

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD ZACATENCO

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

“LA TAQUIMETRÍA CON LUZ INFRARROJA Y CON
MICROONDAS EN LA INGENIERÍA CIVIL”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN:

JAIRO LÓPEZ REGALADO

OMAR MORENO GALVÁN

ASESOR: ING. RICARDO LÓPEZ RAMÍREZ.



MÉXICO, D.F.

2003

Í N D I C E G E N E R A L .

1. “Antecedentes de la Taquimetría”

1.1. Introducción	3
1.2. Antecedentes Generales	5
1.3. Descripción de los diferentes tipos de estadales	6
1.4. Telescopio de Punto Analítico Central	11

2. “Levantamientos Taquimétricos por el Método de la Estadia”

2.1. Características Generales de la Estadia	14
2.2. Estadia Simple	16
2.3. Estadia Compuesta	18
2.4. Determinación de Constantes en Tránsitos de construcción antigua	21
2.5. Casos especiales en los que no es posible ver en el estadal la altura del instrumento	24
2.6. Levantamientos con Tránsito y Estadia	26
2.7. Errores en la medición con Estadia	33

3. “Levantamientos Taquimétricos por Métodos Electrónicos”

3.1. Descripción y Manejo del Teodolito	37
3.2. Levantamiento con el Teodolito y la Estadia	55

4. “Levantamientos Taquimétricos con la Estación Total”	
4.1. Descripción y Manejo de la Estación Total	58
4.2. Levantamiento Taquimétrico con la Estación Total	77
5. “La Taquimetría por Medio de Microondas”	
5.1. Equipo	82
5.2. Observaciones	85
5.3. Registro	90
5.4. Calibración de los Instrumentos	91
Conclusiones	96
Bibliografía	97

A decorative green line starts from the top right, curves over the top of the yellow banner, and ends at a small green button with four white dots on the left side of the banner.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES DE LA TAQUIMETRÍA

1.1 INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Civil tiene la misión de proyectar, planear, diseñar, construir y mantener obras funcionales y con un factor de seguridad muy amplio, para que proporcionen un bien a una comunidad o población, lo anterior se fundamenta en la precisión de los datos proporcionados por los levantamientos topográficos realizados para el proyecto.

La topografía en la actualidad se encuentra en un etapa de cambios tecnológicos, los avances tecnológicos están ocurriendo a una velocidad sin precedentes afectando radicalmente en todas las tareas de la práctica topográfica de campo y oficina

En virtud de la importancia de los levantamientos topográficos en la Ingeniería Civil, los fabricantes de instrumentos topográficos han incorporado a estos tecnología de punta dando como resultado equipos topográficos de alta precisión que permiten el registro de datos de campo, cálculo y dibujo de una forma rápida, precisa y sencilla, lo que da pauta a levantamientos y planos altamente precisos y confiables.

La mayoría de las veces estos instrumentos topográficos electrónicos se consideran complejos por lo que únicamente pueden ser operados por un profesional especializado como el Ingeniero Topógrafo, razón por la cuál esta tesis trata de dar los conocimientos esenciales para el manejo de estos aparatos electrónicos a los Ingenieros Civiles.

Una de las justificaciones para que el Ingeniero Civil utilice estos equipos es la carencia a nivel nacional de Ingenieros Topógrafos ya que cada vez son menos las personas interesadas en estudiar dicha carrera.

Esa carencia de personal especializado en el manejo de aparatos topográficos electrónicos, principalmente para la obtención de datos de campo para la elaboración de planos altamente confiables para ser utilizados el proyecto, diseño y construcción de Obras Civiles, fue lo que nos motivo como pasantes de Ingeniería Civil a realizar esta tesis relacionada con los Levantamientos Topográficos en la Ingeniería Civil

1.2 ANTECEDENTES GENERALES

La Taquimetría (del gr. *taquis* – rápido, *metrón* – medida) es la parte de la Topografía que enseña a levantar planos con rapidez por medio del taquímetro, el cuál permite determinar simultáneamente la proyección horizontal del terreno y las altitudes de sus diversos puntos. En taquimetría se determina la posición del punto, la distancia del punto al observador reducida al horizonte y el rumbo con relación a la meridiana medido por indicaciones de su brújula o con ayuda del círculo horizontal, es decir que por medios muy sencillos se hace el levantamiento de los planos ejecutando en un sola operación la planimetría y la nivelación.

Las distancias se miden indirectamente sin usar longímetros, aplicando otros métodos como el uso de anteojos diastimométricos con su retícula para leer sobre una regla graduada llamada estadal, la parte que se corta por los dos hilos paralelos o y u. Este telémetro se llama estadia y resulta del uso combinado de un telescopio cualquiera como el del teodolito con retícula estadimétrica y de un estadal o mira dividido en centímetros que puede ser de diferentes longitudes, como por ejemplo 2, 4 ó 6 metros.

No deben confundirse los términos estadal y estadia. Estadal es sólo la regla graduada; estadia es todo el telémetro formado por el telescopio con su retícula y el estadal.

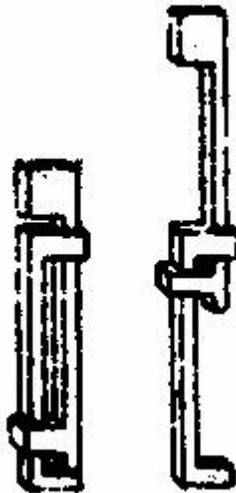
La taquimetría tiene especial aplicación en los trabajos de proyecto previos al trazado de carreteras, vías férreas, canales, etc., sirve también como base para la formación de planos a pequeña escala y en operaciones de relleno o en levantamientos hechos para configurar el terreno.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTADALES

MIRAS PARA NIVELACIONES.

Son reglas graduadas que se colocan verticalmente en los puntos que se desean nivelar.

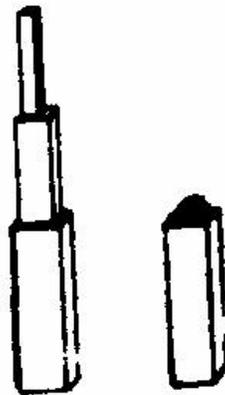
La mira Philadelphia tiene dos miembros corredizos dispuestos para lectura directa y es de gran aceptación a causa de su solidez comodidad y adaptabilidad. En lugar de tener la escala graduada, pintada directamente en la madera, estas miras tienen unas bandas de acero que corren en ranuras estrechas de la mira de madera como indica la figura, disposición que tiene ventajas importantes.



La mira Detroit está formada de secciones independientes que se empalman entre sí con unas conexiones del tipo de caja y espiga. En terreno llano sólo hay que llevar dos de las tres secciones; es la más liviana y simple de todas las miras seccionales. Se usan fundas de lona para guardar las secciones de la mira.



La mira inglesa o de tipo de cajón está hecha de caoba y se presta muy bien para su empleo en climas cálidos y húmedos. Con sus graduaciones métricas se pueden tomar largas visuales con precisión considerable.



La mira para arquitectos y constructores es un diseño Philadelphia modificado; tiene sus escalas marcadas en el acabado natural de la madera y es apropiada para nivelaciones de replanteo y de construcción de edificios.

Las miras de precisión son de una sola pieza y tienen una escala de acero, cuyo coeficiente de dilatación térmica es muy bajo como de 1/12 del correspondiente al acero ordinario.

Una base cónica de acero marca exactamente el punto cero, y la escala graduada se mantiene a tensión uniforme por medio de un resorte que tiene cerca de la parte superior de la mira. Esta mira es de arce duro y bien curado, con un nervio ahusado de pino.

MIRAS TAQUIMÉTRICAS.

Son reglas con escala pintada que pueden plegarse, bien sea por una corredera o por charnela. Sirve de referencia a los taquímetros y permite calcular la distancia que existe entre la mira y el centro de giro del taquímetro.

Las hay de diversos modelos, pero la más común es la de 4 m de longitud plegable a dos metros, con los metros numerados y pintados alternativamente en negro y blanco uno y en rojo y blanco el siguiente, para que se puedan distinguir bien a distancia; la anchura de la cara es de 3, pulgadas (7.6 cm).

Las miras para levantamientos con plancheta son de tipo y dimensiones muy diversos, según el trabajo que se vaya a hacer.

Por ejemplo, para el tipo de levantamientos que hace la Comisión Nacional de Irrigación, se usan estadales de 4 ó 6 m, según el tipo de terreno, la vegetación y las distancias a que se vayan a tomar los puntos.

Cuando estas condiciones lo exigen, se usan estadales de 8 m., empleando la mira de 6 m añadida de una pieza de madera sujeta con unas abrazaderas a la parte superior del estadal.

Estas miras no son del tipo de charnela, sino de una sola pieza de madera de 4 1/2" x 3/4" x 4 ó 6 metros de longitud pintados con rombos o con números. Las primeras se pintan con rombos de 20 cm de altura, con el primer metro pintado con rombos blancos en fondo negro y el segundo con rombos rojos en fondo blanco y así sucesivamente. Por las ventajas de esta mira se prefiere sobre cualquiera otra en levantamientos a escalas mayores de 1:5000.

En las segundas se pintará una graduación de dos en dos centímetros, alternando rojo con blanco para un metro y blanco con negro para el siguiente, pintando cada dos decímetros el número correspondiente: 2, 4, 6, 8, de 10 cm de altura y a cada metro un número romano: I, II, III, etc., también de 10 cm de altura. Con este tipo de estadal se tiene una aproximación mayor que con el anterior; se puede usar para el levantamiento de boquillas, de apoyo para obras de arte, ciertos levantamientos geológicos, etc., que se dibujan generalmente a escalas mayores de 1:1000.

Es conveniente que en cada mira, se pinte por un lado el tipo de rombos y por el otro el tipo de números, a fin de utilizar una u otra cara según convenga.

ESTADAL NERI.

Sirve para medir distancias, mayores con más precisión que con otras miras. Una de sus divisiones mide 10.5 cm de altura y tiene un índice 1 a 5.5 cm del extremo superior y a 5 cm del extremo inferior de la división.

Todos los rectángulos arriba del que tiene el índice, miden 11 cm de altura y 10 cm los que quedan abajo.

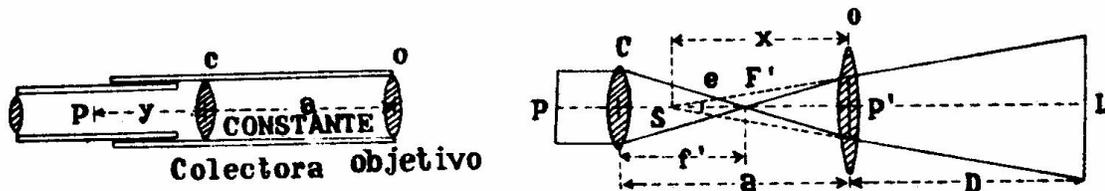
Manera de usarlo. Para medir con él una distancia se hace que el hilo inferior *u* divida en dos partes iguales (biseque) a uno de los rectángulos de los de abajo del índice, a condición que al mismo tiempo el hilo superior *O* biseque a uno de los rectángulos de arriba, lo cual debe lograr el operador mediante rápidos tanteos.

Siempre que la lectura *L* termine en 1 como 0.41 m, 1.91 m, 2.61 m, etc., será la primera división superior la que quede bisecada, si *L* termina en 2, lo será la segunda división y así sucesivamente.

Estos estadales tienen notorias ventajas sobre las miras taquimétricas ordinarias, pues hay menor error al cortar en dos un rectángulo que al hacer coincidir un hilo con una división y, como las divisiones son mayores y con colores alternados, se pueden distinguir mejor que los centímetros de las otras miras.

1.4 TELESCOPIO DE PUNTO ANALÍTICO CENTRAL

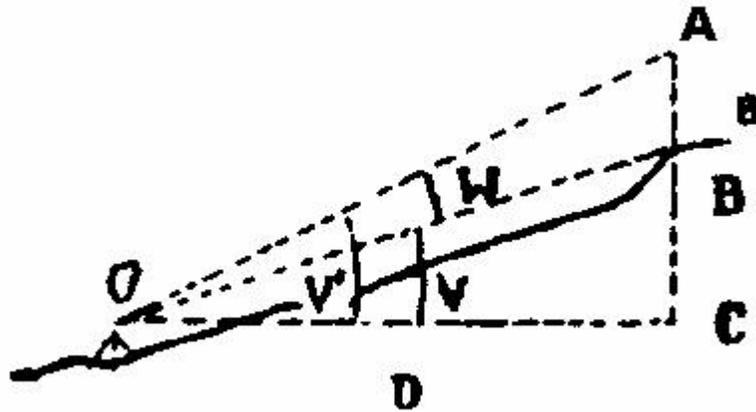
Al ingeniero italiano Porro se debe una modificación importante en la estadia, que consiste en introducir una lente entre el objetivo y el ocular, para no tener que considerar la constante chica haciendo que el punto analítico caiga en el centro del instrumento. El anteojo de Porro, cuya disposición se ve en la figura, lleva entre el objetivo O y la retícula P, una lente colectora C situada a distancia constante "a" del objetivo, pero cuya distancia "y" a la retícula varía al enfocar a diferentes distancias la mira. Los rayos correspondientes a los dos hilos de la retícula paralelos al eje principal del anteojo, se cortan al atravesar la lente analítica C, en el plano focal anterior F' de esta última y al refractarse nuevamente a través del objetivo O salen de éste formando un ángulo aparente "e". Por ser constante la distancia "a" del objetivo a la colectora, constante será también la posición del vértice S de este ángulo "e".



MÉTODO DE DOS PUNTERÍAS

Se ha visto que la medida indirecta de las distancias está basada en la resolución de un triángulo del que se conocen la longitud de un lado llamado base, y el factor por el que debe multiplicarse ésta para obtener la distancia buscada; el ángulo opuesto a la base es el **ángulo diastimométrico**.

Entre los principales procedimientos para medir indirectamente las distancias, figura el “Método de Dos Punterías”, que consiste en dirigir con el hilo medio dos visuales o punterías sobre una mira, leyendo el ángulo vertical las dos ocasiones. Si observamos así con el teodolito dos puntos A y B de una mira, con ángulos verticales V y V', se tiene:



$$\frac{AC}{D} = \tan V' \quad \therefore \quad AC = D \tan V' \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{BC}{D} = \tan V \quad \therefore \quad BC = D \tan V \dots\dots\dots(2)$$

restando la ecuación (2) de la (1), miembro a miembro, resulta:

$$AC - BC = D \tan V' - D \tan V \quad \therefore \quad a = D(\tan V' - \tan V)$$

$$D = \frac{a}{\tan V' - \tan V}$$

Esta fórmula de la distancia D en función de la base “a” y de los ángulos verticales V y V', cuando los ángulos verticales son menores de 7° no se comete gran error al considerar que:

$$\frac{OB}{a} = \cot W \quad \therefore \quad OB = a \cot W$$

y como en este caso OB es aproximadamente igual a D, se podrá poner:

$$D = a \cot W$$

La distancia queda reducida al horizonte calculándola por las fórmulas anteriores, pues 0 es el centro del instrumento. Como se puede observar en la aplicación de este método, no intervienen los hilos estadimétricos.

Así se miden distancias muy largas en levantamientos de detalles a pequeña escala, y en los reconocimientos, visando los dos bordes de la mira, que son puntos bien definidos, dando así su mayor precisión el método, pues entonces "a" es máxima. Si se coloca el instrumento en un punto intermedio de un tramo y se toman las distancias a los extremos, su suma será la distancia total.

Si la parte interceptada de la mira es de 4 metros y tenemos un minuto como error medio del ángulo vertical, se producirá un error de 0.7 m en distancias de 100 metros y de 17.5 m en los de 500 metros.



CAPÍTULO 2

LEVANTAMIENTOS TAQUIMÉTRICOS POR EL MÉTODO DE LA ESTADIA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESTADIA

La estadia es un procedimiento empleado para la medida indirecta de distancias y consiste en el uso combinado de un anteojo telescópico, con dos hilos reticulares superior e inferior, horizontales, y equidistantes del hilo medio, llamados hilos estadimétricos (Figura 2.1.1) y de un estadal graduado en metros, decímetros y centímetros que se denomina mira o estadal.

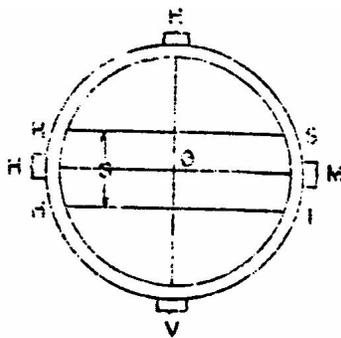


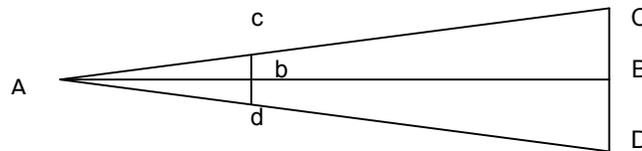
Figura 2.1.1

El proceso de hacer medidas con la estadia consiste en observar con el telescopio la situación aparente de dos hilos de estadia en el estadal, que se sostiene vertical. El intervalo comprendido entre los hilos de estadia al hacer las lecturas, se llama *intervalo de estadia* o *lectura de estadia*, es una función directa de la distancia del instrumento al estadal.

TEORÍA DE LA ESTADIA

La estadia se establece se funda en el teorema geométrico que establece que “en triángulos semejantes los lados homólogos son proporcionales.”

En efecto, si se pretende medir la distancia AB (Figura 2.1.2) y se trazan las rectas cd y CD , perpendiculares a la misma, en los triángulos semejantes Acd y ACD , se tiene:



$$\frac{AB}{Ab} = \frac{CD}{cd}$$

$$AB = \frac{Ab}{cd} CD$$

Figura 2.1.2

quedando determinada AB se conocen Ab , cd y CD . Pero AB es la distancia que se desea medir, CD es la parte del estadal comprendida entre los hilos estadiométricos c y d de la retícula y la relación $\frac{Ab}{cd}$ es una constante en cada aparato, dependiente de las características del anteojo.

La estadia se divide en dos ramas:

- Estadia Simple
- Estadia Compuesta.

2.2 ESTADIA SIMPLE

En terreno plano, el procedimiento empleado para la medida de las distancias se le conoce con el nombre de estadia simple. Este caso, en el cuál las visuales dirigidas a la mira se consideran horizontales, en la figura 2.2.1

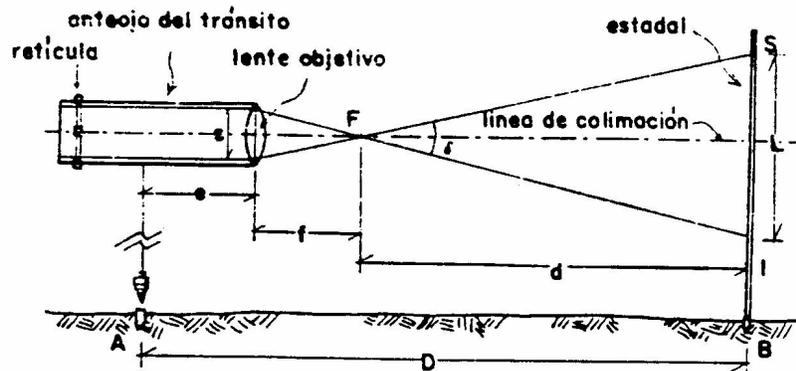


Figura 2.2.1

En donde:

A = estación.

B = punto visado.

D = distancia de la estación "A" al punto visado "B"

e = distancia entre el eje azimutal del instrumento y el centro de la lente objetivo.

f = distancia focal de la lente objetivo.

d = distancia entre el foco de la lente objetivo y el estadal.

s = separación de los hilos estadimétricos.

F = Foco principal de la lente objetivo

δ = ángulo diastimométrico.

L = distancia interceptada sobre el estadal por los hilos estadimétricos

Se puede observar que la distancia D se puede obtener de la siguiente manera:

$$D = d + e + f \quad (1)$$

Los rayos procedentes de los puntos S e I , forman un par de triángulos semejantes, uno de base s y el otro de base L , y como resultado de la comparación de estos triángulos, se obtiene la proporción:

$$\frac{d}{L} = \frac{f}{s} \therefore d = \frac{f}{s}L \quad (2)$$

y substituyendo (2) en (1), resulta:

$$D = \frac{f}{s}L + e + f \quad (3)$$

El cociente $\frac{f}{s}$ se denomina factor de intervalo de la estadia. Para un aparato determinado f , s y e son constantes, por lo que la fórmula (3) se puede reducir haciendo:

K = constante grande ó de multiplicación

$c = e + f$ = constante chica ó de adición

obteniéndose así la fórmula general de la estadia para visuales horizontales o estadia simple:

$$D = LK + c \quad (I)$$

Finalmente, para calcular la distancia D , medida con la estadia, habrá que multiplicar por K la lectura del estadal L y agregar al producto el valor de la constante chica c . En cada instrumento viene determinada la constante grande que es, por lo general igual a 100.

2.3 ESTADIA COMPUESTA.

En los levantamientos con estadia, la mayor parte de las visuales son inclinadas y generalmente se desea encontrar tanto las distancias horizontales como las verticales del instrumento al estadal. Por comodidad, en campo el estadal se mantiene vertical, por lo que esta lectura será siempre mayor que la verdadera. Por consiguiente se establecieron fórmulas para calcular las componentes horizontales y verticales de la distancia inclinada comprendida entre la estación y el punto visado.

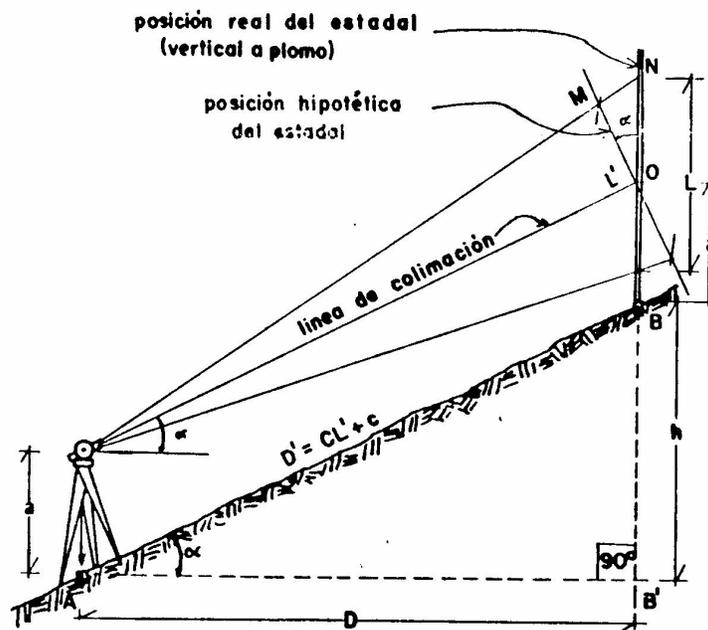


Figura 2.3.1

En la figura 2.3.1, la componente horizontal es la distancia reducida al horizonte entre la estación y el punto visado y la componente vertical es el desnivel entre dichos puntos, de donde:

A = estación

B = punto visado

D' = distancia inclinada entre el instrumento y el estadal.

D = distancia horizontal ó reducida al horizonte, del centro del instrumento al estadal

h = desnivel entre los puntos A y B

α = ángulo vertical ó de inclinación del terreno

a = altura del aparato en la estación

L' = lectura que se tomaría en el estadal si se pudiera sostener normal a la visual, en el punto B

L = lectura que se toma en el estadal colocado en posición vertical, a plomo.

Si pudiera tomarse la lectura L', la distancia inclinada sería:

$$D' = KL' + c \quad (4)$$

Ahora bien, en el triángulo rectángulo ABB' , por trigonometría, se tiene:

$$D = D' \cos \alpha = (KL' + c) \cos \alpha = KL' \cos \alpha + c \cos \alpha \quad (5)$$

y, sin error apreciable, se puede considerar que el triángulo OMN es rectángulo, por tanto:

$$L' = L \cos \alpha \quad (6)$$

valor que sustituido en la ecuación (5) da como resultado la fórmula general para calcular **la componente horizontal de la distancia inclinada:**

$$D = KL \cos^2 \alpha + c \cos \alpha \quad (II)$$

Por otra parte, para obtener el desnivel entre la estación y el punto visado, del triángulo rectángulo ABB' , por trigonometría, se obtiene:

$$h = D' \operatorname{sen} \alpha = (KL' + c) \operatorname{sen} \alpha = KL' \operatorname{sen} \alpha + c \operatorname{sen} \alpha \quad (7)$$

y sustituyendo (6) en (7) da como resultado la fórmula general para calcular la **componente vertical de la distancia inclinada**:

$$h = KL \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha + c \operatorname{sen} \alpha \quad (III)$$

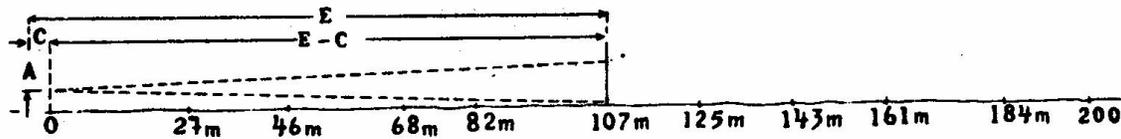
2.4 DETERMINACIÓN DE CONSTANTES EN TRÁNSITOS DE CONSTRUCCIÓN ANTIGUA

CONSTANTE ADITIVA “ c “

En un anteojo ordinario se tiene que $c = f + \delta$ donde f es la distancia focal del objetivo y δ la mitad aproximadamente de la longitud del anteojo. Como δ es con mucha aproximación igual a $0.5f$ resulta: $c = 1.5f$. La distancia focal del objetivo se determina exactamente desatornillando esta lente y recibiendo sobre una hoja de papel la imagen del sol bien recortada formada por la convergencia de los rayos que atraviesen la lente. Debe acercarse o alejarse el papel hasta que la imagen tenga la mayor intensidad; entonces se mide la distancia del papel a la lente que es el valor de la distancia focal. Enfocando también el anteojo al infinito la distancia entre la retícula y el objetivo, es la distancia focal buscada, pues la magnitud f , constante para cada lente, la marca la posición del foco que cae sobre la retícula cuando se observa un objeto situado a una distancia realmente infinita como la de las estrellas o que al menos por su magnitud considerable pueda suponerse infinita.

CONSTANTE DE MULTIPLICACIÓN “ K “

Conocidas exactamente las distancias focales y todas las dimensiones y características del anteojo estadimétrico se podría calcular la constante grande, ya que: $K = f / p$, cálculo que no resultaría correcto, pues el valor de esta relación no sería exacto ya que f y p son cantidades tan desiguales en magnitud que un ligero error en ellas influye mucho en el valor de K , por lo cual es mejor determinar experimentalmente esta constante comparando las distancias medidas directamente con cinta, con las obtenidas con la estadia.



Se fija la mayor distancia a que se usará el instrumento para hacer lecturas con la estadia y que es aquella que con buen tiempo permita ver con claridad las lecturas del estadal. Si estas son buenas a 200 m, se elige un terreno que tenga esa distancia aproximada en línea horizontal y se clava una estaca o ficha A donde se centra el instrumento y desde allí hacia adelante se mide el valor de c , constante chica ya conocida, lo que dará el punto cero; enseguida se miden con cinta distancias cualesquiera $E - c$, clavando fichas como a los 27, 46, 68, 82, 107, 125, 143, 161, 184 y 200 m, etc., procurando que entre una y otra las distancias no sean iguales para evitar la sugestión que se tiene siempre en las lecturas múltiples. Esta medición con cinta se debe hacer escrupulosamente, con ida y vuelta repetidas veces, para que el resultado se pueda considerar exento de error. Al hacer esta clase de mediciones es absolutamente necesario contrastar la cinta empleada.

Sobre la distancia total así subdividida, se debe leer para cada punto por lo menos tres veces la mira, unas al ir y otras al volver, lo que se anotará en un registro como el siguiente:

REGISTRO PARA DETERMINAR LA CONSTANTE K					
E - c	LECTURAS L DE LA MIRA			MEDIA	100 L
	1	2	3	L	E - c
27 m	0.271 m	0.271 m	0.271 m	0.2707	1.0026
46	0.462	1.613	0.462	0.4617	1.0037
82	0.681	0.461	0.681	0.6810	1.0015
68	0.822	0.681	0.823	0.8223	1.0028
107	1.071	0.822	1.072	1.0720	1.0019
125	1.252	1.073	1.251	1.2513	1.0010
143	1.433	1.251	1.434	1.4323	1.0016
161	1.612	1.432	1.613	1.6127	1.0017
184	1.844	1.843	1.843	1.8433	1.0018
200	2.005	2.007	2.002	2.0047	1.0023

$$\text{MEDIA } \frac{100}{C} = \frac{10.0209}{10} = 1.0021 \quad \text{ó sea} \quad K = \frac{100}{10.0021} = 99.79$$

El cálculo representado en el cuadro anterior no necesita explicación alguna. La constante "K" es en este caso bastante menor que 100, ya que la diferencia alcanza a 0.21. La fabrica tuvo la intención de hacer K = 100, pero no pudo conseguir la exactitud propuesta; luego a un metro de lectura generadora L, corresponderán 99.79 m del terreno contados desde la estaca cero, siendo 99.79 el valor de la constante grande del instrumento. Se usará de acuerdo con la fórmula E = KL + c, multiplicando la lectura del estadal en metros por 99.79 y al producto se le agregará el valor de la constante chica.

2.5 CASOS ESPECIALES EN LOS QUE NO ES POSIBLE VER EN EL ESTADAL LA ALTURA DEL INSTRUMENTO

En ocasiones la presencia de algún obstáculo (árbol, piedra muy grande, alguna construcción, etc.) impide observar las medidas en el estadal, entonces lo que se hace es tomar una lectura cualquiera, que aunque no es la real, si puede ayudar a obtener el valor del ángulo y distancia horizontal verdaderos.

Para solucionar este problema será necesario calcular el desnivel con los valores de L y α que se obtuvieron en el campo, debiendo corregir dicho desnivel, agregándole o restándole la diferencia que haya entre la lectura tomada con el hilo medio, en este caso, y la altura del aparato que se midió inicialmente la cual debía buscarse en el estadal.

De acuerdo a lo anterior se tienen las siguientes figuras:

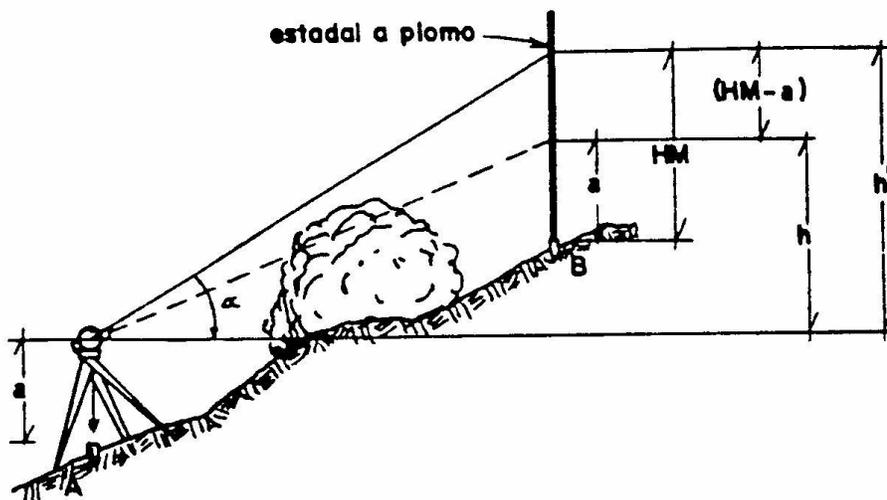


Figura 2.5.1

$$h = h' - (HM - a)$$

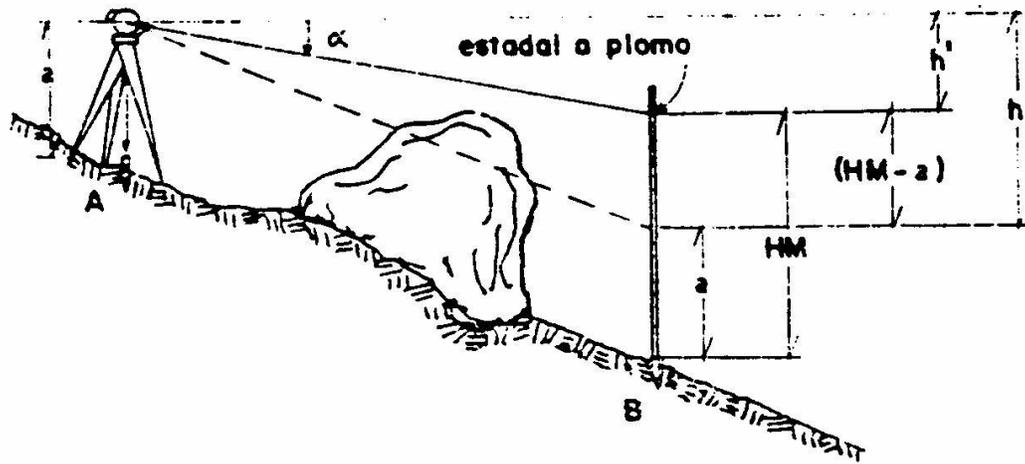


Figura 2.5.2

$$h = h' + (HM - a)$$

en ambas figuras se tiene:

A = estación

B = punto visado

a = altura del aparato en la estación

HM = lectura del hilo horizontal medio

α = ángulo vertical medido

h' = desnivel calculado en función del ángulo vertical medido

$(HM - a)$ = corrección que se aplica al desnivel calculado h'

h = desnivel correcto entre la estación y el punto visado

2.6 LEVANTAMIENTOS CON TRÁNSITO Y ESTADIA

Los levantamientos taquimétricos consisten en general, en operar por radiaciones desde cada estación, abarcando la mayor superficie posible.

Haciendo estación en un punto se fija la posición de los puntos visados, respecto a la estación, en coordenadas polares, por medio de las lecturas de mira del círculo vertical, del hilo medio y del círculo horizontal o de la brújula, quedando así identificado cada punto por su distancia, rumbo y desnivel, es decir, que se puede fijar su situación en el plano desde la estación, con un transportador y una escala.

Si la zona cuyo levantamiento se va a efectuar es de corta extensión, una sola estación será suficiente y desde ella se visarán miras colocadas en todos los puntos que convengan para la representación planimétrica y para la nivelación. Pero si la zona es extensa, tendremos que hacer estación en varios puntos que unidos por una línea poligonal constituya una base de operaciones. El levantamiento de estas poligonales, o sea el enlace de estos puntos, cada uno con el anterior, se consigue de diversas maneras.

Para el levantamiento de una faja de terreno de unos 200 m de ancho como se hace en los estudios de vías férreas, carreteras, etc., se toma como base una poligonal. La nivelación puede ser topográfica o trigonométrica, según la importancia que tengan los desniveles; en terreno llano u ondulado se nivela directamente, pero en terreno montañoso es preferible el procedimiento taquimétrico leyendo los ángulos horizontales y de pendiente de cada tramo. Este último se observa dos veces desde los extremos del tramo, una en sentido directo y otra en el inverso del anteojo.

Para hacer la planimetría de una región extensa se puede emplear el método de triangulación y nivelación trigonométrica, fijando con cierta precisión puntos importantes del terreno sobre los que cerrarán después las poligonales levantadas con estadia; si no se hace la triangulación las poligonales estadimétricas se apoyan en otras levantadas con cinta y niveladas trigonométricamente.

Para levantamientos de cuencas de captación, se levantan poligonales con tránsito y estadia corridas a lo largo de los parte-aguas y cauces principales para fijar la forma de concentración y las pendientes de los cauces; también se puede hacer una triangulación con plancheta o con tránsito, situando los vértices en los puntos más altos de los parte-aguas, determinando el contorno de la cuenca localizando puntos secundarios del parte-aguas por intersecciones. La forma y pendiente de los cauces se determina con poligonales con plancheta o estadia, apoyados en la triangulación.

Los levantamientos de vasos de almacenamiento y boquillas se hacen con plancheta o con estadia, apoyadas en triangulaciones por la misma plancheta o con poligonales levantadas con estadia.

Cuando sólo se desea obtener la posición horizontal de objetos en reconocimientos preliminares, levantamientos aproximados de linderos y levantamientos detallados para planos, el método de estadia empleando el tránsito es suficientemente preciso y considerablemente más rápido y económico que los levantamientos efectuados con tránsito y cinta. La brigada consta de un trazador, de uno o más estadaleros y generalmente de una persona que lleve el registro de campo.

El control horizontal se establece generalmente por poligonales y el control vertical se obtiene por medio de bancos de nivel situados dentro o cerca del área en que se va a operar. La cota de partida se toma del banco de nivel existente o bien se asigna una cota conveniente a un banco que se establezca y que puede ser o no vértice de la poligonal. Una vez conocida la cota de uno de los vértices se puede ir determinando las cotas a los demás vértices.

El método para levantar poligonales puede ser el de conservación de azimutes que da directamente los azimutes de todas las visuales, los que se irán comparando con los observados por la brújula. En este método se pasa de una estación a la siguiente sin tocar para nada la alidada, conservando así el azimut del primer lado AB; en B se observa A con el movimiento del limbo, así que el mismo vernier anterior señalará hacia A el azimut directo de AB; pero como debería marcar el inverso para que quedara orientada la visual correspondiente a la línea de los ceros, se toma su lectura en el otro vernier al visar a C para obtener el verdadero azimut de BC; se prosigue así, leyendo alternativamente con uno y otro vernier. En lugar de leer los dos verniers, se puede emplear uno solo y ver el punto de atrás en posición directa y el de adelante en inversa; luego el de atrás en inversa y el de adelante en directa y así sucesivamente.

Antes de dirigir la visual al punto de adelante se hace una vuelta de horizonte observando la mira colocada en todos los puntos de detalle que sean visibles desde la estación, ejecutándose las mismas operaciones que para los vértices de la poligonal, aunque con menos refinamiento.

COMPENSACIÓN DE UN POLÍGONO LEVANTADO CON ESTADIA.
TOLERANCIA Y COMPENSACIÓN EN EL CIERRE ANGULAR.-

Se llama tolerancia en el cálculo de poligonales, al error máximo que se admite en el cierre y que se supone igual al doble del error medio. El error medio de observación de un ángulo depende del error de las visuales dirigidas a los dos puntos extremos de las lecturas del vernier en ambos, etc. En un instrumento topográfico el mayor error es el de lectura. Despreciando los demás, el error medio de lectura es igual a la mitad de la aproximación del vernier y la tolerancia será el doble. Esto es para cada una de las dos visuales y para el ángulo, el error medio será: $1/2 a 2 = 0.7a$, cuyo doble es $\sqrt{1.4} a$.

Tomando en cuenta otros errores, se pueden asignar a la tolerancia el valor $T = \sqrt{2} a n$ si no se repite el ángulo ni se leen los dos vernieres, pues en este caso la tolerancia puede considerarse: $T = \sqrt{a} n$

Si el error angular encontrado es menor que el admisible se distribuye entre todas las estaciones, tomando como corrección mínima la aproximación del vernier y se aplica a cada cierto número de estaciones; por ejemplo, si en 32 estaciones se encontró un error de 3 minutos, habrá que aplicar una corrección de un minuto a tres ángulos en las estaciones de orden 11, 22 y 33, o sea cada 11 estaciones, pues $32/3 = 11$ aproximadamente.

Distribuido el error angular, los azimutes que se calculen resultarán corregidos y se supone que exentos de error, por tanto no deben mortificarse después al hacerse la compensación de las proyecciones.

COMPENSACION LINEAL DE UNA POLIGONAL

EJEMPLO. Cuando se tiene una poligonal como la ABCDEA que se da enseguida, de la cual se conocen las distancias y rumbos de sus lados, se calculan sus proyecciones por los métodos ya descritos, con lo cual se tendrá el cuadro calculado hasta la columna 5.

Lado	Dist.	rumbo	Proys. sin Corr.		Correcs.		Proys. Corr.		Coordenadas	
			x	y	x'	y'	x	Y	X	y
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
A									48.2	135.4
AB	150.0	N-43°34'-E	+103.4	+108.7	-0.2	-0.2	+103.2	+108.5	151.4	243.9
BC	176.0	N-69°32'-E	+164.9	+61.5	-0.2	-0.1	+164.7	+61.4	316.1	305.3
CD	175.0	S-27°40'-E	+81.3	-155.0	-0.1	-0.2	+81.2	-155.2	397.3	150.1
DE	267.0	S-61°11'-W	-233.9	-128.7	-0.4	-0.2	-234.3	-128.9	163.0	21.2
EA	162.0	N-45°03'-W	-114.6	+114.4	-0.2	-0.2	-114.8	+114.2	48.2	135.4
p = 930.0			Sx(+) = + 349.6		+ 284.6 = Sy(+)					
			Sx(-) = - 348.5		- 283.7 = Sy(-)					
			Ex = + 1.1		+ 0.9 = Ey					
			Sx = 698.1		568.3 = Sy					
			Kx = 0.0016		0.0016 = Ky		= 1.42 m.			
$\text{Error lineal E. L.} = \sqrt{(Ex)^2 + (Ey)^2} = \sqrt{(1.1)^2 + (0.9)^2} = \sqrt{1.21 + 0.81} =$										
$\text{Tolerancia T} = 0.16 \text{ PL} + 0.0005 \text{ 5D} = 0.16 \sqrt{0.930 \times 186} + 0.0005 \times 930$										
$= 0.16 \times 13.15 + 0.46 = 2.10 + 0.46 = 2.56 \text{ m.}$										
$\text{Precisión} = \frac{\text{E. L.}}{p} = \frac{1}{930} = \frac{1}{655} \text{ que es mayor de } \frac{1}{500}$										
			E. L.		1.42					

Si la poligonal es cerrada, tanto la suma algebraica de sus proyecciones sobre el eje de las X, como sobre el eje de las Y, deben de ser nulas. Como nunca resultan iguales a cero, se debe de precisar el error lineal, calcular si esta dentro de tolerancia y cuál es la precisión del levantamiento y de salir estos resultados satisfactorios, se deben compensar las proyecciones para hacer su suma igual a cero.

Para hacer esta compensación se hace la suma de las x positivas $Sx(+)$ = 349.6 y la de las negativas $Sx(-)$ = 348.5 y se saca su diferencia $Ex = + 1 - 1$ que es el error total en las x. También se hace la suma total de las x positivas y negativas sin hacer caso del signo $Sx = 698.1$ y se divide $Ex / Sx = Kx = 0.0016$ que es el

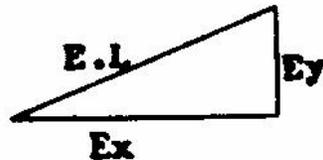
error por metro en las proyecciones x. Multiplicando este valor K_x por cada uno de los valores de x sin corregir, se obtienen las correcciones, las cuales se anotan en la columna 6 y serán todas negativas, pues "las correcciones siempre son de signo contrario al error" y en este caso el error E_x es positivo. Enseguida a las proyecciones sin corregir se les suma algebraicamente (tomando en cuenta los signos) su corrección y se obtienen las proyecciones corregidas que van en la columna 8. La suma algebraica de estas proyecciones corregidas da los valores de las abscisas de la columna 10, donde el último valor de A debe resultar igual al primero del mismo punto.

El mismo procedimiento para compensar las "x" se sigue para compensar las "y", según muestra el ejemplo, donde resultó casual que los valores de K_x y K_y fueron iguales, pues lo normal es que sean diferentes.

ERROR LINEAL.

Conocidas las proyecciones E_x y E_y del error lineal, éste será entonces, la hipotenusa del triángulo rectángulo que se forma con tales proyecciones y su fórmula será:

$$E.L. = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$



TOLERANCIA LINEAL.

Es el mayor error lineal que puede ser admitido y su fórmula para poligonales taquimétricas de primer orden es: $T = 0.16\sqrt{PL} + 0.0005D$, en la cual P es el desarrollo de la poligonal dado en Km; L la longitud media de los lados dada en metros y D es la distancia entre los puntos inicial y terminal dada en metros. En este ejemplo es $P = D$.

PRECISION.

Se encuentra dividiendo el error lineal entre el desarrollo de la poligonal:

$$\text{Precisión } n = \frac{E.L.}{P} = \frac{1}{\frac{P}{E.L.}}$$

2.7 ERRORES EN LA MEDICION CON ESTADIA.

La precisión con que se obtiene la medida de una distancia estadimétrica, depende además, de la disposición del anteojo y de la división de la mira, de diversas circunstancias exteriores. Los principales errores en que se puede incurrir en la observación de estas magnitudes, son cuatro:

ERROR POR VALOR ERRONEO DE LA CONSTANTE GRANDE “ K “

El error resultante para la distancia en este caso es proporcional a la distancia medida. Determinando K cuidadosamente puede decirse con cierta seguridad que la distancia obtenida con un taquímetro cuya constante sea igual a 100, y con una mira dividida en centímetros, está afectada de un error medio igual al 0.2% o sea, que tendrá una precisión de 1: 500.

ERROR POR MALA APRECIACION DE LAS LECTURAS.

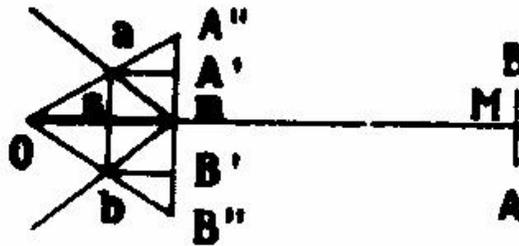
Este error depende del poder amplificador del anteojo. Se estima que para una distancia de 100 m y un poder amplificador igual a 20 diámetros, el error de lectura es de 2 mm que equivale a 2 dm de distancia si la constante es igual a 100.

ERROR POR PARALAJE.

Es el que se comete en la apreciación de longitudes, cuando éstas se leen sobre puntos situados en distinto plano que el objeto que se mide.

En la medición de las distancias se presenta cuando no se enfoca perfectamente la mira, es decir, cuando no cae la imagen sobre el plano de la retícula.

Así si la imagen de M se forma en "m" y no en S, se verán los hilos "a" y "b" arriba o abajo, según la posición del ojo. Estando el ojo en O, la imagen del hilo "a" se proyectará en A sobre el plano de la imagen y el "b" en B. Se comprueba si existe este error moviendo el ojo hacia arriba y hacia abajo para ver si no se ven dobles hilos.



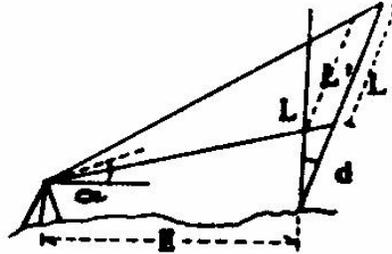
ERROR POR FALTA DE VERTICALIDAD DE LA MIRA.

La figura representa el caso de una mira que forma un pequeño ángulo "d" con la vertical; la lectura de mira realmente hecha es L y el error con que resulta calculada la distancia horizontal E en función de esta lectura L, es igual a $E \tan d$, de modo que para una distancia de 100 m, un ángulo de pendiente α de 20° y un ángulo de inclinación "d" de la mira de 34 minutos, el error será:

$$e = E: \tan d \tan \alpha = 100 \times 0.00989 \times 0.36397 = 0.36.$$

Este error aumenta cuando mayor es el ángulo de inclinación de la mira; empleando un nivel esférico unido a la mira o un hilo de plomada, puede mantenerse "d" inferior a 34 minutos y hacerse casi nulo este error.

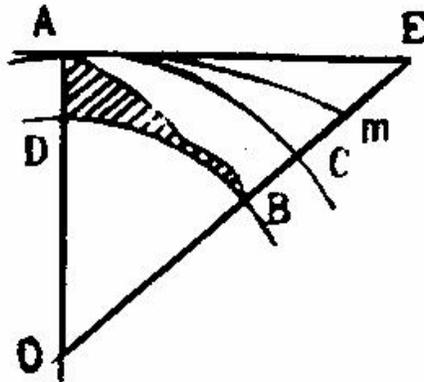
Mientras más pendiente tenga a la visual, más cuidadosamente se debe colocar la mira en posición vertical.



ERROR POR REFRACCION Y CURVATURA.

La experiencia enseña que cuando un rayo de luz llega a la superficie de separación de dos medios se divide en dos porciones, una continúa propagándose por el antiguo medio (es reflejada) y otra que penetra en el nuevo, sufriendo, empero, una desviación (es refractada). Las capas de aire atmosférico son tanto más densas cuanto más cercanas de la superficie terrestre, por lo que si se dirige una visual horizontal con el instrumento, en A, a una mira colocada en B, se obtendrá la altura BE con lugar de la BC, por lo que se comete el error CE, debido a la curvatura de la tierra. Pero a causa de la refracción atmosférica no se leerá la altura BE sino la Bm, pues el rayo luminoso que parte de "m", llega al ojo del observador siguiendo la curva mA, tangente en A a la visual, así es que el error es: $Cm = CE - Em$.

Este error se nulifica haciendo observaciones recíprocas, midiendo el ángulo vertical de una estación a la de adelante y viceversa y tomando el promedio de los dos desniveles. Por su pequeñez en los trabajos topográficos, se puede despreciar este error.

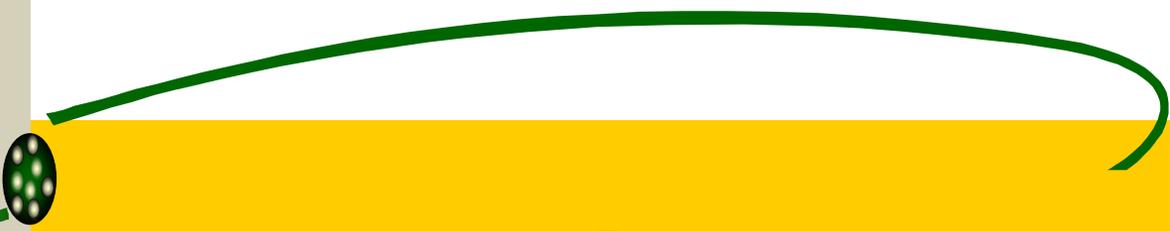


ERROR POR FALTA DE PARALELISMO ENTRE LA LINEA DE COLIMACION Y LA DIRECTRIZ DEL NIVEL.

Se nulifica igual que el anterior, pero con la línea de colimación bien ajustada, este error es tan pequeño que se desprecia.

ERROR DE INDICE DEL CIRCULO VERTICAL.

Existe si el vernier no marca "cero" cuando el anteojo está nivelado, y se elimina observando en ambas posiciones del anteojo y tomando el promedio de los dos resultados, o también, corrigiendo algebraicamente cada lectura, según la lectura que marque el limbo vertical cuando la burbuja del nivel del anteojo esté en el centro.



CAPÍTULO 3

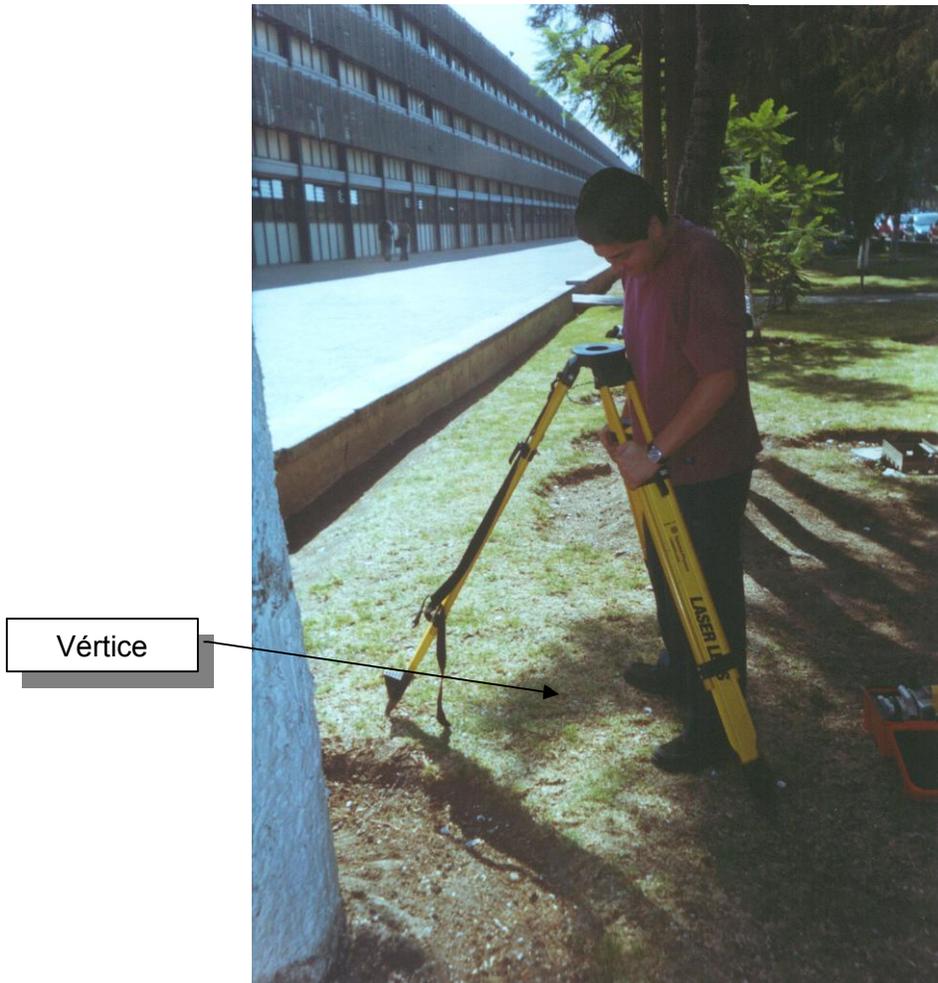
LEVANTAMIENTOS TAQUIMÉTRICOS POR MÉTODOS ELECTRÓNICOS

3.1 DESCRIPCIÓN Y MANEJO DEL TEODOLITO ELECTRÓNICO

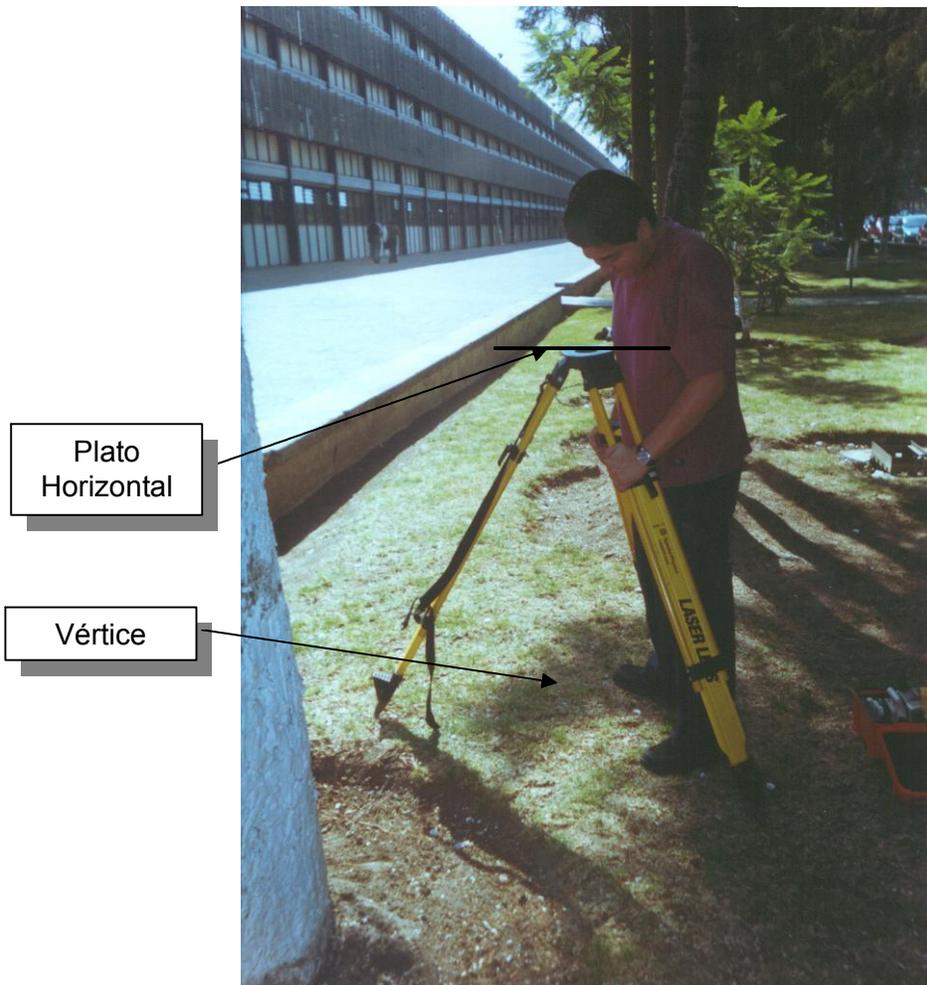
1. Se localiza y se determina el vértice de inicio del levantamiento



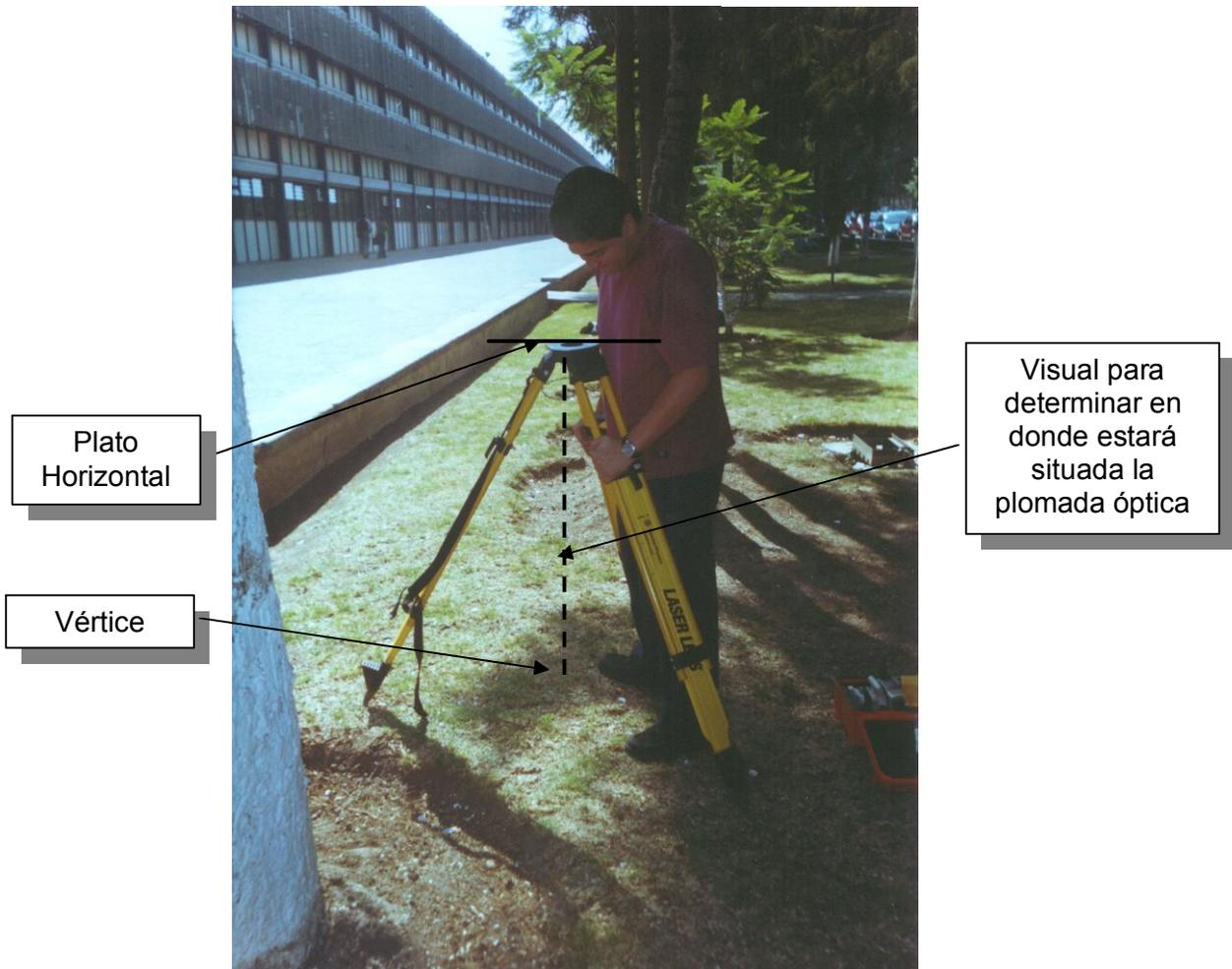
2. Se centra el tripié abriendo las patas del tripié posicionándolo sobre el vértice de la poligonal en donde se iniciará el levantamiento.



3. Al colocar el tripié sobre el vértice se procurará dejar el plato del tripié lo más horizontal posible.

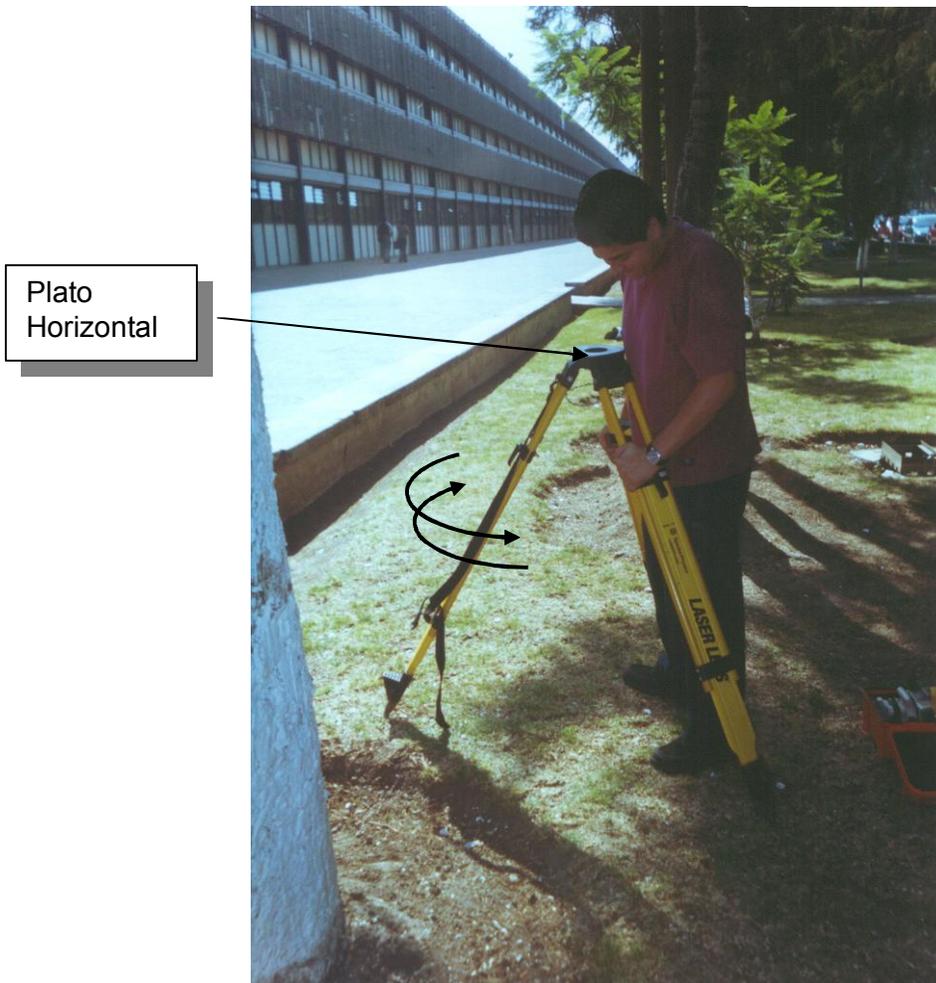


4. Después se procede al observar el *tornillo que sujeta al teodolito* y se lanza una visual hacia abajo para observar aproximadamente en donde estará situada la plomada óptica.



5. Al observar que la visual no esta exactamente sobre el vértice se procede a mover el tripié de la siguiente manera:

- Se toman dos patas del tripié apoyándose en la tercera pata la cuál estará apoyada en el terreno.



- Después se giran las dos patas hacia la dirección necesaria, cuidando que el plato del tripié siga lo más horizontal posible
- Nuevamente se realiza el paso 3

6. Al observar que el tripié esta aproximadamente ubicado sobre el vértice se monta el teodolito electrónico y se observa por la mirilla de la plomada óptica que la retícula de dicha plomada esté lo más cerca al vértice.

Mirilla de la
Plomada
Óptica



7. Al constatar que la visual de la plomada óptica esté cerca del vértice se procede al encajar las patas del tripié para evitar que éstas se muevan y provoquen un error al realizar el levantamiento.

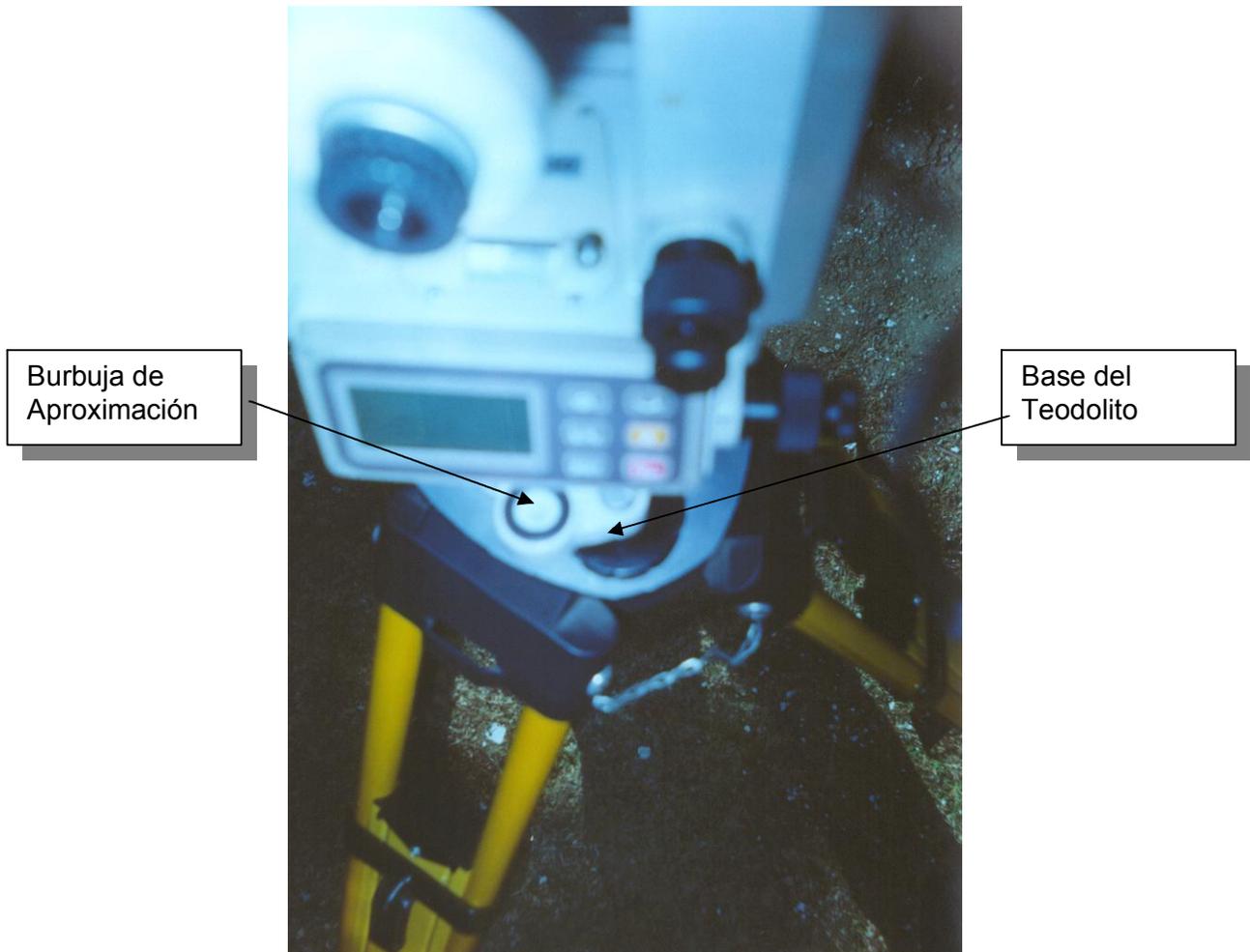


8. En este momento se procede a centrar el teodolito electrónico con mucho más precisión por medio de los tornillos niveladores.



9. Se observa por la mirilla de la plomada óptica y se giran los tornillos niveladores en la dirección que sea necesaria hasta lograr que la retícula de la plomada esté en el centro del vértice, logrando así centrar el teodolito sobre el vértice de la poligonal.

10. A continuación se nivela la *burbuja de aproximación* la cuál se encuentra sobre la base del tripié.



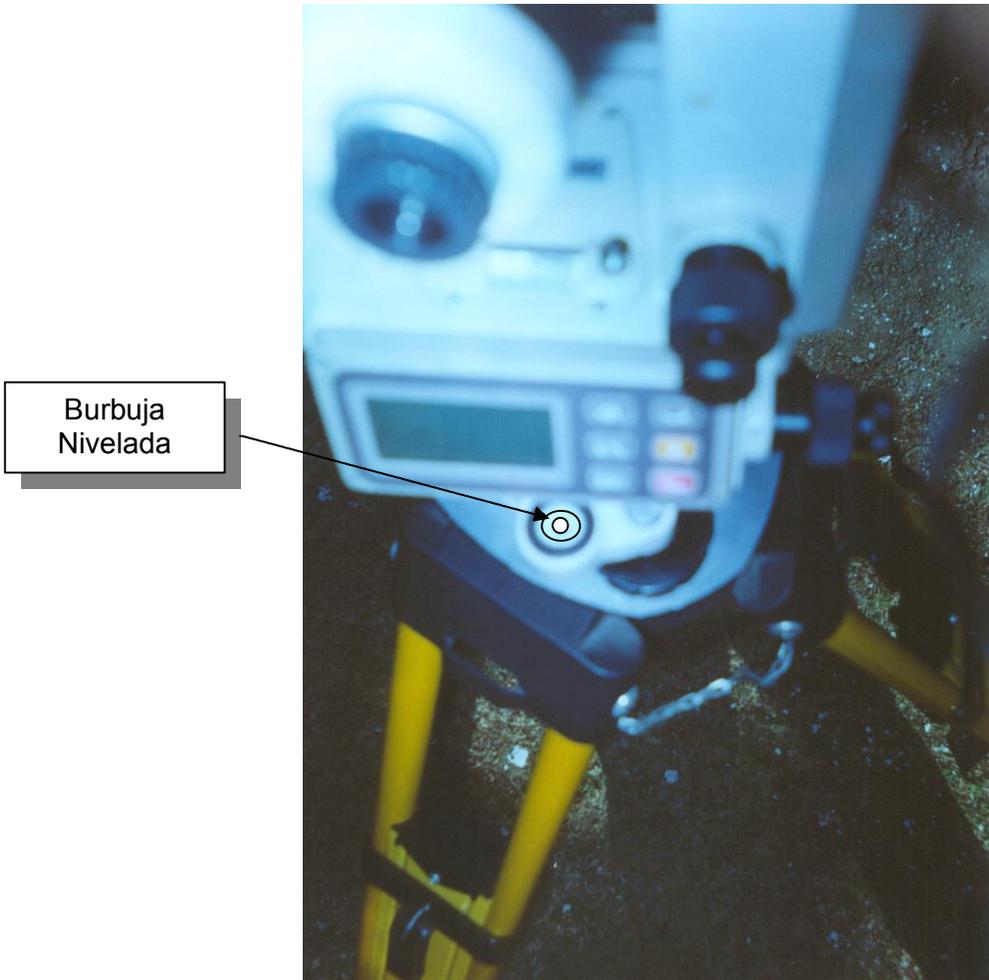
11. Esta nivelación se realiza por medio de las patas del tripié.

12. Se observa de que lado esta desplazada la burbuja, indicándonos que pata es la que se debe de subir o bajar dependiendo la posición de la burbuja.

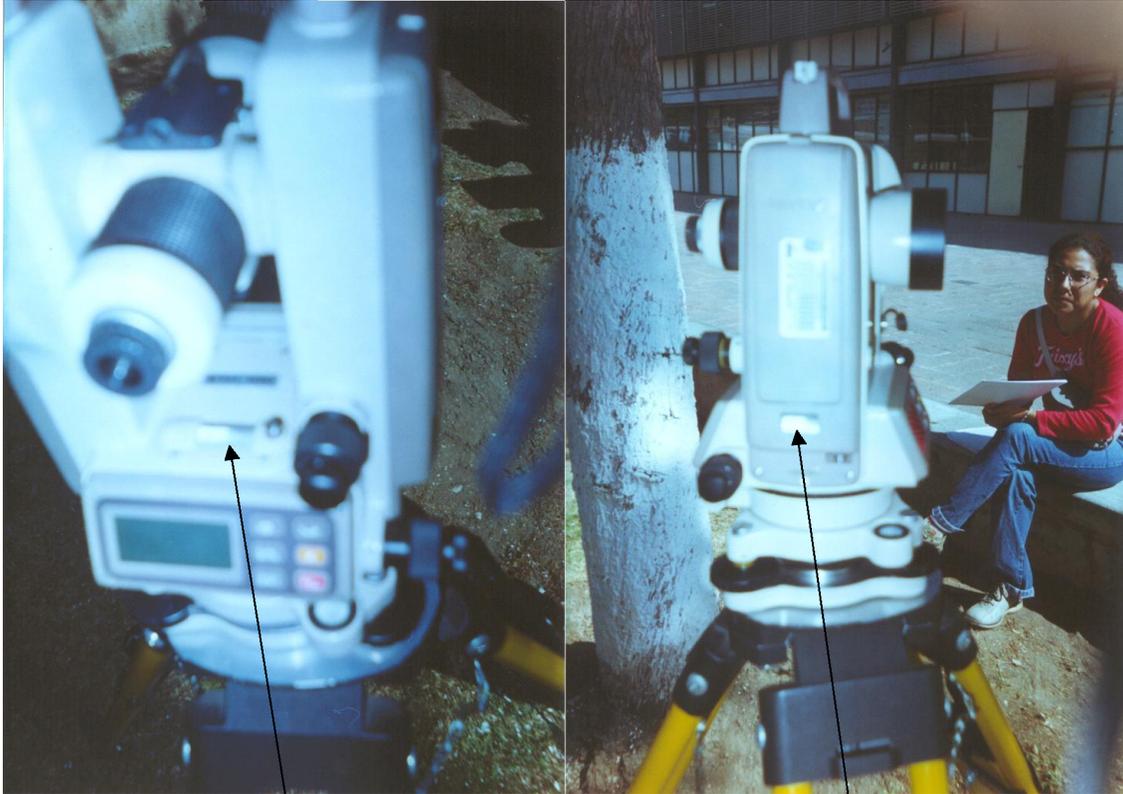
Se sube o se
baja la pata
del tripié



13. Esta operación se realiza las veces que sean necesarias hasta lograr que la burbuja se sitúe dentro de un círculo marcado sobre el cristal que protege a la burbuja.



14. A continuación se procede a nivelar las 2 burbujas de precisión, las cuales estas colocados sobre el teodolito electrónico.

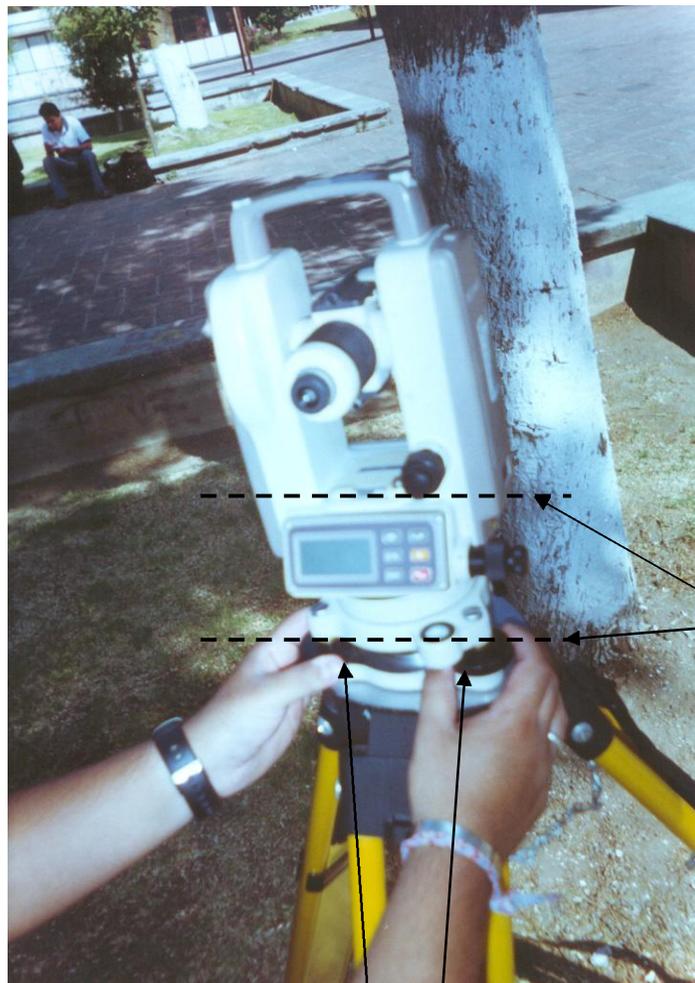


Burbuja de
Precisión

Burbuja de
Precisión

15. Estas burbujas se nivelan de la siguiente manera:

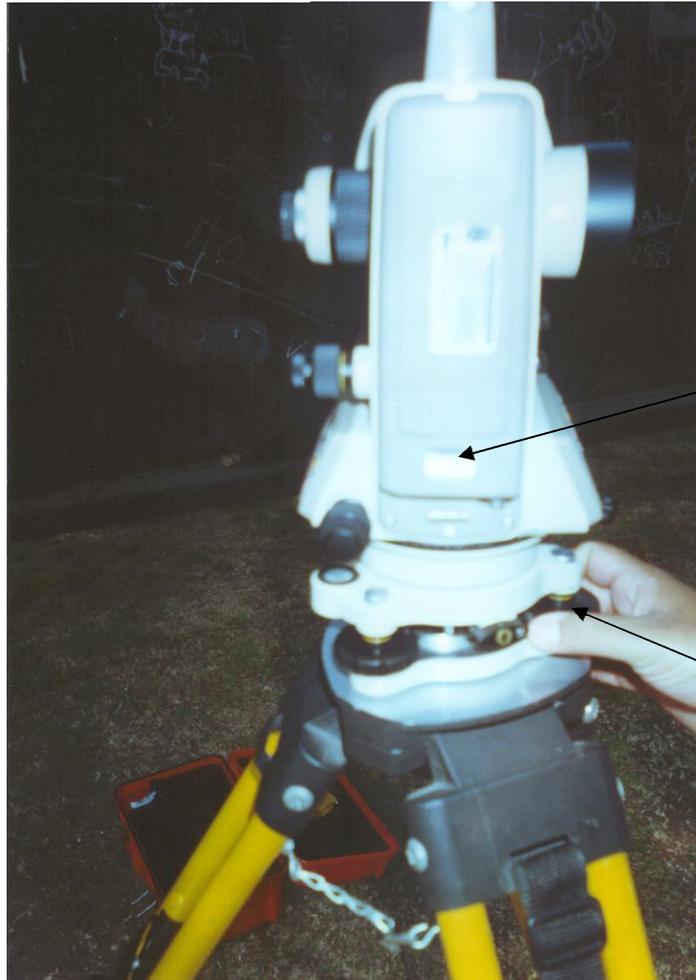
- Se gira el teodolito electrónico hasta que una de las 2 burbujas esté paralela a dos de los tornillos niveladores, los cuáles nivelara a dicha burbuja.



Línea Imaginaria que determina que la burbuja está paralela a los tornillos niveladores

Tornillos Niveladores

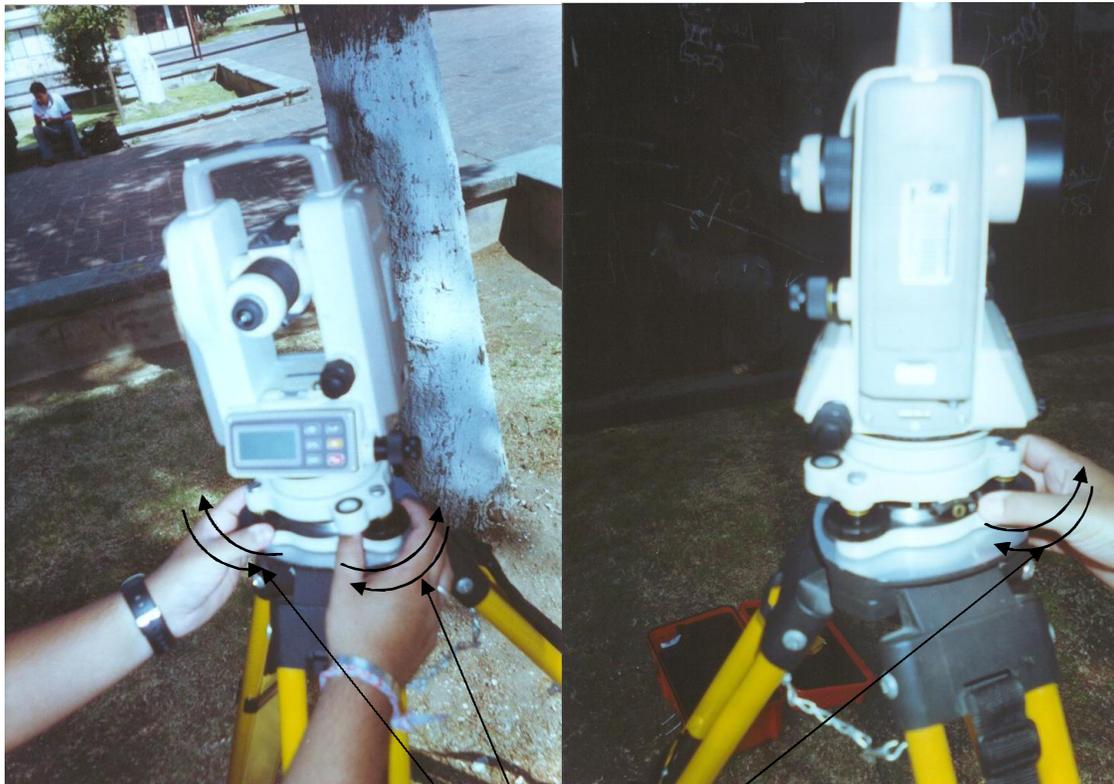
- La otra burbuja será nivelada por el tornillo *sobrante*.



Burbuja de
Precisión

Tornillo
Nivelador que
controlará a la
Burbuja

- Se girarán dichos tornillos niveladores hasta lograr que las burbujas se encuentren a la mitad del tubo que las contiene.



Giros de los
Tornillos
Niveladores

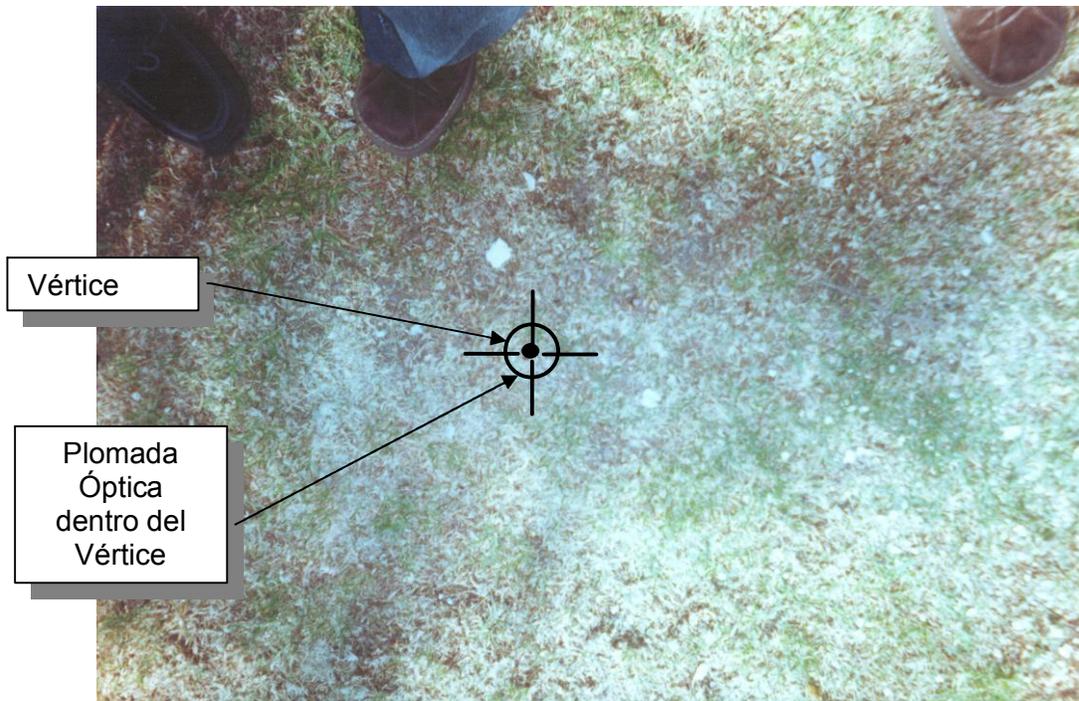
- Al lograr nivelar las burbujas se gira el teodolito 180° y se checa si las burbujas siguen niveladas, en caso de que se desnivelen las burbujas se giran los tornillos hasta lograr nuevamente que las burbujas se nivelen.
16. Al lograr nivelar las burbujas de aproximación y de precisión, se procede a constatar que el aparato siga centrado sobre el vértice, esto se logra mirando a través de la mirilla de la plomada óptica.



17. Si la retícula de la plomada se encuentra desplazada del centro del vértice lo que se hace es aflojar el teodolito electrónico del tripié y se mueve dicho teodolito hasta lograr que la retícula se encuentre nuevamente al centro del vértice, al lograr esto se aprieta nuevamente el tornillo que sujeta el teodolito al tripié.



18. Si después de las nivelaciones de las burbujas de aproximación y de precisión la retícula de la plomada óptica se encuentra al centro del vértice, el aparato se encuentra centrado y nivelado sobre el vértice.



19. Se inicia el levantamiento.

3.2 LEVANTAMIENTO CON EL TEODOLITO ELECTRÓNICO Y LA ESTADIA

1. Se centra el teodolito electrónico en el vértice de inicio.
2. Al estar centrado y nivelado el teodolito, se mide la altura del aparato por medio del estadal o una cinta métrica, la altura del aparato es la distancia del terreno hasta el eje de alturas del teodolito.
3. Se visa a la última estación y en el estadal se localiza la altura del aparato.
4. Al localizar la altura del aparato en el estadal se lee la altura del hilo superior y la altura del hilo inferior.
5. Después se gira el aparato hacia la estación subsecuente.
6. Se vuelve a localizar en el estadal la altura del aparato y se leen las alturas del hilo superior e inferior.
7. Después se mide al ángulo que existe entre dichas estaciones.
8. Lo anterior se realiza las veces que sea necesario en todos los vértices de la poligonal.
9. Por último se calcula el cierre angular de la poligonal y se compara con la tolerancia angular para verificar que no existe mucho rango de error.

REGISTRO DE CAMPO

Est.	P.V.	θ	H.S.	H.M.	H.I.	L.E.	Distancia
1	4	00°00'00"	1.644	1.345	1.222	0.422	42.20
	2	90°02'15"	1.654	1.435	1.213	0.441	44.10
2	1	00°00'00"	1.571	1.650	1.131	0.440	44.00
	3	78°31'00"	1.571	1.350	1.119	0.452	45.20
3	2	00°00'00"	1.492	1.260	1.031	0.461	46.10
	4	96°11'05"	1.437	1.260	1.085	0.352	35.20
4	3	00°00'00"	1.575	1.400	1.227	0.348	34.80
	1	95°15'30"	1.612	1.400	1.191	0.421	42.10

Ángulos Compensados.

90°02'15"
78°31'00"
96°11'05"
95°15'30"
359°59'50"

359°59'50"
- 360°00'00"
Ea = 00°00'10"

90°02'15"
78°31'00"
96°11'15"
95°15'30"
360°00'00"

CÁLCULO DE AZIMUTS

$$\text{Az}_{1-2} = 271^{\circ}26'13'' = \text{N } 88^{\circ}33'47'' \text{ W}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 451^{\circ}26'13'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_2 = 78^{\circ}31'00'' \\ \hline 529^{\circ}57'13'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{2-3} = 169^{\circ}57'13'' = \text{S } 10^{\circ}02'47'' \text{ E}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 349^{\circ}57'13'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_3 = 96^{\circ}11'15'' \\ \hline 446^{\circ}08'28'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{3-4} = 86^{\circ}08'28'' = \text{N } 86^{\circ}08'28'' \text{ E}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 266^{\circ}08'28'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_4 = 95^{\circ}15'30'' \\ \hline 361^{\circ}23'58'' \end{array}$$

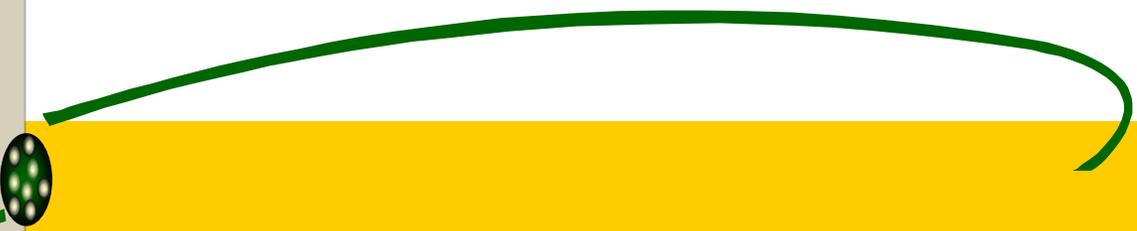
$$\begin{array}{r} \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{4-1} = 01^{\circ}23'58'' = \text{N } 01^{\circ}23'58'' \text{ E}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 181^{\circ}23'58'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_1 = 90^{\circ}02'15'' \\ \hline \end{array}$$

$$271^{\circ}26'13'' = \text{N } 88^{\circ}33'47'' \text{ W}$$

A decorative green line starts from the top left, curves over the top of the yellow banner, and ends on the right side. A small green button with white dots is located at the top left corner of the yellow banner.

CAPÍTULO 4

LEVANTAMIENTOS TAQUIMÉTRICOS CON LA ESTACIÓN TOTAL

4.1 DESCRIPCIÓN Y MANEJO DE LA ESTACIÓN TOTAL

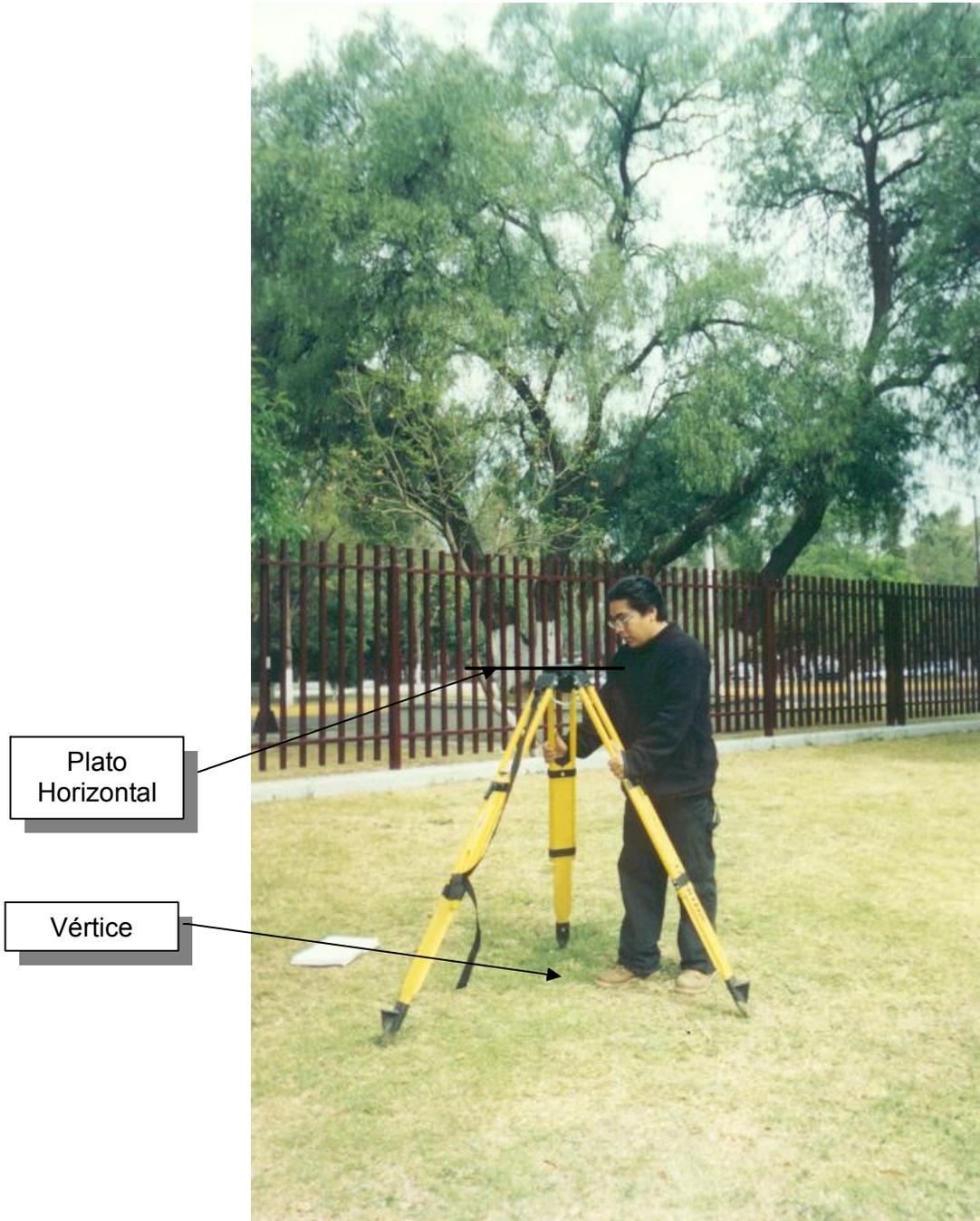
1. Se localiza y se determina el vértice de inicio del levantamiento



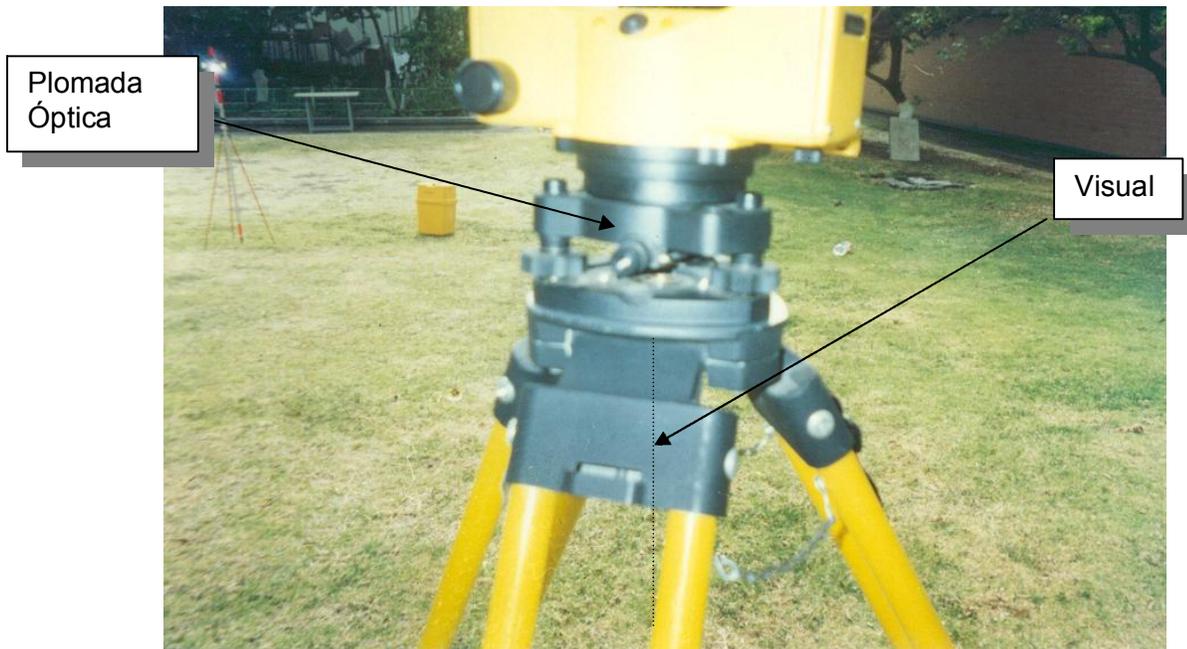
2. Se centra el tripié abriendo las patas del tripié posicionándolo sobre el vértice de la poligonal en donde se iniciará el levantamiento.



3. Al colocar el tripié sobre el vértice se procurará dejar el plato del tripié lo más horizontal posible.



4. Después se procede al observar el *tornillo que sujeta la estación* y se lanza una visual hacia abajo para observar aproximadamente en donde estará situada la plomada óptica.



5. Al observar que la plomada óptica no esta exactamente sobre el vértice se procede a mover el tripié de la siguiente manera:

- Se toman dos patas del tripié apoyándose en la tercera pata el cuál estará apoyada en el terreno.
- Después se giran las dos patas hacia la dirección necesaria, cuidando que el plato del tripié siga lo más horizontal posible
- Nuevamente se realiza el paso 3

Plato
Horizontal



6. Al observar que el tripié esta aproximadamente ubicado sobre el vértice se monta la estación total y se observa por la mirilla de la plomada óptica que la retícula de dicha plomada esté lo más cerca al vértice.



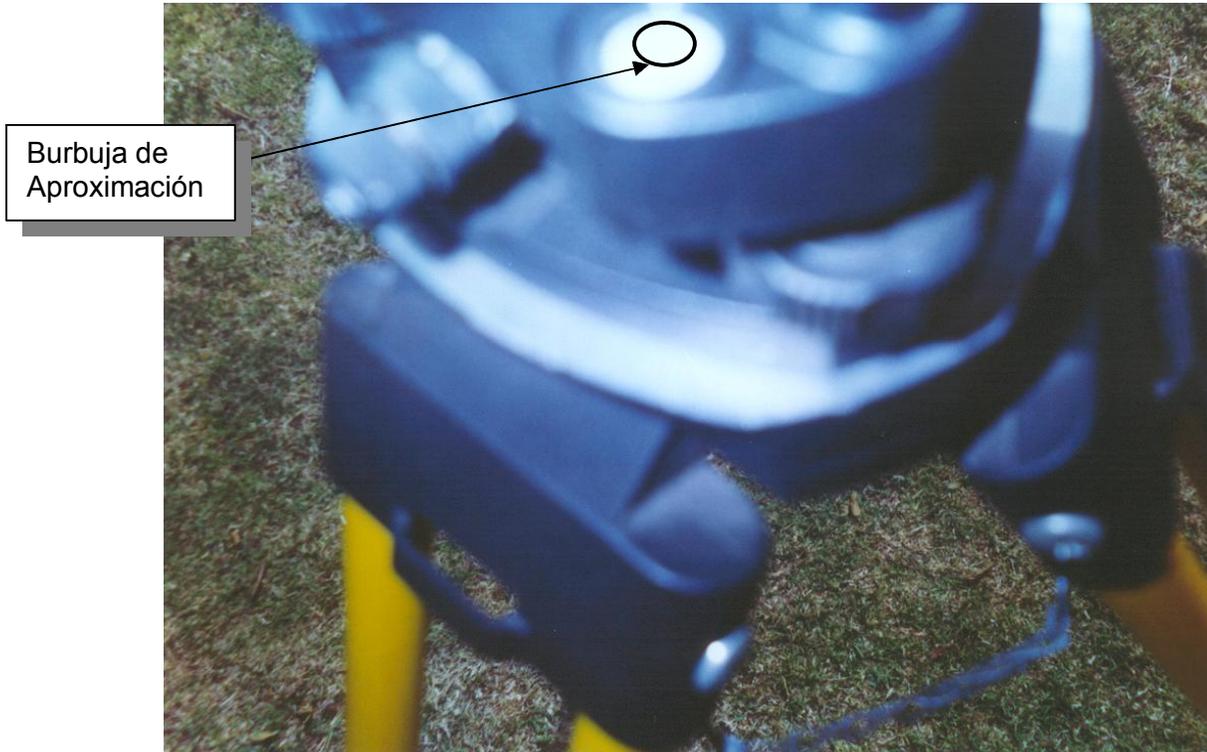
7. Al constatar que la visual de la plomada óptica esté cerca del vértice se procede al encajar las patas del tripié para evitar que éstas se muevan y provoquen un error al realizar el levantamiento.
8. En este momento se procede a centrar la estación total con mucho más precisión por medio de los tornillos niveladores.

9. Se observa por la mirilla de la plomada óptica y se giran los tornillos niveladores en la dirección que sea necesaria hasta lograr que la retícula de la plomada esté en el centro del vértice, logrando así centrar la Estación Total sobre el vértice de la poligonal.



Giro de los
Tornillos
Niveladores

10. A continuación se nivela la *burbuja de aproximación* la cuál se encuentra sobre la base de la Estación Total

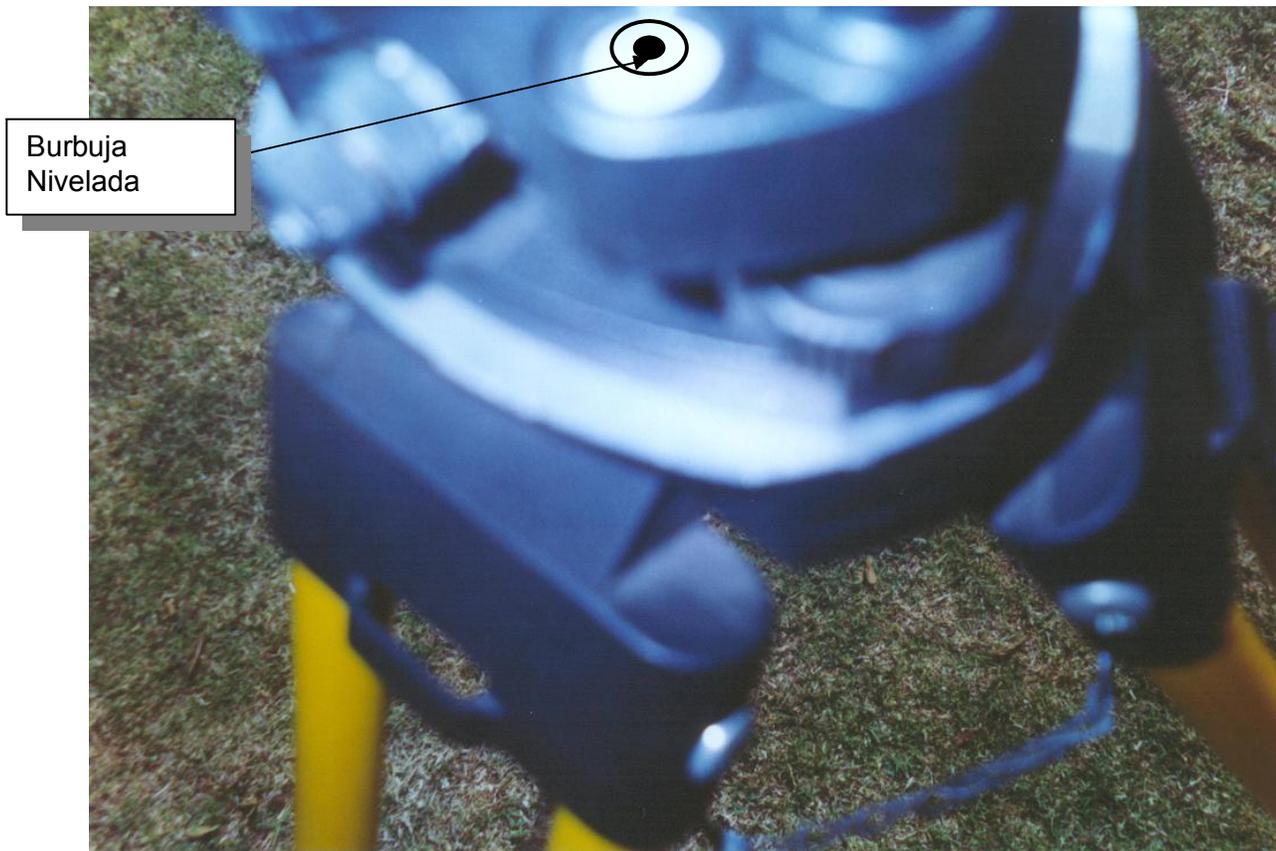


11. Esta nivelación se realiza por medio de las patas del tripié.

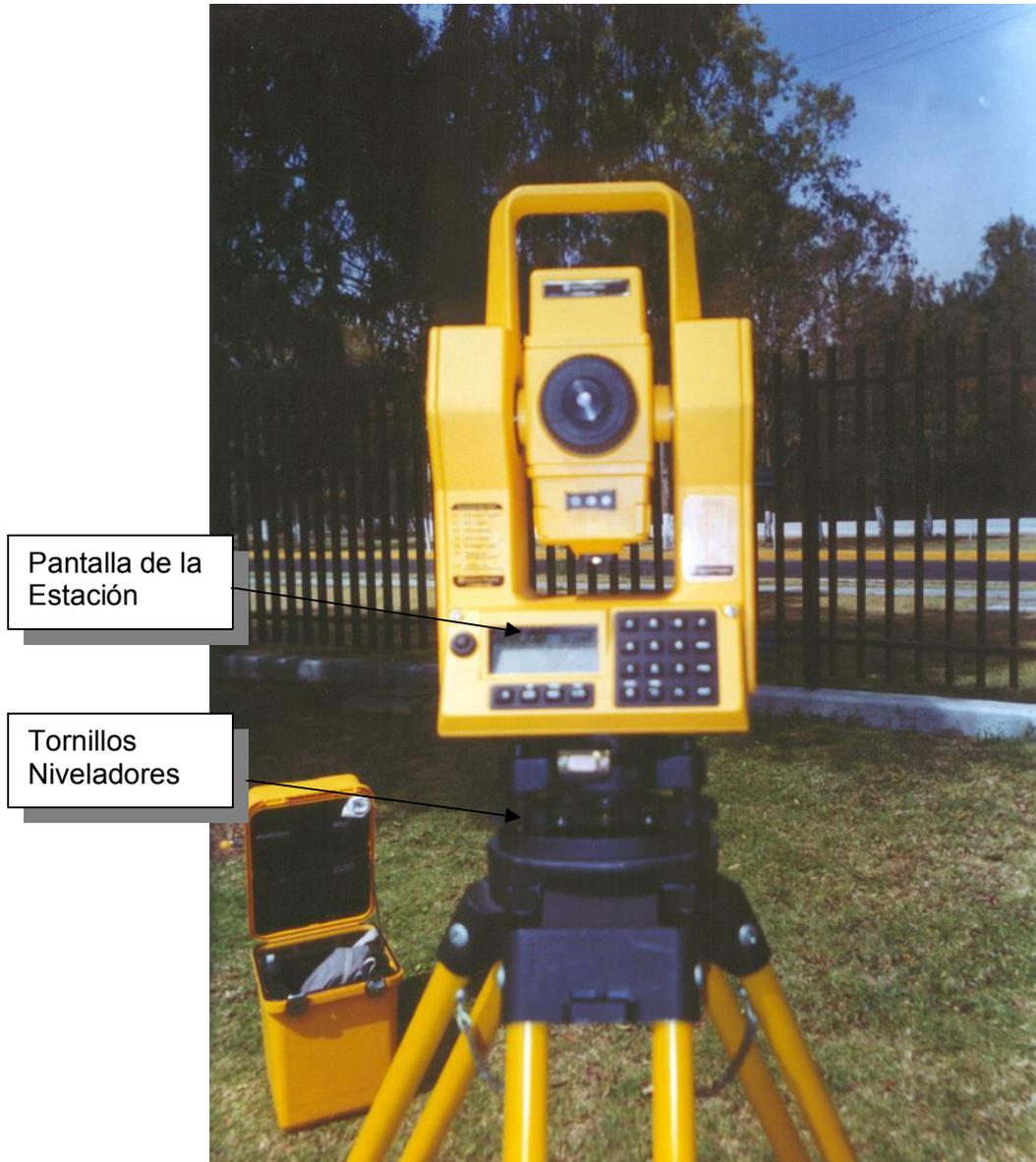
12. Se observa de que lado esta desplazada la burbuja, indicándonos que pata es la que se debe de subir o bajar dependiendo la posición de la burbuja.



13. Esta operación se realiza las veces que sean necesarias hasta lograr que la burbuja se sitúe dentro de un círculo marcado sobre el cristal que protege a la burbuja.



14. A continuación se procede a realizar la *nivelación de precisión* lo cuál se realiza de la siguiente manera.
15. Se procede girar el aparato hasta logra que la pantalla se encuentre paralela a dos tornillos niveladores y se enciende la Estación



16. Al encender la estación, en pantalla aparecerán las burbujas electrónicas las cuáles indicarán si la estación esta nivelada electrónicamente



17. Si las burbujas electrónicas están dentro del rango marcado quiere decir que la estación esta nivelada electrónicamente, si una de las burbujas se encuentra fuera del rango marcado en pantalla, la estación no esta nivelada electrónicamente.



18. Para realizar el nivelado electrónico o de precisión se procede de la siguiente manera:

- Los dos tornillos que están paralelos a la pantalla controlan la burbuja electrónica inferior
- El tornillo sobrante controla la burbuja electrónica superior
- Entonces se girarán los tornillos correspondientes hasta lograr que dicha burbuja este dentro del rango, estos tornillos se girarán dependiendo que burbuja es la que esta fuera del rango electrónico



19. Al lograr que las burbujas electrónicas estén dentro del rango permitido, se procede a girar el aparato 180° y se pulsa el botón que queda frente a nosotros.

Botón de
Autonivelación de la
Estación



20. Al pulsar el botón se emitirá un pitido lo cuál quiere decir que la estación se esta autonivelando, se espera unos segundos y al escuchar dos pitidos es señal que a estación ya esta nivelada

21. Después se procede a girar nuevamente el aparato 180°, hasta lograr que en la pantalla aparezca la etiqueta *“press A/M”*, al aparecer dicha etiqueta se pulsa dicho botón



22. Al pulsar el botón **AM** la estación estará nivelada se escucha un pitido y esperamos a escuchar nuevamente dos pitidos, lo cuál indicará que la Estación esta nivelada en forma precisa



23. Por último se checa si la estación todavía esta centrada sobre el vértice en el cuál estaremos trabajando.

24. Se procede a observar por la plomada óptica y se checa si la retícula esta nivelada en el centro del vértice, si esto ocurre la Estación esta centrada y nivelado y listo para empezar nuestro trabajo.



25. Pero si la retícula de la plomada óptica se encuentra desplazada del centro del vértice lo que se hace es aflojar la estación total del tripié y se mueve dicha estación hasta lograr que la retícula se encuentre nuevamente al centro del vértice, al lograr esto se aprieta nuevamente el tornillo que sujeta la estación al tripié



26. Entonces nuestra estación esta nivelada y centrada y lista para empezar nuestro trabajo de campo

4.2 LEVANTAMIENTO TAQUIMÉTRICO CON LA ESTACIÓN TOTAL

1. Se centra y nivela la estación total en el vértice de inicio.
2. Al estar centrada y nivelada la estación, se procede a configurar la estación para establecer las unidades en que se va a trabajar.
3. Cabe destacar que al realizar este levantamiento se trabajará con el programa “cero” o programa “Estandar”
4. Después de configurar la estación se visa al vértice de atrás y se pulsa la tecla 0 para establecer que la estación de atrás tendrá ángulo cero.
5. Después se visa al centro del punto y se toma la lectura del ángulo horizontal
6. Al tomar el dato del ángulo se procede a subir la visual hacia el prisma y al colocar la visual dentro del prisma se procede a pulsar el botón *AM*
7. Al pulsar esta tecla le damos la instrucción a la estación para que mida las distancias horizontal, vertical e inclinada.
8. Se espera unos instantes hasta escuchar un sonido el cuál nos indicará que ya están lista la medición.

9. Se observa en pantalla que aparecen una serie de datos, para seguir observando los datos de la medición se pulsa la tecla **ENT** y aparecerán los datos faltantes.
10. Después de obtener los datos se apaga la estación y se desmonta del tripié y se traslada al siguiente punto.
11. Estas operaciones se realizan las veces que sean necesarias o dependiendo del número de vértices de nuestra poligonal.
12. Al final de estas fases tendremos como resultado: ángulos horizontales, verticales y distancias horizontales, inclinadas y verticales; datos que se anotan en el registro correspondiente en una libreta de tránsito tradicional ya que el programa cero "0" no registra los datos obtenidos en su memoria interna.
13. El cálculo correspondiente se realiza en forma manual con una simple calculadora o mediante algún software de topografía.

REGISTRO DE CAMPO

<i>Est.</i>	<i>P.V.</i>	θ	<i>Distancia</i>
1	2	89°43'42"	41.399
2	3	84°22'08"	47.182
3	4	86°37'52"	37.026
4	1	99°16'27"	41.158
	$\Sigma =$	360°00'09"	166.765

Determinación del Error Angular

$$\Sigma = 180(4-2) = 360^{\circ}00'00''$$

$$E_a = 360^{\circ}00'09'' - 360^{\circ}00'00'' \quad \therefore E_a : 00^{\circ} 00' 09''$$

Por lo tanto la compensación será negativa

Cálculo de la Tolerancia Angular

$$T_a = 2a\sqrt{n} = 2(10'')\sqrt{4} \quad \therefore T_a : 00^{\circ} 00' 40''$$

$$E_a < T_a$$

Cálculo de la Tolerancia Lineal

$$T_L = \text{Perímetro} \times \text{Precisión Requerida}$$

$$T_L = (166.765) \left(\frac{1}{20000} \right) \quad \therefore T_L : 0.008 \text{ m}$$

Compensación de los Ángulos Interiores

$$n' = \frac{E_a}{n} = \frac{9''}{4} = 00^{\circ}00'2.25'' \text{ (Este valor se le restará a los ángulos interiores)}$$

<i>Est.</i>	<i>P.V.</i>	θ
1	2	89°43'40"
2	3	84°22'06"
3	4	86°37'49"
4	1	99°16'25"
	$\Sigma =$	<i>360°00'00"</i>

CÁLCULO DE AZIMUTS

$$\text{Az}_{4-1} = 01^{\circ}42'33'' = \text{N}01^{\circ}42'33''\text{E}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 181^{\circ}42'33'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_1 = 89^{\circ}43'40'' \\ \hline 465^{\circ}18'10'' \\ \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{1-2} = 271^{\circ}26'13'' = \text{N } 88^{\circ}33'47'' \text{ W}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 451^{\circ}26'13'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_2 = 84^{\circ}22'06'' \\ \hline 535^{\circ}48'19'' \\ \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{2-3} = 175^{\circ}48'19'' = \text{S } 04^{\circ}11'41'' \text{ E}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 355^{\circ}48'19'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_3 = 86^{\circ}37'49'' \\ \hline 442^{\circ}26'08'' \\ \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{3-4} = 82^{\circ}26'08'' = \text{N } 82^{\circ}26'08'' \text{ E}$$

$$\begin{array}{r} + 180^{\circ}00'00'' \\ \hline 262^{\circ}26'08'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \angle_4 = 99^{\circ}16'25'' \\ \hline 361^{\circ}42'33'' \\ \hline 360^{\circ}00'00'' \end{array}$$

$$\text{Az}_{4-1} = 01^{\circ}42'33'' = \text{N } 01^{\circ}42'33'' \text{ E}$$



CAPÍTULO 5

LA TAQUIMETRÍA POR MEDIO DE MICROONDAS

5.1 EQUIPO

Estas normas se basan en los conocimientos y experiencia adquiridos sobre los siguientes modelo de EDME:

Electrotape DM 20

Distomat DI 50

Microchain MC 8

Telurómetro MRA-1, MRA-2, MRA-3, MRA-4

El informe del Grupo Especial de Estudios No 19 (Ref. 2) de la AIG trata sobre investigaciones que comprenden la mayoría de los instrumentos mencionados anteriormente, y su Apéndice 1 es una tabulación de las características de más de treinta instrumentos para medir distancias. La lista anterior no impide el uso de otros instrumentos que se hayan fabricado o que se fabriquen en el futuro, siempre que los mismos no tengan una exactitud menor que la de los anteriores.

Se ajustarán las frecuencias de los instrumentos, verificando su error de centrado, para los intervalos de tiempo apropiados. Se aconseja que las brigadas de observación cuiden el ajuste, y en cualquier momento en que se sospeche algún cambio, efectúen las verificaciones de campo especificadas en el Apéndice II, o devuelvan el instrumento al lugar apropiado para revisarlo.

Los instrumentos deben apoyarse de la misma manera que los instrumentos de dirección. Además, se apoyarán de manera conveniente para el observador, siempre que se mantengan firmemente colocados sobre sus puntos de referencia en el terreno y que se cuiden contra daños ocasionados por el mal apoyo de los mismos.

El instrumento debe estar colocado directamente sobre la marca de estación o vinculado a la misma si su posición fuera excéntrica. En actividades topográficas que requieran observaciones de dirección las ubicaciones serán idénticas a aquellas usadas para instrumentos de dirección. El instrumento medidor de distancias no debe colocarse nunca a un costado del instrumento de dirección.

Habrá que nivelar los EDM en todas las mediciones. Con este fin se usará un nivel a mano colocado en una superficie apropiada del instrumento. Si fuese necesario desviar el instrumento para obtener señales utilizables, la desviación debe hacerse horizontalmente, manteniendo la nivelación. Cuando las estaciones tengan actitudes distintas será necesario desnivelarlo para apuntar mejor. En esta circunstancia el observador debe determinar el desplazamiento horizontal del centro eléctrico del instrumento, efectuando una medición como se demuestra en la Figura A. Se debe incluir un croquis de las mediciones efectuadas.

El párrafo anterior no se aplica a aquellos instrumentos cuyo diseño permite la desnivelación sin el desplazamiento horizontal del centro eléctrico, como por ejemplo el Distomat.

El equipo auxiliar de los EDM consistirá de un psicrómetro y un barómetro de precisión. Solamente se deben usar psicrómetros, a energía; no se aceptarán psicrómetros manuales. Cada psicrómetro debe llevar agua destilada o de lluvia limpia. Sus termómetros tendrán que calibrarse de manera que el punto cero corresponda a la temperatura del hielo en fusión, registrándose la calibración y fecha en que se hizo y firmando la misma. Una copia del registro debe acompañar a todos los datos provenientes del uso del instrumento. Los termómetros psicrométricos deben estar graduados en forma tal que la menor lectura estimativa sea equivalente a 0.1°C .

La calibración de los barómetros será válida, para seis meses, una vez transcurridos los cuales deberá redeterminarse, lo que se efectuará con equipos exactos de laboratorio y extendiéndose a lo largo de toda la escala de presiones previsibles a intervalos apropiados. Las hojas de calibración tienen que llevar fecha y firma, y copias de las mismas deben acompañar los datos a los cuales se apliquen. Los barómetros deben graduarse en forma tal que su menor lectura estimativa sea equivalente a 0.1 milibares o a 0.1 mm de presión.

5.2 OBSERVACIONES

Una medición de distancia con equipo electromagnético consiste en lo siguiente:

Una lectura previa (comúnmente llamada lectura gruesa) usando el instrumento "A" como el instrumento de control (maestro).

Una lectura meteorológica, como se especifica más adelante (Véase párrafo B).

Una serie de lecturas finas en cada una de las frecuencias especificadas para el instrumento utilizado. El instrumento "A" seguirá siendo el instrumento principal (maestro).

(a) No debe aplicarse un límite de rechazo a ninguna de las series de lecturas finas. Si el observador lo estima conveniente, se podrá efectuar lecturas adicionales; sin embargo, no deben desecharse las observaciones sospechosas en esas circunstancias, sino mantenerlas en reserva para su futura evaluación en gabinete.

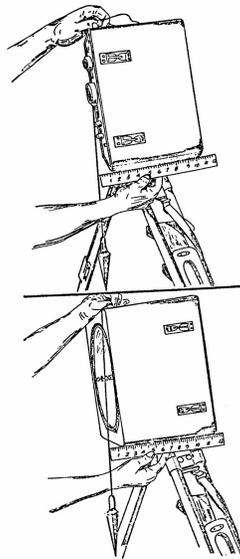


Figura 5.2.1

Figura Medición para determinar el desplazamiento del centro eléctrico del instrumento. (El croquis en el registro debe mostrar claramente el sentido y la magnitud del desplazamiento.

Una lectura meteorológica de cierre.

Una lectura gruesa de cierre con el instrumento "A" como maestro.

Repetición de las series 1 hasta 5, esta vez usando el instrumento "B" como maestro, pero colocado en la misma estación que durante las primeras series.

Véase Figura 5.2.2

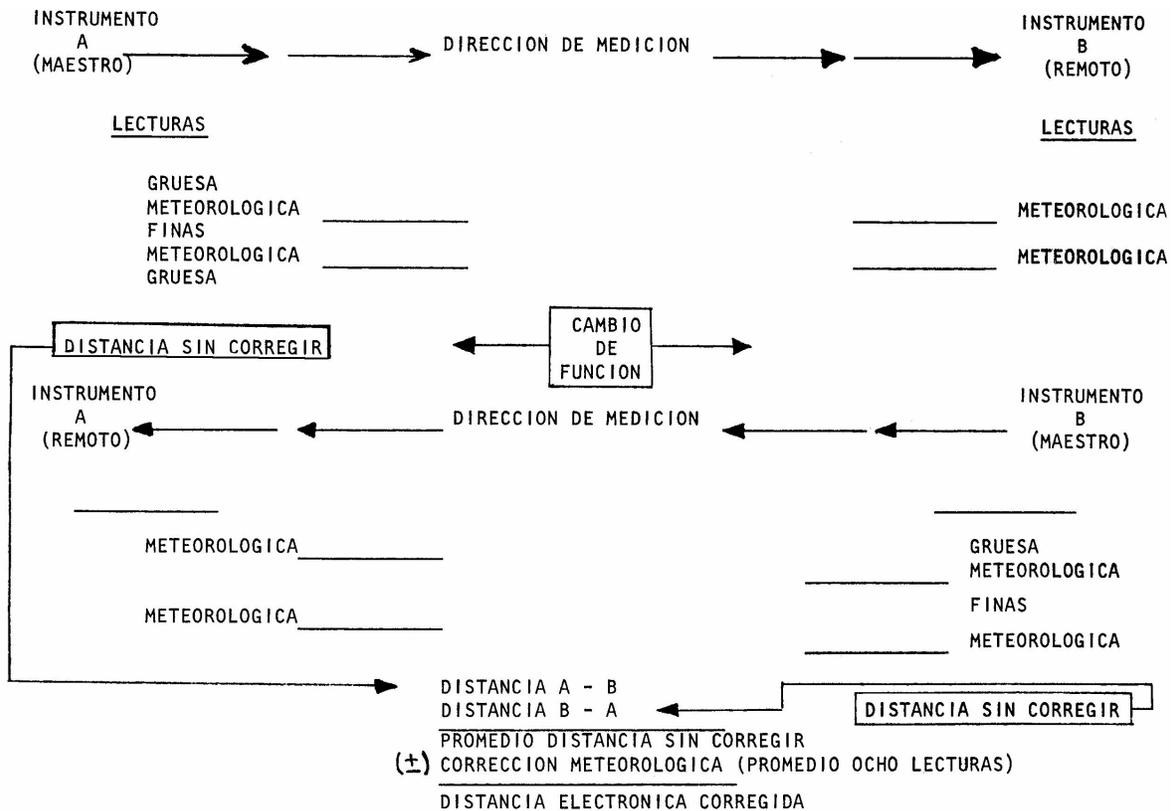


Figura 5.2.2

Dejar un intervalo que permita el cambio en los parámetros meteorológicos existentes y que no sea menor de cuatro horas. Repetición de las medidas de 1 a 6.

Reducción de la primera medición por efectos meteorológicos; reducción de la segunda medición por la misma causa; comparación de las dos distancias resultantes. El acuerdo aceptable para líneas de ocho o menos kilómetros deberá ser de dos centímetros más una parte en cien mil de la distancia; en líneas más largas, será necesario un acuerdo de una parte en ciento cincuenta mil. Si no se llenan estos requisitos habrá que continuar la medición desde el paso 6 inclusive en adelante, hasta conseguir el resultado esperado.

La dificultad más grande que existe para que se cumplan los requisitos de consistencia interna estriba en la medición de líneas muy cortas o de líneas que tengan características desfavorables de reflexión o de transmisión. Las mediciones efectuadas sobre el agua y las visuales que rozan alguna parte del terreno intermedio son las que ofrecen mayores dificultades. Si no se puede satisfacer el acuerdo esperado aún haciendo un gran esfuerzo, será necesario reubicar la línea o recurrir a algún método diferente para obtener la distancia deseada.

La medición de la línea consiste en el promedio simple de dos o más mediciones individuales aceptadas. Véase Figuras 5.2.2 y 5.2.3.

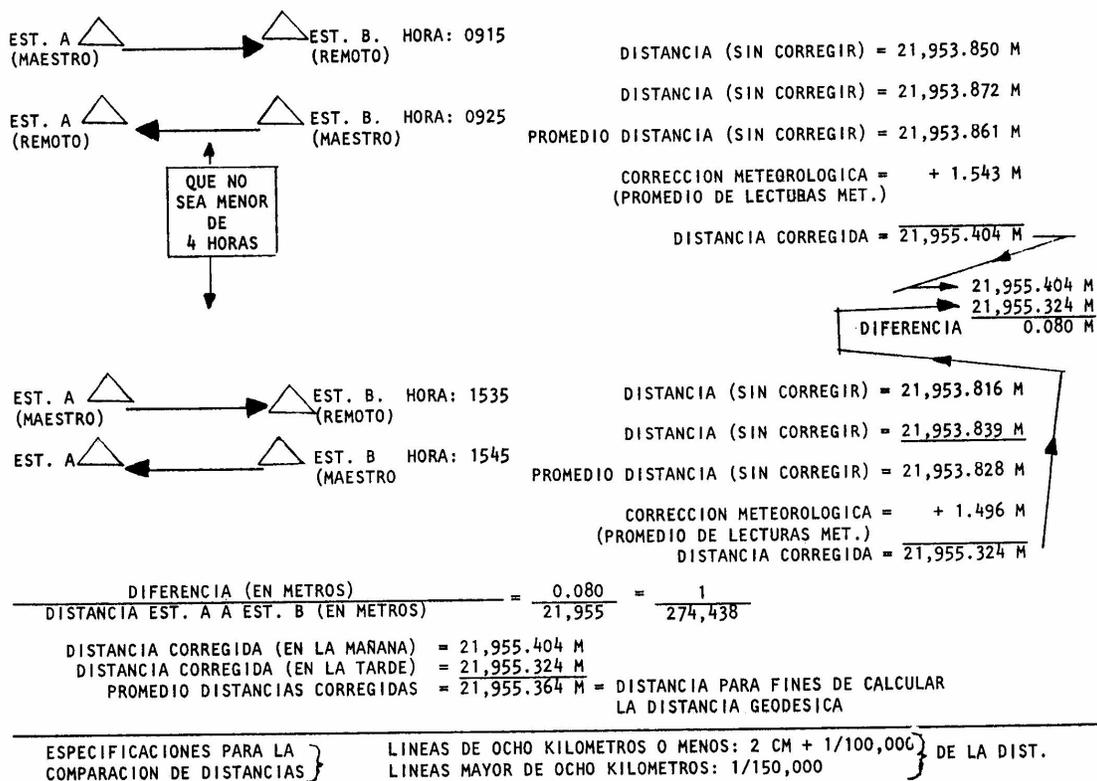


Figura 5.2.3

Las lecturas meteorológicas deberán obtenerse en las series, según lo especificado en el párrafo A. Estas lecturas han de consistir en valores psicrométricos de bulbo seco y bulbo húmedo y de la presión barométrica. Habrá que tener cuidado que la lectura de bulbo húmedo se haga en el punto exacto de la menor depresión, justo antes de que la temperatura comience a elevarse otra vez.

Deben manejarse los psicrómetros mientras estén aspirando y se leerán sobre el terreno a altura del hombro, en la sombra y alejados del calor del cuerpo del observador o de cualquier otro objeto.

Tampoco se debe colocar el psicrómetro cerca de lugares frondosos. Habrá que mantener limpia la envoltura del bulbo, mojándolo solamente con agua destilada o de lluvia que se lleva con el instrumento a tal efecto.

Si el observador lo considera necesario, se pueden transmitir las observaciones meteorológicas hacia el extremo principal; no obstante, en todos los casos cada brigada mantendrá un registro separado de sus propias observaciones.

5.3 REGISTRO

Además de registrar las lecturas del instrumento en uso se mantendrán los registros siguientes en todos los casos:

Tipo y número de serie de cada instrumento utilizado en la medición, identificando cual instrumento está efectuando el trabajo principal.

Nombre de la estación ocupada por el instrumento principal; nombre de la estación ocupada por el instrumento remoto.

Nombre del operador de cada instrumento, identificando a cada uno con el mismo.

Fecha y hora del comienzo y fin de la observación.

Altura del instrumento por encima de la marca de la estación, al centímetro más cercano. Esta información se debe registrar para ambos instrumentos, especificando la altura que corresponda a cada uno y hasta que parte de ellos se midió esa altura.

Se recomienda que los registros se confeccionen por duplicado y que, al remitirse estos al gabinete, el original y el duplicado sean enviados por vía separada.

5.4 CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS EDM

VERIFICACIÓN DE FRECUENCIAS

Todos los instrumentos de microondas deben ser revisados, calibrados, ajustados y probados para el uso apropiado de las frecuencias de operación, por lo menos una vez cada seis meses y en cualquier momento en que el operador tenga dudas acerca de la exactitud de las frecuencias de operación o de su funcionamiento. La verificación se hace por medio de aparatos adecuados cuya exactitud es conocida.

Dicha verificación no se hará hasta que el cristal del contador haya pasado por completo el ciclo preliminar de precalentamiento especificado por el fabricante. Se continuará durante el tiempo suficiente para estar seguro de que los componentes del instrumento que se está probando estén colocados en sus valores nominales de operación normal y que el control de la temperatura del cristal haya girado por toda la escala de frecuencias varias veces, demostrando así que el aparato trabaja correctamente en la potencia de transmisión.

Se lleva un registro de las verificaciones de frecuencia que se guarda siempre con cada instrumento. El registro muestra la fecha de la última verificación y la firma de la persona que lo hizo.

ERROR-ÍNDICE

El centro eléctrico o punto cero de un instrumento de microondas es por lo general la imagen virtual de la ubicación de la antena dipolo en relación a su reflector, se encuentra ubicado detrás del reflector, generalmente dentro de la caja del instrumento. Su ubicación puede variar, ya sea por cambios de los parámetros eléctricos (lo que sería un cambio muy pequeño) o por un dipolo de transmisión - recepción que no esté ubicado correctamente en el foco infinito del reflector.

Aún cuando la razón: reflector abertura /longitud de onda (de la onda portadora) no conduce a un trazado óptico exacto o imagen de la onda, los dipolos colocados incorrectamente pueden causar aberración esférica, astigmatismo y cabellera en la imagen virtual y desviarla considerablemente, según se la compare con el desplazamiento de la ubicación del dipolo.

Ya que esto puede suceder con cada instrumento del par usado para las mediciones, el desplazamiento de la imagen debe investigarse en pares y las correcciones obtenidas de esos pares deben aplicarse posteriormente a todas las mediciones obtenidas con ese par específico. Es posible extraer el valor de los instrumentos individuales cuando éstos estén calibrados en las tres combinaciones de pares posibles, según se detalla más tarde; de ahí en adelante, la corrección de un valor medido se obtendrá como la suma algebraica de las correcciones individuales de los instrumentos del par usado para cualquier medición.

Algunos instrumentos llevan una constante de calibración determinada en la fábrica que sirve para corregir los datos de campo, y es la cantidad por la cuál el centro eléctrico del instrumento en particular difiere del punto nadiral, además del error-índice del que se tratará más adelante.

Cada instrumento EDM debe haber sido calibrado para obtener el error-índice dentro de un periodo de seis meses antes de usarlo para cualquier trabajo que comprenda control horizontal de primer orden.

Se volverá a calibrar en cualquier momento que el operador responsable tenga dudas sobre su funcionamiento. Se mantiene un registro de las calibraciones del error-índice junto al instrumento en todo momento, y una copia del mismo acompañará a los datos entregados al gabinete.

El registro debe mostrar el valor de calibración del instrumento, identificación del mismo, fecha de la última calibración, línea de calibración empleada y la firma de la persona responsable por la calibración.

El método más seguro y por lo general más económico y rápido de determinar el error-índice es el de medir líneas de base precisas de longitudes conocidas. Si lo permitiera la existencia de líneas accesibles, se recomienda el error-índice medio obtenido de mediciones en varias líneas de base.

Las mediciones de calibración deben hacerse de la misma forma en que se hacen durante el levantamiento, incluyendo las lecturas meteorológicas. Habrá que tener cuidado de no medir líneas rasantes ni de causar otras condiciones poco favorables.

Una medición debe consistir siempre en el promedio de los valores obtenidos usando cada instrumento como instrumento de control. También se cuidará que las mediciones de calibración se corrijan por las inclinaciones y se reduzcan al nivel del mar, lo mismo que las líneas fijas usadas para las comparaciones.

Careciendo de líneas de base conocidas sobre las cuales se pueda hacer comparaciones de error-índice, se podrá usar una sola línea dividida en dos segmentos, cada uno de ellos de más de cinco kilómetros de largo. Con este método, el error-índice de un par de instrumentos es igual a una sola medición de la línea, menos la suma de las mediciones de los dos segmentos.

Este método se ve afectado por la necesidad de determinar con precisión la altura de cada punto de medición para reducir todas las mediciones a una línea común. Como en el caso de las comparaciones de líneas de base, serían preferibles dos o más líneas de largos diferentes, para obtener un error-índice medio.

Cuando se use este método de calibración, se recalca que cada línea y cada segmento de línea debe medirse dos veces con un par de instrumentos, obteniendo cada vez un valor medio al usar cada instrumento como maestro, y separando las dos mediciones por cuatro horas, por lo menos.

Cuando el error-índice determinado de cada par de instrumentos se aproxime o exceda 0.20 m (1:25,000 en una línea de 5 Km) se debe sospechar la compatibilidad de esos dos instrumentos, debiéndose someter los mismos a un ajuste de sistemas electrónicos.

La corrección del error-índice anterior se aplica al par de instrumentos que han sido usados al mismo tiempo para hacer las medidas de calibración. Se puede ver que si se calibrasen muchos instrumentos en todos los pares posibles, esto ocasionaría demasiado trabajo. la cantidad de la combinación de pares posibles es $\frac{N(N-1)}{2}$, en la que N es el número de instrumentos individuales.

La tarea disminuye enormemente si los instrumentos se calibran en grupos de tres. Esto permite la extracción de la parte de la corrección combinada del error de índice que se aplica individualmente a cada uno de los tres instrumentos, y de allí en adelante se pueden obtener combinaciones con la simple adición algebraica de las correcciones individuales del par de instrumentos seleccionados para las mediciones.

A, B, C, son los valores de la correlación índice para los instrumentos A, B, C. Se calibran los instrumentos A y B, obteniendo la corrección – índice L para ese par. También se calibran los instrumentos B y C, obteniendo la corrección M, y los instrumentos A y C, para los cuales se obtiene la corrección N.

La solución de las tres ecuaciones simultáneas:

$$A + B = L$$

$$B + C = M$$

$$A + C = N$$

Proporciona las correcciones individuales

$$A = \frac{1}{2} (L - M + N)$$

$$B = \frac{1}{2} (L + M - N)$$

$$C = \frac{1}{2} (M + N - L)$$

Que luego se transforman en los valores anotados en el registro de calibración para cada instrumento.



CONCLUSIONES

Al término de este trabajo podemos concluir que los levantamientos topográficos son de gran importancia en la Ingeniería Civil, y que la taquimetría tiene especial aplicación en trabajos previos a las diferentes obras civiles.

La taquimetría se ha caracterizado por su rapidez en los levantamientos topográficos, por eso es que en este trabajo hemos dado a conocer que la aplicación de la tecnología en esta rama de la Ingeniería es vital, ya que con la aplicación de los métodos tradicionales para realizar levantamientos topográficos se ha observado que se pierde tiempo y precisión en dichos trabajos, lo que repercute en datos imprecisos que afectan directamente en el desarrollo de la Obra Civil.

Al hacer uso de la tecnología para la realización de levantamientos topográficos se ha demostrado que existe un gran ahorro de tiempo en la ejecución del levantamiento, y que se obtienen datos muy precisos y bastante confiables.

Es por eso que hacemos énfasis en que el uso de estos Instrumentos topográficos electrónicos no son complicados para su manejo, y que cualquier Ingeniero Civil puede hacer uso de este aparato

Para finalizar, creemos que este trabajo será una buena fuente de información para quien lo requiera, y con ello que los objetivos planeados acerca de este trabajo serán cumplidos en su mayoría.



BIBLIOGRAFÍA

“Topografía Aplicada”

Fernando García Márquez

Editorial Árbol S.A. de C.V.

“Técnicas Modernas en Topografía”

Bannister, S. Raymond, R. Baker

Editorial Alfaomega, 2002

7ª Edición

“Topografía”

Miguel Montes de Oca

Editorial Alfaomega, 1996

4ª Edición