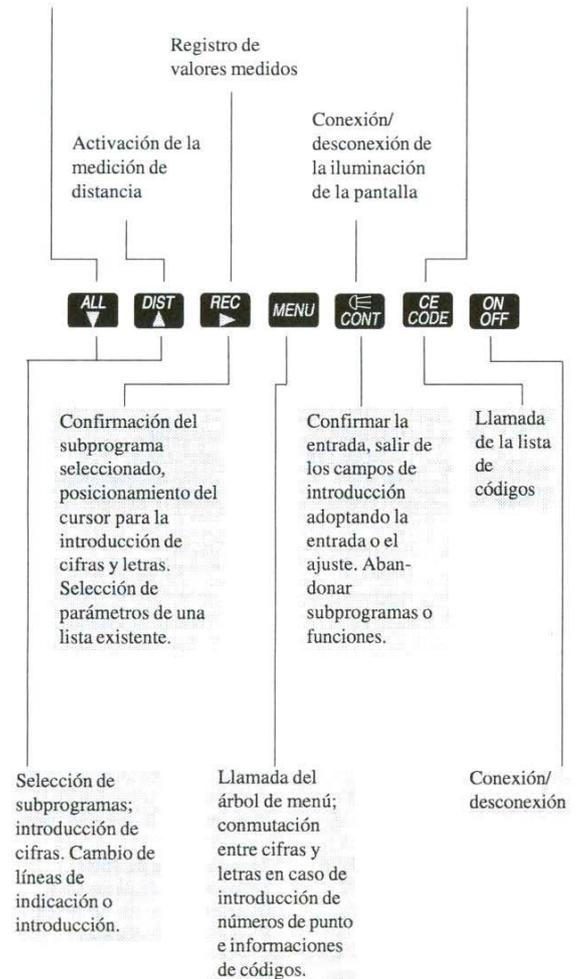


## Función de las teclas:

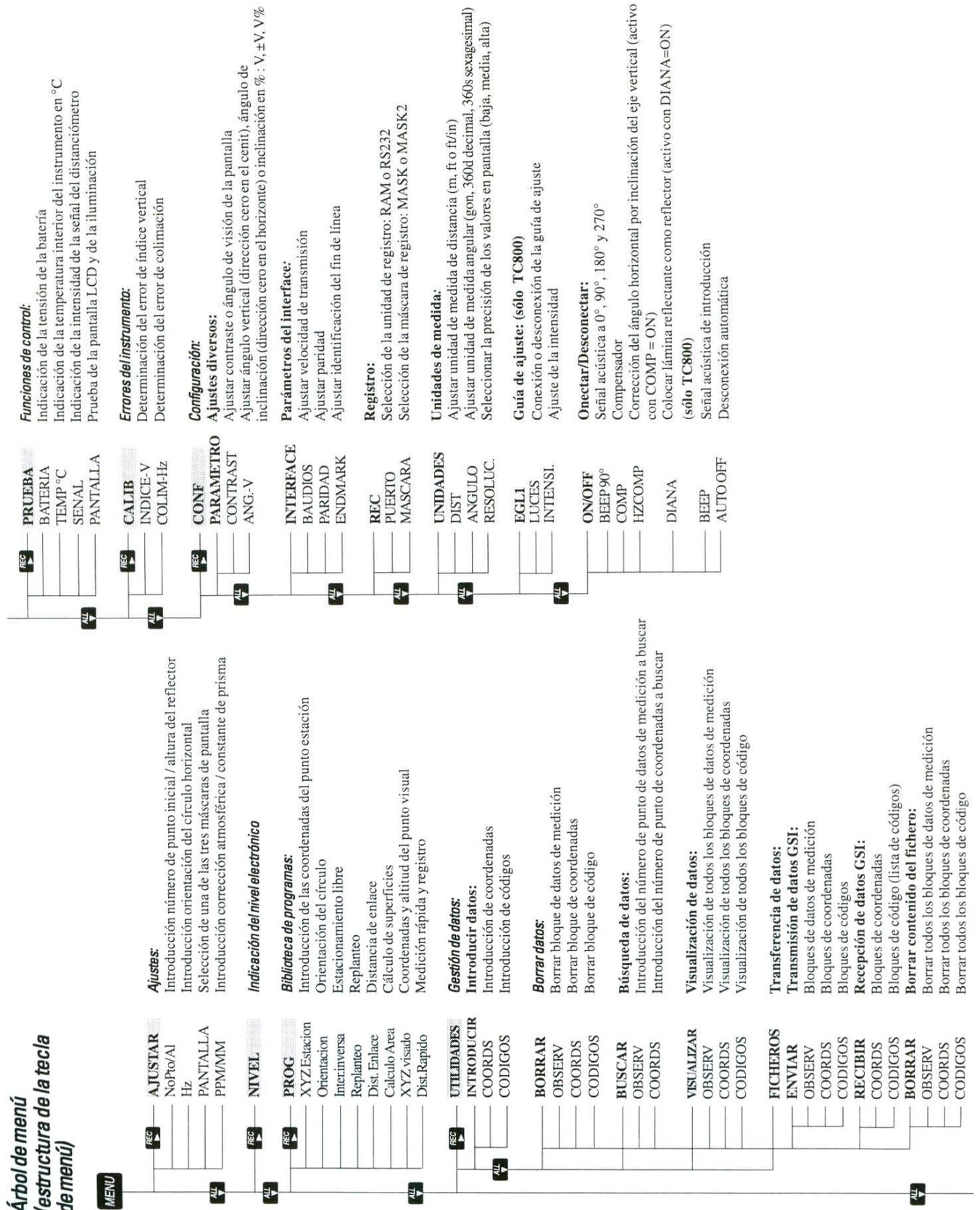
Función de la teclas

Activación simultánea de la medición de distancia y ángulo, incl. registro de datos

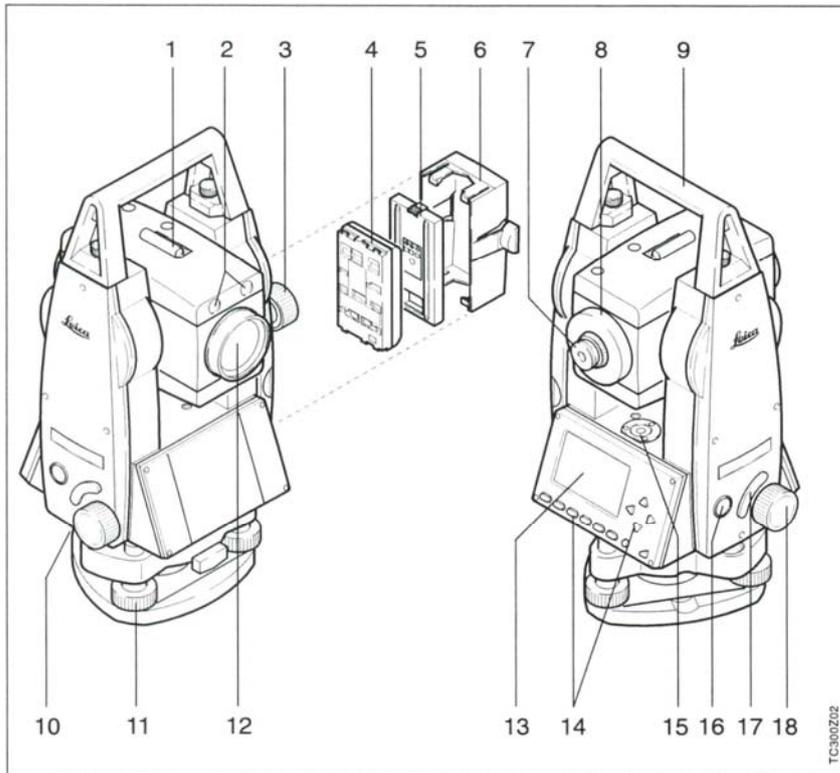
Borrado de los mensajes de error; concluir funciones y abandonar campos de introducción sin adoptar los valores. Abandonar subprogramas o funciones.



## Árbol de menú (estructura de la tecla de menú)



## Leica TC307:



- 1 Dispositivo de puntería
- 2 Auxiliar de puntería integrado EGL (opcional)
- 3 Ajuste fino, vertical
- 4 Batería
- 5 Batería, tapa y distanciador para GEB111
- 6 Tapa de la batería
- 7 Ocular, Enfoque del retículo
- 8 Enfoque de la imagen
- 9 Asa desmontable, con tornillos de fijación
- 10 Interfaz serie RS232
- 11 Tornillo nivelante
- 12 Objetivo con distanciómetro electrónico (EDM) integrado; orificio de salida del rayo de medición
- 13 Pantalla
- 14 Teclado
- 15 Nivel esférico
- 16 Tecla de encendido
- 17 Disparador de la medición
- 18 Ajuste fino, horizontal

## Teclado:

### Teclas fijas

- Medir distancia y ángulos, grabar mediciones.
- Medir distancia y ángulos, visualizar mediciones pero no grabarlas.
- Tecla programable con una función del menú FNC.
- Acceso a los programas de aplicación
- Conecta/desconecta el nivel electrónico, a la vez que activa la plomada láser.
- Cambia al segundo nivel del teclado (EDM, FNC, MENU, Iluminación, ESC) y entre alfanumérico/numérico.
- Borra carácter/campo; detiene medición de distancia.
- Confirmar una introducción, continuar en el campo siguiente.

### Combinaciones de teclas

- EDM** -> +
- Acceso a funciones de medición de distancia y valores de corrección a la distancia (ppm).
- FNC** -> +
- Acceso rápido a funciones auxiliares de la medición.
- MENU** -> +
- Acceso al gestor de datos, parámetros del instrumento y ajustes.
- > +
- Enciende y apaga la iluminación de la pantalla; activación de la calefacción de la pantalla (cuando la temperatura del instrumento baja de -5°C).

**ESC** -> +

Salir de un diálogo o del modo de edición dejando activo el valor "antiguo". Regreso al nivel inmediatamente superior.

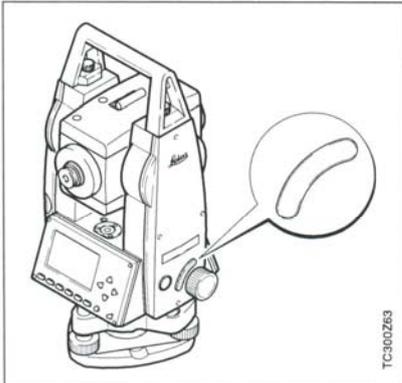
**PgUp**-> +

"Page Up" = Pasar "páginas" hacia atrás, en caso de que en un diálogo haya varias pantallas.

**PgDn**-> +

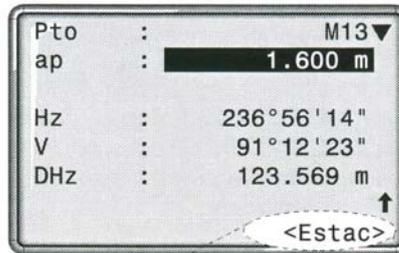
"Page Down" = Pasar "páginas" hacia adelante, en caso de que en un diálogo haya varias pantallas.

## Pantalla y funciones del menú:



Hay tres ajustes posibles para el disparador de la medición. Puede tener asignada la función ALL, la función DIST o estar desconectado.

La tecla se puede activar en el menú de configuración (ver también "Menú / Parámetros del sistema").



<Estac>

Con la expresión tecla de pantalla designamos una selección de comandos que aparecen en la línea inferior de la pantalla. Se accede a ellos con las teclas de navegación y se ejecutan con . Según la función o aplicación activa están disponibles otras teclas de pantalla.

### Teclas de pantalla importantes:

- ACEPT Fijar el valor visualizado y salir del diálogo.
- OK Confirmar el mensaje o diálogo visualizado y salir del diálogo.
- SALIR Abandonar una función/aplicación o un menú antes de finalizar.
- PREV Regresar a la última página activa.
- CONT Continuar en la página siguiente.



Las teclas de pantalla específicas de cada menú o aplicación se explican detalladamente en los capítulos correspondientes.

La **tecla de encendido** está situada en la tapa lateral del TC(R)303/305/307, para evitar desconexiones inintencionadas.



Todas las pantallas representadas en este manual son ejemplos.

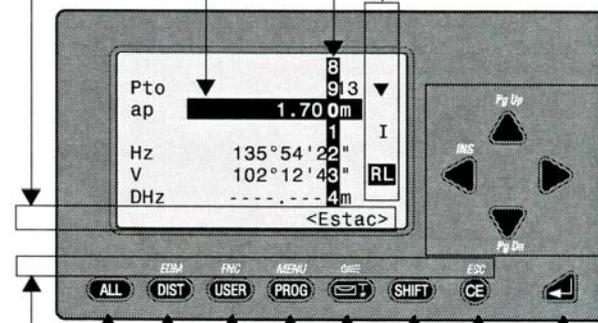
### Teclas de pantalla

### Barra de introducción

#### Foco

Campo de introducción o tecla de pantalla activo/a

#### Símbolos



### Teclas de navegación

Control de la barra de introducción en modo de edición o de introducción y control del foco.

### Teclas fijas del 2º nivel

Funciones incorporadas en el segundo nivel del teclado; se activan con **SHIFT** y la tecla fija correspondiente.

### Teclas fijas

Teclas con una función asignada de manera fija (ENTER, SHIFT).



## NOTAS



## PRÁCTICA 2

### UTILIZACIÓN DE TEODOLITOS

El objeto de esta práctica es adquirir la destreza necesaria en la puesta en estación y utilización de teodolitos.

La puesta en estación de un instrumento topográfico tiene por objeto situarlo sobre el punto del terreno elegido, en la posición teórica adecuada, para efectuar las medidas oportunas.

En el caso de los teodolitos y taquímetros la puesta en estación consta de dos operaciones fundamentales, el centrado y la nivelación, y una opcional que es la orientación:

- **Centrado.** Esta operación consiste en hacer que por el punto de estación pase el eje principal del aparato.

- **Nivelación.** La nivelación de un aparato consiste en situarlo vertical, es decir, conseguir que su eje principal quede en la dirección de la vertical.

- **Orientación.** Orientar un goniómetro significa colimar una referencia con una lectura prefijada en el limbo horizontal.

Una vez efectuado el centrado y la nivelación, el centro del instrumento (intersección del eje principal, el eje de colimación y el secundario) pertenecerá a la vertical del punto.

#### **2.1.- PUESTA EN ESTACIÓN DE UN GONIÓMETRO CON PLOMADA ÓPTICA Y NIVEL DE OBSERVACIÓN DIRECTA. (TC-1000)**

La plomada óptica es un anteojo de centrado que proporciona una visual que coincide, por construcción con el eje principal del instrumento. Consiste esencialmente en un anteojo acodado en el que se monta un prisma rectangular de reflexión total, cuyos objetivo y ocular quedan situados horizontal y vertical respectivamente (Ver práctica 1).

El ocular va provisto de retículo. El prisma quiebra en ángulo recto la visual dirigida a la señal sobre el terreno.

El anteojo de la plomada ofrece pocos aumentos (2x ó 3x) para no reducir en demasía el campo visual y facilitar la puesta en estación.

Además su distancia operativa no supera la altura del aparato. Consta en general de dos enfoques, el correspondiente al retículo mediante giro del anillo ocular, y el correspondiente al objeto por deslizamiento del tubo porta-ocular.

Para iniciar la puesta en estación con la fase de centrado, se sitúa el trípode sobre el punto que interesa adaptando las patas al terreno y con la altura conveniente, según sea la altura del operador; en esta operación se procurará que la meseta del trípode quede aproximadamente horizontal. A continuación se sitúa el goniómetro sobre el trípode, fijándolo mediante el tornillo de anclaje y cuidando de que los tornillos nivelantes se hallen a la mitad de su rango. Si la colocación del trípode ha sido suficientemente aproximada, aparecerá la imagen del punto de estación en el campo de visión de la plomada óptica. Manteniendo una pata del trípode fija en el terreno y observando a través de la plomada óptica, se va dirigiendo la visual al punto de centrado sobre el terreno mediante movimientos de giro y traslación aplicados con las otras dos patas sin rozar el terreno, hasta que la imagen del punto de estación coincida con el centro del retículo de la plomada óptica. En esta situación se procede a clavar con fuerza las tres patas en el terreno (esfuerzo realizado con el pie sobre el regatón en la dirección de la pata) pues ya no se deberán desplazar.

Si en el enfoque de la plomada óptica se produce un error de paralaje no se conseguirá la precisión esperada, del orden del milímetro, en el centrado.

A continuación, alargando o acortando las patas telescópicas del trípode, se cala la burbuja del nivel esférico de la plataforma nivelante del aparato, consiguiendo entonces la verticalidad de la visual con la precisión que proporciona el nivel esférico. Estos movimientos no deben afectar al centrado en terreno llano, pero, en caso de desplazamiento de la señal del centro del retículo, se recupera el centrado con los tornillos nivelantes.

Para la nivelación precisa del aparato se utilizarán los tornillos nivelantes (T1, T2 y T3) de la plataforma y el nivel tubular, cuya burbuja debe finalmente quedar inmóvil cualquiera que sea la dirección que ocupe en un plano horizontal; si el nivel está corregido la burbuja quedará calada (en el centro del nivel) y si estuviera descorregido, quedará, como se verá más adelante, entre sus divisiones de corrección.

Para situar vertical el eje principal del instrumento, suponiendo que se utiliza un nivel corregido, se realizarán las siguientes operaciones:

Primero se sitúa el nivel paralelo a la dirección definida, por ejemplo, por los tornillos T1 y T2 (Figura 2-1 a); actuando sobre dichos tornillos, en sentido inverso y cantidades iguales (Figura 2-2), se cala la burbuja del nivel. Así el eje principal queda situado en un plano vertical aunque pueda no ocupar una posición vertical.

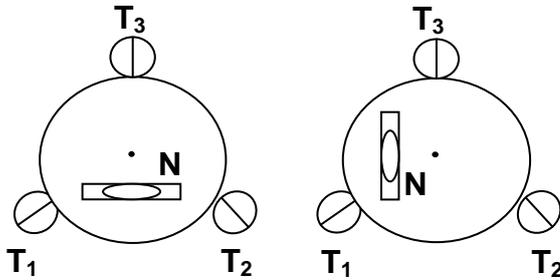


Figura 2-1 a

Figura 2-1- b

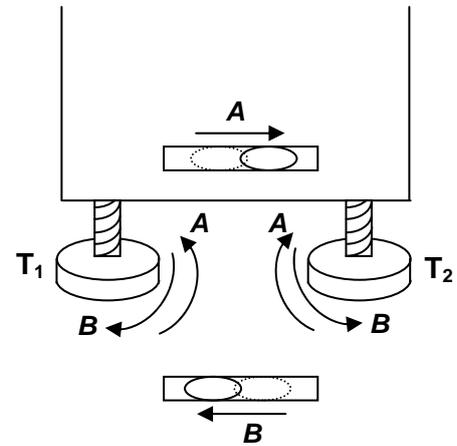


Figura 2-2

A continuación se gira el aparato  $100^\circ$  (Figura 2-1 b), alrededor del eje principal. El nivel queda en una posición perpendicular a la anterior; actuando solo sobre el tercer tornillo, T3, se centra de nuevo la burbuja, pasando el eje principal a ocupar una posición vertical sin salir del plano vertical.

Como en la realidad todas estas operaciones no se realizan con la exactitud requerida, habrá que repetir el proceso descrito hasta que la burbuja quede siempre en la posición deseada.

Si el nivel está descorregido, después de realizar las operaciones anteriores, el eje principal del instrumento no habrá quedado vertical y la burbuja no permanecerá inmóvil en el giro alrededor del eje principal.

Para corregir el nivel y al mismo tiempo situar vertical el eje principal, se sigue el siguiente procedimiento: se vuelve a la posición indicada por la figura 2-1 a y se centra la burbuja si fuera necesario.

A continuación se hace girar  $200^\circ$  al nivel, con lo que habrá pasado a una posición paralela a la anterior (Figura 2-1 c).

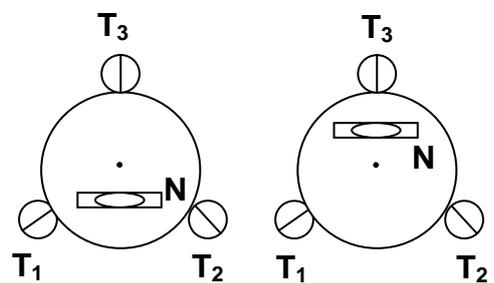


Figura 2-1 a

Figura 2-1 c

Si el nivel está descorregido la burbuja se desplaza una cierta cantidad, medida en divisiones de nivel ( $2n$ ). Con los tornillos de nivelación se hace retroceder a la burbuja la mitad del desplazamiento que ha experimentado ( $n$  divisiones).

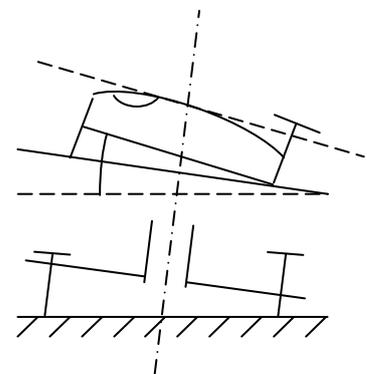
Aunque no es necesario, si se desea corregir el nivel, se hará retroceder la otra mitad con el tornillo de reglaje propio del nivel.

A continuación se gira de nuevo el instrumento<sup>100</sup> alrededor del eje principal (Figura 2-1 b) y se cala la burbuja en la posición del paso anterior.

Todos los pasos indicados anteriormente, tanto en el caso de nivel corregido como en el de descorregido, se repiten hasta que la burbuja no sufra desplazamiento alguno en el giro del instrumento alrededor del eje principal.

Es muy importante indicar que si el nivel está descorregido no conviene tocar los tornillos de corrección de los instrumentos; se puede seguir utilizándolo sin más que determinar las **divisiones de corrección o de reglaje**. Esta operación se lleva a cabo realizando sólo el primero de los movimientos descritos anteriormente: el eje principal es vertical y la tangente en el punto medio de la burbuja es horizontal.

La burbuja se encuentra entre unas divisiones distintas de las centrales, a estas divisiones se les llama divisiones de corrección o de reglaje y permiten la perfecta nivelación del aparato aunque el nivel esté descorregido. A la tangente en el centro de estas divisiones de corrección se le llama **directriz momentánea** (Figura 2-3).



**Figura 2-3**

La burbuja debe quedar permanentemente centrada entre estas divisiones; si no lo hace es que están mal determinadas.

**Una vez conseguida la nivelación del aparato hay que tener mucho cuidado para no tocar el trípode y realizar todos los movimientos con suavidad para no desnivelarlo.**

Una vez nivelado el instrumento se comprueba si ha habido desplazamiento del centro del retículo de la plomada óptica respecto de la señal del terreno, debido a la variación de la posición de los tornillos nivelantes; si ha sido así, se desbloquea ligeramente el tornillo de anclaje y, cogiendo el instrumento por su plataforma nivelante, se rectifica el centrado desplazando ligeramente el instrumento por el orificio de la meseta del trípode. Posteriormente, habrá que repetir la nivelación del instrumento puesto que con el movimiento de traslación del aparato sobre la meseta del trípode, la nivelación se habrá perdido.

Se repetirá este procedimiento hasta que la señal quede centrada y la burbuja calada en cualquier dirección.

### **2.1.1.- COMPROBACIÓN DE LA PLOMADA ÓPTICA**

Cuando la plomada óptica es solidaria de la alidada puede realizarse su comprobación en el campo con gran precisión.

Mirando continuamente por el anteojo de la plomada tras la puesta en estación, se va girando el instrumento alrededor de su eje vertical hasta completar una vuelta; si el punto estación no se ha movido del centro del retículo no existirá error. Ahora bien, si el centro del retículo describe una circunferencia sobre el terreno, el eje de colimación de la plomada no coincide con el eje principal del instrumento.

Para el reglaje de la plomada óptica se procede de la siguiente forma: después de haber nivelado el aparato, se hace una marca sobre el terreno, según la visual, en el punto de centrado, luego se gira la alidada  $200^{\circ}$ , se marca el punto señalado por la visual, y a continuación el punto medio del segmento formado por las dos marcas; por último se desplazan los hilos del retículo, mediante sus tornillos de corrección, hasta situarlos sobre este punto medio. Se comprueba el resultado y, si no se ha conseguido el reglaje total, se vuelve a aplicar el mismo procedimiento.

**En ningún caso, esta operación debe ser realizada por un operador inexperto.**

### **2.2.- PUESTA EN ESTACIÓN DE UN GONIÓMETRO CON PLOMADA ÓPTICA Y NIVEL ELECTRÓNICO. (TC-600)**

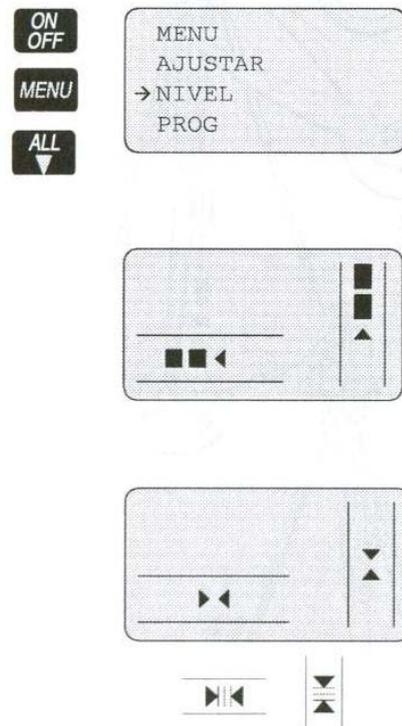
En el caso de utilización de teodolitos electrónicos que incorporen electro-nivel y plomada óptica, el único cambio apreciable, respecto de lo expuesto en el apartado anterior, radica en la observación de la posición de la burbuja del nivel que no es directa, sino que aparece reflejada, mediante símbolos o esquemas, en la pantalla de lectura. Por otro lado tampoco es necesario aplicar al instrumento el giro de  $100^{\circ}$  alrededor del eje principal pues, en la misma pantalla, aparece la información de dos niveles colocados perpendicularmente; el que aparece en posición horizontal es el que se coloca paralelamente a los tornillos nivelantes T1 y T2 procediéndose al calado de la burbuja como en los casos anteriores, mientras que el que aparece en posición perpendicular al anterior se calará actuando única y exclusivamente sobre el tornillo T3.

En el caso de la TC600, modelo que con estas características se usa en las prácticas de la asignatura, la forma de llegar a la pantalla antes mencionada es la siguiente:

Una vez presionada la tecla de puesta en marcha (ON/OFF), se presiona la tecla de menú (MENU) y con la tecla de navegación hacia abajo se elige el submenú "NIVEL", se confirma la entrada con la tecla de continuación (CONT).

En el caso de nivelación insuficiente, la simbología adoptada presenta una serie de cuadraditos negros, en un sentido u otro, según sea la magnitud y el sentido del desplazamiento de la burbuja.

**La nivelación será correcta cuando desaparezcan todos los cuadraditos y queden solo, enfrentados, dos triangulitos negros o una marquita vertical entre ellos.**



### 2.3.- PUESTA EN ESTACIÓN DE UN GONIÓMETRO CON PLOMADA LÁSER Y NIVEL ELECTRÓNICO. (TC-307)

La plomada láser integrada en el teodolito o taquímetro genera un rayo láser que emerge por la parte inferior del mismo en dirección del eje principal, proyectando un círculo rojo sobre el terreno en el punto de incidencia del rayo.

El tipo de láser utilizado suele ser de clase 2 por lo que, en condiciones normales de uso no es perjudicial para las personas. La protección del ojo queda asegurada mediante reflejos naturales como es el desviar la vista del rayo o cerrar los ojos.

En el caso de utilización de teodolitos electrónicos que incorporen electro-nivel y plomada láser se procede de igual modo que en el caso anterior en la fase de nivelación y de modo muy similar en la fase de centrado.

En el centrado con plomada láser se cubrirán los siguientes pasos:

a) Después de colocar el aparato sobre la meseta del trípode y apretar ligeramente el tornillo de anclaje, se conecta la plomada presionando la tecla adecuada.

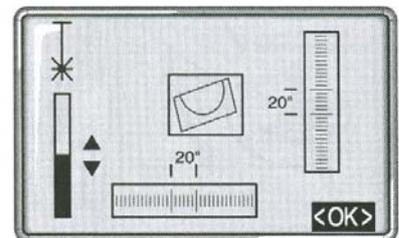
b) A continuación se colocan las patas del trípode de manera que el láser incida en el terreno en el punto de estación, se clavan firmemente las patas del trípode y con los tornillos nivelantes, que se habrá cuidado antes de montar el aparato estuvieran a mitad de rango, se centra de nuevo el rayo sobre el punto de estación.

c) Se pasa a continuación a la fase de nivelación como se ha descrito en el apartado 2.2: primero se cala el nivel esférico, actuando sobre las patas del trípode, y después el tórico con los tornillos de nivelación.

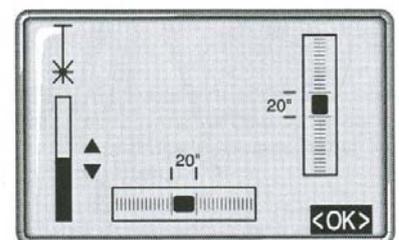
d) Se comprueba de nuevo el centrado, se corrige si fuese necesario y se repite la nivelación, volviendo a empezar esta fase hasta que centrado y nivelación sean correctos.

Las instrucciones particulares del taquímetro electrónico de estas características usado en las prácticas de la asignatura, modelo TC307 de la casa Leica, son las siguientes:

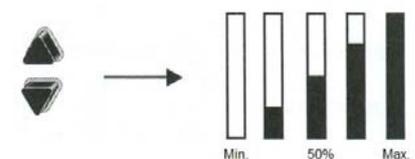
Presionar la tecla de conexión / desconexión de plomada láser y nivel electrónico para obtener, en general, la pantalla de la figura anexa que corresponde al caso de falta de horizontalidad del aparato, por lo que, además de los esquemas de nivel y plomada láser, aparece el símbolo de un nivel inclinado



El instrumento estará nivelado cuando el símbolo de la burbuja quede entre las divisiones centrales.



La intensidad del láser puede ser cambiada, cuando las condiciones externas y la naturaleza del terreno así lo exijan, presionando las teclas de navegación hacia arriba o hacia abajo para ajustar la intensidad del láser en pasos de 25%. La tecla de confirmación finalizará la elección.



Por último, presionando la tecla de conexión / desconexión del principio se vuelve a la pantalla de medida.

## **2.4.- CASO PARTICULAR DE ESTACIONAMIENTO CON ESTRELLA PARA TRÍPODE, O SOBRE PLATAFORMAS LISAS DE SUELO PAVIMENTADO.**

### **a) Estacionamiento con estrella para trípode.**

La estrella de trípode se utiliza para poder fijar las patas del trípode cuando no se encuentra apoyo suficiente en el suelo o no deban, o no puedan hundirse en él. El punto de estacionamiento se encuentra en el interior del triángulo que forman las puntas de la estrella.

Para estacionar el goniómetro se extienden las patas del trípode de igual forma que en un estacionamiento habitual, pero ahora los extremos de las patas quedarán encajados en los puntos determinados por la estrella. A continuación se sitúa el instrumento sobre la meseta del trípode y utilizando la plomada óptica se comprueba el centrado; en general el centro del retículo de la plomada óptica y la señal del terreno no coincidirán, por lo que, actuando sobre los tornillos nivelantes, se procederá al centrado del instrumento sobre la señal.

Después se cala la burbuja del nivel esférico subiendo y bajando las patas del trípode y se comprueba nuevamente el centrado; si éste ha variado, bastará con aflojar el tornillo de anclaje y desplazar el instrumento sobre la meseta del trípode para restituir la puntería a la señal del terreno.

Finalmente se procederá a la nivelación definitiva, con ayuda del nivel tórico, siguiendo el procedimiento indicado en esta práctica.

En el caso en que los extremos de las patas del trípode se tengan que situar en puntos prefijados del terreno, sin tener la posibilidad de elegir su ubicación, se realizarán las mismas operaciones que las descritas en el estacionamiento con estrella.

### **b) Estacionamiento sobre plataformas lisas de suelo pavimentado.**

En este caso habrá que buscar sobre el terreno los puntos que afiancen el estacionamiento y eviten que las patas del trípode se deslicen en la plataforma. Dichos puntos podrían ser ranuras entre baldosas, rugosidades en la superficie, desconchaduras, etc. Así se consigue situar las patas del trípode formando un triángulo, más o menos equilátero, que contenga al punto sobre el que se va a estacionar. Para la operación de estacionamiento se seguirán las indicaciones del apartado anterior.

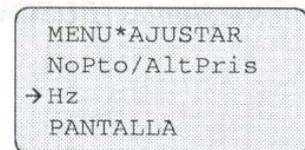
## 2.5.-ORIENTACIÓN DE UN TEODOLITO.

La orientación de un teodolito, operación siempre posterior al centrado y a la nivelación, seguirá reglas distintas según sea óptico u electrónico.

En los ópticos, se opera de forma adecuada, dependiendo de los tornillos de movimiento general que instale. (ver rutina según instrumento). En los electrónicos se sigue la rutina marcada por los menús de cada instrumento.

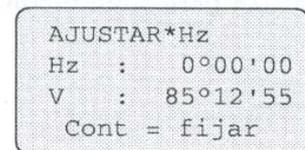
**En la TC600 existen dos variantes** según se pretenda que la lectura en el círculo horizontal sea  $0^{\circ}00'00''$ , ó bien una lectura cualquiera.

Para los dos casos la primera operación es entrar en "MENU" y elegir el submenú "Hz" presionando la tecla "REC".



```
MENU*AJUSTAR
NoPto/AltPris
→Hz
PANTALLA
```

El aparato ofrecerá la lectura  $0^{\circ}00'00''$  para el círculo horizontal; si es ésta la lectura deseada se acepta con "CONT", se colima con gran precisión la referencia elegida y se vuelve a presionar la tecla "CONT".



```
AJUSTAR*Hz
Hz : 0°00'00
V : 85°12'55
Cont = fijar
```

Así queda asignada la lectura deseada al punto elegido. A continuación se vuelve a la pantalla de medición.

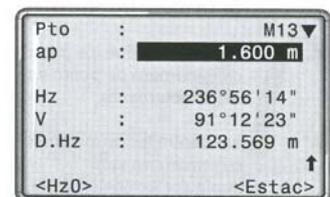
Para la segunda variante, cuando el aparato ofrezca la lectura  $0^{\circ}00'00''$ , en lugar de aceptarla se gira el instrumento con el movimiento rápido y el lento hasta conseguir la lectura deseada; se presiona "CONT" para fijar el valor y se sigue la rutina anterior para colimar la referencia.

**En la TC307 también existen las mismas variantes:**

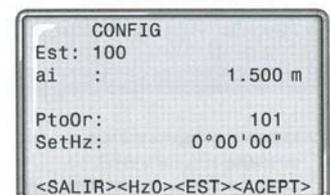
**Primer caso:** en la pantalla de medición tipo aparece, en la parte inferior izquierda, la opción <Hz0>

Bastará elegirla con la tecla de confirmación para que, en el punto colimado, aparezca la lectura deseada.

**Segundo caso:** se elige la opción <Estac> situada en la parte inferior derecha de la pantalla, que da entrada a la posibilidad de definición de la estación y la orientación.



```
Pto : M13
ap : 1.600 m
Hz : 236°56'14"
V : 91°12'23"
D.Hz : 123.569 m
<Hz0> <Estac>
```



```
CONFIG
Est: 100
ai : 1.500 m
Pto0r: 101
SetHz: 0°00'00"
<SALIR><Hz0><EST><ACEPT>
```

Se editan los distintos campos y se introducen manualmente los valores adecuados, confirmando después de cada introducción. La opción <ACEPT> registra los valores introducidos y vuelve a activar la pantalla de medición.



## NOTAS



## PRÁCTICA 8

### VERIFICACIÓN DE UN TEODOLITO

El objeto de esta práctica es verificar el estado del teodolito, es decir, detectar la posible presencia de errores sistemáticos como:

- COLIMACIÓN HORIZONTAL
- INCLINACIÓN DEL EJE DE MUÑONES
- COLIMACIÓN VERTICAL, determinar su influencia en las lecturas angulares y calcular la cuantía de los mismos.

En la exposición teórica previa incluida se está suponiendo que en el instrumento utilizado no existe error en los círculos graduados ni en el retículo y que se ha realizado previamente la comprobación del nivel de alidada.

Los instrumentos óptico-electrónicos incorporan subrutinas de determinación del estado del instrumento que serán comentadas en el último apartado.

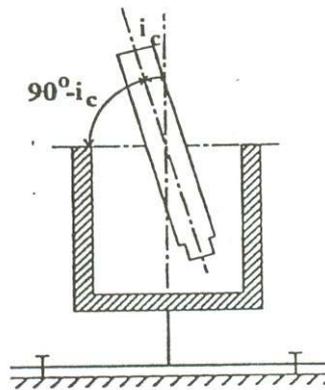
Para llevar a cabo las operaciones de comprobación no es necesario estacionar sobre un punto concreto del terreno bastando, para la puesta en estación del instrumento, proceder únicamente a la nivelación del mismo. Por otro lado si será importante la correcta elección de visuales.

#### **8.1.- Error de COLIMACIÓN HORIZONTAL o falta de perpendicularidad entre el eje de colimación y el eje secundario o de muñones.**

En un teodolito el eje de colimación ha de ser perpendicular al eje secundario o de muñones.

Si esta condición no se cumple y el eje de colimación se encuentra desviado un ángulo  $i_c$  respecto a su posición correcta (Figura: 8-1), se dirá que dicho instrumento presenta un error de colimación horizontal de magnitud  $i_c$ .

En su giro alrededor del eje de muñones, el eje de colimación no describirá un plano vertical sino dos conos de revolución, opuestos por el vértice, y centrados en la intersección de ambos ejes.



**Figura 8-1**

Las consecuencias derivadas de este hecho son prácticamente inapreciables en lecturas verticales; en las horizontales se ha podido comprobar, en el desarrollo analítico, que la influencia del error es considerable y responde a una expresión del tipo:

$$e_c = \frac{i_c}{\cos h}$$

$e_c$  : influencia del error de colimación

$i_c$  : inclinación del eje de colimación

$h$ : ángulo de inclinación ( $h = 100 - V$ )

$v$  : distancia cenital

Para detectar y calcular este error se opera en un plano horizontal (visual horizontal) ya que en él no tiene influencia un posible error de muñones.

Una vez estacionado el teodolito, en posición de CD y con el anteojo horizontal, se busca un punto bien definido, se colima y se anotan las lecturas acimutal ( $L_{CD}$ ) y cenital ( $V_{CD}$ ); se da vuelta de campana, y en posición de CI se colima de nuevo el punto, anotando también las lecturas angulares ( $L_{CI}$  y  $V_{CI}$ ).

Si el aparato no tiene error de colimación horizontal, las lecturas acimutales, prescindiendo de los  $200^g$  de la vuelta de campana, deben ser iguales; si esto no sucede así el error está presente y, según el desarrollo teórico, su magnitud responde a la expresión

$$i_c = \frac{L_{CD} - (L_{CI} - 200^g)}{2} \quad , \text{ ya que } i_c = e_c \text{ para } V = 100^g$$

El paréntesis que aparece en la ecuación es la reducción de círculo inverso a círculo directo, por lo que el valor resultante debe ser siempre positivo. Si no lo fuera se convertirá a positivo sumándole una vuelta completa (En el caso expuesto de sistema centesimal:  $400^g$ ).

La lectura acimutal correcta puede obtenerse de dos formas distintas:

- Corrigiendo las lecturas realizadas de la influencia obtenida:

$$L_{correcta} = L_{CD} + e_c$$

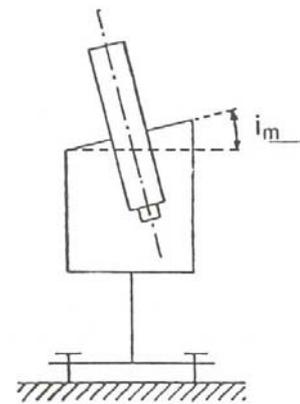
- O bien haciendo el promedio entre ambas:

$$L_{correcta} = \frac{LCD + (LCI - 200^g)}{2}$$

### 8.2.- Error de INCLINACIÓN del EJE MUÑONES o falta de perpendicularidad entre el eje principal y el secundario o de muñones.

En un teodolito el eje secundario o de muñones ha de ser perpendicular al eje principal.

Si esta condición no se cumple y el eje de muñones se encuentra desviado un ángulo  $i_m$  respecto a su posición correcta (Figura 8-2), se dirá que dicho instrumento presenta un error de muñones de magnitud  $i_m$ .



**Figura 8-2**

En su giro alrededor del eje de muñones, el eje de colimación describirá, en este caso, no un plano vertical sino uno inclinado que formará con el anterior un ángulo  $i_m$ .

La influencia de esta inclinación del eje de muñones es prácticamente despreciable en lecturas verticales, mientras que en las acimutales, según ha sido obtenido en el desarrollo analítico del error, responde a la expresión siguiente:

$$e_m = i_m \cdot tg v$$

$e_m$  : influencia del error de muñones

$i_m$  : inclinación del eje de muñones

$v$  : ángulo de inclinación ( $v = 100 - V$ )

$v$  : distancia cenital

Puede observarse que este error no se manifiesta en visuales horizontales ( $v = 100^g$ ); esta circunstancia justifica el orden aplicado a la detección de los errores que tienen influencia sobre las mismas lecturas: primero el error de colimación horizontal y posteriormente el de muñones.

Para detectar y calcular el error se realizan las siguientes operaciones: una vez estacionado el aparato y, por ejemplo, en posición de CD se visa a un punto bien definido y de gran inclinación ( $V$  pequeño), anotándose lecturas

acimutal ( $L_{CD}$ ) y cenital ( $V_{CD}$ ); se da vuelta de campana, y en posición de CI se colima de nuevo el punto, anotando también las lecturas angulares ( $L_{CI}$  y  $V_{CI}$ ).

En teoría la diferencia entre las lecturas acimutales, en ambas posiciones del instrumento, debería ser de  $200^g$ ; si esto no se verifica y la diferencia encontrada es superior al posible error de lectura, reflejará la influencia conjunta posible del error de colimación horizontal y del de muñones, es decir:

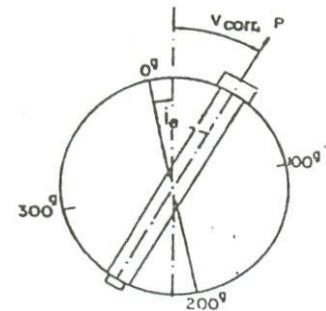
$$\frac{L_{CD} - (L_{CI} - 200^g)}{2} = e_c + e_m \quad , \quad \text{ya que } v \neq 100g.$$

### 8.3.- Error de COLIMACIÓN VERTICAL. Error de ECLÍMETRO.

El error de colimación vertical es un error sistemático constante del teodolito que afecta única y exclusivamente a las lecturas efectuadas en el círculo vertical.

Es debido a una falta de paralelismo entre el eje de colimación y la línea de índices de la alidada vertical o a un mal posicionamiento del cero del limbo vertical (error de eclímetro) (Figura 8-3)

Como son análogas las consecuencias, sea cual sea la causa de error, se hace el estudio del mismo en el caso de error de eclímetro.



**Figura 8-3**

**Nota:** En el desarrollo de este error se está suponiendo una configuración de círculo vertical de limbo fijo, línea de índices móvil y con origen cenital.

Si el instrumento está en perfectas condiciones, la posición del limbo vertical respecto del índice de medida debe ser tal que, una vez nivelado el instrumento, la lectura correspondiente a una visual horizontal sea  $100^g$ , si el instrumento mide ángulos cenitales, ó  $0^g$  si mide ángulos de pendiente. Si no se cumple esta condición se dice que el aparato está afectado de un error de colimación vertical (en este caso eclímetro)  $i_e$ .

La influencia de este error ( $e_e$ ) es una diferencia constante entre la lectura vertical que se hace y la que se debería hacer, que coincide con la magnitud del error :

$$e_e = i_e = \text{constante}$$

Para detectar y calcular el error se realizan las siguientes operaciones: una vez estacionado el aparato y, por ejemplo, en posición de CD se visa a un punto bien definido, anotándose lectura cenital ( $V_{CD}$ ); se da la vuelta de

campana, y en posición de CI se colima de nuevo el punto, anotando también la lectura cenital ( $V_{CI}$ ).

Si el aparato no presenta error de eclímetro, las lecturas realizadas en ambas posiciones deben sumar  $400^g$ ; si esto no sucede así y la diferencia encontrada supera al posible error de lectura, se dice que el instrumento adolece de un error de eclímetro; su cálculo se realiza a partir de la expresión:

$$i_e = \frac{V_{CD} + V_{CI} - 400^g}{2}, \text{ ya que } i_e = e_e.$$

La lectura correcta puede obtenerse corrigiendo las lecturas realizadas de la influencia obtenida:

$$V_{correcta} = V_{CD} - e_c$$

Los razonamientos expuestos serán aplicables a cualquier tipo de configuración de círculo vertical.

Es importante destacar el caso en que, estando el instrumento carente de error de colimación vertical, no esté exactamente nivelado. En este caso las lecturas verticales sumarán  $400^g$ , aunque no sean correctas, ya que el origen de medidas no está en la dirección del cénit; esto es debido a la precisión limitada del nivel de alidada, por lo que, para conseguir una mayor exactitud en dichas lecturas, se monta en los instrumentos un nivel de eclímetro o un eclímetro automático, solidario del círculo vertical, que garantiza una mayor precisión en la verticalidad de la línea origen de ángulos verticales. Si el elemento montado es un nivel de eclímetro deberá calarse antes de hacer cualquier lectura vertical.

### **8.5. Normas de ejecución de la práctica.**

Si bien la teoría expuesta en los apartados anteriores es una teoría general, la ejecución difiere ligeramente en el caso de los instrumentos electrónicos ya que éstos archivan en su memoria los valores de los errores sistemáticos obtenidos en la última determinación, y las lecturas que proporcionan son lecturas corregidas de su influencia.

En las líneas que siguen se describirán los procedimientos específicos de los taquímetros electrónicos TC-600 y TC-307 presentados en las prácticas anteriores.

a) **Error de colimación horizontal.**

En el entorno del que será el punto de estación se eligen en primer lugar tres referencias bien definidas (A, B y C) cuya distancia cenital (V) sea prácticamente horizontal. (Los taquímetros electrónicos, frecuentemente, admiten un margen de  $\pm 5^g$ )

Una vez nivelado el instrumento se procede a la colimación sucesiva de las referencias en CD y CI y la anotación de las lecturas acimutales y cenitales que permitirán proceder al cálculo del error. En el caso de los electrónicos, las lecturas se conseguirán internamente entrando en el menú correspondiente

**TC-600:**

Se presiona la tecla MENÚ y mediante las flechas de desplazamiento y confirmación se elige CALIB (calibración).

El submenú ofrece dos posibilidades; se elige COLIM Hz

En la pantalla siguiente y bajo el título del submenú aparece el valor memorizado (C), el hueco para el nuevo valor (Cnuev) y, en la última línea, la acción a ejecutar.

Estas acciones, que se confirman con la tecla CONT, son, sucesivamente, >Apuntar<, >Otra posición?< y, una vez calculado el nuevo valor, la pregunta >Cambiar valor?<.



La presión sobre la tecla CONT sustituirá definitivamente el valor antiguo por el nuevo; la presión sobre CE abandonará el subprograma.

### TC-307:

Se presionan sucesivamente las teclas SHIFT y PROG; después y mediante las flechas de desplazamiento y confirmación se elige en el menú la opción CALIBRACIÓN.

El submenú ofrece dos opciones en subrutinas, COLIMACION Hz (error de colimación horizontal) e INDICE VERTICAL (error de eclímetro), y las posibilidades (teclas de pantalla) <SALIR> y <VER>

La primera conduce a la pantalla estándar de medida y la segunda presenta los valores residentes en memoria para los dos errores. Si se opta por esta última posibilidad se regresa al submenú mediante la tecla de pantalla <PREV>.

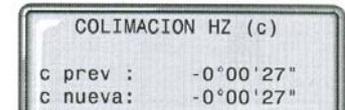
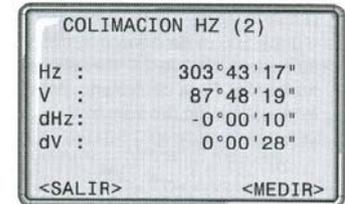
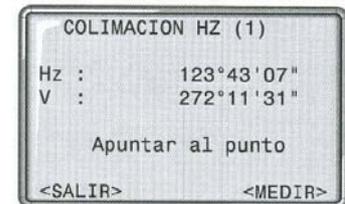
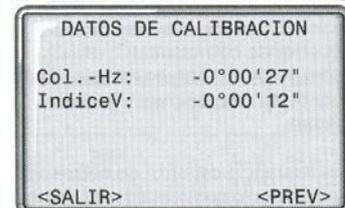
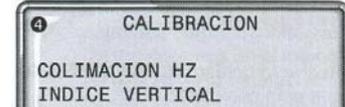
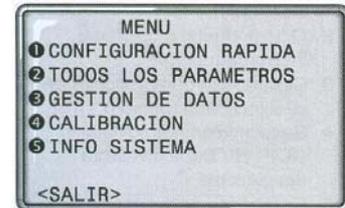
En el caso en estudio se elige COLIMACIÓN Hz, elección que conduce a la primera pantalla del proceso dónde, tras los valores de ángulo horizontal (Hz) y vertical (V) presenta la acción a ejecutar por el observador: "Apuntar al punto". La aplicación de la tecla de pantalla <MEDIR> introduce la acción siguiente: "vuelta de campana" y cuando ésta es ejecutada aparece la segunda pantalla del proceso, dónde tras colimar de nuevo el punto se puede leer el ángulo horizontal, el vertical, la diferencia de lecturas horizontales (dHz) en las dos posiciones del aparato y la diferencia de lecturas verticales (dV).

Una vez confirmada la introducción en memoria de los valores angulares expuestos, mediante la tecla de pantalla <MEDIR>, el microprocesador calcula el error de colimación y muestra en pantalla el valor antiguo (c prev) y el nuevo (c nueva).

Las teclas de pantalla <ACEPT> y <SALIR> culminarán el proceso, sustituyendo un valor por otro en el primer caso y manteniendo el valor antiguo en el segundo.

El procedimiento descrito se repetirá en las tres estaciones elegidas, se anotará el valor del error obtenido y se abandonará siempre la subrutina con la tecla <SALIR>.

Por último se calculará el valor más probable del error y su e.m.c.



**b) Error de muñones.**

En el entorno del que será el punto de estación se eligen en primer lugar tres referencias bien definidas (D, E y F) cuya lectura cenital (V) sea lo más grande posible.

Una vez nivelado el instrumento se procede a la colimación sucesiva de las referencias en CD y CI y la anotación de las lecturas acimutales y cenitales que permitirán proceder al cálculo del error. En el caso de los instrumentos electrónicos no está implementada esta posibilidad por ser muy precisos los ajustes actuales .

**c) Error de colimación vertical (error de eclímetro).**

En el entorno del punto de estación se eligen tres referencias bien definidas en las que se pueda asegurar una colimación vertical muy buena.

Una vez nivelado con extremo cuidado el instrumento se procede a la colimación sucesiva de las referencias en CD y CI y la anotación de las lecturas cenitales que permitirán proceder al cálculo del error. En el caso de los instrumentos electrónicos la cadencia a seguir es totalmente análoga a la descrita en el error de colimación horizontal. La sucesión de pantallas es, en este caso,

	<b>TC-600</b>	<b>TC-307</b>
<p>MENU    ALL           ▼</p> <p>REC ▶</p> <p>ALL ▼</p> <p>REC ▶</p> <p>CONT ⏪</p> <p>CONT ⏪</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             MENU UTILIDADES PRUEBA →CALIB         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             MENU*CALIB → INDICE-V COLIM-Hz         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             CALIB*INDICE-V I : 0°00'00 Inuev: ---- &gt;Medir Indice&lt;         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             &gt; Apuntar &lt; &gt; Wait &lt; &gt;Otra posicion?&lt; &gt; Wait &lt; &gt;Cambiar valor? &lt;         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">             CALIB*INDICE-V I : 0°00'00 Inuev: ---- &gt;Cambiar valor?&lt;         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             CALIBRACION COLIMACION HZ INDICE VERTICAL         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             INDICE VERTICAL (1) Hz : 123°43'07" V : 272°11'31"  Apuntar al punto &lt;SALIR&gt;            &lt;MEDIR&gt;         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">             INDICE VERTICAL (2) Hz : 303°43'17" V : 87°48'19" dHz: -0°00'10" dV : 0°00'28" &lt;SALIR&gt;            &lt;MEDIR&gt;         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">             INDICE VERTICAL (i) i prev : -0°00'27" i nueva: -0°00'27"         </div>

y las posibles salidas de las subrutinas son exactamente igual.

El procedimiento se repetirá también en las tres estaciones elegidas, se anotará el valor del error obtenido y se abandonará siempre la subrutina con la tecla <SALIR>.

Por último se calculará el valor más probable del error y su error medio cuadrático.

### RESUMEN DE CÁLCULO

Por observación:

$$\text{Error Total, } E_T = \frac{H_{CD} - (H_{CI} \pm 200^s)}{2}$$

Por errores:

$$\text{Error Total, } E_T = e_c + e_m = \frac{i_c}{\cos h} + i_m \cdot tgh$$

$$\text{Siendo, } h = 100^s - V$$

En observaciones horizontales ( $V = 100^s \Rightarrow h = 0$ )

$$i_c = E_T$$

En observaciones inclinadas ( $V \neq 100^s \Rightarrow h \neq 0$ )

$$i_m = \frac{E_T - \frac{i_c}{\cos h}}{tgh}$$



## **NOTAS Y CÁLCULOS**





<b>P 8</b>	<b>ERRORES DEL TEODOLITO</b>	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Curso 1°	Grupo N°

Todos los valores de error se darán redondeados al segundo centesimal <sup>cc</sup>					Valor más probable del error
Error a detectar	Punto visado	Lecturas a Referencia		Influencia de los errores en las lecturas $E_T = \frac{H_{CD} - (H_{CI} \pm 200^s)}{2}$	
		Acimutal	Cenital		
Colimación horizontal <b><math>i_c</math></b>	<b>A</b>	CD	CD	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	$i_c =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>
		CI	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
		CD	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
	<b>B</b>	CD	CD	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	$i_c =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>
		CI	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
		CD	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
Muñones <b><math>i_m</math></b>	<b>D</b>	CD	CD	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	$i_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>
		CI	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
		CD	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
	<b>E</b>	CD	CD	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	$i_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>
		CI	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
		CD	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
<b>F</b>	CD	CD	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>	$i_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>	
	CI	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>		
	CD	CI	$E_T = e_c + e_m =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup>		

Colimación vertical <b><math>i_e</math></b>		CD			$i_e =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>
		CI			
		CD			
		CD			$i_e =$ <input type="text"/> <sup>cc</sup> <b>S. M. C. t<sub>g</sub> =</b> <input type="text"/> <sup>cc</sup>
		CI			
		CD			



## PRÁCTICA 3

### OBSERVACIÓN Y CÁLCULO DE UNA VUELTA DE HORIZONTE

El objeto de la práctica es la observación, desde un punto del terreno que presente un horizonte despejado, de dos vueltas de horizonte sobre cinco referencias: una de ellas con el teodolito sin orientar y la otra con el teodolito orientado,

#### **3.1.- ELECCIÓN DE LAS REFERENCIAS.**

Antes de proceder a la observación y cálculo de la vuelta de horizonte es fundamental la correcta elección de referencias.

Se procurará que estas referencias, que constituyen los puntos a visar, queden distribuidas regularmente en los 400<sup>g</sup> del entorno del punto estación.

En su elección se seguirán ciertas normas; las más habituales son las siguientes:

- Serán puntos suficientemente alejados.
- Inmóviles, fáciles de localizar.
- Con buena visibilidad.
- Que ofrezcan puntería bien definida, tanto vertical como horizontalmente.

#### **3.2.- MÉTODO DE OBSERVACIÓN.**

Una vez elegidas las referencias (Figura 3-1), se estaciona el instrumento sobre el punto elegido, y se procede a la observación de la vuelta, primero sin orientar el teodolito y después con el teodolito orientado.

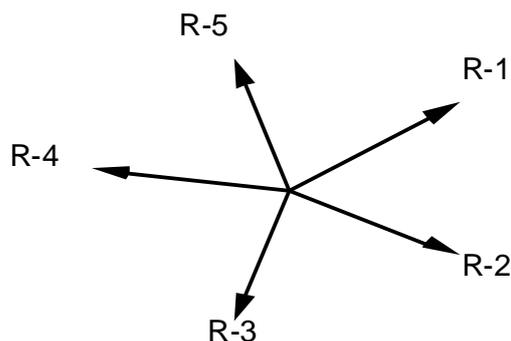


FIGURA 3-1

### **3.2.1.- Observación con instrumento sin orientar.**

Se toma como origen la referencia que ofrezca la mejor puntería, (R-1), y luego se asigna un nombre o un número a las otras referencias siguiendo el sentido retrógrado (el de las agujas del reloj).

Se comienza por visar a R-1 en una posición del aparato, normalmente en CD, y se toman las lecturas acimutal y cenital correspondientes.

A continuación, girando el instrumento en sentido retrógrado, se visa a la referencia siguiente R-2 y se toman las lecturas acimutal y cenital. Se realizarán estas mismas operaciones con las restantes referencias hasta terminar en la primera, R-1, anotando igualmente estas lecturas. Comparando las dos lecturas acimutales en CD obtenidas para R-1 se podrá llevar a cabo una primera comprobación que consiste en observar si la diferencia entre ellas supera la tolerancia prefijada que variará en función del instrumento que se esté utilizando (como norma general será de 2<sup>c</sup> como máximo). Si fuese superior, no siendo achacable a equivocación del operador, es posible que se haya producido un fenómeno llamado arrastre de limbos. En cualquier caso es necesario repetir la observación.

Después se dará vuelta de campana al anteojo, posición de CI, y se visará nuevamente a R-1 anotando las correspondientes lecturas acimutal y cenital, repitiéndose estas mismas operaciones en las restantes referencias, pero ahora girando el instrumento en sentido directo (sentido contrario a las agujas del reloj), hasta volver a visar a R-1, comprobándose nuevamente que el aparato no haya sufrido movimiento alguno.

También las lecturas cenitales deberán coincidir para la R1 en el cierre.

### **3.2.2.- Observación con instrumento orientado.**

Orientar un instrumento significa colimar una referencia con una lectura prefijada de antemano en el limbo horizontal.

En esta práctica la referencia a colimar será la R-1, y la lectura prefijada será la que se indique en su momento.

Para proceder a la orientación de un instrumento, si es óptico-mecánico, se procederá según el modelo utilizado, por la técnica específica del mismo, según los tornillos de movimiento general horizontal que incorpore. Si es un instrumento óptico-electrónico habrá que seguir las indicaciones del fabricante no siendo posible dar una norma general (ver práctica nº 2), pero sabiendo que en la actualidad siempre es factible, en este tipo de instrumentos, proceder a la orientación.

Se comprueba en este momento que la puntería es correcta y que esta primera lectura acimutal es la deseada, prosiguiendo la observación como en el caso de teodolito no orientado.

### 3.3. - DATOS Y CÁLCULO.

Las lecturas acimutales y verticales obtenidas se situarán en los correspondientes espacios destinados para ellos en los estadillos, comprobando siempre que la diferencia entre las lecturas acimutales de las referencias, en C.D y C.I, es aproximadamente  $200^g$  y que la suma de las verticales es  $400^g$  más o menos una cantidad constante.

Con las lecturas acimutales en las dos posiciones del anteojo correspondientes a cada referencia, se calcula el promedio referido siempre a la misma posición del anteojo (CD), es decir, sumando o restando  $200^g$  a la lectura en CI.

Con las lecturas verticales se sigue un proceso análogo; se calcula también el promedio referido siempre a la misma posición del anteojo, pero para la reducción a CD se resta de  $400^g$  la lectura obtenida en CI.

El **error de cierre** de la vuelta de horizonte se obtiene calculando la diferencia entre la lectura acimutal promedio de R-1, tomada al final de la vuelta, y la primera. Si el error obtenido supera la tolerancia establecida, que en esta práctica será de  $2^c$ , habrá que repetir la observación de la vuelta de horizonte.

La práctica se complementa con un croquis en planta de la dirección de las distintas referencias observadas en la vuelta de horizonte.

En página aparte se dibujarán los croquis de detalle de las referencias, intentando reflejar el entorno que permita su localización e identificación, y marcando en rojo la posición de los hilos del retículo sobre el punto colimado. Estos croquis irán acompañados de las correspondientes reseñas literales.



## **NOTAS Y CÁLCULOS**





<b>P 3.1</b>	<b>VUELTA DE HORIZONTE TEODOLITO NO ORIENTADO</b>	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y Nº	Curso 1º	Grupo Nº

Acimutes a las ref. conocidas	Desorientación de la VH	
		$\theta$
		$\Theta$

Desorientación Promedio
-------------------------

Referencias Conocidas	X	Y
R- cono		
R- Cono		

Pto. de Estación	X	Y
Hito Nº		

Punto visado	Lecturas acimutales			Lecturas cenitales			Acimutes
	Circulo Directo	Circulo Inverso	Lectura Correcta	Circulo Directo	Circulo Inverso	Suma Error de eclímetro	
R-1						.....	
R-2						.....	
R-3						.....	
R-4						.....	
R-5						.....	
R-1 CIERRE						.....	

Error de cierre de la vuelta de horizonte: $L_{correctaR1} - L_{correctaR1cierre} =$
--





<b>P 3.2</b>	<b>VUELTA DE HORIZONTE TEODOLITO ORIENTADO</b>	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y Nº	Curso 1º	Grupo Nº

Acimut a la ref. conocida	
$\theta$	

Referencia Conocida	X	Y
R-		

Pto. de estación	X	Y
Hito Nº		

Punto visado	Lecturas acimutales			Lecturas cenitales			Acimutes
	Circulo Directo	Circulo Inverso	Lectura Correcta	Circulo Inverso	Suma ----- Error eclímetro	Lectura Correcta	
R-1					-----		
R-2					-----		
R-3					-----		
R-4					-----		
R-5					-----		
R-1 CIERRE					-----		

Error de cierre de la vuelta de horizonte:  $L_{correctaR1} - L_{correctaR1cierra} =$





<b>P 3</b>	<b>VUELTA DE HORIZONTE RESEÑAS</b>	Alumno		FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°		Curso 1º	Grupo N°

Pto. de Estación	X	Y	Ref. Conocida	X	Y	Acimut a la ref. conocida	
Hito N°			R - cono-			$\theta$	

**CROQUIS DE DETALLE**

**RESEÑAS LITERALES**

R-1

R-2

R-3

R-4

R-5




## PRÁCTICA 4

### REALIZACIÓN DE MEDIDAS ANGULARES EN UN TRIÁNGULO

El objeto de la práctica es la determinación, mediante observaciones de campo, de los tres ángulos de un triángulo.

#### 4.1.- ELECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE PUNTOS.

Los puntos que van a constituir los vértices del triángulo, serán los que se establezcan previamente según el grupo de prácticas al que pertenezca el alumno, teniendo éste que comprobar que desde cada uno sean visibles los otros dos y que en ellos sea posible el estacionamiento del instrumento.

Dichos puntos estarán materializados en el terreno mediante hitos tipo “Feno” clavos u otros elementos.

En la explicación de esta práctica se van a nombrar a los vértices del triángulo con los números correspondientes a los puntos establecidos. (Figura 4-1).

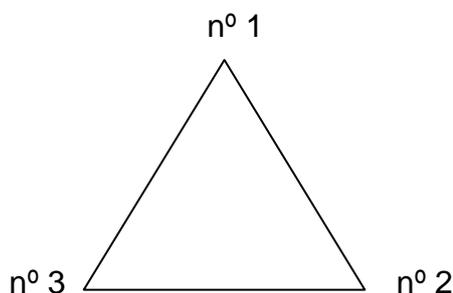


Figura 4 - 1

#### 4.2.- MÉTODO DE OBSERVACIÓN.

Como **norma general** para todas las prácticas que se hagan con taquímetro electrónico, una vez estacionado el instrumento, se deberá buscar una referencia lejana y bien definida acimutalmente, ajena al trabajo a efectuar, sobre la cual se pondrá la lectura acimutal  $0^{\circ} 00' 00''$ .

(Se orientará el instrumento con una lectura acimutal de  $0^{\circ}$ ).

Esto supondrá que para cualquier repetición de estacionamiento en ese punto de estación, se obtendrá la misma desorientación de la vuelta de horizonte.

Se comienza por estacionar el instrumento en uno de los vértices, el punto 1 por ejemplo, y con el anteojo en posición de C.D. se dirigirá una visual al primer vértice que se encuentra al girar el instrumento en sentido retrógrado, por ejemplo el punto 2, anotándose la lectura acimutal. A continuación se visa al siguiente punto, el punto 3 en este caso, y se anotará la lectura acimutal. Después con el anteojo en posición de C.I. se visa al punto 3 tomando nuevamente la lectura acimutal; girando el instrumento en sentido directo se vuelve a visar al punto 2 anotando la lectura acimutal. Terminando por observar a la referencia externa, comprobando que la lectura obtenida en CI es de  $200^{\circ}$ .

Análogamente se procederá, de forma sucesiva, a tomar las lecturas correspondientes a los otros dos vértices que conforman el triángulo.

#### **4.3.- CÁLCULO.**

Una vez obtenidas las lecturas acimutales desde los puntos 1, 2 y 3 en las dos posiciones del anteojo, se calcula la lectura acimutal correcta correspondiente a cada visual; para ello bastará con obtener el promedio de las lecturas en C.D. y C.I., tal como se indicó en la Práctica anterior (promedio referido siempre a la misma posición del anteojo (CD), es decir, sumando o restando  $200^{\circ}$  a la lectura en CI).

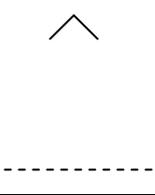
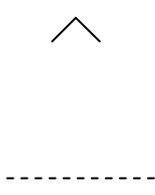
Posteriormente se calcularán los ángulos interiores del triángulo por diferencia de las lecturas corregidas, comprobando que su suma sea  $200^{\circ}$ , si no es así, la diferencia encontrada con este valor será el error de cierre del triángulo. Dicho error no deberá superar la tolerancia que en esta práctica se establece en  $4^{\circ}$ .

## **NOTAS Y CÁLCULOS**





<b>P 4</b>	REALIZACION DE MEDIDAS ANGULARES EN UN TRIANGULO	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Curso 1º:	Pareja N°

Punto estación	Punto visado	Lecturas acimutales			Angulo
		C. Directo	C. Inverso	L. Correcta	
	Referencia 0 <sup>g</sup>				
	Referencia 0 <sup>g</sup>				
	Referencia 0 <sup>g</sup>				

Comentarios

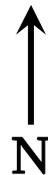
-----  
 -----  
 -----

Suma de ángulos: \_\_\_\_\_  
 -200<sup>g</sup>,0000

Error de cierre del triangulo: \_\_\_\_\_

Triángulo n°

**Croquis de situación**  
 (Representar la dirección del 0<sup>g</sup> en cada estación)





## **PRÁCTICA 5**

### **RADIACIÓN**

*En Anexo I, al final de la práctica, se detallan los procedimientos de medida de distancias*

El objeto de la práctica es la observación topográfica de puntos en el terreno, midiendo ángulos y distancias, para la obtención de sus coordenadas planimétricas y altimétricas.

Para ello se observará desde una estación de coordenadas conocidas, orientando con al menos dos referencias y se utilizarán dos métodos distintos de medida de distancias.

**Recordatorio de Norma General.** Para todas las prácticas que se hagan con taquímetro electrónico, una vez estacionado el instrumento, se deberá buscar una referencia lejana y bien definida acimutalmente, ajena al trabajo a efectuar, sobre la cual se orientará con una lectura acimutal de  $0^g 00^c 00^{cc}$ .

#### **5.1.- RADIACIÓN UTILIZANDO MEDIDA ELECTROMAGNÉTICA DE**

##### **DISTANCIAS (M.E.D.)**

Para esta primera radiación, se utilizará un taquímetro óptico electrónico y un jalón con prisma.

El taquímetro se estacionará en un punto de coordenadas conocidas, y desde él se tomarán todos los datos necesarios para obtener las coordenadas de los puntos a radiar, para lo cual se situará sucesivamente sobre ellos un jalón con prisma, sobre el que se tomarán las lecturas angulares y de distancias.

Toma de datos de observación:

- Identificación de la estación y altura de instrumento (i).
- Lecturas Acimutales sobre al menos dos Referencias conocidas. (Observación en CD y CI)
- Lecturas acimutales, cenitales y medición de la distancia mediante M.E.D. de los puntos radiados, anotando la altura del prisma (m). (Observación en CD)

La toma de datos comenzará por la observación de las lecturas acimutales a las referencias conocidas.

A continuación se observarán, en posición única de Círculo Directo, 10 puntos escogidos por el alumno, de los cuales 3 de ellos serán cercanos (distancia inferior a 25 m) y los otros 7 lejanos (distancias superiores a 25 m).

Para finalizar se realizará la observación a la referencia ajena, anotando de nuevo la lectura acimutal y comprobando que sea igual a la inicial ( $0^g$ ). Si esto no ocurriera y hubiese una discrepancia superior a  $\pm 1^c$  (Ver estudio de tolerancias), habría que repetir toda la observación acimutal. Para evitar esta circunstancia, es conveniente que en el transcurso de toda la toma de datos se observe con cierta asiduidad a la referencia ajena, comprobando con ello que el taquímetro no ha sufrido ningún movimiento.

## **5.2.- RADIACIÓN UTILIZANDO MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS.**

Para esta radiación se utilizará un taquímetro óptico-mecánico y una cinta métrica.

La observación se hará igual que la anterior, con la excepción de la medida de distancias que se efectuará de la siguiente manera:

Para medir la Distancia Geométrica del punto estación al punto radiado, se extenderá la cinta. En el extremo donde está el taquímetro y sobre la marca de identificación del eje de muñones del instrumento se sitúa un extremo de la cinta sin preestablecer ninguna lectura, en el otro extremo se sitúa el otro operador con la cinta sobre el punto señalado (punto radiado), a continuación se va tensando la cinta hasta que se considere que lo está suficientemente, en este momento uno de los operadores marcará un "TAC" para que se hagan las lecturas simultáneamente de los dos extremos de la cinta.

La diferencia de las dos lecturas dará la medida de la distancia geométrica (separación del instrumento con el punto señalado).

Esta operación se repetirá al menos una vez más, comprobando así que las dos medidas efectuadas no discrepen entre sí más de  $\pm 3$  cm (Ver estudio de tolerancias); si fuese así habrá que repetir la operación hasta obtener medidas que estén dentro de ese intervalo.

Es de recordar que la lectura cenital del taquímetro sobre el punto radiado sea a la misma altura donde se ha efectuado la medida de distancia con la cinta y a su vez se medirá la altura de la señal de ese mismo punto (m).

La toma de datos de observaciones angulares se efectuará en posición de CD y CI. Se hará con el taquímetro situado en la misma estación y sobre los tres puntos cercanos (distancia inferior a 25 m), de la radiación anterior.

### 5.3.- CÁLCULO.

El cálculo consistirá en la obtención de las coordenadas planimétricas y altimétricas de todos los puntos radiados desde la estación, con las tres observaciones realizadas.

Los cálculos se desarrollarán en el orden siguiente:

- Acimutes de la estación a las referencias ( $\theta_{E}^{R_i}$ ), a partir de sus coordenadas conocidas.
- Desorientación promedio de la vuelta de horizonte de la estación ( $\Sigma E$ ).
- Acimutes de la estación a los puntos radiados ( $\theta_{E}^{P_i}$ ).
- Distancia horizontales a los puntos radiados:

Al haberse medido las distancias geométricas ( $Dg_{E}^{P_i}$ ) se obtendrá:

$$Dh_{E}^{P_i} = Dg_{E}^{P_i} \times \text{sen} V_{E}^{P_i}$$

- Cálculo de las coordenadas planimétricas de los diez puntos radiados:

$$X_{P_i} = X_E + Dh_{E}^{P_i} \times \text{sen } \theta_{E}^{P_i}$$

$$Y_{P_i} = Y_E + Dh_{E}^{P_i} \times \text{cos } \theta_{E}^{P_i}$$

- Cálculo de las coordenadas altimétricas de los diez puntos radiados:

$$Z_{P_i} = Z_E + t_{E}^{P_i} + i_E - m_{P_i} + C_{(e+r)}$$

siendo:  $t_{E}^{P_i} = \frac{Dh_{E}^{P_i}}{\tan V_{E}^{P_i}}$       ó       $t_{E}^{P_i} = Dg_{E}^{P_i} \times \text{cos} V_{E}^{P_i}$

La presentación de los resultados de las coordenadas de los distintos puntos radiados se hará en un cuadro donde aparezcan las coordenadas de los puntos y la estación desde donde hayan sido obtenidas, por ejemplo:

	E M.E.D.	E CINTA
P <sub>1</sub>	X <sub>P1</sub> Y <sub>P1</sub> Z <sub>P1</sub>	X <sub>P1</sub> Y <sub>P1</sub> Z <sub>P1</sub>
P <sub>2</sub>	X <sub>P2</sub> Y <sub>P2</sub> Z <sub>P2</sub>	

## Anexo I

### INTRODUCCIÓN A MEDIDA DE DISTANCIAS

#### **A-I 1.- MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS CON CINTA.**

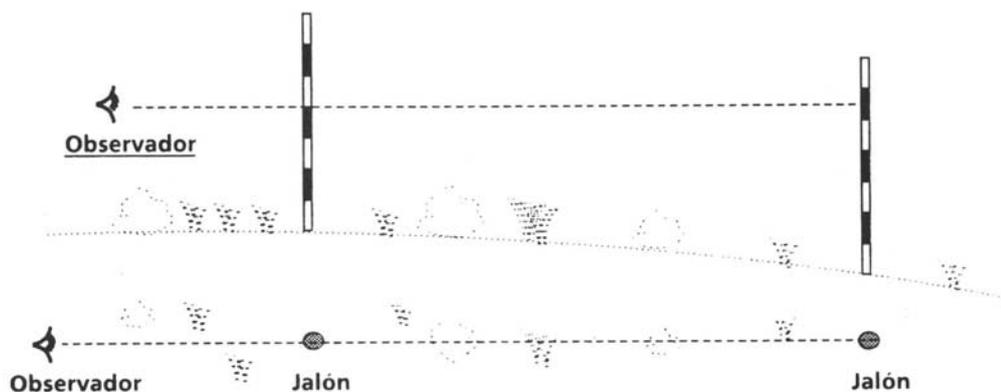
La medida de una distancia se llama directa, cuando se recorre la distancia a medir, aplicando de punto en punto y cuantas veces sea necesario, un patrón de medida. En la presente práctica dicho patrón será una cinta metálica o plastificada.

Si la distancia a medir supera la longitud del patrón o bien no es recomendable utilizarlo en toda su extensión, se procederá a incluir puntos intermedios entre los extremos mediante la alineación de jalones.

#### **A-I 1.1.- Alineación de jalones.**

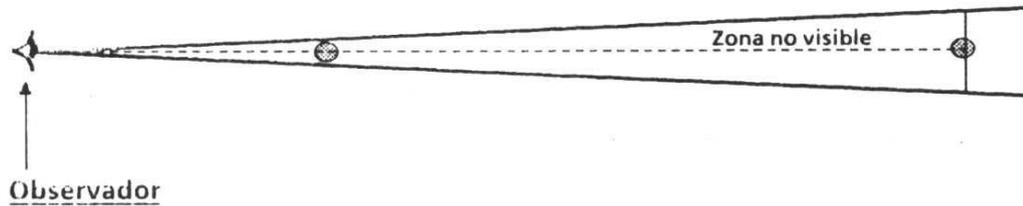
Dos Puntos P y Q determinan una recta que los contiene; los puntos de una misma recta se dice que están alineados.

Para materializar sobre el terreno puntos intermedios de una alineación sin obstáculos, de forma rápida, y antes de proceder a la medida entre dos puntos, es necesario situar varios jalones de la siguiente manera: un operador se sitúa en el extremo de la alineación colocando en el opuesto un jalón. Un segundo operador recorrerá dicha alineación dirigido por el primero, y moverá a derecha e izquierda un jalón hasta situarlo de forma que cubra el colocado en el extremo de la línea. Así se irán colocando las señales necesarias, a distancias convenientes, para su medición posterior. Los jalones se sitúan uno tras otro empezando por los más alejados. (Figura 5-1).



**Figura 5 - 1**

La precisión en la alineación de puntos depende de la agudeza visual del observador y del grosor de los jalones, que hace que los planos visuales por ellos determinados sean poco precisos (Figura 5-2).



**Figura 5 - 2**

Para lograr una mayor precisión se puede utilizar un anteojo y un método análogo al anterior pero viendo el jalón en la dirección del hilo vertical del retículo.

#### **A-I 1.2.- Señalización de puntos.**

Para señalar puntos intermedios de una alineación se pueden utilizar distintos sistemas según sea el tipo de suelo. Si el terreno es blando y admite que se puedan clavar estacas de madera, se colocarán éstas en los puntos alineados comprobando su situación después de clavadas; para mejorar la precisión se clavará un clavo en la cabeza de la estaca, sobresaliendo de la misma uno o dos milímetros, o se marcará en su parte superior central alguna señal visible. Si el suelo, por su dureza, no admite estacas, se pueden señalar los puntos con pintura o con clavo de acero directamente.

Es necesario que los puntos estén perfectamente definidos y sean útiles para realizar mediciones desde ellos.

#### **A-I 1.3.- Medición de tramos intermedios con cinta.**

En la medición de distancias con cinta metálica hay que observar ciertas precauciones:

- La cinta debe encontrarse en perfecto estado, contrastada y sin empalmes que produzcan errores sistemáticos.
- Sus divisiones deben ser perfectamente legibles y debe encontrarse limpia de óxido, barro, etc...
- Los puntos objeto de medida estarán correctamente señalizados.

- La catenaria hay que eliminarla aplicando tensiones en los extremos de la cinta.
- Se deben realizar varias series de medidas en distintas zonas de lectura de la cinta.

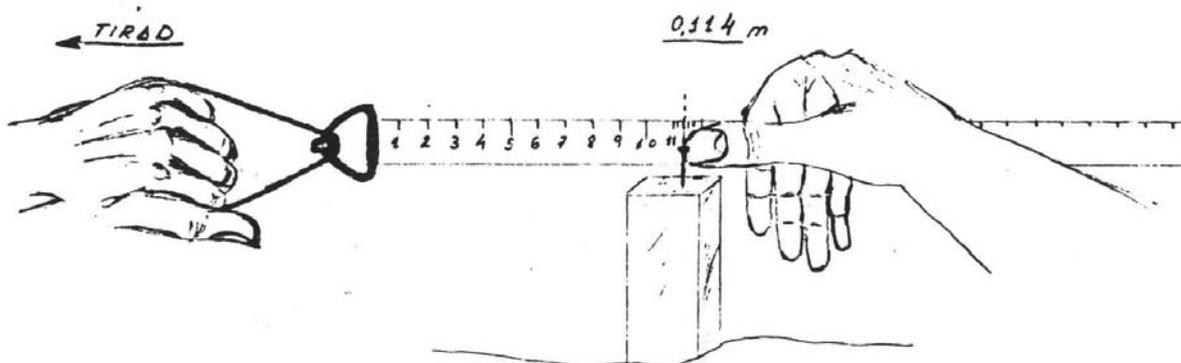
La medida puede realizarse utilizando tres modalidades:

- Medida a ras de suelo
- Medida con cinta elevada
- Medida con taquímetro y cinta

#### A-I 1.3.1. MEDIDA A RAS DE SUELO

Consiste en colocar en cada tramo la cinta a ras de suelo, sin prefijar en el origen ninguna lectura de cinta, de manera que los dos puntos que lo definen queden incluidos en el rango de la cinta. Se tensa la cinta y se toman simultáneamente las lecturas correspondientes a las señales (inicial y final según el sentido de avance), tomando como índice de lectura la perpendicular a la dirección de la cinta que pase por el centro de la señal correspondiente. La diferencia de lecturas dará como resultado la longitud del tramo. La misma operación se repetirá varias veces utilizando distintas zonas de la cinta, cambiando de operadores y controlando que las distancias obtenidas tengan escaso margen de diferencia.

Hay que insistir en la inconveniencia de colocar una división exacta de la cinta en la señal de referencia, pues se comete un mayor error: es aconsejable leer la marca que señale el dedo en cada operación (Figura 5-3).



**Figura 5 - 3**

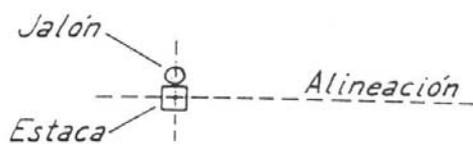
Una vez concluida la medida de un tramo, y antes de pasar al siguiente, se procederá a enrollar la cinta sin arrastrarla por el suelo.

El proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta cubrir el número total de tramos; la suma de las distancias parciales proporcionará la distancia total PQ. Posteriormente se repite el proceso en sentido inverso midiendo la distancia QP, comprobando siempre que los errores cometidos quedan dentro de tolerancia.

#### A-I 1.3.2. MEDIDA CON CINTA ELEVADA

Este sistema es el utilizado cuando no se puede situar la cinta a ras de suelo, debido a la vegetación existente o a desniveles apreciables en los tramos.

El método consiste en colocar en los extremos de los tramos jalones verticales, con ayuda de niveles esféricos o plomadas físicas, y medir la longitud de los mismos.



Si la señalización se ha efectuado mediante estacas, el hincado de los jalones se hará tangencialmente a la misma y en dirección perpendicular a la alineación

**Figura 5-4**

La cinta debe quedar bien tensada y horizontal a pesar de estar suspendida en el espacio; el operador controlará la posición alejándose en dirección perpendicular a la alineación y guiándose por una referencia horizontal lejana, como podría ser la línea de horizonte. En este caso el índice de lectura será la posición del eje del jalón.

De igual forma que en el sistema anteriormente descrito, cada tramo se medirá varias veces cambiando de operadores y controlando los resultados de las diferencias de lectura obtenidas en cada tramo.

Así mismo se procederá a medir dos veces la distancia PQ por este procedimiento.

Este sistema es menos preciso y se utilizará sólo cuando no sea posible aplicar el anterior. Los errores cometidos con este método provienen fundamentalmente de la inexacta colocación del jalón sobre el punto, de la falta de verticalidad de dicho jalón ( $\pm 1^\circ$  con nivel esférico), de su grosor y de la catenaria.

## A-I 2. MEDIDA DE DISTANCIAS CON TAQUÍMETRO Y CINTA

Con este método se obtiene la distancia horizontal utilizando una medida con cinta y el valor del ángulo cenital.

La medida con cinta corresponde a la distancia entre el eje de muñones del taquímetro, estacionado sobre uno de los extremos del tramo del que queremos obtener la distancia reducida, y el otro extremo del mismo, segmento MB (Figura 5-5).

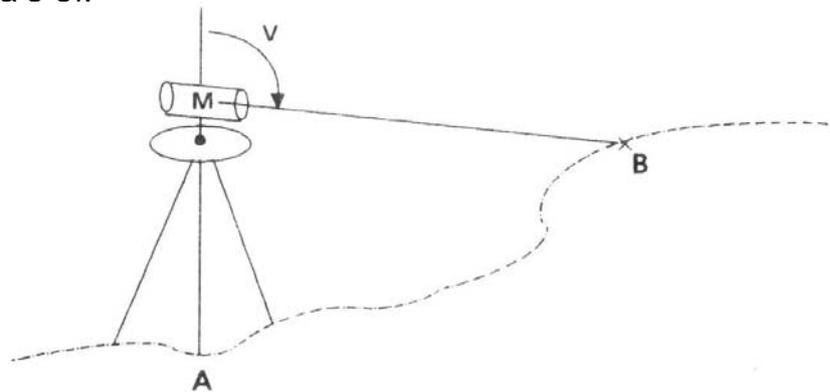


Figura 5-5

Para calcular la distancia reducida de A a B ( $D_r$ ) aplicaremos la siguiente relación, deducida de la Figura 5-6:

$$D_r = \overline{MB} \operatorname{sen} V$$

ya que:

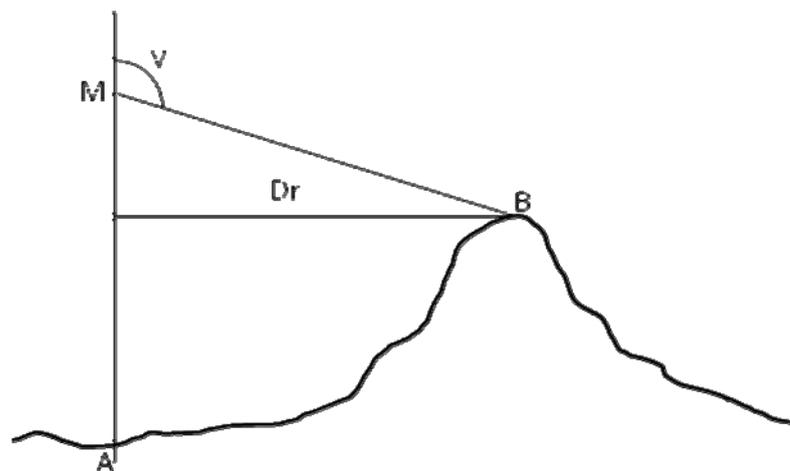


Figura 5 – 6

Datos de campo:

- V: ángulo cenital
- MB: distancia obtenida con cinta

Las medidas con cinta se realizan siguiendo el procedimiento que se expone a continuación:

Se tensa la cinta y se toman simultáneamente las lecturas correspondientes a las señales (inicial y final según el sentido de avance), tomando como índice de lectura la perpendicular a la dirección de la cinta que pase por el centro de la señal correspondiente. **La diferencia de lecturas dará como resultado la longitud del tramo.** La misma operación se repetirá varias veces utilizando distintas zonas de la cinta, cambiando de operadores y controlando que las distancias obtenidas tengan escaso margen de diferencia.

Hay que insistir en la inconveniencia de colocar una división exacta de la cinta en la señal de referencia, pues se comete un mayor error: es aconsejable leer la marca que señale el dedo en cada operación (Figura 5-3).

### **A-I 3.- MEDIDA ELECTROMAGNÉTICA DE DISTANCIAS (MED).**

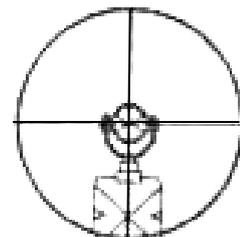
El empleo de los procedimientos de medida electromagnética de distancias (MED) permite rápidamente la medida de grandes distancias con precisiones muy altas.

Hoy en día la medida de distancias se realiza generalizadamente por procedimientos de MED, salvo para medidas de detalles o de distancias muy pequeñas para las que puede resultar más apropiada la utilización de medida directa con cinta.

#### **A-I 3.1.- Método de observación con equipos de MED del tipo geodímetro.**

Los teodolitos electrónicos que incorporan un equipo de MED integrado, constituyendo una estación total, ya fueron descritos en la primera práctica de este cuaderno.

Para medir una distancia se estaciona el distanciómetro en uno de los extremos de la línea a medir y el prisma reflector en el otro, y se observa al centro del prisma con el anteojo (Figura 5-7).



**Figura 5 - 7**

De esta forma el equipo de medida estará dispuesto para medir la distancia inclinada entre el punto central del prisma y el punto determinado por la intersección del eje de muñones y el eje principal del distanciómetro.

Al pulsar el interruptor correspondiente dará comienzo la medición, que se efectuará en pocos segundos. Seguidamente, según cual sea la opción activada por el operador para la salida de los datos, se visualizará el valor medido, distancia geométrica o bien la distancia reducida, calculada a partir de la distancia geométrica y el ángulo vertical.

Si una vez iniciada la medición se pierde la señal, por interponerse algún obstáculo entre el distanciómetro y el prisma o por cualquiera otra causa, y transcurrido un breve intervalo de tiempo la señal no vuelve a recuperarse, el proceso de medida queda abortado y en pantalla se visualizará el mensaje oportuno, indicativo de la imposibilidad de medición.

Este mensaje aparecerá igualmente si en el momento de pulsar el interruptor de medición no se encuentra colimado el prisma.

## **NOTAS Y CÁLCULOS**





<b>P 5.1</b>	<b>RADIACIÓN con MED</b>	Alumno			FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°			Curso 1°:	Pareja N°

**Hoja N°**

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida				
<b>HITO</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>	CD CI								
	Referencia <b>Cono</b>	CD CI								
	Referencia <b>Cono</b>	CD CI								
	Referencia <b>Cono</b>	CD CI								
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	Pto. radiado									
	<b>Cierre</b>	CD CI								







## PRACTICA 6

### ITINERARIO TAQUIMÉTRICO

El objeto de la práctica es la observación y cálculo de un itinerario o poligonal cerrada, de cuatro vértices o estaciones, orientada con dos referencias conocidas.

#### **6.1.- OBSERVACIÓN DE LA POLIGONAL**

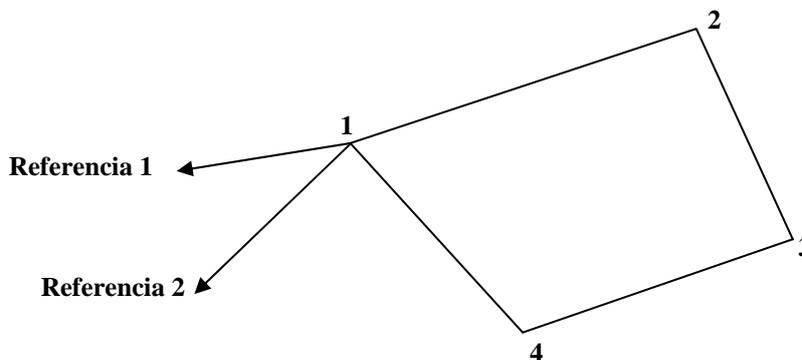
Para la observación se utilizará un taquímetro electrónico y un jalón con prisma.

La observación comenzará en una estación de coordenadas conocidas, (anotando el número de identificación y la altura de instrumento) observando al menos dos referencias, solo lecturas acimutales, para la orientación de la poligonal. A continuación se observará el primer vértice de avance y el último vértice de la poligonal, estas observaciones la compondrán todos los datos necesarios para el cálculo planimétrico y altimétrico de la misma. (Lecturas acimutales, cenitales, medida de distancia, altura de prisma). La observación se efectuará por el método de Vuelta de Horizonte, en posición de C.D. y C.I.

A continuación se estacionará en los otros tres vértices que componen el itinerario, observando de la misma manera que el primero a los vértices anterior y posterior de cada estación, con el mismo método.

Se dibujará un croquis de la poligonal, orientado aproximadamente con el norte geográfico.

Este croquis se realizará durante la observación de campo, en la toma de datos.



## 6.2.- CÁLCULO

Se efectuará el cálculo completo de la poligonal, planimétrico y altimétrico (ver TEMA 19 de Teoría) de coordenadas, tolerancias necesarias para el mismo, y coordenadas compensadas de los vértices de la poligonal observada.

## 6.3.- DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE TOLERANCIAS

**RELACIÓN DE DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE LAS TOLERANCIAS: ANGULARES, EN DISTANCIAS, PLANIMÉTRICAS, EN DESNIVELES Y ALTIMÉTRICAS, DE TODAS LAS POLIGONALES REALIZADAS EN LAS PRÁCTICAS DE CAMPO.**

### Común para todos los trabajos:

Error de estación = error de señal =  $\pm 5$  mm  
Coeficiente observaciones acimutales =  $100^{\text{cc}}$   
Coeficiente observaciones verticales =  $150^{\text{cc}}$   
Constante de mayoración = 2,5  
Sensibilidad nivel esférico de jalón =  $60^{\text{c}}$   
Error en altura de instrumento y altura de señal =  $\pm 3$  mm

### POLIGONALES CON TAQUÍMETRO ELECTRÓNICO:

Error relativo de medida de distancias para **TC 600**, **TC 1000** y **TC 307**:

$$e_{dm} = \pm (5\text{mm} + 10 \times 10^{-6} \times D_m)$$

Características de los taquímetros electrónicos:

#### TC 1000

- Aumentos 30x
- Sensibilidad del nivel de alidada  $72^{\text{cc}}$
- Precisión del compensador  $C_{pr} = \pm 1''$
- Resolución en pantalla Hz y V:  $m_e = \pm 10^{\text{cc}}$

#### TC 600

- Aumentos 28x
- Sensor de dos ejes . Si está desactivado (normalmente):
- Precisión del nivel electrónico de alidada  $5''$
- Precisión del sensor de inclinación  $C_{pr} = \pm 2''$   
(Eje de sensor activado en dirección del eje de colimación)
- Resolución en pantalla Hz y V:  $m_e = \pm 10^{\text{cc}}$

#### TC 307

- Aumentos 30x
- Sensor de dos ejes . Si está desactivado (normalmente):
- Precisión del nivel electrónico de alidada  $20''$
- Precisión del sensor de inclinación  $C_{pr} = \pm 2''$   
(Eje de sensor activado en dirección del eje de colimación)
- Resolución en pantalla Hz y V:  $m_e = \pm 5^{\text{cc}}$

## **NOTAS Y CÁLCULOS**





<b>P 6.1</b>	<b>ITINERARIO TAQUIMETRICO CERRADO</b>	Alumno		FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°		Curso Grupo	Pareja N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>HITO</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	Referencia cono									
	Referencia cono									
	V. frente Hito									
-----										
V. espalda Hito										

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>HITO</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda Hito									
	V. frente Hito									

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>HITO</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda Hito									
	V. frente Hito									

**CROQUIS**  
Indicar el sentido de avance del itinerario





<b>P 6.1</b>	ITINERARIO TAQUIMETRICO <b>CERRADO</b> Cálculo	Alumno	Curso Grupo
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Pareja N°

**Resumen de los resultados obtenidos en el cálculo del Itinerario taquimétrico:**

	Valores obtenidos		Comentarios
	Valores angulares en ° / Valores lineales en cm		
	Tolerancias preestablecidas	Errores de cierre	
<b>Cierre angular</b>	$TOL_{\alpha} =$	$\epsilon_{\alpha} =$	
<b>Planimetría</b>	$TOL_{\Delta D} =$	$\epsilon_x =$	
	$E_T =$ $E_L =$		
	$TOL_{PLA} =$	$\epsilon_{PLA} =$	
<b>Altimetría</b>	$TOL_{\Delta z} =$	$\epsilon_z =$	
	$TOL_{ALT} =$		

**Croquis**







<b>P 6.2</b>	<b>ITINERARIO TAQUIMETRICO ABIERTO ENCUADRADO</b>	Alumno			FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°			Curso Grupo	Pareja N°

**ARRANQUE**

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida			
<b>HITO</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>								
	Referencia <b>cono</b>								
	V. frente								

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida		
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>							
	V. espalda <b>Hito</b>							
	V. frente							

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida	
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>						
	V. espalda						
	V. frente						

**CROQUIS**

Indicar el sentido de avance del itinerario







<b>P 6.2</b>	ITINERARIO TAQUIMETRICO <b>ABIERTO ENCUADRADO</b>	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Curso Grupo	Pareja N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda									
V. frente										

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda									
V. frente										

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda									
V. frente										

### CROQUIS

Indicar el sentido de avance del itinerario







<b>P 6.2</b>	<b>ITINERARIO TAQUIMETRICO ABIERTO ENCUADRADO</b>	Alumno		FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°		Curso Grupo	Pareja N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda									
V. frente										

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda									
V. frente <b>Hito</b>										

**CIERRE**

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma	Distancia reducida
<b>HITO i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>									
	V. espalda									
Referencia <b>cono</b>										
Referencia <b>cono</b>										

**CROQUIS**

Indicar el sentido de avance del itinerario







<b>P</b> <b>6.2</b>	<b>ITINERARIO TAQUIMETRICO</b> <b>ABIERTO ENCUADRADO</b> <b>Reseñas</b>	Alumno		FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°		Curso 1º	Grupo N°

Pto. de Estación	X	Y	Ref. Conocida	X	Y	Acimut a la ref. conocida	
Hito N°			R - cono-			$\theta$	

**CROQUIS DE DETALLE**

**RESEÑAS LITERALES**

R-1

R-2

R-3

R-4

R-5






<b>P 6.2</b>	ITINERARIO TAQUIMETRICO <b>ABIERTO ENCUADRADO</b> Cálculo	Alumno	Curso Grupo
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Pareja N°

**Resumen de los resultados obtenidos en el cálculo del Itinerario taquimétrico:**

	Valores obtenidos		Comentarios	
	Valores angulares en ° / Valores lineales en cm			
	Tolerancias preestablecidas	Errores de cierre		
<b>Cierre angular</b>	$TOL_{\alpha} =$	$\epsilon_{\alpha} =$		
<b>Planimetría</b>	$TOL_{\Delta D} =$	$\epsilon_x =$		
	$E_T =$ $E_L =$			$\epsilon_y =$
	$TOL_{PLA} =$			$\epsilon_{PLA} =$
<b>Altimetría</b>	$TOL_{\Delta z} =$	$\epsilon_z =$		
	$TOL_{ALT} =$			

**Croquis**





## PRÁCTICA 7

### LEVANTAMIENTO TAQUIMÉTRICO DEL PERÍMETRO DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE TOPOGRAFÍA

El objeto de la práctica es la observación, el cálculo y dibujo a escala del perímetro exterior de los edificios de la E.T.S.I. TOPOGRAFÍA GEODESIA Y CARTOGRAFÍA.

Para ello se observará un itinerario o poligonal abierta encuadrada, orientada con al menos dos referencias conocidas, y desde los vértices de la misma mediante radiación, se levantarán los puntos de las esquinas y puntos singulares del perímetro de los edificios que componen la E.T.S.I.T.G.C.

#### **7.1.- OBSERVACIÓN DE LA POLIGONAL Y RADIACIÓN**

Para la observación se utilizará un taquímetro electrónico y un jalón con prisma.

Antes de comenzar la observación se realizará un reconocimiento del perímetro de los edificios y se señalarán los vértices de la poligonal, en los lugares mas adecuados que el alumno escoja, para que desde ellos se pueda efectuar el levantamiento de todos los puntos que componen el perímetro.

La señalización de los vértices deberá ser la adecuada para garantizar su permanencia durante las semanas en las que se realizará la práctica.

La observación comenzará en un vértice de coordenadas conocidas (“**Vértice de salida**” del que se anotará el número de identificación y se medirá la altura de instrumento), observando a las **Referencias**, solo lecturas acimutales, para la orientación de la poligonal. A continuación se observará el primer vértice de avance de la poligonal.

Seguidamente, en CI, se observará de nuevo al citado vértice de avance y a las **Referencias**.

Posteriormente se radiarán todos los puntos visibles, desde ese “vértice de salida, del perímetro de los edificios”. Esta observación la compondrán todos los datos necesarios para el cálculo planimétrico y altimétrico. (lectura acimutal, cenital, medida de distancia y altura de prisma). La observación de los puntos radiados se efectuará en posición única de instrumento de C.D.

Para acabar la observación en el vértice de salida se cerrará la observación a las referencias iniciales

A continuación se observarán los vértices que componen el itinerario, radiando a la vez los puntos singulares de los edificios que desde cada vértice sea posible. La observación en cada vértice finalizará con el oportuno cierre.

La radiación de al menos seis de las esquinas de los edificios se hará desde dos estaciones distintas de la poligonal.

Finalmente, se observará el último vértice que también será de coordenadas conocidas (“**vértice de llegada**”), de igual manera que el primero, observando a las referencias y al vértice anterior, radiando igualmente los puntos visibles desde él.

## **7.2.- CÁLCULOS**

### **7.2.1.- CÁLCULO DE LA POLIGONAL**

Se efectuará el cálculo completo de la poligonal, planimétrico y altimétrico (ver TEMA 19 de Teoría) de coordenadas, tolerancias necesarias para el mismo, y coordenadas compensadas de los vértices de la poligonal observada.

**Nota:** los datos necesarios para el cálculo de tolerancias son los mismos que se encuentran en la práctica 6.

### **7.2.2.- CÁLCULO DE LA RADIACIÓN**

A partir de las coordenadas compensadas de los vértices de la poligonal, se calcularán mediante radiación las de todos los puntos observados desde los mismos.

### 7.3.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presentación de los resultados de las coordenadas de los distintos puntos radiados se hará en un cuadro donde aparezcan las coordenadas de los puntos y la estación desde donde hayan sido obtenidas:

Por ejemplo:

PUNTO	ESTACION DE POLIGONAL	$X_{P_i}$	$Y_{P_i}$	$Z_{P_i}$
P <sub>i</sub>	E-1	$x_p$	$y_p$	$z_p$
P <sub>i</sub>	E-2			

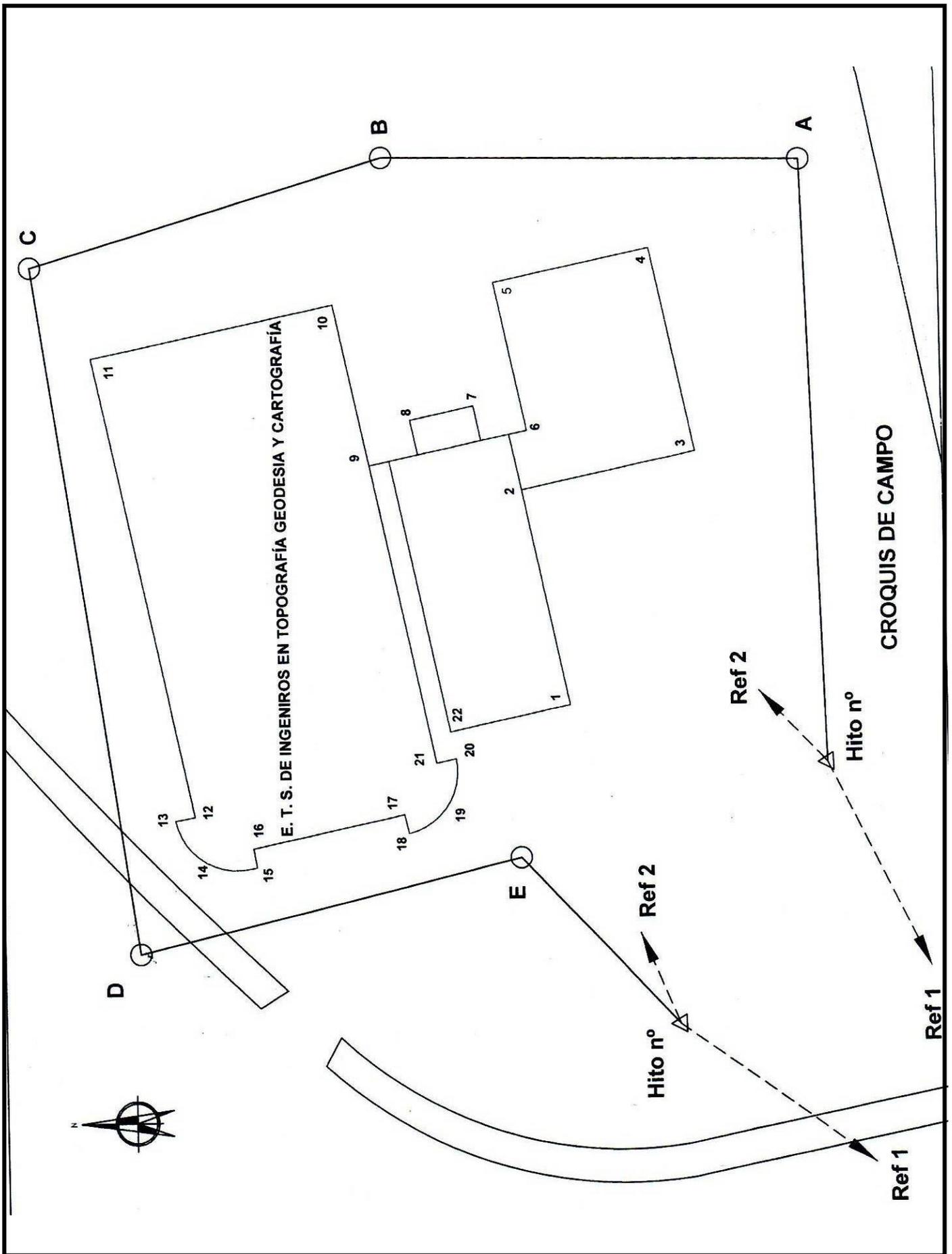
### 7.4.- DIBUJO DE PLANO

Se dibujará, en un papel tamaño "DIN A3", un plano a escala, donde aparezca la poligonal efectuada y los puntos radiados, en particular los de las esquinas de los edificios, "transportados por coordenadas" y unidos adecuadamente para reflejar el perímetro de dichos edificios.



## **NOTAS Y CÁLCULOS**









<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso Grupo
		Alumno	
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

**CROQUIS**



FECHA	OBSERVACION	
	Vértices	Ptos. Radiados





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>					
		Pto radiado				
		Pto radiado				
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	<b>Cierre</b>					





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	<b>Cierre</b>								





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	<b>Cierre</b>								





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	<b>Cierre</b>								





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso Grupo
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Pareja N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>					
		Pto radiado				
		Pto radiado				
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	<b>Cierre</b>					





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	<b>Cierre</b>								





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>					
		Pto radiado				
		Pto radiado				
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	<b>Cierre</b>					





P 7	LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz			Cenitales V			Distancia geométrica	Altura de prisma
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	Pto radiado								
	<b>Cierre</b>								





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>					
		Pto radiado				
		Pto radiado				
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	<b>Cierre</b>					





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO</b>	Alumno	Curso
		Alumno	Grupo
		Instrumento	Pareja
		Marca, Modelo y N°	N°

Utilizar una hoja exclusivamente para cada estación.

HOJA N°

Punto Estación	Punto Visado	Horizontales Hz	Cenitales V	Distancia geométrica	Altura de prisma	
<b>Vértice</b>  <b>i=</b>	Referencia a 0 <sup>g</sup>					
		Pto radiado				
		Pto radiado				
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	Pto radiado					
	<b>Cierre</b>					





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO Reseñas</b>	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Curso 1º	Grupo N°

Pto. de Estación	X	Y	Ref. Conocida	X	Y	Acimut a la ref. conocida	
Hito N°			R - cono-			$\theta$	

**CROQUIS DE DETALLE**

**RESEÑAS LITERALES**

R-1

R-2

R-3

R-4

R-5





<b>P 7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO Reseñas</b>	Alumno		FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°		Curso 1º	Grupo N°

Pto. de Estación	X	Y	Ref. Conocida	X	Y	Acimut a la ref. conocida	
Hito N°			R - cono-			$\theta$	

**CROQUIS DE DETALLE**

**RESEÑAS LITERALES**

R-1

R-2

R-3

R-4

R-5




## PRÁCTICA 9

### NIVEL O EQUIALTÍMETRO. DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN

El objeto de la práctica es conocer los componentes y empleo de los niveles o equialtímetros.

#### 9.1.- DESCRIPCIÓN

El **nivel o equialtímetro** es un instrumento topográfico que se utiliza para la determinación del desnivel entre dos puntos mediante visuales horizontales. A este método de obtención y cálculo de desniveles se le denomina **nivelación geométrica o por alturas**.

Los niveles más utilizados son los denominados niveles de línea: manuales, automáticos y electrónicos. En ellos se garantiza la horizontalidad de la visual en cada una de las direcciones. El eje de colimación del anteojo puede girar alrededor del eje principal que no tiene que quedar estrictamente vertical en la puesta en estación, sino que basta con que la verticalidad sea aproximada calando la burbuja de un nivel esférico ligado de alguna manera a la plataforma nivelante.

La horizontalización precisa del eje de colimación en los niveles de línea *manuales* se consigue mediante el tornillo de cabeceo, que permite dar pequeños giros al anteojo alrededor de un eje horizontal hasta que la burbuja del nivel más exacto, a él ligado, quede calada (Figura 9-1).

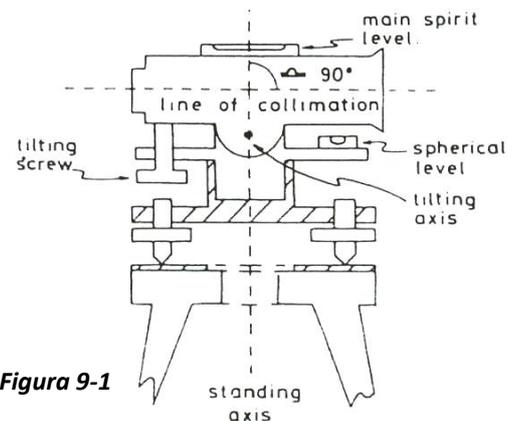


Figura 9-1

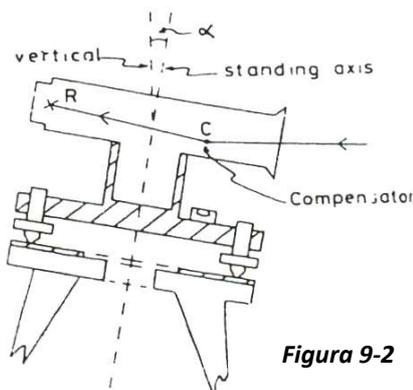


Figura 9-2

En los *niveles automáticos* y en los *electrónicos*, en los que el anteojo queda rígidamente unido a la plataforma nivelante, se consigue la "visual horizontal equivalente" de forma automática, mediante el mecanismo compensador situado en el interior del anteojo (Figura 9-2).

### 9.1.1.- Miras de nivelación.

Un elemento esencial en el proceso de nivelación es la mira de nivelación que siempre se situará verticalmente. Existen diferentes modelos de miras, pero todas deben cumplir unos requisitos muy estrictos, garantizando la homogeneidad en su graduación e inalterabilidad a las variaciones de temperatura.

Si en la nivelación se emplea un nivel electrónico, las miras de nivelación llevan por una de las caras una graduación especial que consiste en un código binario de barras. En la otra cara tiene una graduación convencional en metros para poder ser utilizadas en lecturas ópticas.

### 9.2. - UTILIZACIÓN.

El modo de poner en estación un equialtímetro es similar a la puesta en estación de cualquier goniómetro, si bien, en los equialtímetros bastará con horizontalizar aproximadamente la plataforma nivelante, utilizando para ello el nivel esférico, no siendo necesaria la operación de centrado del instrumento.

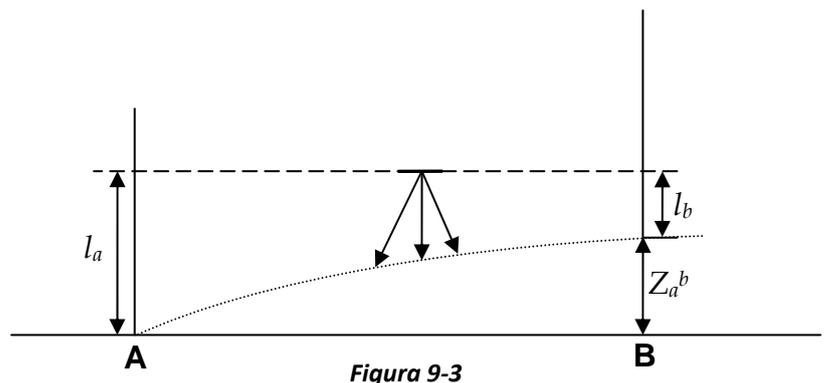
El equialtímetro se estacionará entre los dos puntos A y B cuyo desnivel se pretende determinar y en los que se han colocado dos estadias o miras verticales.

El nivel permite dirigir una visual horizontal a cada una de las estadias, obteniéndose las lecturas respectivas  $l_a$  y  $l_b$  (Figura 9-3).

El desnivel del punto B respecto del punto A, vendrá dado por la expresión:

$$Z_A^B = l_a - l_b$$

en que  $l_a$  es la llamada lectura de espalda y  $l_b$  es la lectura de frente.



El desnivel del punto A respecto del punto B será:

$$Z_B^A = l_b - l_a$$

siendo ahora  $l_b$  la lectura de espalda y  $l_a$  la de frente.

Si el equialtímetro utilizado no es electrónico, las lecturas  $l_a$  y  $l_b$  corresponden a las respectivas lecturas del hilo central del retículo sobre las miras colocadas en los puntos A y B. Cada una de estas lecturas deberá coincidir con la semisuma de las de los hilos extremos de su mira. En todas ellas se anotarán las cifras correspondientes a los metros, decímetros, centímetros y milímetros; en la toma de datos en campo, siempre han de leerse los tres hilos y realizar la comprobación mencionada, si bien, a la hora del cálculo sólo se necesitará la lectura central.

Si el equialtímetro utilizado es electrónico, las lecturas se realizan electrónicamente visualizándose en pantalla. Podrían ser almacenadas en un módulo interno de registro para su posterior tratamiento o transferencia a un ordenador.

### 9.3. – UTILIZACIÓN DE LA MIRA.

Existen en la actualidad varios tipos de miras verticales que presentan diversas características diferenciales.

Todas las miras tienen como finalidad poder obtener de ellas, directamente o a estima, **cuatro cifras**, correspondientes a metro, decímetro, centímetro y milímetro. (sin comas decimales, considerando los 0 oportunos)

Las cifras correspondientes a los metros y los decímetros se pueden leer directamente al estar rotuladas en diferentes colores.

Los centímetros están representados por rectángulos que se deben interpretar contándolos mentalmente.

Los milímetros están representados por rayas de 2 mm de grosor, por lo cual se deben contar igualmente apreciando el milímetro a estima.

Véanse los ejemplos en la figura 9-4.

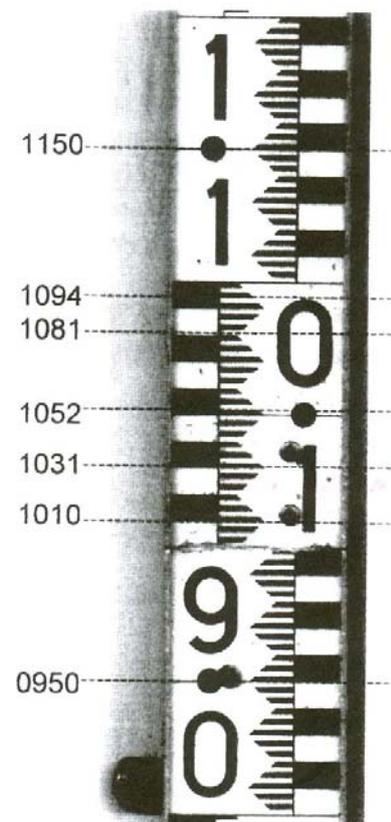


Figura 9-4



## NOTAS Y CÁLCULOS







## PRÁCTICA 10

### COMPROBACIÓN DE UN NIVEL O EQUITALTÍMETRO

El objeto de la práctica es conocer el estado en que se encuentra un nivel aplicando los métodos de nivelación del punto medio y del punto exterior.

#### 10.1.- MÉTODO DE NIVELACIÓN DEL PUNTO MEDIO

Con este método de trabajo se eliminan los errores sistemáticos del nivel y los debidos a la esfericidad de la Tierra y la refracción atmosférica (también sistemáticos).

El nivel o equialtímetro se estaciona equidistante de los puntos cuyo desnivel se va a determinar. Supongamos que dichos puntos son A y B, en los que se situarán sendas estadias verticales y E es el punto donde se estaciona el nivel (Figura 10-1).

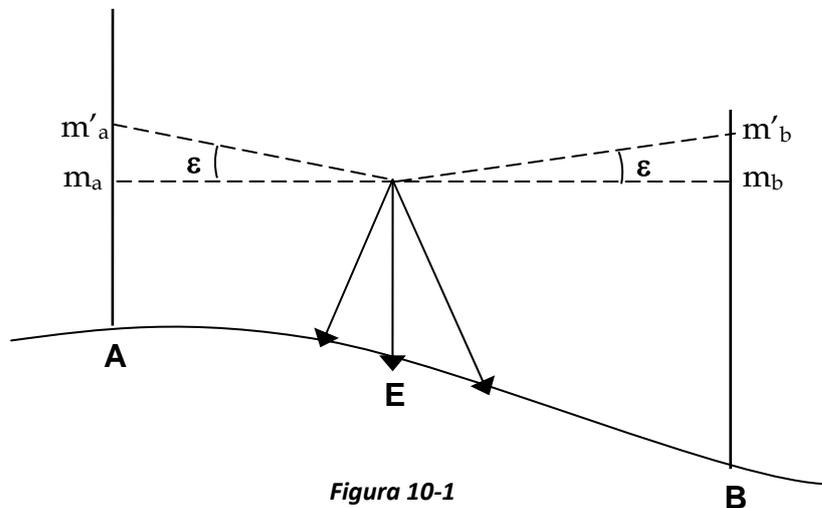


Figura 10-1

Desde el punto E se dirigen visuales horizontales a los puntos A y B obteniendo las lecturas  $m_a$  y  $m_b$ , siendo el desnivel correcto  $Z_A^B = m_a - m_b$ . Si estas visuales no fuesen estrictamente horizontales, debido a los errores sistemáticos, se obtendrían las lecturas  $m'_a$  y  $m'_b$ . Al calcular el desnivel de B respecto de A, según:  $Z_A^B = m'_a - m'_b$ , se obtendrá el desnivel correcto, aunque cada lectura aisladamente no lo sea, ya que la falta de horizontalidad de las visuales provoca el mismo error en las lecturas sobre cada una de las estadias, al ser el punto E equidistante de A y B.

## 10.2.- MÉTODO DE NIVELACIÓN DEL PUNTO EXTERIOR

Con este método se determina el desnivel entre los puntos A y B estacionando el equialtímetro en un punto E, muy próximo a una de las estadias situadas en A o B y quedando alejado de la otra (Figura 10-2).

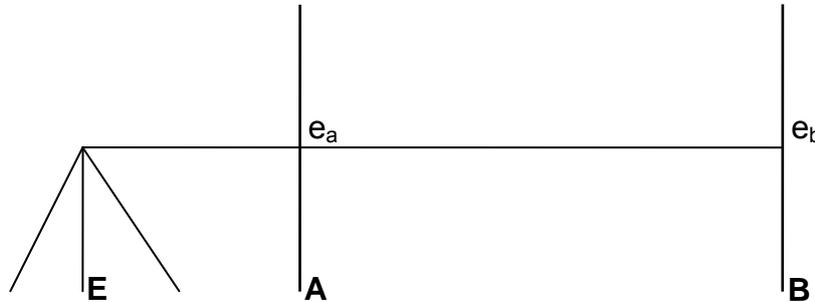


Figura 10-2

Se dirigirán visuales a cada una de las estadias obteniendo las lecturas  $e_a$  y  $e_b$  correspondientes a los hilos centrales, que en su caso serán comprobadas. Si el nivel está corregido y por tanto las visuales dirigidas a las estadias son horizontales, el desnivel vendrá dado por la expresión:

$$Z_A^B = e_a - e_b$$

Supongamos que el nivel o equialtímetro está descorregido y las lecturas tomadas no corresponden a visuales horizontales, sino que serán, por ejemplo,  $e'_a$  y  $e'_b$  (Figura 10-3).

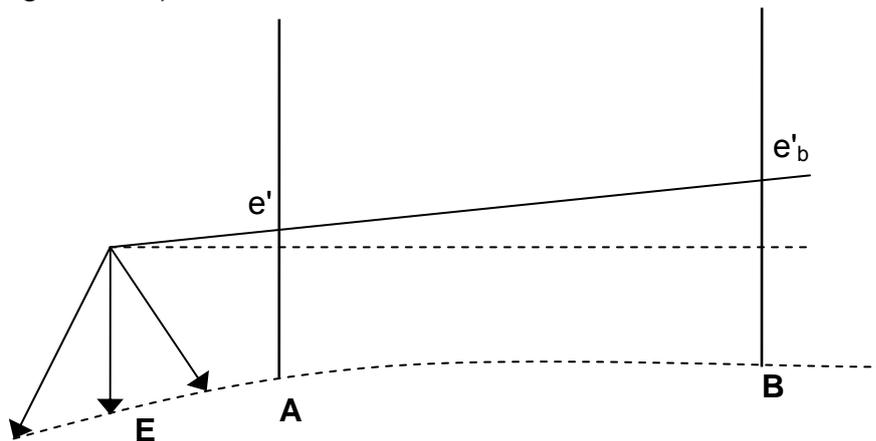


Figura 10-3

El desnivel obtenido al calcular la diferencia de lecturas no sería el correcto,  $Z_A^B$ , sino

$$(Z_A^B)' = e'_a - e'_b$$

### 10.3.- METODOLOGÍA PARA LA COMPROBACIÓN DEL NIVEL

Si se quiere comprobar un nivel bastará con comparar el desnivel correcto entre dos puntos y el obtenido por el punto exterior. Si ambos desniveles no coinciden indica que el nivel o equialtímetro está descorregido.

El desnivel correcto será conocido por ser un dato previo o por haberse determinado por el método del punto medio, para lo que puede utilizarse el mismo nivel a contrastar.

De la comparación de ambos valores obtenidos para el desnivel se deduce  $\varepsilon$ , error angular total de horizontalidad de la visual.

### 10.4.- CÁLCULO DEL ERROR DEL NIVEL

Se determina el ángulo de descorrección  $\varepsilon$  a partir del conocimiento del desnivel correcto, por ser dato o bien por haberse obtenido mediante observación por el método del punto medio, dado por la expresión:

$$Z_A^B = m_a - m_b = m'_a - m'_b$$

y por las lecturas proporcionadas por la observación desde el punto exterior:

$$e'_a = e_a + x \quad \text{y} \quad e'_b = e_b + (x+h)$$

El desnivel correcto también será (Figura 10-4):

$$(1) \quad Z_A^B = e_a - e_b = e'_a - (e'_b - h) \quad ; \text{ desconociéndose } h.$$

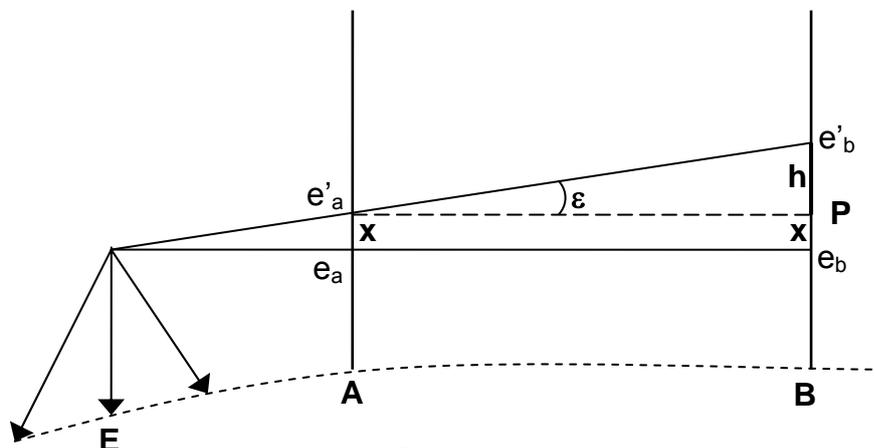


Figura 10-4

### Cálculo de $\varepsilon$ :

Para obtener el valor de  $\varepsilon$ , incertidumbre en la horizontalidad del eje de colimación en niveles manuales o de la visual equivalente en los automáticos, resolvemos el triángulo rectángulo  $e'_a P e'_b$ , en que:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{h}{D} ; \text{ siendo } D = e'_a P$$

Se podrá calcular  $h$  a partir de las lecturas  $e'_a$  y  $e'_b$  de la observación por punto exterior, dado que el desnivel correcto  $Z_A^B$  es conocido:

$$\text{De (1): } h = Z_A^B - (e'_a - e'_b) ; \text{ que proporcionará el signo de } \varepsilon.$$

El caso general para obtener la distancia  $D$  se resuelve a partir de la situación en que se observe desde el punto exterior:

$$\begin{aligned} D &= \text{distancia a la mira lejana} - \text{distancia a la mira cercana} \\ D &= EB - EA ; \text{ en la figura 10-4} \end{aligned}$$

Por lo indicado, el nivel se podrá estacionar en cualquier punto siempre que esté muy próximo a una de las miras y alejado de la otra, no siendo necesario que esté alineado con los puntos  $A$  y  $B$ . Si así fuera, siendo la situación del punto  $E$  exterior al segmento  $AB$ , lógicamente  $D$  será la distancia entre las miras  $AB$ , que ocasionalmente puede ser conocida previamente.

En esta práctica se repetirá el proceso al menos cuatro veces y se asignará a  $\varepsilon$  el valor más probable, calculando así mismo su error medio cuadrático.

**NOTA:** Se ha considerado a lo largo de la explicación de la práctica que el error del equialtímetro provoca visuales ascendentes. Los razonamientos expuestos se aplicarían de igual forma en el caso de visuales por debajo de la horizontal.

### Medida indirecta de la distancia D:

Si se desea obtener esta distancia  $D$  a partir de las lecturas en las miras, la distancia reducida se obtiene a partir del método del punto exterior como:

$$\text{Lecturas sobre la mira en A: } D_E^A = (H_s - H_i) \cdot K \cdot \operatorname{sen}^2 V$$

$$\text{Lecturas sobre la mira en B: } D_E^B = (H_s - H_i) \cdot K \cdot \operatorname{sen}^2 V$$

$K \equiv$  constante estadimétrica = 100 ;  $V = 100^g$  en los equialtímetros

$$\text{Por lo tanto: } D = D_E^B - D_E^A$$

## **NOTAS Y CÁLCULOS**





<b>P 10</b>	<b>COMPROBACIÓN DE UN NIVEL</b>	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Curso 1º	Grupo N°

Error	<b>tg <math>\epsilon = h/D</math></b>		h=		$\epsilon =$		h=		$\epsilon =$		h=		$\epsilon =$		
	Método del punto exterior														
Distancia															
Desnivel															
H. Central															
H. Superior															
H. Inferior															
Método del punto medio															
Distancia															
Desnivel															
H. Central															
H. Superior															
H. Inferior															
Mira en punto															
Eje															

Valor más probable del error de colimación horizontal =  
 Error medio cuadrático del valor más probable del error de colimación horizontal =



# **PRÁCTICA 11**

## **ITINERARIO DE NIVELACIÓN**

El objeto de la práctica es conocer las características técnicas así como la observación de un itinerario altimétrico, utilizando un nivel de línea, por el método del punto medio.

### **11.1.- NIVELACIÓN COMPUESTA.**

Cuando los dos puntos entre los que se desea conocer el desnivel están situados a una distancia tal que es necesario determinar los desniveles parciales entre puntos intermedios consecutivos, hasta recorrer toda la línea, partiendo de uno de los extremos hasta llegar al otro, se denomina nivelación compuesta.

El método más recomendable y utilizado para el cálculo de estos desniveles es el del *punto medio* debido a que elimina una serie de errores sistemáticos, tal como se ha descrito en la práctica 8, siendo además por lo general el más rápido al permitir el mayor alejamiento entre miras.

#### **11.1.1.- Instrumentos y descripción.**

Para la realización de un itinerario altimétrico es necesario disponer de los siguientes instrumentos:

- Un nivel o equialtímetro con trípode.
- Una o dos miras de nivelación.
- Igual número de placas de estacionamiento (zócalos).
- Material auxiliar: nivel esférico, clavos de nivelación, estacas, maceta, cinta métrica.

Los zócalos son unas placas metálicas de forma triangular que en la parte inferior tienen tres patas aguzadas para fijarlos firmemente al terreno, y por la superior disponen de un pivote donde puede ser perfectamente encajada una mira de nivelación.

Los puntos extremos del itinerario cuyo desnivel se desea calcular estarán debidamente señalizados de forma permanente, que en este caso llamaremos A y B (Figura 11-1).

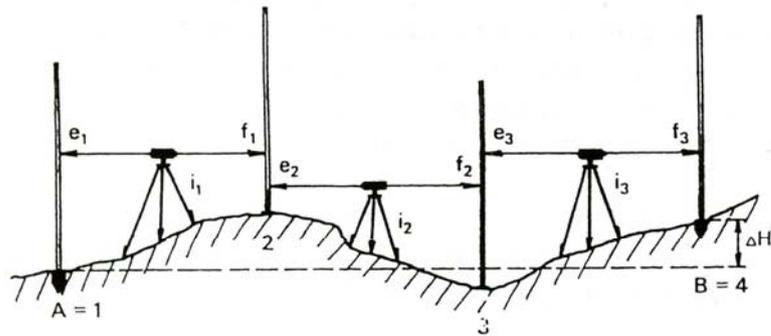


Figura 11-1

Se comienza el itinerario situando directamente sobre el punto "A" una mira y en "2" uno de los zócalos sobre el que se encajará otra, estacionando el nivel en " $i_1$ ", elegido por el operador de manera que la distancia " $A-i_1$ " sea igual a la " $i_1-2$ " y que se puedan leer sobre las miras los tres hilos horizontales del retículo.

A continuación se realizará y anotará la lectura de "A", denominada de espalda,  $e_1$ , e inmediatamente, de forma análoga, la de "2", llamada lectura de frente,  $f_1$ , con lo que se ha completado la observación en la estación " $i_1$ ".

Nótese que podrá utilizarse una única mira que será trasladada a "2" una vez completada la lectura de "A".

La mira situada en "2" permanecerá en su sitio haciéndola girar, sin ser levantada del zócalo, para permitir la lectura desde la siguiente estación del nivel, " $i_2$ ", que equidistará de "2" y "3", en que también se utilizará el zócalo, operándose igualmente que en el tramo anterior y continuando sucesivamente hasta situar la mira en el extremo final "B", en el cual la mira se situará directamente sin la interposición del zócalo.

Es deseable que las longitudes de nivelada sean aproximadamente iguales para todo el itinerario pues la experiencia demuestra que los errores accidentales se compensan mejor, pero en la realidad esto no siempre es posible, por lo cual podrán variar de longitud, pero siempre manteniendo escrupulosamente la equidistancia entre el nivel y las dos miras sobre las que se efectúen las lecturas.

Las longitudes máximas de nivelada, siempre y cuando el terreno lo permita, no suele exceder de los 80m, siendo habituales de unos 50. En itinerarios de alta precisión serán de 25m.

### **11.2.2.- Itinerarios de nivelación doble y sencilla.**

Un itinerario de nivelación, al igual que uno taquimétrico, jamás deberá quedar colgado por no tenerse comprobación de la bondad del trabajo realizado ni constancia de las posibles equivocaciones que se hayan podido cometer, que por otra parte, son relativamente frecuentes en estos trabajos.

Los itinerarios de nivelación doble están indicados en los casos en que se desee conocer el desnivel entre dos puntos lo que permite, conociendo la cota o altitud de uno de ellos, determinar la del otro extremo. Para ello, una vez que se haya llegado con el itinerario al punto final, en este ejemplo el punto B, será preciso continuar el itinerario en sentido contrario hasta alcanzar el origen, punto A, sin necesidad de recuperar los estacionamientos anteriores tanto del nivel como de zócalo y mira. Las únicas condiciones son: situar la mira, sin zócalo, en los puntos A y B tanto en el itinerario de ida como en el de vuelta y realizar correctamente el método del punto medio.

En este caso la suma de los desniveles parciales de los itinerarios de ida y vuelta deberá ser igual a cero; no es habitual que esto ocurra, debido a la presencia de los errores accidentales de observación y la diferencia será el llamado error de cierre que deberá ser inferior a la tolerancia que se haya establecido.

Es frecuente, en los itinerarios de nivelación que, además de determinar el desnivel entre los puntos extremos, se quiera proporcionar cota a puntos intermedios. Para ello deberán estar señalizados de forma permanente con objeto de que sirvan tanto para el itinerario de ida como el de vuelta, formando anillos.

Se tiene así una comprobación del cierre anillo por anillo y si alguno de ellos, comparando los dos desniveles calculados de ida y vuelta, excede la tolerancia, será suficiente con repetirlo no teniendo que proceder a la repetición total, lo cual es otra ventaja importante.

En los itinerarios de nivelación sencilla se nivela una sola vez siendo de aplicación en aquellos que sean cerrados, se parte y llega un mismo punto, o encuadrados entre dos cotas conocidas, de manera que siempre se tenga comprobación.

Si al realizar una nivelación compuesta, tanto sencilla como doble, se presenta algún eje cuyo desnivel no puede determinarse por el método del punto medio podrá aplicarse en él algún otro, como por ejemplo estaciones equidistantes, para continuar el itinerario por el del punto medio.

### 11.3.- DATOS.

En la nivelación de cada tramo de un itinerario altimétrico se deberán consignar, en estadillos elaborados expresamente para ello, los siguientes datos:

- Denominación del eje.
- Número de los dos puntos sobre los que se ha situado la mira.
- Lecturas de la mira de espalda y de frente, claramente identificables.

Además el estadillo guardará espacios para anotar los desniveles calculados de cada eje, de los anillos parciales y el desnivel total de la línea de nivelación, así como el error de cierre.

### 11.4.- TOLERANCIA Y CÁLCULOS.

La tolerancia en el cierre de un itinerario,  $T$ , se establece en función del error kilométrico,  $e_k$ , expresado en milímetros y de la longitud del itinerario,  $k$ , en kilómetros, por la fórmula:

$$T \leq e_k \cdot \sqrt{k}$$

Para que una nivelación se pueda calificar de precisión el error kilométrico deberá ser inferior a 7 mm, alcanzando valores de únicamente 1 a 2mm en las de alta precisión.

Para fijar la tolerancia en el cierre ha de calcularse el error kilométrico admisible en función de las características del instrumento con que se opera y de la distancia de nivelada a que se trabaje.

También puede darse el caso inverso, es decir, una vez fijado de antemano el error kilométrico máximo para un itinerario, se tiene que determinar a partir de él las longitudes de nivelada y las características del nivel a emplear para poder conseguir cerrar dentro de tolerancia.

Es importante calcular en el mismo campo el error de cierre de los anillos y el total y para ello se podrá operar sumando desniveles parciales, o bien restando a la suma de las lecturas de espalda la suma de las de frente, lo que proporcionaría el desnivel total.

### 11.5.- REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA.

Para la realización de esta práctica se asignará a cada grupo, compuesto por dos alumnos, los puntos extremos de partida y llegada del itinerario así como otro intermedio que lo dividirá en dos anillos.

La nivelación compuesta será doble, realizándose de la siguiente manera: en la nivelación de ida uno de los alumnos será el operador en el primero de los anillos y el otro en el segundo; en la nivelación de vuelta cada alumno será operador en el anillo en que no lo fue anteriormente.

Todos los datos se consignarán ordenadamente en los estadillos que se proporcionan al efecto, teniendo especial cuidado en anotar los valores en mira de los 3 hilos horizontales del retículo, **apreciando hasta el mm**, y distinguiendo claramente lecturas de espalda y de frente.

Se calcularán todo los desniveles parciales así como el error de cierre de cada uno de los anillos y del total del itinerario.

Teniendo como dato la cota de uno de los puntos extremos, habrá que proporcionar la del otro y la del punto intermedio.

El zócalo se utilizará en todas las posturas de las miras con excepción, como es lógico, de todos aquellos puntos cuya cota sea conocida o se desee asignar.



## **NOTAS Y CALCULOS**





<b>P 11</b>	ITINERARIO DE NIVELACIÓN	Alumno	FECHA	
		Instrumento Marca, Modelo y N°	Curso 1°	Grupo N°

Desniveles de 1<sup>er</sup> anillo

Desnivel de ida de 1<sup>er</sup> anillo =

Desnivel de vuelta de 1<sup>er</sup> anillo =

Error de cierre de 1<sup>er</sup> anillo = (1)

Desniveles de 2<sup>o</sup> anillo

Desnivel de ida de 2<sup>o</sup> anillo =

Desnivel de vuelta de 2<sup>o</sup> anillo =

Error de cierre de 2<sup>o</sup> anillo = (2)

Error de cierre Total de la nivelación (1+2) =

**Cota del punto de partida [dato] =**

**Cota del punto intermedio =**

**Cota del punto de llegada =**













