

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE VIAS Y TRANSPORTE**



# **MANUAL DE PRACTICAS DE PLANIMETRIA EN TOPOGRAFIA**

**ING. HERNAN NOPE RODRIGUEZ**

Magíster en Ingeniería de Vías Terrestres  
Especialista en Ingeniería de la Construcción  
Diplomado en Docencia Universitaria  
Diplomado en Aseguramiento de la Calidad  
Diplomado en Geotecnia y Pavimentos  
Diplomado en Auditoría de Seguridad Vial

**ING. HEBERT LIZARDO DORADO DORADO**

Magíster en Ingeniería de Vías Terrestres  
Diplomado en Docencia Universitaria  
Diplomado en Auditoría de Seguridad Vial

**ING. JOSE RAFAEL GUEVARA QUINTANA**

Especialista en Ingeniería de Vías Terrestres  
Diplomado en Docencia Universitaria  
Diplomado en Aseguramiento de la Calidad

POPAYAN, NOVIEMBRE DE 2.007

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción .....	1
1. Conocimiento y manejo de elementos de trabajo. Medición de alineamientos con cinta en terreno plano y en terreno irregular.....	2
2. Medición y trazado de ángulos sin instrumentos de precisión. Levantamiento de un lote con cinta por descomposición geométrica y utilizando poligonal de base.....	26
3. Descripción del teodolito clásico, sus partes constitutivas, estacionamiento y nivelación. Lectura de ángulos con el teodolito.....	41
4. Correcciones del teodolito.....	59
5. Aplicaciones del teodolito en levantamientos por radiación.....	62
6. Aplicaciones del teodolito en levantamientos por intersección de visuales (base medida).....	68
7. Trazado de una poligonal abierta por el método de deflexiones.....	79
8. Levantamiento de un lote con poligonal cerrada por el método de azimutes directos.....	86
9. Trabajo de fin de curso de acuerdo con el Programa Especial.....	104
10. Conocimiento y manejo de la estación total .....	108
11. Medición de áreas con Planímetro.....	116

## INTRODUCCION

El presente manual está dirigido principalmente a estudiantes cuya formación profesional incluye prácticas básicas de planimetría, y a los profesionales de Ciencias de la Tierra, a quienes puede ser útil como manual de consulta.

Se incluyen en él las prácticas elementales para aplicar los conocimientos teóricos que, en la Universidad del Cauca, se realizan en forma separada pero integrada, buscando optimizar su aprendizaje y el aprovechamiento de los equipos de topografía.

En la práctica 1 se enseñan los fundamentos básicos de la planimetría, los elementos y el sistema de trabajo en topografía. En la práctica 2, se mide un lote con equipos de baja precisión. En la práctica 3, instruye sobre el manejo del teodolito. En la práctica 4, se ilustran los métodos de verificación de la calibración del teodolito. En la práctica 5, se utiliza el teodolito en levantamiento de precisión por el método de radiación. En la práctica 6, se continua con el uso del teodolito en levantamientos de lotes con base medida en los que no se puede aplicar el método anterior. La práctica 7, está enfocada a levantamientos por el método de deflexiones, ampliamente utilizado en vías. La práctica 8, se enseña el método de azimutes directos, método de amplia aplicación en lotes de gran extensión. La práctica 9 establece los parámetros de aplicación que debe desarrollar el grupo de trabajo para la entrega del proyecto final, en el lote acordado con el profesor. En la práctica 10 se ilustra la aplicación de los equipos modernos de precisión (estación total) y en la práctica 11, el uso del planímetro para la medición de áreas sobre planos.

Con este manual, los autores desean hacer una modesta contribución al propósito de excelencia académica de la Universidad.

Los autores desean expresar sus agradecimientos a todas las personas que contribuyeron para elaborar este material, especialmente a la Ingeniera Alexandra Rosas Palomino y al Topógrafo Alberto Tabares, quienes con sus aportes y revisión, permitieron mejorar la calidad del mismo.

## PRACTICA No. 1

Conocimiento y manejo de elementos de trabajo. Medición de alineamientos con cinta en terreno plano y en terreno irregular.

### OBJETIVOS

- ◆ Identificar y conocer el manejo del equipo básico de topografía con el que se realizarán levantamientos topográficos.
- ◆ Aprender a diligenciar una cartera de campo, a realizar mediciones en el terreno, localizar estaciones o deltas, trazar alineamientos y a medir alineamientos en un terreno plano y en un terreno irregular.
- ◆ Localizar en el terreno un P.O.T.

Lugar:

Equipo:

4 Jalones  
3 Piquetes  
1 Escuadra de agrimensor  
2 Plomadas  
1 Brújula  
1 Cinta  
1 Machete  
1 Maceta  
4 Estacas de Punto  
4 Estacas Testigo  
Puntillas

Fecha:

## **1.1 ENTREGA DEL EQUIPO.**

Todo el equipo de trabajo para las prácticas debe ser recibido en el Almacén de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil 15 minutos antes de cada práctica si esta inicia después de las 8:00 A.M.. Para las prácticas que inician a las 7:00 A.M. o en los fines de semana, el equipo debe ser retirado el día anterior. El equipo por recibir se suministrará de acuerdo con el recibo de entrega que el profesor de la asignatura entrega oportunamente al almacenista. El equipo debe devolverse tan pronto termine la práctica toda vez que hay varias comisiones que lo requieren y su demora ocasionará el retraso de las prácticas de los otros grupos.

Todo equipo debe ser revisado en el momento que sea sacado del almacén y de igual forma debe ser revisado en el momento de la entrega, con el fin de asegurar la adecuada conservación de los elementos. Todo daño o pérdida de equipo durante las prácticas será asumido por la comisión.

## **1.2 ENTREGA DE INFORMES.**

De acuerdo con las instrucciones del profesor, la información correspondiente a cada práctica será entregada en la fecha y hora señalada para su posterior calificación. Todas las carteras (de tránsito) deben ser rotuladas en su primera página indicando lo siguiente (portada de la cartera):

### **UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

Facultad de -----

Programa -----

### **PLANIMETRIA**

Profesor:

Comisión:

Integrantes:

Fecha:

Para cada práctica, debe indicarse en su primera página lo siguiente (portada):

**PRACTICA No. ---**

Nombre de la práctica:

Objetivos:

Lugar:

Equipo empleado:

Fecha:

En cuanto al contenido de cada práctica debe registrarse lo siguiente:

- Clase de levantamiento, objetivos y descripción de la práctica.
- Procedimiento empleado.
- Condiciones climáticas.
- Métodos y fórmulas de cálculo si los hubiere
- Cartera de campo, dibujo a mano alzada indicando la norte y detalles necesarios.
- Cálculos de oficina los cuales varían dependiendo de cada práctica: Cartera de ajuste angular, cartera de coordenadas de la poligonal de base con sus ajustes si lo requiere, cartera de coordenadas de los detalles, cartera de áreas y dibujos auxiliares.
- Dibujo a escala indicando la norte respectiva

### 1.3 CONOCIMIENTO Y MANEJO DE ELEMENTOS DE TRABAJO.

Antes de iniciar cualquier práctica, es fundamental conocer el equipo con el que se va a trabajar y cuál es su uso. Igualmente deben conocerse algunas convenciones o normas de trabajo que servirán en adelante para un trabajo adecuado dentro de la comisión de topografía.

**Jalones:** Son elementos metálicos o de madera de 2 metros de longitud y 4 centímetros de diámetro. Están pintados en franjas de 20 centímetros cada una, alternadas entre los colores blanco y rojo para facilitar su visión en el campo permitiendo establecer puntos transitorios y trazar alineamientos.



**Estacas:** Son trozos de madera cuyo diámetro oscila entre 3 y 5 centímetros, de largo variable (25 a 50 centímetros) dependiendo de su uso, con un extremo es puntiagudo para enterrarlas con facilidad. Se clasifican en:

**Estacas de punto o estación:** Son las estacas más cortas y se clavan a ras del suelo, llevando puntilla en su cabeza. En el caso de trabajar en suelos duros, tales como rocas, pavimentos flexibles o rígidos, se sustituyen por puntillas de acero. Estas estacas se colocan en los vértices de las poligonales para indicar cada estación o delta.



**Estacas de línea:** Son estacas de igual tamaño a las anteriores, clavadas a ras del suelo en puntos intermedios de cada alineamiento generalmente indicando la posición de cada abscisa.

**Estacas Testigo:** Son las estacas más largas con un corte aplanado en su cabeza en donde se escribe con pintura generalmente roja la siguiente información: número de estación, abscisa, referencia, etc. La información anotada se hace de arriba hacia abajo, mirando hacia la estaca de punto a una distancia no mayor de 20 centímetros delante de ella. En las estaciones se colocan a un lado.

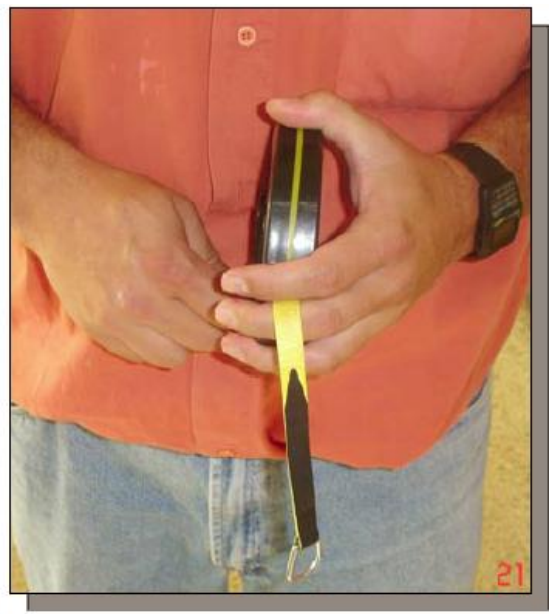


**Estacas de Chablán:** Son estacas similares a las estacas testigo, con dos cortes, (en cada lado de la cabeza) en donde se anota la abscisa y el corte o terraplén.

**Estaca de Ceros:** Es una estaca idéntica a la testigo, pero esta se coloca inclinada con su corte aplanado hacia arriba.

**Cinta:** Elemento indispensable para la medición de un terreno, clasificándose de acuerdo con el tipo de material con que está elaborada.

**Cintas de tela:** Son impermeabilizadas y reforzadas con hilos metálicos. Deformables por tensión y solo se emplean en mediciones secundarias y de poca precisión. Generalmente vienen de 10, 20 o 30 m de longitud y 5/8 de pulgada de ancho. Cuando la cinta se moja, se debe dejarla secar antes de guardarla de nuevo en la caja. Al enrollarla, se debe pasar entre los dedos índice y corazón, manteniéndolos cerca de la ranura de entrada para evitar que la cinta entre torcida, con mugre o que se atasque en la caja.



**Cintas de acero:** Se emplean en levantamientos de precisión, teniendo la desventaja de partirse con facilidad por lo que se debe evitar doblarlas.

**Cintas de invar:** Son elaboradas con una aleación de níquel y acero sensible a la temperatura. Son cintas que por ser elaboradas con un material blando se deben manejar con mucho cuidado, haciéndolas poco prácticas y costosas para el uso corriente.

**Cintas de hilo sintético o fibra de vidrio con recubrimiento plástico:** Son las más usadas y prácticas.



**Cintas de bronce y fósforo:** Son fabricadas a prueba de óxido, siendo empleadas en trabajos cercanos a fuentes de agua salada.

La mayoría de las cintas están calibradas para trabajar a 20 °C y una tensión de 5 kg. Dependiendo del tipo de terreno en que se va a trabajar, se recomienda su uso a saber:

Montañoso: Conviene usar cintas de 10 m.

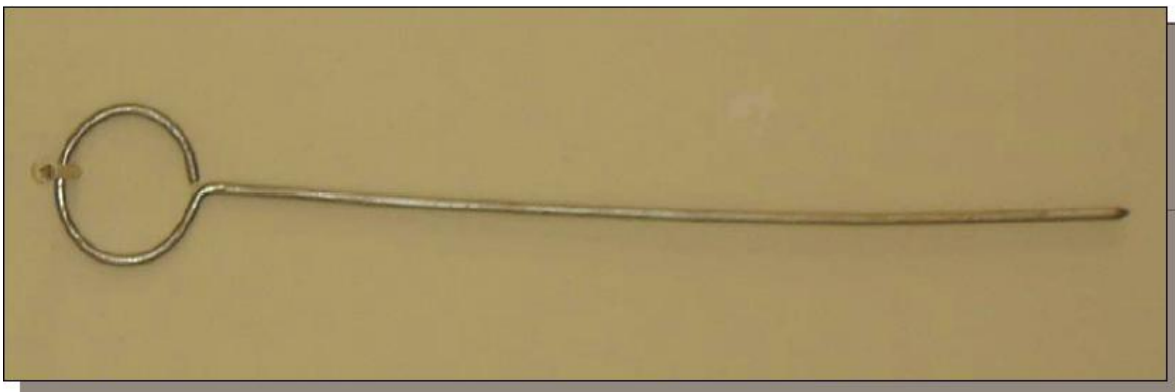
Ondulado: Cintas de 20 m.

Plano: de 30 a 50 m.

Debe tenerse en cuenta que a mayor longitud de cinta empleada, mayor peso tendrá formando una catenaria que puede inducir errores de medición; por lo general, se recomienda no hacer mediciones mayores de 10 metros.

Hay que tener cuidado con las lecturas que se realicen con la cinta ya que algunas dan lecturas en pies por un lado y en metros por el otro. En nuestro medio, siempre se utilizan lecturas en metros.

**Piquetes:** Son elementos de acero con un extremo en forma de punta (para facilitar su clavado) y en el otro extremo en forma de argolla en donde se recomienda ponerles un trapo de color para hacerlos más visibles en el desarrollo de los trabajos.



**Plomadas:** Son elementos de forma cónica fabricados generalmente en bronce que se sostienen mediante una piola. Sirven para indicar un punto en el terreno con precisión, siempre y cuando ésta esté estática indicando por ende, una dirección vertical.



**Escuadra de Agrimensor:** Elemento metálico o de madera, empleado en levantamientos de poca precisión. Consta de una vara de 1.50 m. de altura. En un extremo tiene una punta para facilitar su clavado y en el otro extremo una caja metálica o de madera cuadrada u octogonal con unas ranuras perpendiculares entre sí permitiendo trazar alineamientos y normales. Las cajas octogonales permiten trazar ángulos a  $45^\circ$ .



**Maceta:** Elemento de 4 libras de peso generalmente, que permite enterrar o clavar las estacas, debiéndose tomar del extremo del mango de madera cuando se utiliza.



**Machete:** Elemento con filo en uno de sus lados, que facilita podar y despejar un terreno poblado de vegetación, limpiar el terreno en donde se colocará la estaca y para elaborar estacas.



**Crayolas o pintura:** Se emplean para marcar las estacas. No se debe utilizar lápiz o bolígrafo ya que la anotación se borra con la humedad.

**Carteras:** Son cuadernos que constan de 60 páginas de 18x12 cm, resistentes al agua. Existen 3 tipos de carteras: tránsito, nivel y topografía.

Las carteras de tránsito vienen con sus páginas izquierdas rayadas compuestas por 6 columnas separadas por una franja de color rojo en las que se anota la información “cartera de campo”. Las páginas derechas son cuadriculadas con una línea vertical roja en el centro que se emplean para dibujar los detalles y esquemas a mano alzada del levantamiento. Se debe registrar toda la información necesaria para aclarar cualquier duda y detalle del levantamiento.

Las mediciones que se realizan en el campo deben ser anotadas inmediatamente en la cartera, no confiando en la memoria ni escribirlas en pedazos de papel para ser anotadas “mas tarde” ya que estos datos se pueden perder, distorsionar u olvidarlos de anotar posteriormente.

Los gráficos deben utilizarse en donde sea necesario que haya mayor claridad.

Al cometer equivocaciones en las anotaciones de las mediciones de campo, estas no deben borrarse. Simplemente se traza una línea “tachando” el dato incorrecto para escribir el valor correcto al lado. Lo anterior debido a que los borrones causan sospechas de alteraciones deshonestas, no así un número tachado.

Las notas deben hacerse con un lápiz afilado de dureza media (H ó HB). Un lápiz de dureza alta casi no se observa y daña el papel. Un lápiz de baja dureza causa manchones ya que el lápiz se corre ocasionando dudas sobre el dato registrado.

A veces conviene numerar las páginas e incluir una tabla de contenido, una flecha que indique la Norte y la separación clara de cada día de trabajo.

Es esencial revisar las notas antes de salir del lugar del levantamiento con el fin de evitar viajes extras de regreso al sitio de trabajo por datos incompletos o dudosos.

Las anotaciones que se realicen sobre el dibujo deben hacerse horizontales o ligeramente oblicuas en la misma posición del plano pero nunca verticales.

Los datos que se anoten en la cartera deben hacerse con letra clara de tal forma que cualquier persona pueda leerlos, evitando confusiones o dificultades para su lectura.

Los informes deben ser detallados, claros y precisos para que sean correctamente interpretados por cualquier persona que los vea.

#### **1.4 SEÑALES DE MANO.**

Es conveniente conocer las señales empleadas durante el levantamiento topográfico, para facilitar el trabajo y la comprensión de las actividades por realizar.



Señal para llamar la atención



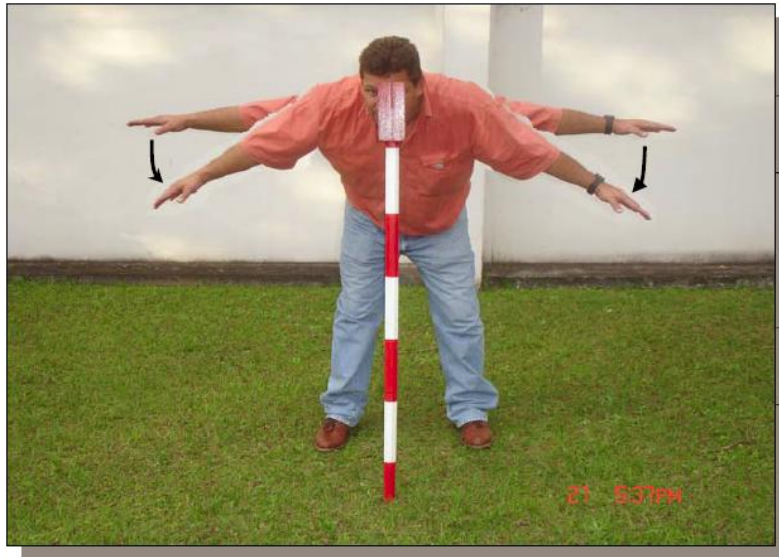
Indicar comienzo de alineación



Desplazarse hacia la izquierda



Desplazarse hacia la derecha



Ya está bien (enterrar el jalón, la estaca o soltar la plomada)

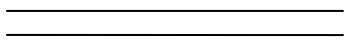


Enderezar el jalón a la derecha o izquierda

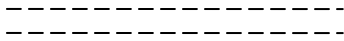
### 1.5 SIGNOS CONVENCIONALES.

Tanto para la elaboración de esquemas a mano alzada como para dibujos a escala deben emplearse las siguientes convenciones para identificar claramente el tipo de objeto presente:

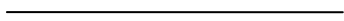
Carreteras:



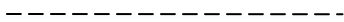
Carretera a gran escala



Carreteable en proyecto

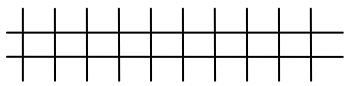


Carretera a escala pequeña

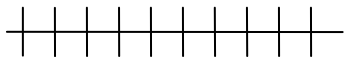


Sendero o trocha

Ferrocarriles:

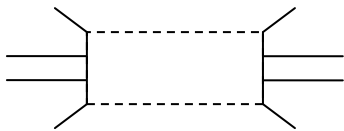


Ferrocarril de doble vía

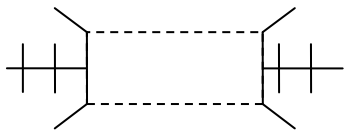


Ferrocarril de una vía

Túneles:

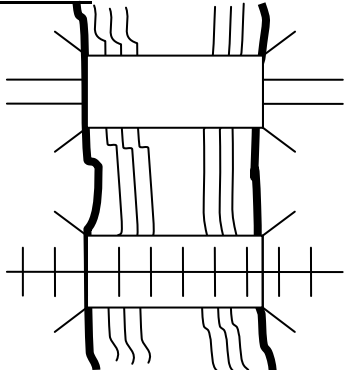


En carretera

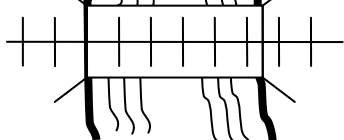


En ferrocarril

Puentes:

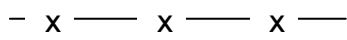


En carretera

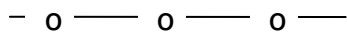


En ferrocarril

Cercas:



De alambre de púas



De alambre liso

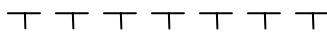


Vallado. setos

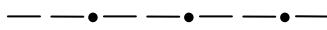


Cerca de piedra

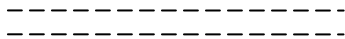
Líneas:



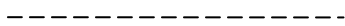
Línea telefónica



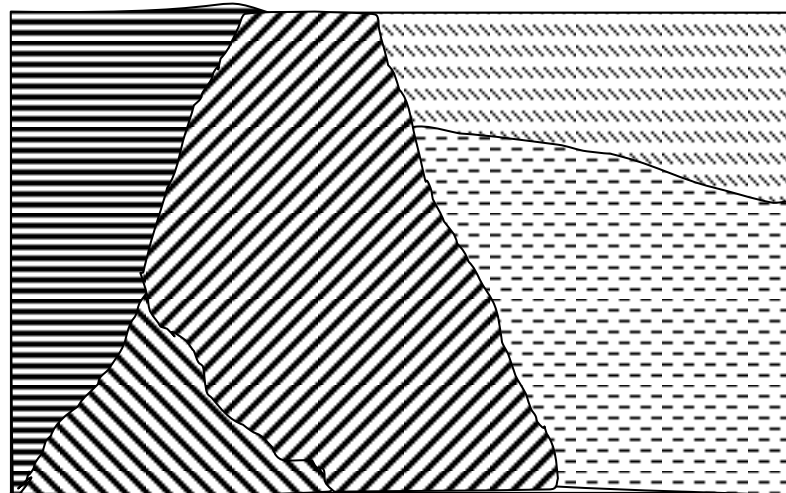
Línea de conducción



Tuberías de agua

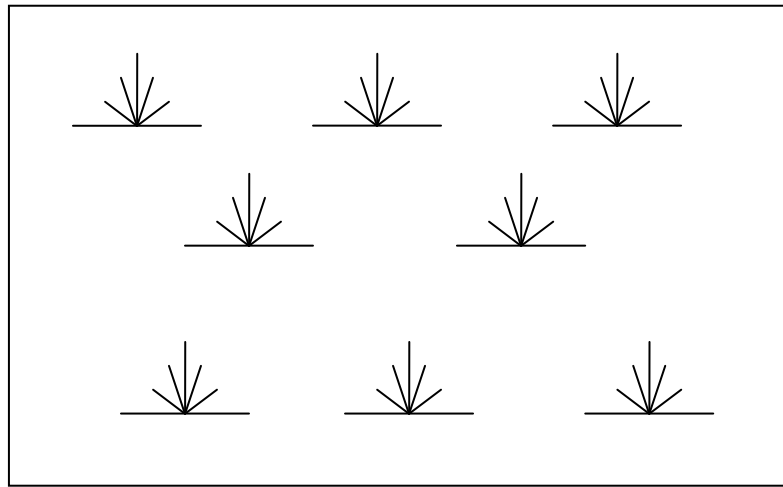


Cultivos:

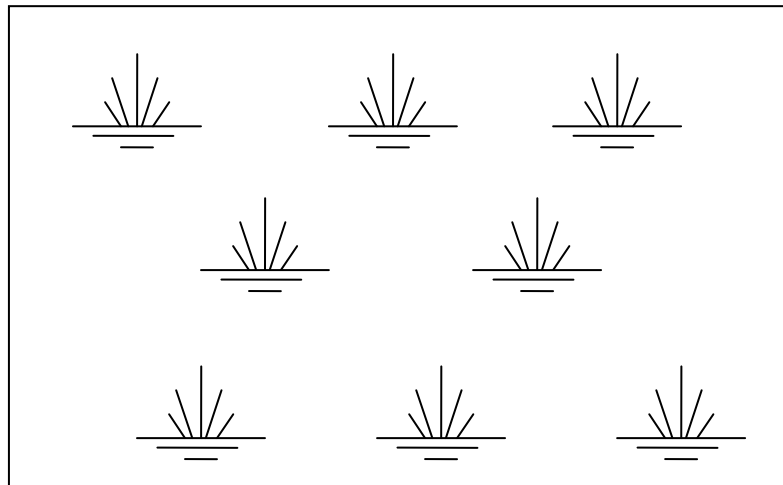




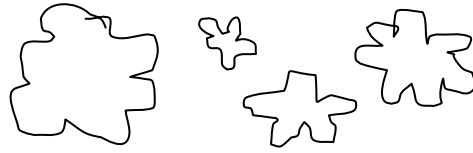
Potreros:



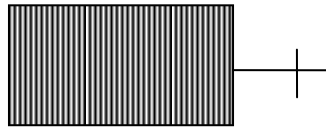
Pantanos:



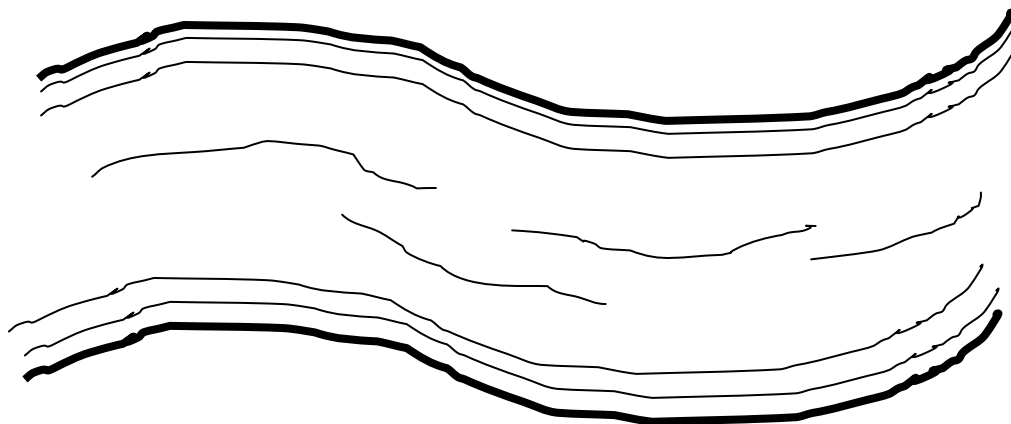
Arboles:



Edificaciones:



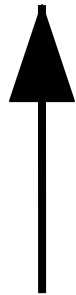
Corrientes de agua:



Otros:

○	Punto en alineamiento
⊙	Estación de poligonal
△	Estación de triangulación
△	Estación geodésica

La Norte – Sur: La dirección del meridiano se indica con una flecha que señala el norte y debe ser de una longitud tal, que permita trasladar esta dirección a cualquier punto del plano con precisión. Cuando se trata de dibujar la Norte – Sur verdadera, esta se dibuja con una flecha completa, mientras que la Norte – Sur magnética, se dibuja con una flecha de medio lado. Cuando se quiere indicar ambas direcciones, se debe anotar el ángulo correspondiente a la declinación magnética.



Norte – Sur verdadero



Norte – Sur magnético

## 1.6 EXPLORACION Y RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

Antes de iniciar cualquier levantamiento topográfico es indispensable explorar el terreno con el fin de planear y programar los trabajos por realizar, definir el procedimiento a seguir y prever los problemas y soluciones a las dificultades, de acuerdo con el propósito buscado.

Una buena exploración del terreno permitirá definir el número y ubicación de las estaciones, los POT, los detalles por anotar y la elaboración de un dibujo a mano alzada en donde se ubicarán tanto los detalles existentes como la poligonal que servirá de base para el levantamiento topográfico.

Desde las estaciones se pueden radiar el mayor número de detalles posibles mientras que otros detalles necesarios, se anotarán trazando una normal a derecha o izquierda en las abscisas correspondientes del alineamiento de la poligonal.

En lo posible, debe definirse el menor número posible de estaciones, tratando de seguir la forma del terreno por levantar. El número de estaciones dependerá de la forma del lote, si hay visibilidad entre estaciones y el (los) punto (s) desde donde se pueden obtener mayor cantidad de detalles del lote por levantar.

Cuando se trata de efectuar levantamientos de lotes, se debe emplear una poligonal cerrada, mientras que cuando se trata de carreteras debe emplearse una poligonal abierta. En las ciudades, el levantamiento puede hacerse valiéndose de los ejes de las calles si el tráfico lo permite.

## **1.7 COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA.**

La comisión de topografía está compuesta por un topógrafo, encargado de coordinar y guiar la comisión, manejando aparatos como la escuadra, el teodolito, estación total y el nivel de precisión. Es el encargado de llevar las anotaciones de campo y efectuar los cálculos de oficina.

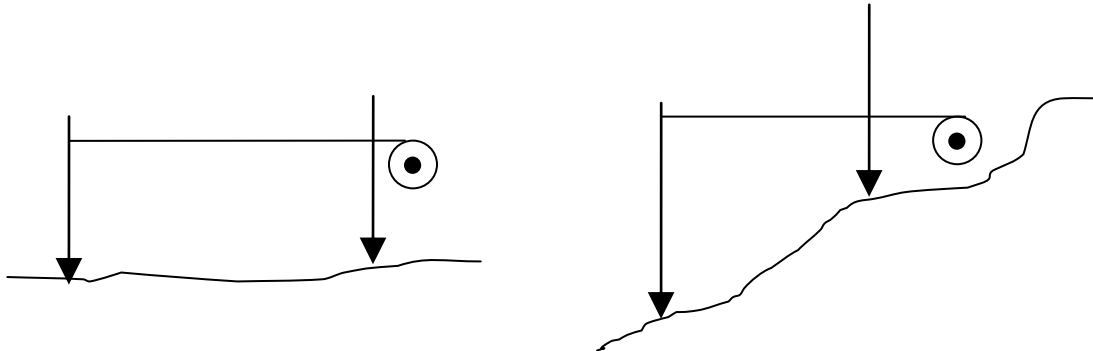
El cadenero primero siempre va adelante llevando la caja de la cinta y es el encargado de anunciar las lecturas realizadas. Este trabajo debe realizarse con precisión y claridad anunciando las medidas tomadas descomponiendo los números así: supongamos que la lectura realizada es de 1.65 metros. El cadenero primero dicta los números descomponiendo la lectura: “uno” “punto” “seis” “cinco”. Esto evitará que el topógrafo se confunda ya que si dicta el valor “uno sesenta y cinco”, el topógrafo puede entender que se le dictó “uno sesenta y cinco” ó “uno setenta y cinco”, etc. Entre mayor distancia haya entre el cadenero y el topógrafo, mayor puede ser la confusión en el entendimiento del valor dictado. Si el valor dictado se descompone, la posibilidad de error es mínima. El cadenero primero lleva consigo un jalón, un piquete o una plomada.

El cadenero segundo va atrás del cadenero primero y es el encargado de llevar el cero de la cinta. Lleva consigo un jalón, un piquete o una plomada.

El cadenero tercero o estaquero, lleva y clava los piquetes o estacas e indica la horizontalidad de la cinta. Tiene además un machete, la pintura o crayola, la maceta y puntillas.

## 1.8 MEDICIONES CON CINTA.

En terreno plano es posible realizar mediciones con cintadas completas; es decir, cada 10 metros, mientras que en terrenos ondulados y montañosos puede ser necesario “partir” o “quebrar” la cintada (menos de 10 metros), de acuerdo con la inclinación del terreno, garantizando que cada cintada que se mida sea perfectamente horizontal.



Medición en terreno plano

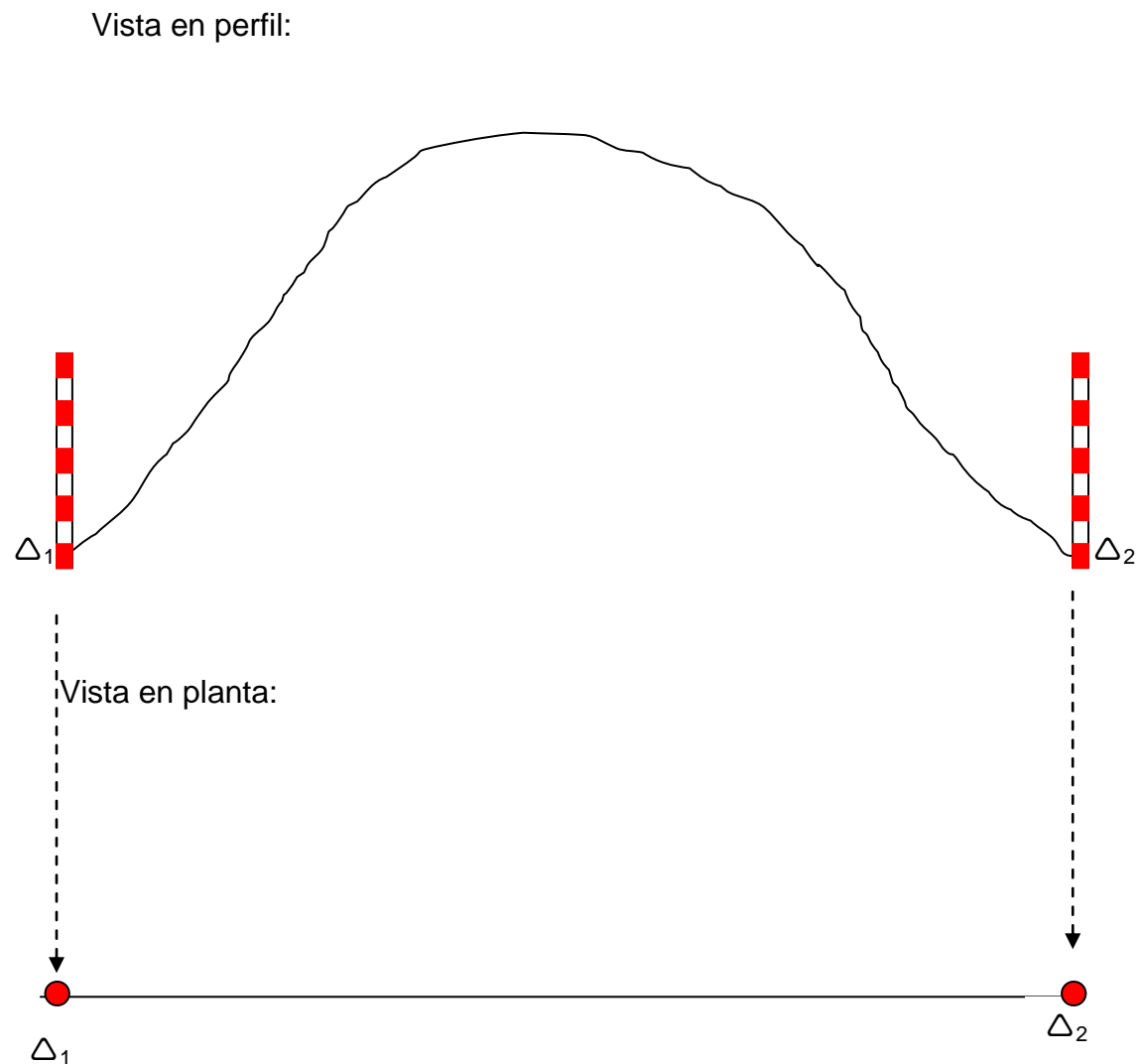
Medición en terreno inclinado

En cualquier caso **SIEMPRE** debe verificarse la horizontalidad de la cinta (las distancias no deben medirse inclinadas). Esta horizontalidad puede verificarse con la ayuda de una plomada de la siguiente manera: Una vez se han ubicado y alineado los cadeneros de acuerdo con las instrucciones del topógrafo, el cadenero tercero toma una plomada ubicándose en un punto intermedio de la cintada a una distancia aproximada de 5 metros. Suelta la plomada observando la piola (ésta debe estar estática) con respecto a la cinta. La piola debe formar un ángulo recto con respecto a la cinta en cuyo caso indicará que todo está bien, en caso contrario, le indicará a cada cadenero si debe subir o bajar la cinta.

## 1.9 P.O.T.

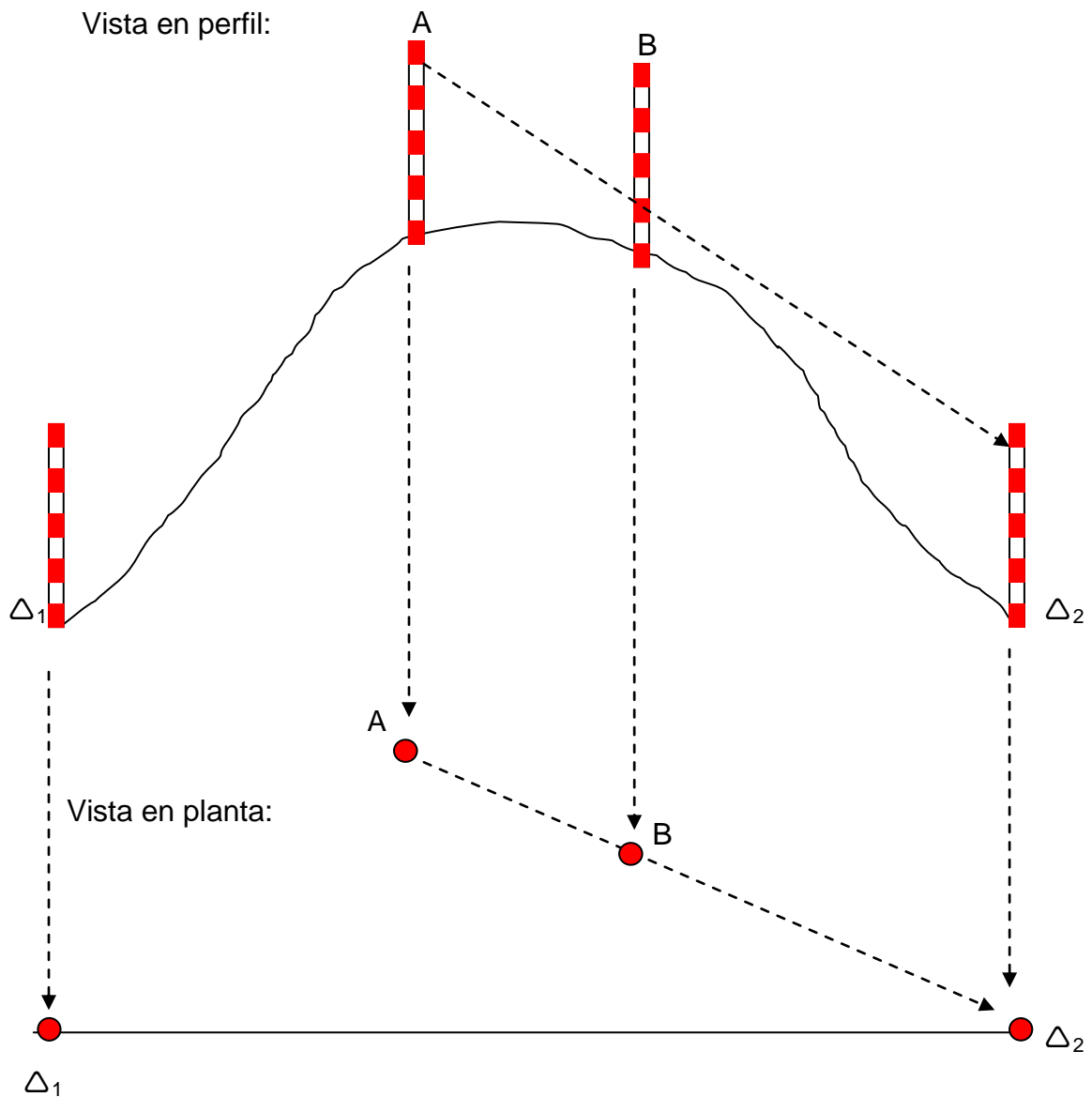
P.O.T. significa Point Over Tangent (punto sobre la tangente) el cual puede ser necesario ubicar en un alineamiento entre dos estaciones o vértices de la poligonal, cuando no es posible la visibilidad entre estaciones consecutivas debido a la forma del terreno (en cuyo caso puede definirse también una estación o delta).

El procedimiento para la ubicación del P.O.T es el siguiente:



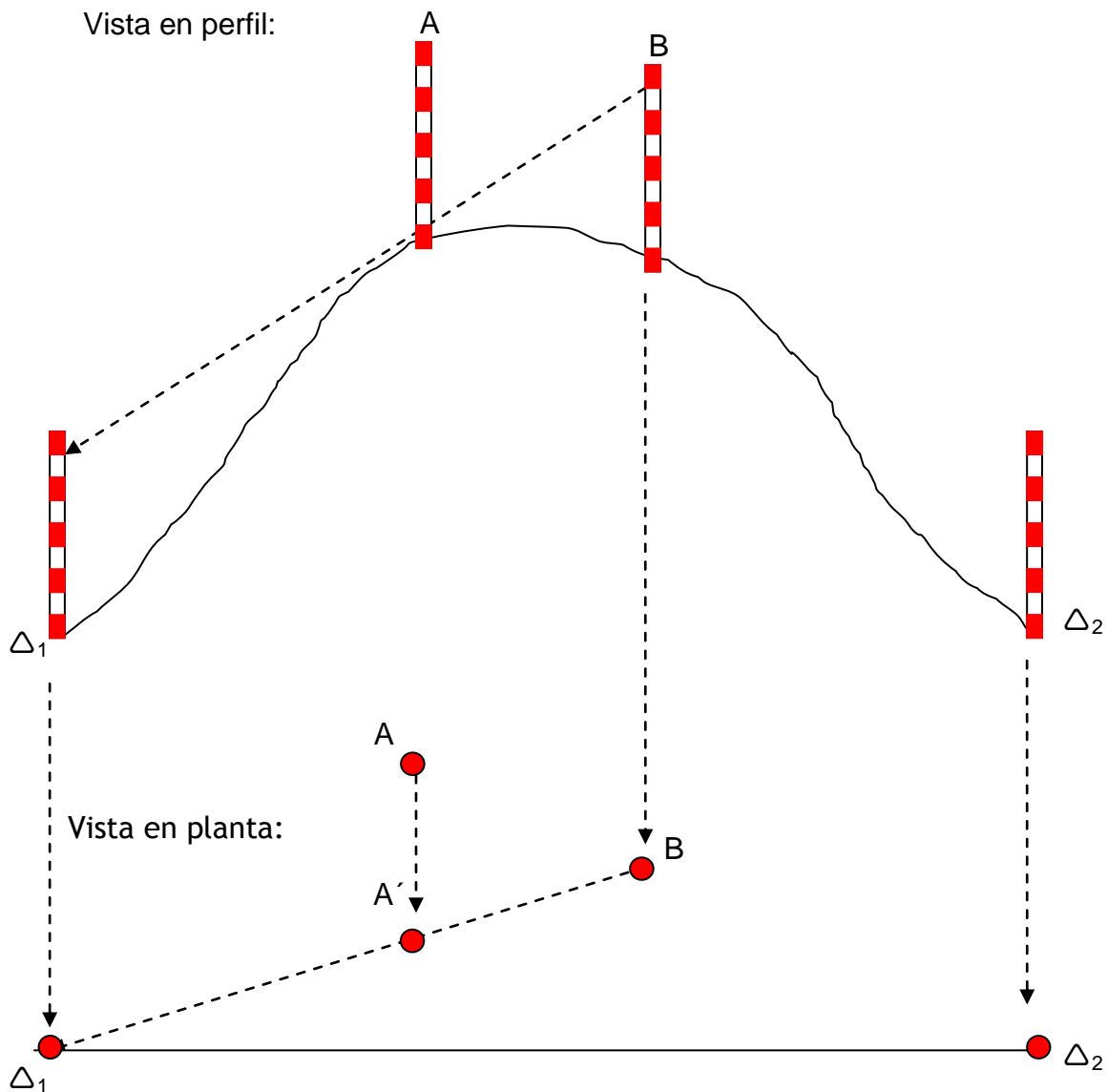
En este caso, en la vista en perfil, desde  $\Delta_1$  no es posible observar o dar vista a  $\Delta_2$  como tampoco desde  $\Delta_2$  hacia  $\Delta_1$  (no se ve el otro jalón porque la loma no lo permite), será necesario ubicar 2 jalones intermedios dando así origen al P.O.T.

En la cima de la loma se ubica un tercer jalón denominado A de tal manera que desde allí se puedan ver los jalones ubicados tanto en  $\Delta_1$  como en  $\Delta_2$ . En lo posible, para minimizar el trabajo de campo este jalón debe estar más o menos alineado con respecto a los deltas. Sin embargo, esto no es necesario puesto que con el procedimiento que se está describiendo, finalmente quedará alineado.



Desde el jalón ubicado en A, se da vista hacia  $\Delta_2$  y entre esa visual se ubica un cuarto jalón B de tal suerte que queda alineado entre esos dos puntos.

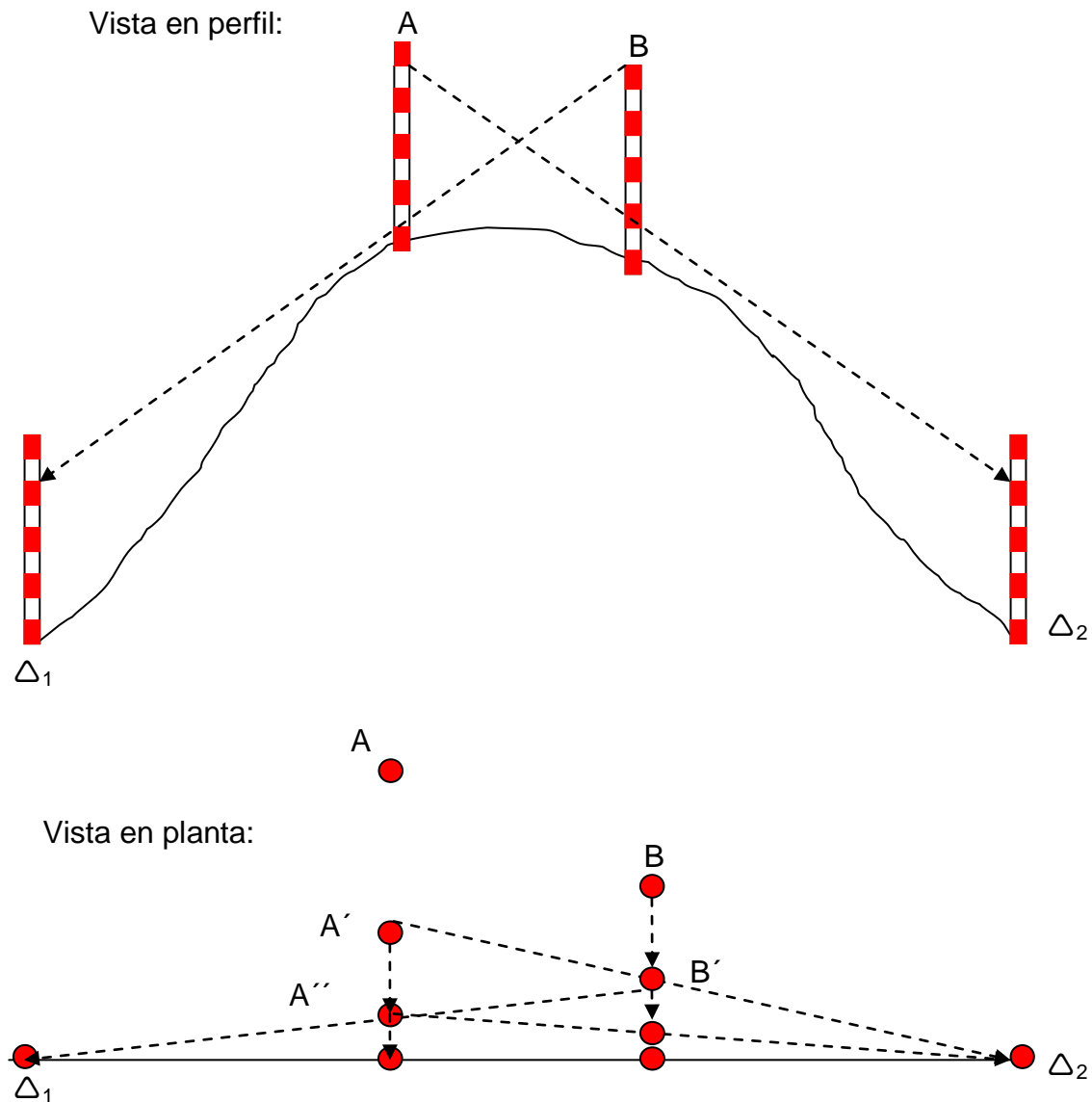
Ahora, desde el jalón B se da vista hacia  $\Delta_1$  observando que el jalón A no está alineado con esta visual. Se procede a reubicar el jalón A en un punto llamado A' de tal manera que quede alineado entre B y  $\Delta_1$ .



Una vez colocado el jalón A en el punto A', nuevamente se da vista desde A' hacia  $\Delta_2$  observando que el jalón B no está alineado entre A' y  $\Delta_2$ , por lo que se procede a reubicar el jalón B en un punto llamado B', de tal manera que quede alineado entre A' y  $\Delta_2$ .

El procedimiento continúa así hasta que finalmente los jalones A y B queden alineados con respecto a  $\Delta_1$  y  $\Delta_2$  en cuyo caso, cualquiera de los jalones A ó B puede ser el POT. Debe tenerse en cuenta que de presentarse un P.O.T, debe anotarse en la cartera la abscisa correspondiente a su ubicación en el alineamiento.





### 1.10 TRABAJO DE CAMPO.

Una vez ubicados los deltas o estaciones mediante el clavado de las estacas que indican cada punto, se procede a hincar la escuadra de agrimensor detrás de la estaca en  $\Delta_1$  mirando hacia  $\Delta_2$ . Por la ranura de la escuadra se da vista hacia  $\Delta_2$  y a partir de ese momento no se debe tocar la escuadra. Los cadeneros inician el abscisado de la poligonal mientras el topógrafo mira a través de ranura de la escuadra, dándole indicaciones al cadenero primero hacia donde se debe mover (izquierda o derecha), y simultáneamente el cadenero tercero indica la horizontalidad de la cinta. Cuando el topógrafo indica que el punto en donde está

el cadenero primero está bien ubicado, se procede a clavar un jalón o piquete en cuyo punto será la abscisa 010, anotando este dato en la cartera. Se continúa así hasta llegar al  $\Delta_2$ , anotando en la cartera la abscisa exacta de la estación. Posteriormente se traslada la escuadra a  $\Delta_2$  y se alinea con  $\Delta_3$ . La siguiente abscisa por localizar será aquella que corresponda a un número múltiplo de 10. Por ejemplo, si la abscisa en  $\Delta_2$  fue K0 +026.67, la siguiente abscisa por localizar será la 030 en cuyo caso debe medirse el complemento que es 3.33 m (abscisa K0+030 – abscisa del  $\Delta_2$  K 0+026.67 = 3.33 m). Se continúa con el abscisado hasta llegar a  $\Delta_3$ . El trabajo se continúa así hasta llegar nuevamente hasta  $\Delta_1$ .

### **1.11 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.**

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Conclusiones.

### **1.12 EJEMPLO.**

En la página siguiente se ilustra un ejemplo de cartera de campo:



## PRACTICA No. 2

Medición y trazado de ángulos sin instrumentos de precisión. Levantamiento de un lote con cinta por descomposición geométrica y utilizando poligonal de base.

### OBJETIVOS

- ◆ Practicar en el terreno, los métodos para trazar una perpendicular con el equipo básico de topografía.
- ◆ Aprender a medir y trazar ángulos sin instrumentos de precisión.
- ◆ Realizar el levantamiento planimétrico de un lote por descomposición geométrica y con poligonal de base.

Lugar:

Equipo:

4 jalones  
1 escuadra de agrimensor  
1 cinta  
1 Brújula  
2 plomadas  
1 machete  
1 maceta  
3 Piquetes  
5 estacas de punto  
5 estacas testigo  
Puntillas.

Fecha:

## 2.1 EXPLORACION Y RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

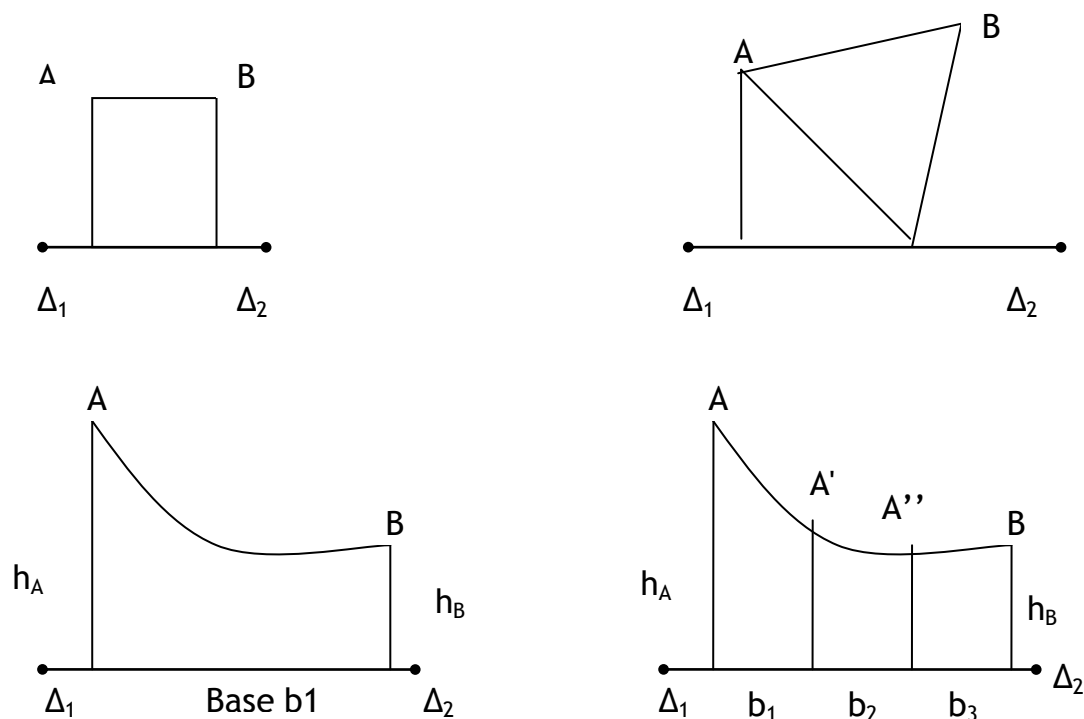
Debido a que el equipo por utilizar en esta práctica es de baja precisión, se deberá explorar el lote de tal manera que permita tener una visión clara del terreno, para que en la medición se logre descomponer el área del lote en figuras geométricas sencillas de manejar para calcular las respectivas áreas. Estas figuras básicamente son el rectángulo, el triángulo y el trapecio.

Además de las consideraciones planteadas en la práctica No. 1 para la exploración y reconocimiento, se debe tener en cuenta que por ser un levantamiento por descomposición geométrica, se deben generar el número de figuras geométricas necesarias de tal manera que se ajuste al máximo al lindero del lote; sin embargo, es de vital importancia optimizar el proceso de selección de las figuras geométricas para no incurrir en excesos innecesarios.

Cuando se utiliza una poligonal de base cerrada, se deben ubicar las estaciones de tal manera que cada alineamiento de la poligonal en lo posible, sea paralelo al lado del lote que se está detallando y siempre debe servir de base para la figura geométrica propuesta.

El triángulo se utiliza para descomponer el lote en los sitios rectos debido a que por sus características, permite definir mínimo dos lados del triángulo o incluso los tres lados. Esta figura es la apropiada para definir los linderos irregulares del lote.

Para sectores del lote en donde involucren un tramo curvo, el trapecio es la figura que mejor se adapta a esta condición. Cada altura del trapecio define el tramo curvo y la base del trapecio determinará la mayor o menor extensión del área a considerar; incluso de ser necesario se subdivide en trapecios de menor base para que el lote quede mejor determinado.



Puede presentarse la necesidad de generar figuras que excedan el límite del lote. En este caso el área que quede por fuera del lote (exterior) será un área negativa, por el contrario las áreas dentro del lote o interiores serán áreas positivas. Al final, el área total del lote será el resultado de sumar aritméticamente las áreas positivas más las negativas.

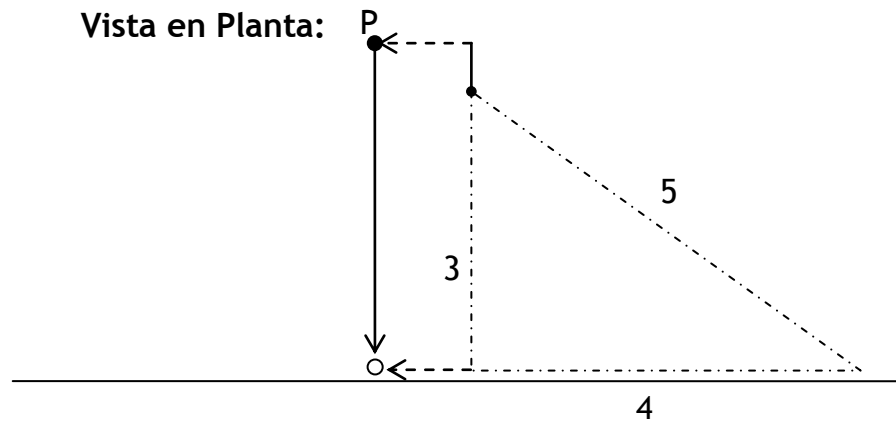
## 2.2 PERPENDICULAR A UN ALINEAMIENTO.

Cuando se está realizando el trazado de un alineamiento, es muy común requerir trazar una normal o perpendicular al alineamiento. Existen varios métodos para obtener una normal a un alineamiento; entre los más frecuentes y dependiendo de la precisión exigida, se tiene:

### 2.2.1. Método del Triángulo Rectángulo (3-4-5).

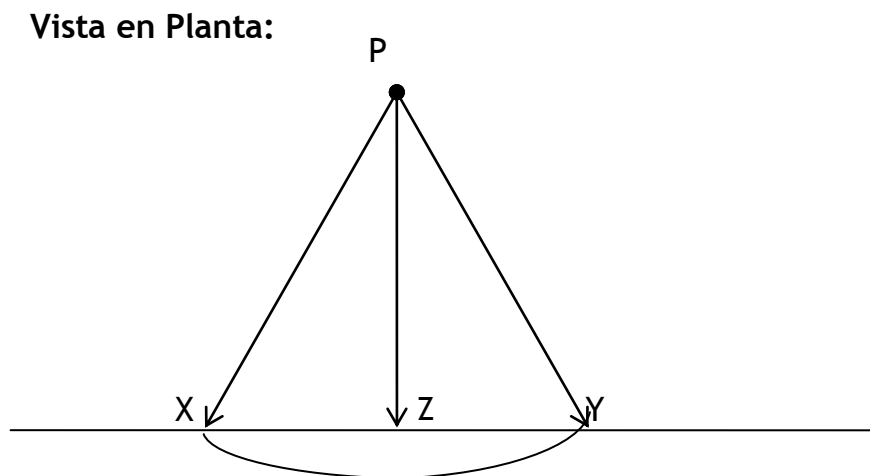
Básicamente consiste en localizar un triángulo rectángulo, tomando como base del triángulo el cateto de lado igual a 4 metros que se hace coincidir con el alineamiento. Posteriormente, ubicados del costado que se pretende buscar la normal, se miden los 5 metros del lado mayor del triángulo (hipotenusa). Al llevar los tres metros restantes del lado menor (cateto) completamente extendidos hasta el inicio de la cinta, se ha obtenido la perpendicular sobre el cateto menor (3

metros). Si  $P'$  no coincide con  $P$ , se corre paralelo al alineamiento la distancia necesaria; la que también se corre en el alineamiento, como se muestra en el gráfico. Se verifica.



### 2.2.2. Método de la cuerda bisecada.

Se elige un punto externo al alineamiento del lado en que se desea obtener la normal. Desde este punto  $P$ , se toma un valor de cuerda tal que corte al alineamiento en los puntos  $X$  e  $Y$ . El pie de la normal referido al punto  $P$ , será aquel punto sobre el alineamiento cuya distancia es igual a la medida que existe entre  $X$  e  $Y$  dividido entre dos (punto medio  $Z$ ).



### 2.2.3. Método de la escuadra.

La escuadra de agrimensor se ubica sobre el alineamiento en el punto desde donde se pretende lanzar la visual perpendicular. Chequeando la verticalidad de la escuadra, se mira por una de las ranuras del prisma de madera, se alinea con respecto a los puntos anterior y posterior del alineamiento. Una vez se esta en posición correcta con el alineamiento, por la ranura restante se podrá dar visual perpendicular a cualquiera de los dos lados.



### 2.2.4. Método de los brazos.

El procedimiento es igual al anterior, pero a diferencia de utilizar la escuadra sobre el punto desde donde se pretende lanzar la perpendicular, se coloca una persona con los brazos extendidos en posición de cruz, alineando cada brazo extendido con un punto de referencia que se encuentra sobre el alineamiento. Una vez este la persona con los brazos alineados; se llevan los brazos hacia adelante, hasta unir las palmas. La línea de visual perpendicular será aquella que establezca la persona al mirar por entre los pulgares después de unir las palmas.







### **2.3 TRABAJO DE CAMPO.**

Reconocido el terreno al que se desea hacer el levantamiento, se inicia definiendo la primera estación o delta inicial.

Estación inicial: Es la estación de arranque o de inicio. De esta estación se deberá conocer todas sus características como son ubicación verdadera o ubicación relativa.

La ubicación verdadera consiste en traer desde una estación conocida las coordenadas de la estación inicial del proyecto nuevo. En Colombia, existen puntos específicos plenamente identificados en latitud, longitud y altitud, (Por ejemplo). En Popayán existen varias placas pertenecientes al IGAC –Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, en donde detallan su posición geográfica, ubicadas en: el parque de Caldas, la Registraduría nacional del estado civil, “El morro de Belalcazar”, el Aeropuerto “Guillermo León Valencia” entre otras. En los anexos No. 1 y No. 2 se observan en detalle las coordenadas y ubicación correspondiente a las placas del Aeropuerto Local.

La ubicación relativa consiste en asignarle unas coordenadas arbitrarias al punto inicial, para referir los demás puntos de la poligonal y por consiguiente del lote.

La posición del delta inicial, normalmente queda definido estableciendo sobre la estaca de punto su posición en latitud y en longitud (norte y este).

Esta estación es muy importante, puesto que en todo levantamiento con poligonal cerrada, a esta estación se deberá llegar.

Una vez definida la estación No. 1, se procede a ubicar el alineamiento que lleve a la estación No. 2. Desde esta estación, se registra la primera normal al

alineamiento  $\Delta_1$  y  $\Delta_2$ ; se anota el lado respecto del alineamiento en el que se encuentra el punto de detalle normal (izquierda ó derecha); y la distancia medida desde la abscisa hasta el punto.

Se comienza a abscisar cada 10 metros (cintada de  $C= 10$  metros) y cada vez que se necesite tomar medida de un detalle normal o perpendicular, se registra el valor de su abscisa, el lado en el cual se encuentra el punto de detalle normal (izquierda ó derecha); y la distancia medida desde la abscisa hasta el punto. Siempre que se registre una lectura de cinta fraccionada, la siguiente lectura deberá ser la fracción complementaria, para de esta manera obtener una cintada completa (abscisa redonda).

Finalmente, se llega hasta el  $\Delta_2$ , se registra el valor de la abscisa y aquí se mide la última normal (alineamiento anterior).

Ahora, se miden los detalles desde la estación No. 2, se buscará descomponer en triángulos y medir los radios respectivos desde  $\Delta_2$  como también, los lados que se necesiten para el cálculo del área.

Después de llegar a la estación No. 2, se repite el mismo procedimiento realizado de  $\Delta_1$ -  $\Delta_2$ .

Desde  $\Delta_2$  se vista hacia la estación siguiente. Este se materializa con estaca de punto; se coloca un jalón adelante de la estaca de tal manera que quede alineado con  $\Delta_1$ -  $\Delta_2$ . Se hace la medición del ángulo interno entre los dos alineamientos por el método de la cuerda como se describe a continuación y se registra en la cartera de campo.

## **2.4 MEDICIÓN DE CUALQUIER ÁNGULO POR EL MÉTODO DE LA CUERDA.**

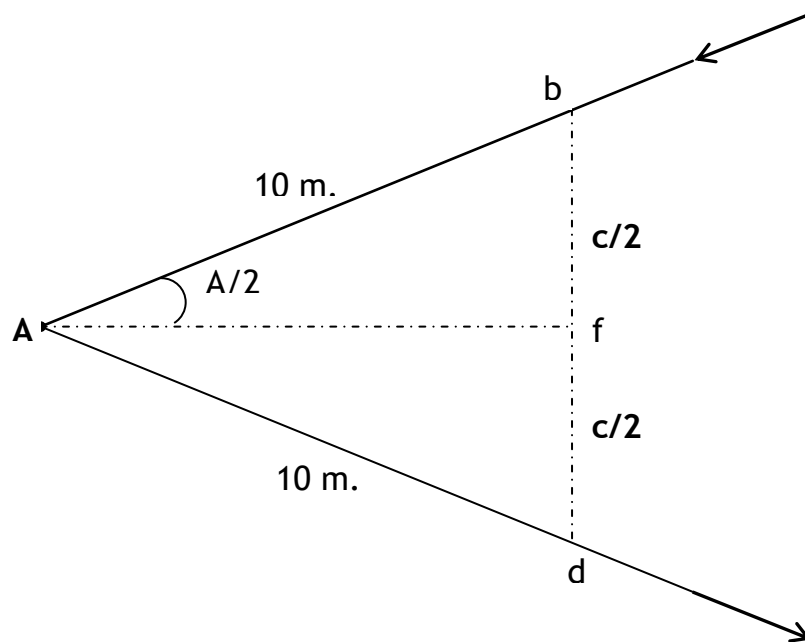
Cuando no se cuenta con un equipo de precisión, para establecer el ángulo formado entre dos alineamientos, es muy conveniente utilizar el método de la cuerda. Para ello se requiere básicamente tener perfectamente establecido el vértice o punto de intersección de los dos alineamientos y con el equipo propuesto se procede como sigue:

Ubicado sobre el punto A, se define un radio fácil de medir o el más conveniente, se mide y materializa sobre cada uno de los alineamientos y se marcan como los puntos b y d. El segmento bd es igual a la cuerda C, la cual se mide con la cinta.

Conocida la cuerda y el radio (10 m), en el triángulo (a-f-b) ó (a-f-d) se puede deducir:

$$\text{Sen } \frac{A}{2} = \frac{C/2}{10} = \frac{C}{20}$$

$$A = 2 * \arcsen \frac{C}{20}$$



Cuando el ángulo formado por los alineamientos es cerrado, es conveniente utilizar radios mayores de 5 metros. Por el contrario, para ángulos muy abiertos, el radio no es conveniente que sea mayor de 15 metros, debido a que la cuerda que resulte podría resultar difícil de medir con una sola cintada o incurrir en errores de medición.

Posteriormente, se repite el mismo procedimiento realizado entre el alineamiento  $\Delta_1$  y  $\Delta_2$  para cada uno de los siguientes hasta llegar nuevamente a  $\Delta_1$  donde se realiza la última lectura del ángulo interno formado entre  $\Delta_n$  y  $\Delta_1$ .

## 2.5 TRABAJO DE OFICINA.

Recolectada toda la información de campo, se debe realizar el trabajo de oficina que básicamente comprende los siguientes pasos:

1. Cálculo de los ángulos internos de la poligonal cerrada y ajuste.
2. Cálculo de las áreas de las figuras geométricas.
3. Cálculo del área del lote.

### 2.5.1 Cálculo de los ángulos internos de la poligonal cerrada.

Los ángulos internos de una poligonal cerrada serán igual a  $180^\circ(n-2)$ .

Ejemplo:

Si la poligonal es un triángulo ( $n=3$ ) ;  $\Sigma$  ángulos internos =  $180^\circ (3-2) = 180^\circ$

Si la poligonal es un cuadrilátero ( $n=4$ ) ;  $\Sigma$  ángulos internos =  $180^\circ (4-2) = 360^\circ$

Si la poligonal es un pentágono ( $n=5$ ) ;  $\Sigma$  ángulos internos =  $180^\circ (5-2) = 540^\circ$

Se chequea que la suma de los ángulos internos calculados por el método de la cuerda sea el correcto; de lo contrario se ajusta corrigiendo cada ángulo interno como sigue:

Error total =  $\Sigma$  ángulos internos del polígono -  $\Sigma$  ángulos internos medido

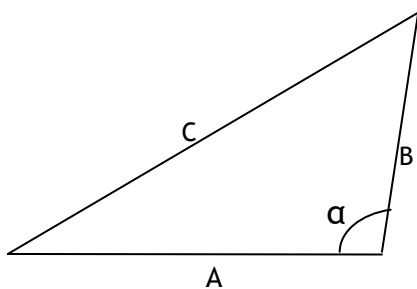
Corrección de cada vértice = Error total / número de vértices.

La corrección se realiza a cada uno de los vértices del polígono, por exceso o por defecto, según sea el caso.

### 2.5.2 Cálculo de las áreas de las figuras geométricas.

En una tabla se registra cada uno de los datos tomados de las figuras geométricas producto de la descomposición del lote y se calcula el área de cada una de ellas dependiendo de la figura así:

**Si es triángulo:** El cálculo del área de un triángulo se obtiene mediante una de las siguientes opciones:



Caso No.1: A y B conocidos;  $\alpha$  conocido:

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2 \cdot A \cdot B \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Area} = \frac{A \cdot B \cdot \sin(\alpha)}{2}$$

\*\* Especial: Si  $\alpha = 90^\circ$ ; triángulo rectángulo

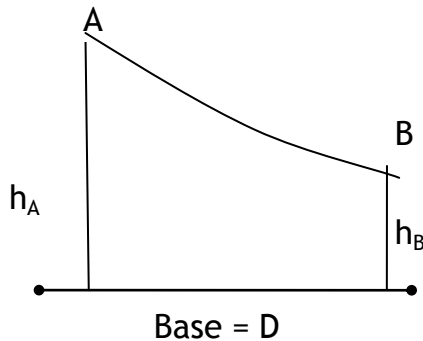
$$\text{Area} = \frac{A \cdot B}{2}$$

Caso No.2: A, B y C conocidos:

$$s = \frac{A+B+C}{2}; \text{ en donde } s = \text{semiperímetro}$$

$$\text{Area} = \sqrt{s \cdot (s-A) \cdot (s-B) \cdot (s-C)}$$

**Si es trapecio:** El área de esta figura geométrica será:



Caso Unico:  $h_A$  y  $h_B$  conocidos.  
base = D conocido:

$$\text{Area} = (h_A + h_B) / 2 * D$$

### 2.5.3 Cálculo del área del lote.

El área del lote será igual a la suma algebraica de las áreas de las figuras geométricas.

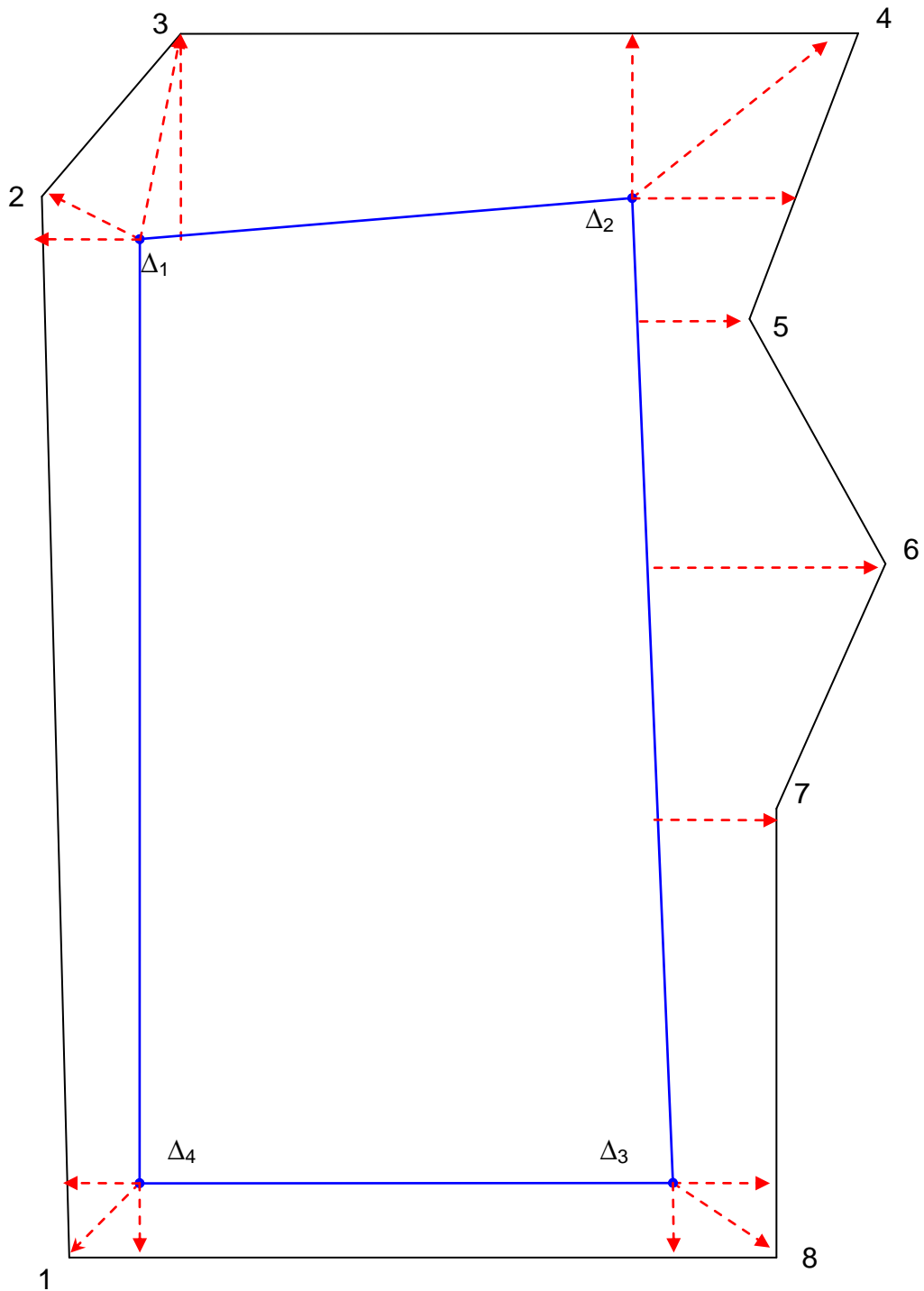
## 2.6 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Cartera de Ajuste angular.
- Dibujo a mano alzada de la descomposición geométrica.
- Cartera de áreas.
- Dibujo a escala del lote levantado.
- Conclusiones.









## 2.7 EJEMPLO PRÁCTICO.

Se desea calcular el área de un lote cuyas características se detallan en el siguiente esquema.

ESQUEMA DEL LOTE



La cartera de campo obtenida es semejante a la siguiente:

ESTACION	ABSCISA	DISTANCIA	CARTERA DE CAMPO		RADIO	CUERDA	AZIMUT GD MI
			DETALLES				
			IZQUIERDA	DERECHA			
$\Delta_1$	K0+090.65		1.72				
	090						
	080	27.28					
	070						
$\Delta_4$	K0+063.37		2.27				
$\Delta_4$	K0+063.37		2.03		3.00	4.16	
	060						
	050	18.07					
$\Delta_3$	K0+045.30		3.14	12,60 adel.			
$\Delta_3$	K0+045.30		1.49	9,52 atrás	3.00	4.13	
	040.73		1.81				
	040						
	034.04		5.85				
	030	28.52	3.73				
	023.83		0.25				
	020		3.81				
$\Delta_2$	K0+016.78		4.83				
$\Delta_2$	K0+016.78		3.33	9,52 atrás	3.00	4.27	
	010		4.07				
	001.12	16.78	6.04				
$\Delta_1$	K0+000.00		5.06	13.73	3.00	4.38	57° 00'

Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, la cartera de ajuste angular quedará así:


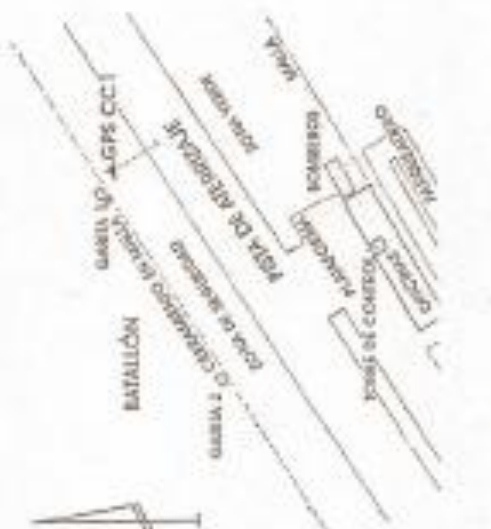

ESTACION	RADIO	CUERDA	ANGULOS INTERIORES		RUMBO CALCULADO (Pag. Sgte.)
			CALCULADO GD MI SE	CORREGIDO GD MI SE	
			$\Delta_1$	3.00	
$\Delta_2$	3.00	4.19	88° 35' 13"	88° 43' 29"	
$\Delta_3$	3.00	4.13	86° 59' 48"	87° 10' 18"	
$\Delta_4$	3.00	4.24	89° 55' 43"	90° 09' 21"	
			$\Sigma$ 359° 17' 06"	360° 00' 00"	
			Error calculado = $360^\circ - 359^\circ 17' 06'' = 00^\circ 42' 54''$		
			Corrección/ vertice = $(00^\circ 42' 54'')/4 = 0^\circ 10' 43.5''$		

Ahora, se realiza la medición de las áreas de cada una de las figuras geométricas definidas en campo. Para optimizar el proceso de cálculo, se lleva la cartera de áreas detallada a continuación:

FIGURA No.	TIPO	ALTURA	CARTERA DE AREAS		LADO # 3	s	AREA
			BASE # 1 LADO # 1	BASE # 2 LADO # 2			
1	Triángulo		5.06	2.46	4.22	5.87	5.172
2	Trapezio	1.12	5.06	6.04			6.216
3	Trapezio	8.88	6.04	4.07			44.888
4	Trapezio	6.78	4.07	3.33			25.086
5	Triángulo		3.33	7.05	7.50	8.94	11.683
6	Triángulo		4.83	3.83	7.50	8.08	8.046
7	Trapezio	3.22	4.83	3.81			13.910
8	Trapezio	3.83	3.81	0.25			7.775
9	Trapezio	6.17	3.73	0.25			12.278
10	Trapezio	4.04	5.85	3.73			19.352
11	Trapezio	6.69	5.85	1.81			25.623
12	Trapezio	5.20	1.81	1.49			8.580
13	Triángulo		1.49	2.39	3.04	3.46	1.750
14	Triángulo		1.84	2.67	3.04	3.78	2.436
15	Trapezio	18.07	3.14	2.03			46.711
16	Triángulo		2.03	2.22	3.06	3.66	2.252
17	Triángulo		2.27	2.05	3.06	3.69	2.327
18	Trapezio	26.72	2.27	1.72			53.306
19	Triángulo		1.72	4.22	4.20	5.07	3.544
20	Triángulo		26.72	32.53	16.78	38.02	223.633
21	Triángulo		18.07	32.53	29.15	39.88	261.712
					$\Sigma =$		786.279
							Área total del lote = 786,28 m <sup>2</sup>



ANEXO 1

	<b>DESCRIPCIÓN DE PUNTO MATERIALIZADO DE CONTROL HORIZONTAL</b> DIVISIÓN DE GEODESIA	FECHA (DD/MM/AAAA) 04/03/2008	
Departamento <b>CAJÓN</b>	Municipio <b>POMPAYAN</b>	Ficha o croquis <b>CARRETERA VIAL PGTA</b> CHAUQUES GENERAL	
Nomenclatura actualizada <b>GPS CCI</b>	Nombre del punto (Matrizado en plano) <b>GPS CCI</b>		
Situación y descripción de la señal de: Azimut y ángulo retrospectivos que desde observara hasta el vértice			
OBJETO	ALBUT MUNTERO	DISTANCIA EN METROS	REPLICACIONES
1 ESCUELA N. TORRE DE CONTROL	25	323	
2 PROGRAMA N. VIALITA 1	130	98	
3 POSTE	320	8.52	
4 BARRIO PGTA.	150	34.36	
5			
Accesorios (Grupos generados) El punto se materializa dentro las instalaciones del aeropuerto "Guillermo León Valencia", en la zona de protección de la pista norte de la pista y que coincide con las instalaciones del batallón.			
			
			
Descripción (Grupo material) El vértice se encuentra perpendicularmente a la estructura RT+420 de la pista de aterrizaje, a 50.56 m al costado N del borde norte de la pista.			
Determinación GPS <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> CONVENCIONAL <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Mediciones Mejor <input type="checkbox"/> De contacto 23 a 20, en el lado a la izquierda <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Lugar de la ficha (Inscripción en el terreno) (Inscripción en el plano)		Coordenadas (MAGNITUD LOCAL (PROYECTADA)) UTM E <u>0631227 N</u> N <u>1676227 W</u> Elevación <u>1788 m.</u>	
Lugar y fecha _____		Descripción <b>CARLOS ALBERTO OCARDO</b>	
		Medición <input type="checkbox"/> Revisión <input type="checkbox"/>	

FUENTE: INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI



### **PRACTICA No. 3**

Descripción del teodolito clásico, sus partes constitutivas, estacionamiento y nivelación. Lectura de ángulos con el teodolito.

#### **OBJETIVOS**

- ◆ Identificar los diferentes tipos y marcas de teodolitos.
- ◆ Aprender a estacionar el trípode, elemento soporte para el teodolito y, nivelar y centrar correctamente el teodolito.
- ◆ Identificar las partes y tornillos que constituyen un teodolito.
- ◆ Aprender a leer ángulos horizontales y verticales con el teodolito.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 Trípode
- 2 Jalones
- 2 Plomadas
- Estacas

Fecha:

### 3.1 GENERALIDADES.

El Teodolito es un aparato que se utiliza en topografía para medir ángulos horizontales y verticales con gran precisión, para trazar alineamientos rectos y para medir distancias horizontales y alturas (distancias verticales) por taquimetría.

Para medir ángulos horizontales y verticales, el teodolito tiene un telescopio que puede girarse horizontalmente (gira alrededor de un plato con un círculo graduado) como verticalmente (alrededor de un plato superior). Para realizar esta tarea, es indispensable que se cumplan dos condiciones: Que el teodolito esté nivelado y que esté bien centrado con respecto a la estaca de punto (estación).

Se considera que Teodolito y Tránsito son sinónimos, pero se diferencian en que el Tránsito es el aparato más antiguo, tiene los círculos hechos de metal y las lecturas se realizan mediante un nonio. Los Teodolitos tienen círculos hechos de vidrio y la lectura se realiza por medio del micrómetro.



Tránsito



Teodolito

### 3.2 ESTACIONAMIENTO DEL TRÍPODE O TRIPIÉ.

Antes de instalar el teodolito, debe estar clavada la estaca en la estación y colocada la puntilla en la misma. Todo teodolito dispone de un trípode que le sirve de soporte el cual debe centrarse con la ayuda de una plomada o de un bastón, dependiendo del tipo de trípode.

Los trípodes deben colocarse soltando las patas girando hacia la izquierda los tornillos que tienen para su fijación. Una vez sueltos se abren las patas formando un triángulo equilátero, se levanta el trípode tomándolo de la cabeza (base plana) a una altura adecuada de tal manera que el operador no tenga que empujarse o agacharse para hacer las lecturas en el teodolito. Para una adecuada instalación y rápida nivelación, la base del trípode debe quedar lo más horizontal posible. En este momento se hinca el trípode pisando cada una de sus patas observando la posición de la plomada (si el trípode es de plomada)

Si el trípode se está colocando sobre un terreno inclinado, se debe garantizar la estabilidad del mismo colocando dos (2) de sus patas hacia la parte baja del terreno y la tercera en la parte superior.



Estacionamiento en terreno plano



Estacionamiento en terreno inclinado

Para continuar con el montaje del teodolito, debe tenerse en cuenta si el trípode es de plomada o es de bastón.

### 3.2.1 Trípode de plomada.

Se deja instalada la tapa del trípode asegurando su fijación apretando la horquilla que dispone el trípode. Se coloca la plomada en la horquilla provista en el trípode haciéndole presión hacia arriba de tal manera que la plomada quede firme en la base. Se suelta la plomada hasta que esta quede estática verificando que la punta apunte dentro de la estaca de punto o estación. Si esto no ocurre debe moverse el trípode de tal manera que la plomada quede apuntando dentro de la estaca conservando las condiciones de horizontalidad y demás descritas anteriormente.

Una vez completa la operación se quita la plomada y se suelta la tapa del trípode soltando la horquilla de la base. Se saca el teodolito de su estuche y se monta sobre la base del trípode fijándolo a la base mediante la horquilla mencionada anteriormente.



Base del trípode



Plomada dentro del taco

### 3.2.2. Trípode de Bastón.

Para colocar este trípode se tienen en cuenta las mismas condiciones de horizontalidad y altura adecuadas. A diferencia del trípode de plomada, este dispone de un bastón que se suelta desde la parte superior. Este bastón se aprieta levemente girándolo hacia la derecha teniendo en cuenta que la punta debe quedar sobre la puntilla de la estaca.



Trípode de bastón



Bastón sobre la puntilla del taco

A continuación, el bastón dispone de un nivel de burbuja “ojo de pollo” orientado hacia cada una de las patas a fin de nivelar cada una de ellas. Esta operación se realiza soltando el tornillo de fijación de la pata por nivelar levantando o bajando la pata de tal manera que la burbuja quede centrada dentro del círculo. Esta operación se repite consecutivamente hasta que al orientar la burbuja hacia cada pata del trípode, esta quede centrada dentro del círculo.

Debe tenerse en cuenta que el bastón debe caer libremente sobre la puntilla. En caso contrario, se suelta el bastón y se ubica su punta sobre la puntilla nuevamente debiéndose repetir la operación de nivelación de cada pata.

Una vez se ha asegurado la nivelación del trípode se procede a sacar cuidadosamente el teodolito de su estuche y se monta sobre el trípode colocándolo firmemente a la base hasta que entre en la cavidad en su posición exacta y luego se asegura la colocación girando la palanca que tiene el trípode.



Alineación del ojo de pollo a la pata del trípode

Nivel “ojo de pollo” nivelado.



### 3.3 NIVELACIÓN DEL TEODOLITO.

Colocado el Teodolito en la base del trípode, deben tenerse en cuenta dos (2) elementos. El nivel de burbuja tubular y/o el nivel de “ojo de pollo” que tiene el teodolito y los tornillos de nivelación que pueden ser tres (3) o cuatro (4).



Inicialmente se suelta el tornillo de fijación de movimiento horizontal o tornillo medio (el cual se describe más adelante) con el fin de que el Teodolito pueda girarse en sentido horizontal. Se mueve el Teodolito de tal manera que el nivel de burbuja tubular quede paralelo a dos (2) tornillos de nivelación.



Tornillos de nivelación teodolito Wild



Tornillos de nivelación teodolito Kern

Posteriormente para una nivelación rápida, se giran los tornillos de nivelación hacia adentro o hacia afuera con el fin de centrar la burbuja del nivel tubular (solo se mueven los tornillos que están paralelos al nivel tubular). Si se desea una nivelación un poco más lenta, basta con girar un solo tornillo.



Nivel tubular desnivelado



Nivel tubular nivelado

Seguidamente se gira el Teodolito noventa grados ( $90^\circ$ ) de tal manera que el nivel tubular quede perpendicular a los tornillos con que se niveló anteriormente. Esto implica que el nivel tubular “apunta” hacia el tercer tornillo que no se ha tocado hasta el momento. En seguida se procede a nivelar el teodolito SOLO CON EL TERCER TORNILLO hasta que la burbuja quede centrada en el nivel tubular.



Teodolito alineado



Teodolito girado 90°

Luego se devuelve el Teodolito a su posición inicial; es decir; paralelo a los dos (2) tornillos iniciales, verificando que la burbuja quede centrada en el nivel tubular. Si esto no ocurre se nivela nuevamente y se continua la operación hasta que en cualquiera de las dos (2) posiciones del teodolito, la burbuja quede centrada en el nivel tubular. Si toda la operación es correcta, al verificar el nivel “ojo de pollo” del Teodolito se observará que la burbuja está centrada en el círculo de este nivel.

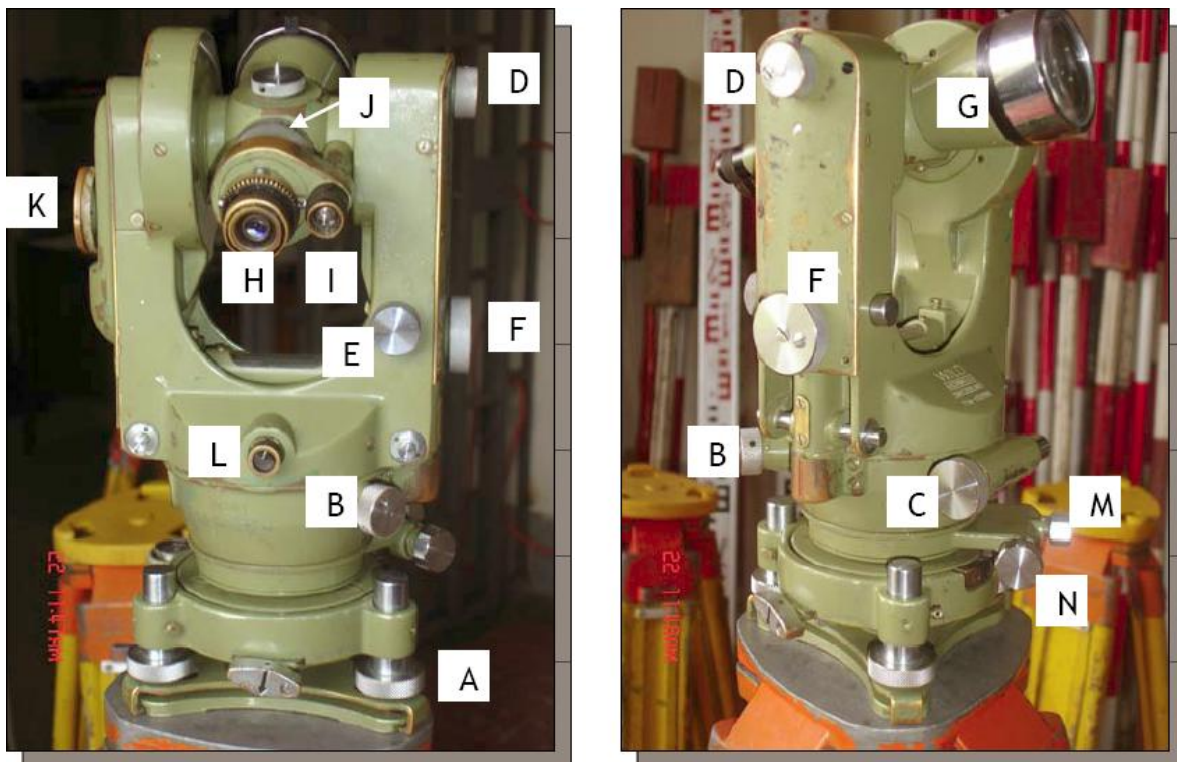
Una vez nivelado el teodolito, si este dispone de plomada óptica como es el caso de los Teodolitos de marca Wild, se verifica que la puntilla de la estaca esté ubicada en el cruce de los hilos del retículo de la plomada óptica. Si esto no ocurriese, se suelta el teodolito de su base aflojando la horquilla de la base del trípode y se mueve el teodolito con movimientos en cruz (hacia la izquierda o derecha y arriba o abajo) de tal manera que la puntilla coincida con el cruce de los hilos de los retículos. Posteriormente se nivela nuevamente el teodolito hasta que quede centrado y nivelado correctamente. En este momento queda estacionado el teodolito.

### 3.4 OPERACIÓN DEL TEODOLITO.

Antes de proceder a manejar el Teodolito, el usuario debe familiarizarse con el tipo de Teodolito, la ubicación de cada uno de los tornillos, si “amarra” o “no amarra” ángulos y cómo se hace la lectura de ángulos.

Para ello debe establecerse la marca del Teodolito y su modelo. En la Facultad se dispone de dos marcas: Wild y KERN. Entre los Wild se tienen los modelos T1A y T16, y son Teodolitos que “amarran” ángulos. Los modelos K1A y DKM2T son Teodolitos que “no amarran” ángulos. Las diferencias entre los modelos de cada marca son prácticamente mínimas.

A continuación se presentan los diferentes Teodolitos:

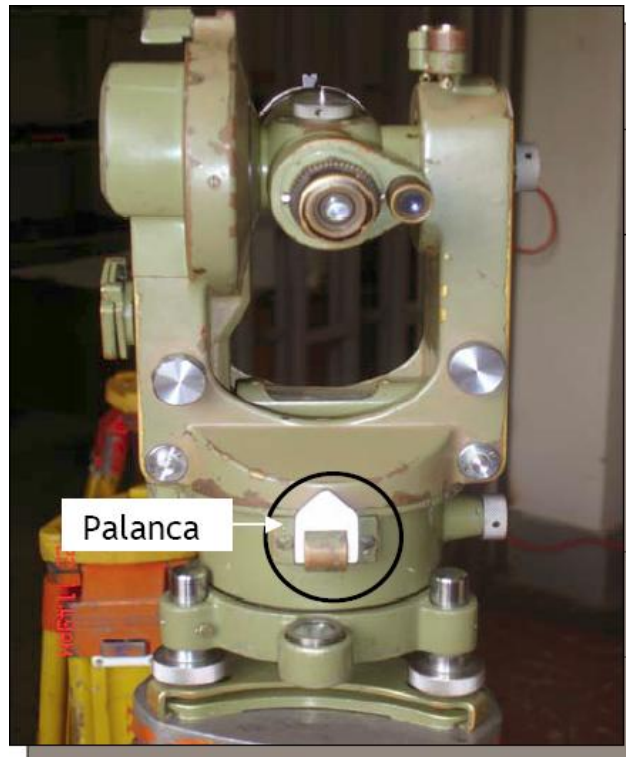


Teodolito Wild T1A

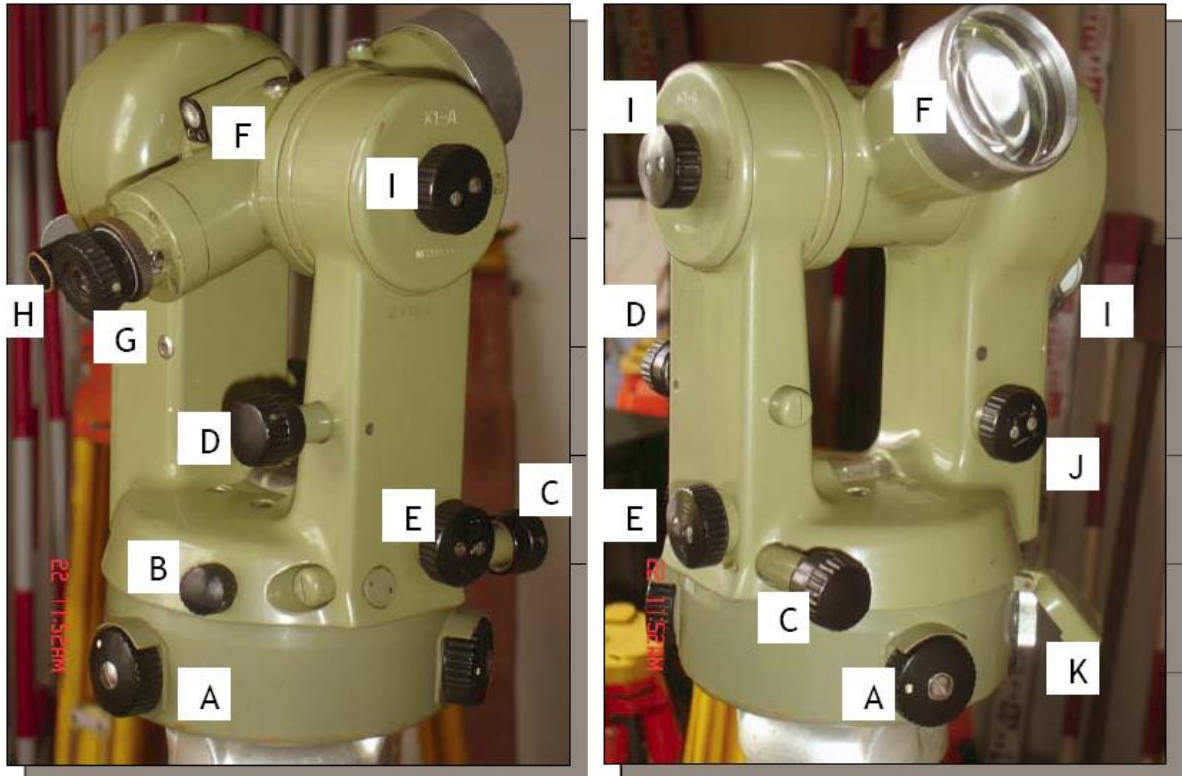
- A. Tornillo de nivelación
- B. Tornillo medio de fijación de movimiento horizontal (radial)
- C. Tornillo superior de movimiento lento horizontal (tangencial)
- D. Tornillo superior de fijación de movimiento vertical
- E. Tornillo de movimiento lento vertical

- F. Tornillo del Micrómetro.
- G. Telescopio.
- H. Ocular del telescopio. En él se ajusta la visibilidad de los retículos.
- I. Ocular para la lectura de ángulos horizontales, verticales y micrómetro.
- J. Enfoque del ocular para aclarar la imagen.
- K. Espejo para asegurar la entrada de luz y poder observar las lecturas angulares.
- L. Plomada óptica.
- M. Tornillo de fijación o “amarre” de ángulos horizontales.
- N. Tornillo lento de “amarre” de ángulos horizontales.
- O. Arandela para girar rápidamente el limbo horizontal.
- P. Pin que indica la mira.

Básicamente el teodolito Wild T16 tiene los mismos tornillos que el T1A, a excepción del tornillo de fijación o “amarre” de ángulos que es sustituido por una palanca.

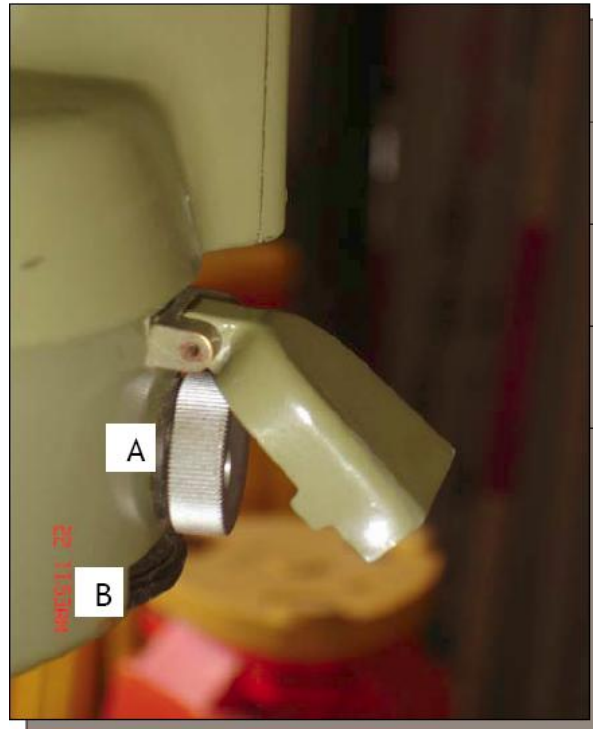


Teodolito Wild T 16



Teodolito KERN K1A

- A. Tornillo de nivelación.
- B. Tornillo de fijación de movimiento horizontal (radial).
- C. Tornillo de movimiento lento horizontal (tangencial).
- D. Tornillo de movimiento lento vertical.
- E. Tornillo del Micrómetro.
- F. Telescopio.
- G. Ocular del telescopio. En él se ajusta la visibilidad de los retículos.
- H. Ocular para la lectura de ángulos horizontales y verticales.
- I. Espejo para asegurar la entrada de luz y poder observar las lecturas angulares.
- J. Tornillo para ajuste del sentido de medición de ángulos horizontales (en el sentido o contrasentido de las manecillas del reloj).
- K. Tornillos para ajustar ángulos horizontales. Tiene un tornillo rápido y uno lento.
- L. Mira telescópica.



Detalle de los tornillos para ajustar el ángulo horizontal

- A. Tornillo rápido para ajuste de ángulos horizontales
- B. Tornillo lento para ajuste de ángulos horizontales



Teodolito KERN DKM2T

El Teodolito DKM2T tiene los mismos tornillos del modelo KERN K1A, pero adicionalmente cuenta con un tornillo para el amarre de ángulos verticales.

#### **3.4.1 Tornillos de nivelación.**

Estos tornillos permiten nivelar el Teodolito con la ayuda del nivel de Burbuja tubular y/o circular “ojo de pollo”

#### **3.4.2 Tornillo de fijación de movimiento horizontal (radial).**

Al girar este tornillo a la derecha (apretándolo suavemente) no se puede girar el Teodolito horizontalmente, entonces, que se puede utilizar el tornillo de movimiento lento horizontal.

#### **3.4.3 Tornillo de movimiento lento horizontal (tangencial).**

Este tornillo solo funciona si se ha fijado el movimiento horizontal del teodolito. Sirve para girar lentamente el Teodolito horizontalmente.

#### **3.4.4 Tornillo de fijación de movimiento vertical.**

Al girar este tornillo a la derecha (apretándolo suavemente) no se puede girar el telescopio del Teodolito verticalmente, entonces, se puede utilizar el tornillo de movimiento lento vertical. Este tornillo no lo tiene el modelo KERN K1A y es por eso que el giro del telescopio verticalmente opone mayor resistencia que en los demás modelos.

#### **3.4.5 Tornillo de movimiento lento vertical.**

Este tornillo solo funciona si se ha fijado el movimiento vertical del telescopio en el teodolito. Sirve para girar lentamente el telescopio del Teodolito verticalmente.

#### **3.4.6 Tornillo del micrómetro.**

Con este tornillo se ajusta la lectura angular al grado entero, entonces, se pueden realizar las lecturas angulares aproximándolas al minuto y al segundo.

Con este tornillo también se ajustan en cero los minutos y segundos de los ángulos horizontales y verticales.

### **3.4.7 Telescopio.**

Con él, se orienta el Teodolito hacia un objetivo con el fin de realizar las lecturas angulares y trazar alineamientos horizontales. Los Teodolitos enunciados anteriormente son de imagen invertida por lo que todo se observa “al revés”.

### **3.4.8 Ocular del telescopio.**

Por el ocular del telescopio debe observar el operador del teodolito para lanzar visuales. Al girar el dispositivo que está en su contorno (anillo exterior), se ajustan (aclaran) los hilos de los retículos para lanzar una visual precisa en el punto exacto.

### **3.4.9 Ocular para la lectura de ángulos horizontales, verticales y micrómetro.**

A través de este ocular, se observan las ventanas V (ángulos verticales), AZ (ángulos horizontales) y micrómetro de los ángulos por medir.

### **3.4.10 Enfoque para aclarar la imagen.**

Debido a que las distancias de los objetivos son variables, este dispositivo permite aclarar la imagen para definir con certeza una visual de manera que un punto se puede localizar exactamente.

### **3.4.11 Espejo.**

Como los dispositivos internos del Teodolito carecen de luz, este espejo permite la entrada de luz al limbo horizontal y vertical de manera que a través del ocular se puedan realizar las lecturas angulares. Si este espejo permanece cerrado durante la operación del Teodolito, no se pueden hacer lecturas de ángulos.

### **3.4.12 Plomada Optica.**

A través de este dispositivo se puede observar si el teodolito está bien centrado en la estaca de punto o estación. Para ello, dispone de unos hilos reticulares horizontal y vertical. La puntilla de la estaca de punto o estación debe coincidir con el cruce del hilo horizontal y el hilo vertical. Esta plomada óptica solo la tienen los teodolitos Wild que hay en la facultad, ya que son aquellos que se instalan con trípode de plomada, mientras que los KERN se instalan con el trípode de bastón.



#### **3.4.13 Tornillo de fijación o “amarre” de ángulos horizontales.**

Este tornillo que solo lo tiene el modelo Wild T1A permite fijar el limbo horizontal del Teodolito de manera que a pesar de que éste se gire horizontalmente, siempre se leerá el mismo ángulo. Si este tornillo se suelta (a la izquierda), el limbo horizontal se libera para buscar cualquier ángulo. Si este tornillo se aprieta (a la derecha), “amarra” el ángulo horizontal de manera que si el Teodolito se gira, la lectura angular siempre será la misma.

#### **3.4.14 Palanca de fijación o “amarre” de ángulos horizontales.**

Este tornillo que solo lo tiene el modelo Wild T16 permite fijar el limbo horizontal del Teodolito de manera que a pesar de que éste se gire horizontalmente, siempre se leerá el mismo ángulo. Si esta palanca se sube, el limbo horizontal se libera para buscar cualquier ángulo. Si esta palanca se baja, “amarra” el ángulo horizontal de manera que si el Teodolito se gira, la lectura angular siempre será la misma.

#### **3.4.15 Tornillo lento de “amarre” de ángulos horizontales.**

Este tornillo permite perfeccionar la selección de un ángulo horizontal cuando el tornillo de fijación o “amarre” está apretado hacia la derecha.

#### **3.4.16 Tornillo rápido para ajuste de ángulos horizontales.**

Este tornillo que solo está disponible en los modelos KERN. Permite ajustar el ángulo deseado en el limbo horizontal de una manera rápida.

#### **3.4.17 Tornillo lento para ajuste de ángulos horizontales.**

Este tornillo solo está disponible en los modelos KERN. Permite perfeccionar el ajuste del ángulo horizontal deseado en el limbo horizontal, por lo que es de movimiento lento. Primero se aproxima el ángulo deseado con el tornillo rápido y luego se perfecciona el ajuste del ángulo con el tornillo lento.

### **3.5 Ajuste de ángulos en el Teodolito para iniciar los trabajos.**

Antes de tratar el tema de ajuste de ángulos en el Teodolito debe establecerse si el Teodolito “amarra” o “no amarra” ángulos.

### 3.5.1 Teodolitos que “amarran” ángulos.

Si el Teodolito no tiene micrómetro (Wild T16) basta con subir la palanca para soltar el limbo horizontal. Se gira el teodolito hasta encontrar el ángulo deseado (cero en el caso de iniciar lecturas como un azimuth o el ángulo anterior si se está empleando el método de levantamiento de lotes por azimuthes directos). Una vez se ha encontrado el ángulo deseado se baja la palanca para “amarrar” el ángulo. Se da vista al objetivo que puede ser la Norte para iniciar lecturas de azimuthes o una estaca de punto y finalmente sube la palanca para iniciar las lecturas angulares.

Si el Teodolito tiene micrómetro (Wild T1A), primero deben ajustarse los minutos y segundos deseados. Si se va a leer un azimuth, se ajusta en 0' 0" y si se está empleando el método de azimuthes directos, se ajusta al minuto y segundo deseado. Luego se gira el Teodolito con el fin de ajustarlo al GRADO ENTERO deseado que puede ser cero (0°) para iniciar la lectura de azimuthes o el grado deseado si se está utilizando el método de azimuthes directos. Se aprieta (girándolo a la derecha) el tornillo de amarre de ángulos horizontales y se da vista al objetivo que puede ser la norte para lectura de azimuthes o a la estaca de punto. Finalmente se suelta el tornillo de amarre de ángulos horizontales (girándolo a la izquierda) para iniciar las lecturas angulares.

### 3.5.2 Teodolitos que “no amarran” ángulos.

Este es el caso de los Teodolitos KERN. En este caso se observa el objetivo que puede ser la norte si se van a leer azimuthes o una estaca de punto. Se fija el movimiento horizontal del Teodolito girando a la derecha el tornillo de fijación del movimiento horizontal, se perfecciona la visual con el tornillo de movimiento lento horizontal. Se ajusta el micrómetro en los minutos y segundos deseados (ceros para lecturas de azimuthes) y luego con la ayuda de los tornillos de ajuste de ángulos horizontales rápido y lento se acomoda el ángulo deseado en grados. Luego se suelta el tornillo de fijación de movimiento horizontal y se procede a efectuar las lecturas angulares.

## 3.6 LECTURA DE ÁNGULOS.

Este procedimiento debe realizarse tanto para ángulos horizontales como ángulos verticales.

Para leer ángulos debe observarse por el ocular para la lectura de ángulos. En él se aprecian varias ventanas: La Ventana AZ en la que se leen ángulos horizontales, la Ventana V para leer ángulos verticales y ocasionalmente una tercera Ventana en la que se leen los minutos y segundos.

Primero se debe dar vista al objetivo que generalmente es una estaca de punto o estación. Se fija (gira a la derecha) el tornillo de movimiento horizontal y/o vertical y se perfecciona y ajusta exactamente la visual con el tornillo lento horizontal y/o vertical.

Si el Teodolito no tiene micrómetro, basta con observar en la ventana correspondiente el ángulo en grados, minutos y segundos.

Si el Teodolito tiene micrómetro, se debe operar el tornillo del micrómetro a la derecha o izquierda de tal manera que en la ventana AZ la línea vertical ajuste exactamente en el grado entero. Una vez se ha efectuado esta operación se procede a leer el ángulo

Si el teodolito dispone de una tercera ventana como el Wild T1A, en la ventana AZ se leen los grados y en la tercera ventana los minutos y segundos. Si no dispone de una tercera ventana, la lectura de los grados, minutos y segundos se hará simultáneamente en la ventana AZ.

En cuanto a la lectura de ángulos verticales se aclara que estas tienen como cero ( $0^{\circ} 0' 0''$ ) el cenit. Es decir, que el cero está cuando el telescopio apunta hacia arriba. Si el telescopio está invertido, marcará en la ventana V  $270^{\circ}$  y si está al contrario, marcará  $90^{\circ}$ . Si el telescopio apunta hacia abajo marcará  $180^{\circ}$ .

La relación entre ángulos verticales y cenitales está dada por la ecuación:

$$\text{Ángulo cenital} = 90^{\circ} - \text{ángulo vertical}$$

### **3.6.1 Medición por reiteración.**

En los Teodolitos que “no amarran” ángulos se obtienen valores de mayor precisión calculando el promedio de varias lecturas hechas entre los puntos deseados, todas a partir de  $0^{\circ} 0' 0''$ .

### **3.6.2 Medición por repetición.**

En los Teodolitos que “amarran” ángulos se hace una lectura acumulativa: leído el primer ángulo se afloja el tornillo inferior de fijación (o la palanquita) y se regresa al punto inicial. Se ajusta el tornillo inferior (o la palanquita) y se repite la operación. Este procedimiento se repite las veces según la precisión requerida.

No se debe olvidar que cada vuelta completa del Teodolito es de  $360^{\circ}$ . El valor acumulado se divide entre el número de lecturas realizadas.

### 3.6.3 Orientación de las mediciones.

La mayoría de los Teodolitos realizan las mediciones de ángulos horizontales en el sentido de las manecillas del reloj. Esto quiere decir que si el Teodolito se gira hacia la derecha, la medición de los ángulos iniciará de cero ( $0^{\circ} 0' 0''$ ) hacia  $360^{\circ}$ . Si el Teodolito se gira hacia la izquierda, la lectura se hará desde  $0^{\circ} 0' 0''$ , es decir desde  $360^{\circ}$  hacia atrás.

Hay Teodolitos como el KERN K1A que dispone de un tornillo para ajuste del sentido de medición de ángulos horizontales (ver descripción del Teodolito KERN K1A) que permite cambiar el sentido de medición de los ángulos horizontales, haciéndose las mediciones al contrario de las descritas anteriormente.

### 3.7 PRECISIÓN DE LOS TEODOLITOS.

Los Teodolitos varían en la precisión de lecturas angulares dependiendo de la marca y el modelo. A continuación se relacionan estas precisiones de acuerdo con la marca y el modelo:

<u>MARCA</u>	<u>MODELO</u>	<u>PRECISION</u>
Wild (Cenital)	T1A	20"
Wild (Cenital)	T16	1'
Kern (Nadal)	K1A	20"
Kern (Nadal)	DKM2T	30"
Kern (Cenital)	K1M	6"

### 3.8 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Conclusiones.
- Investigar acerca de otras marcas de teodolitos: su funcionamiento, precisión, lectura de ángulos, etc.

## **PRACTICA No. 4**

Correcciones del teodolito.

### **OBJETIVOS**

- ◆ Efectuar las comprobaciones al teodolito para chequear el buen estado de funcionamiento del mismo (calibración adecuada).
- ◆ Identificar posibles fallas en el teodolito.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 Trípode
- 1 Brújula
- 2 Plomadas
- Estacas

Fecha:

## **CORRECCIONES DEL TRANSITO**

Las principales correcciones del tránsito son cuatro:

- LOS EJES DE LOS NIVELES DEL PLATO DEBEN ESTAR EN UN PLANO PERPENDICULAR AL EJE VERTICAL.
- EL HILO VERTICAL DEL RETICULO DEBE ESTAR EN UN PLANO VERTICAL AL EJE HORIZONTAL.
- LA LINEA DE VISUAL DEBE SER PERPENDICULAR AL EJE HORIZONTAL DEL APARATO.
- EL EJE HORIZONTAL DEBE SER PERPENDICULAR AL EJE VERTICAL.

Con base en lo anterior, se analizará cada una de las ellas según el siguiente detalle:

### **4.1 LOS EJES DE LOS NIVELES DEL PLATO DEBEN ESTAR EN UN PLANO PERPENDICULAR AL EJE VERTICAL.**

De acuerdo con las indicaciones de la práctica anterior, se procede a armar, nivelar y estacionar correctamente el tránsito. A continuación, gire el plato  $180^\circ$ . Sin no hay variación en los niveles tubulares, no se necesita corrección.

Si los niveles tubulares sufren alguna alteración, corríjase la mitad del desplazamiento de las burbujas, mediante el pequeño tornillo que poseen los tubos de los niveles. Esta operación debe repetirse las veces que sea necesario hasta obtener la corrección completa.

### **4.2 EL HILO VERTICAL DEL RETICULO DEBE ESTAR EN UN PLANO VERTICAL AL EJE HORIZONTAL.**

Sobre un elemento completamente fijo (Una columna, un muro, un poste del alumbrado, etc.), elijase o marque un punto pequeño que sirva de referencia para efectuar la presente corrección. Dirija la visual hacia el punto anterior, haciendo coincidir el extremo inferior del hilo reticular vertical con el mencionado punto. Con los tornillos de presión de movimiento rápido vertical fijos, se debe recorrer el punto mediante el tornillo tangencial o de movimiento lento vertical, verificando el comportamiento del punto con respecto al hilo reticular vertical. Si durante esta acción el punto permanece oculto por el hilo, el aparato cumple perfectamente con esta segunda corrección. En caso contrario, se deben aflojar dos (2) tornillos adyacentes al retículo y girarlo la medida necesaria. Esta operación debe repetirse las veces que sea indispensable hasta obtener la corrección completa y finalmente se deben apretar los mismos tornillos.

### **4.3 LA LINEA DE VISUAL DEBE SER PERPENDICULAR AL EJE HORIZONTAL DEL APARATO.**

Verifique la nivelación del aparato. A una distancia prudencial preferiblemente mayor a cien (100) metros bájese un punto con estaca y puntilla al que se llamará A. Con el telescopio en posición directa, diríjase la visual a la puntilla del punto A y apriete el tornillo de movimiento rápido horizontal. A continuación, transite el aparato y baje otro punto con estaca y puntilla al que se llamará B a una distancia prudencial preferiblemente mayor a cien metros. Suelte el tornillo de movimiento rápido horizontal y gire horizontalmente 180°.

Si el hilo reticular vertical coincide con la puntilla del punto A, no necesita corrección alguna, adicionalmente, fije el tornillo de movimiento rápido horizontal y transite el telescopio hasta el punto B, si el hilo reticular vertical coincide con la puntilla del punto B, no necesita corrección alguna. En caso contrario, corríjase la cuarta parte de la diferencia, por medio de dos tornillos opuestos horizontales del retículo. Repita esta acción las veces que sea necesaria hasta lograr la corrección completa.

### **4.4 EL EJE HORIZONTAL DEBE SER PERPENDICULAR AL EJE VERTICAL.**

Arme y estacione correctamente el aparato cerca de una edificación o estructura cercana de buena altura. Determínese sobre ella un punto A lo más alto posible. Con el telescopio en posición directa, diríjase la visual al punto A y apriete el tornillo de movimiento rápido vertical. Gire el telescopio hasta encontrar o determinar un punto B lo más bajo posible. Inviértase el telescopio (transitar), gire horizontalmente el azimut respectivo y nuevamente de vista al punto A, apriete el tornillo de movimiento rápido horizontal. Dirija la visual hacia el punto B, y si este coincide con la intersección de los hilos reticulares, no necesita corrección alguna, en caso contrario, corríjase la mitad de ella, aflojando los tornillos que para tal fin tiene el aparato en los cojines de apoyo del telescopio. Uno de los extremos tiene un dispositivo para bajar o subir el punto de apoyo con el que se hace la corrección. Repita esta acción las veces que sea necesaria hasta lograr la corrección completa. Al ajustar los tornillos de los cojinetes, se debe cuidar que ellos no queden ni muy flojos ni muy ajustados.

### **4.5 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.**

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Buscar en Internet información complementaria sobre las comprobaciones del teodolito y hacer un resumen de ello.
- Conclusiones.

## PRACTICA No. 5

Aplicaciones del teodolito en levantamientos por radiación.

### OBJETIVOS

- ◆ Manipular correctamente el teodolito en el levantamiento de un lote.
- ◆ Efectuar el levantamiento de un lote aplicando el método de radiación.
- ◆ Adquirir destrezas en el cálculo de coordenadas y áreas para la medición de un lote.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 Trípode
- 1 Brújula
- 5 Jalones
- 2 Plomadas
- 1 Cinta
- 1 Machete
- 1 Maceta
- 3 Piquetes
- 6 Estacas de Punto
- 6 Estacas Testigo
- Puntillas

Fecha:



## 5.1 EXPLORACIÓN Y RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

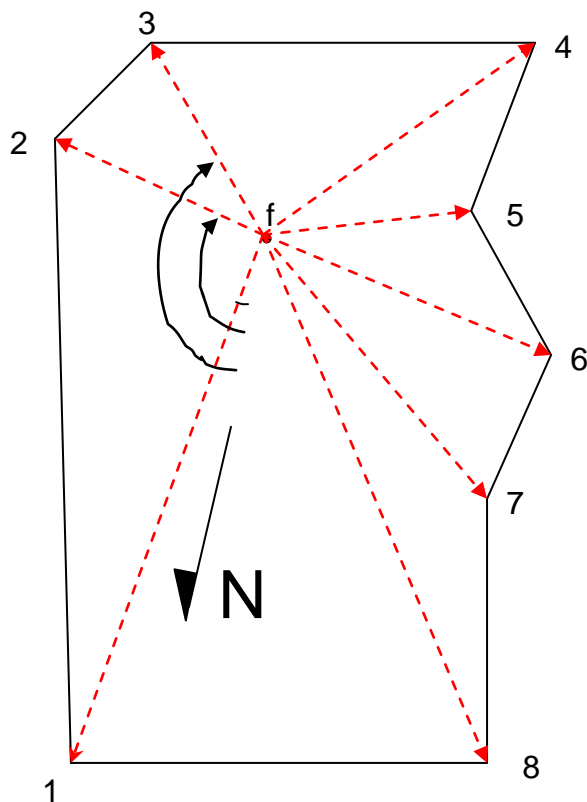
Como en todo levantamiento topográfico, la exploración y reconocimiento del terreno por levantar es indispensable para programar y planear los trabajos; prever cualquier problema y estudiar su solución, con el fin de evitar pérdidas de tiempo en el campo.

El levantamiento de lotes por radiación es un método simple y rápido empleando una cinta, el teodolito y una plomada solamente. Se utiliza en lotes relativamente pequeños en terreno plano y en el caso de terrenos más grandes, pueden emplearse varios focos enlazados entre sí por ángulos y distancias.

El método consiste en ubicar un punto central en medio del lote, de tal manera que desde ahí puedan observarse todos los vértices de la poligonal que conforma el contorno del lote (perímetro del lote), evitando que se realicen lecturas con ángulos pequeños.

## 5.2 TRABAJO DE CAMPO.

Supóngase el siguiente esquema como la figura del lote:



El perímetro del lote está formado por los puntos 1-2-3-4-5-6-7-8-1. Se ha ubicado el foco f en un punto central desde donde se pueden observar todos los vértices de la poligonal formada por el contorno (perímetro) del lote.

Se estaciona el teodolito en el foco f colocándolo en ceros con la Norte. Una vez instalado así, cualquier lectura en ángulos que se realice serán azimutes. Se da vista al punto 1, anotando el ángulo correspondiente en la cartera y se mide la distancia desde el punto f hasta el punto 1 en cintadas de 10 m. como máximo. Se continúa de la misma manera en el punto 2, luego en el 3, etc. hasta llegar al punto 8.

Nuevamente se da vista al punto 1 (punto en donde se inició la radiación) y se verifica la lectura angular en este punto con el fin de asegurarse que el teodolito no se ha movido, cuya lectura debe anotarse también en la cartera. La diferencia entre las dos lecturas no debe ser superior a la precisión del teodolito.

FOCO	PUNTO	AZIMUTH	DISTANCIA	OBSERVACIONES
F				
	1	14° 9' 40''	21.39	
	2	113° 11' 0''	21.00	
	3	123° 44' 30''	21.93	
	4	186° 18' 0''	22.31	
	5	187° 49' 40''	10.34	
	6	253° 9' 0''	12.26	
	7	290° 36' 0''	11.64	
	8	308° 37' 50''	18.45	
	1	14° 9' 20''		

En el ejemplo se tiene que:

$$Az_1 - Az_F = 14^\circ 9' 40'' - 14^\circ 9' 20'' = 0^\circ 0' 20''$$

Si la mínima lectura o precisión del teodolito es de 30'', de acuerdo con el resultado anterior, la precisión es mayor que la diferencia en lecturas encontradas por lo que el levantamiento topográfico realizado es correcto y debe continuarse con los cálculos.

## 5.3 TRABAJO DE OFICINA

### 5.3.1. Cartera de Coordenadas

El siguiente paso consiste en asignar unas coordenadas Norte y Este al foco de tal manera que cuando se calculen las coordenadas de cada estación o punto de la poligonal, estas den positivas. Para el ejemplo se asumirá que las coordenadas del foco son: Norte = 1000 y Este = 100.

Para cada punto deben calcularse las proyecciones así:

$$\text{Proyección Norte – Sur} = \text{Distancia} \times \text{Coseno (Azimuth)}$$

$$\text{Proyección Este - Oeste} = \text{Distancia} \times \text{Seno (Azimuth)}$$

Por lo tanto para el primer punto se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Proyección Norte – Sur} &= 21.39 \times \text{Coseno } (14^{\circ} 9' 40'') = \\ &= 20.73999269 = 20.740 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Proyección Este - Oeste} &= 21.39 \times \text{Seno } (14^{\circ} 9' 40'') = \\ &= 5.233049145 = 5.233 \end{aligned}$$

Para efectos de cálculo se recomienda trabajar con 3 decimales. Así se continúa con los demás puntos de la poligonal para luego calcular las coordenadas:

$$\text{Coord N – S del punto} = \text{Coord Norte – Sur del foco} + \text{Proyección Norte - Sur}$$

$$\text{Coord E – W del punto} = \text{Coord Este – Oeste del foco} + \text{Proyección Este - Oeste}$$

Por lo tanto las coordenadas para el punto 1 serán:

$$\text{Coord N – S del punto 1} = 100 + 20.740 = 120.740$$

$$\text{Coord E – W del punto 1} = 100 + 5.233 = 105.233$$

De la misma manera se procede para cada punto obteniendo la siguiente Cartera de Coordenadas:

PUNTO	AZIMUTH	DISTANCIA	PROYECCIONES		COORDENADAS	
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE	NORTE	ESTE
F					100.000	100.000
1	14° 9' 40"	21.39	20.740	5.233	120.740	105.233
2	113° 11' 0"	21.00	-8.267	19.304	91.733	119.304
3	123° 44' 30"	21.93	-12.181	18.235	87.819	118.235
4	186° 18' 0"	22.31	-22.175	-2.448	77.825	97.552
5	187° 49' 40"	10.34	-10.243	-1.403	89.757	98.597
6	253° 9' 0"	12.26	-3.553	-11.733	96.447	88.267
7	290° 36' 0"	11.64	4.095	-10.895	104.095	89.105
8	308° 37' 50"	18.45	11.518	-14.412	111.518	85.588

### 5.3.2. Cartera de Areas

Para elaborar la cartera de áreas es preciso trasladar organizadamente las coordenadas de los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y repetir nuevamente las coordenadas del punto 1 en una cartera preparada así:

PUNTO	NORTE	ESTE	$N_i \times E_{i+1}$	$N_{i+1} \times E_i$	2A
1	120.740	105.233			
2	91.733	119.304			
3	87.819	118.235			
4	77.825	97.552			
5	89.757	98.597			
6	96.447	88.267			
7	104.095	89.105			
8	111.518	85.588			
1	120.740	105.233			

Ahora se procederá a calcular la columna  $N_i \times E_{i+1}$ . Para ello se debe tener en cuenta que en la fila correspondiente al punto 1 no se colocan datos. En la fila del punto 2 se coloca el resultado de multiplicar la coordenada Norte del punto 1 y la coordenada Este del punto 2. Este proceso se continúa para los demás puntos hasta el final de la cartera.

Para calcular los valores de la columna  $N_{i+1} \times E_i$ , al igual que en el caso anterior en la fila del punto 1 no se colocan datos. En la fila del punto 2 se coloca el resultado de multiplicar la coordenada Norte del punto 2 y la coordenada Este del punto 1, continuando este proceso hasta el final de la cartera.

Finalmente, la columna 2A es el resultado de la resta de las columnas  $N_i \times E_{i+1}$  y  $N_{i+1} \times E_i$ .

PUNTO	NORTE	ESTE	$N_i \times E_{i+1}$	$N_{i+1} \times E_i$	2A
1	120.740	105.233			
2	91.733	119.304	X	Y	X - Y

Al finalizar se suman todos los datos obtenidos en la columna 2A cuyo resultado es igual a 2 veces el área calculada del lote, por lo que para obtener el área total, este resultado debe dividirse entre 2.

PUNTO	NORTE	ESTE	$N_i \times E_{i+1}$	$N_{i+1} \times E_i$	2A
1	120.740	105.233			
2	91.733	119.304	14,404.765	9,653.339	4,751.426
3	87.819	118.235	10,846.051	10,477.158	368.893
4	77.825	97.552	8,566.919	9,201.639	-634.720
5	89.757	98.597	7,673.312	8,755.975	-1,082.663
6	96.447	88.267	7,922.581	9,509.385	-1,586.804
7	104.095	89.105	8,593.910	9,188.153	-594.243
8	111.518	85.588	8,909.283	9,936.811	-1,027.528
1	120.740	105.233	11,735.374	10,333.895	1,401.479
				$\Sigma$	1,595.840

Por lo tanto el área del lote será:

$$\text{Area} = \frac{1595.84}{2} = 792.92 \text{ m}^2$$

Para obtener el resultado en hectáreas, basta dividir el área en metros cuadrados entre 10000.

$$\text{Area} = 0.0793 \text{ ha}$$

#### 5.4 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Chequeo del levantamiento.
- Cartera de coordenadas.
- Cartera de áreas.
- Cálculo de la escala para el dibujo.
- Dibujo a escala del lote levantado.
- Conclusiones.

## PRACTICA No. 6

Aplicaciones del teodolito en levantamientos por intersección de visuales (base medida).

### OBJETIVOS

- ◆ Manipular correctamente el teodolito en el levantamiento de un lote.
- ◆ Efectuar el levantamiento de un lote, aplicando el método de intersección de visuales.
- ◆ Adquirir destrezas en el cálculo de ángulos, distancias, coordenadas y áreas para la medición de un lote.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 Trípode
- 1 Brújula
- 5 jalones
- 1 cinta
- 2 plomadas
- 1 machete
- 1 maceta
- 2 estacas de punto
- 2 estacas testigo
- Puntillas.

Fecha:

## 6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

Esta práctica se utiliza para lotes relativamente pequeños y básicamente consiste en definir dos sitios  $F_1$  y  $F_2$  desde donde sea posible VISUALIZAR todos los puntos de los vértices del lote. Este método se utiliza cuando no es posible utilizar el método de radiación y además la distancia entre los puntos  $F_1$  y  $F_2$  es fácil de medir (método de la base medida).

Debido a que las distancias desde  $F_1$  o  $F_2$  hasta un determinado vértice  $X$  son deducidas por fórmulas matemáticas con base en lecturas de los ángulos, este método no es de alta precisión (un error en la lectura de un ángulo puede representar errores en distancia muy grandes).

## 6.2 EXPLORACION Y RECONOCIMIENTO.

Se realiza el recorrido del lote para definir cuales son los vértices del mismo.

Se deben definir los puntos o focos  $F_1$  y  $F_2$ , estratégicamente ubicados teniendo en cuenta que deben ser visibles entre si y desde cada uno de ellos se debe tener visibilidad a todos y cada uno de los vértices del lote.

Los puntos  $F_1$  y  $F_2$  deben estar localizados de tal manera que la distancia entre ellos sea proporcional al tamaño del lote y de fácil medición con la cinta. También debe tenerse en cuenta, que el ángulo que ha de formarse entre  $F_1$  – punto extremo del lote -  $F_2$  no debe ser pequeño para evitar formar triángulos muy agudos; esto se logra colocando los puntos 1 y 2 no alineados con alguno de los vértices.

## 6.3 TRABAJO DE CAMPO.

Definido el Punto  $F_1$ , se estaciona perfectamente el aparato, se coloca en ceros y alineado con la norte. Se da vista al punto  $F_2$ , se lee su azimut y se mide la distancia desde  $F_1$  hacia  $F_2$  preferiblemente con aproximación al milímetro.

Posteriormente se lee el azimut a cada uno de los vértices del lote (al igual que una radiación), normalmente se hace siguiendo el sentido de las manecillas del reloj para tener un orden lógico y evitar errores u omisión de algún vértice. Se lee nuevamente el ángulo del primer vértice y su valor no debe ser diferente de la primera lectura en más de la aproximación del equipo; de lo contrario se debe hacer nuevamente la lectura de todos los ángulos.

Se traslada el equipo al foco  $F_2$ , se centra y nivela. Se amarra en ceros y alineado con el foco  $F_1$ , se toman los ángulos positivos de cada uno de los vértices del lote siguiendo nuevamente el sentido de las manecillas del reloj (al igual que una radiación). De manera similar al caso anterior, se lee el ángulo del primer punto

deflectado y si varía con la primera lectura, se debe repetir el procedimiento de lectura de ángulos desde esta estación.

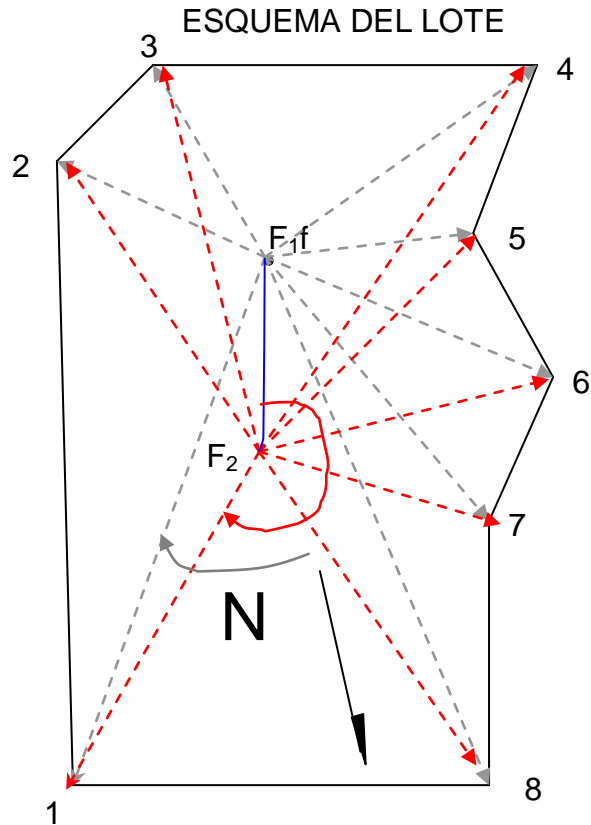
Se chequea la distancia medido desde el foco  $F_2$  hacia el  $F_1$ .

En la columna de observaciones debe registrarse el equipo utilizado y su aproximación

**CARTERA DE CAMPO**

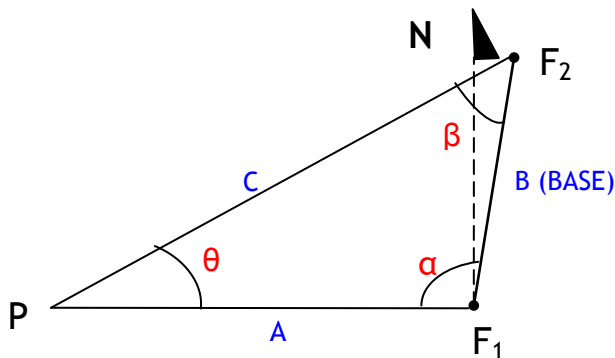
FOCO	PUNTO	AZIMUT	DISTANCIA	OBSERVACIONES
$F_1$	NORTE	0° 00' 00"		
	$F_2$	3° 29' 00"	5.844	Norte "magnetico"
	1	10° 31' 00"		
	2	96° 33' 20"		
	3	106° 51' 10"		
	4	184° 49' 30"		
	5	188° 59' 30"		
	6	279° 50' 00"		
	7	311° 55' 40"		
$F_2$	1	10° 30' 50"		
	$F_1$	0° 00' 00"	5.844	la lectura de angulos
	4	1° 02' 10"		desde F2 a todos los puntos
	5	2° 27' 30"		son ángulos positivos.
	6	67° 52' 40"		
	7	105° 11' 00"		
	8	123° 27' 20"		Equipo de precisión:
	1	188° 59' 10"		Teodolito Kern DKM 2T
	2	289° 12' 50"		Aproximación = 20"
	3	298° 30' 40"		
	4	1° 00' 00"		





#### 6.4 TRABAJO DE OFICINA.

Con la información obtenida en campo, Se Deducen los triángulos que se forman desde cada uno de los focos  $F_1$  y  $F_2$  hasta cada vértices del perímetro del lote P.



#### CONVENCIONES:

P; punto vértice del lote.

$F_1$  Y  $F_2$ , Focos de radiación.

B= base medida.

$\alpha$  ,  $\beta$  y  $\theta$ , Ángulos internos:

A, C; lados desconocidos

## 6.4.1 CÁLCULO DE LOS PARAMETROS DE CADA TRIÁNGULO.

### 6.4.1.1. Cálculo de los ángulos.

Se calculan los ángulos interiores de los triángulos a partir de los ángulos medidos desde los focos  $F_1$  y  $F_2$ . Los ángulos medidos desde el  $F_1$  son azimutes y los medidos desde el  $F_2$  son ángulos positivos referidos a partir del foco No 1 y se registra en la cartera de radios como sigue:

#### 6.4.1.1.1. Cálculo del ángulo $\alpha$ .

Para hallar el ángulo  $\alpha$  de cada punto, se tiene en cuenta el azimut  $F_1$ - $F_2$  medido inicialmente y los azimut medidos desde el  $F_1$  a cada punto, realizando el siguiente cálculo:

$$X = \text{Azimuth } (F_1-P) - \text{Azimuth } (F_1-F_2)$$

Si  $X$  es menor de  $180^\circ$ , entonces  $\alpha$  es igual a  $X$ .

Si  $X$  es mayor de  $180^\circ$ , entonces  $\alpha = 360^\circ - X$ .

Ejemplo:

Para el punto 1, se obtuvieron las siguientes lecturas:

$$\text{Azimut del alineamiento } F_1 - F_2 = 3^\circ 29' 00'' \quad (\text{ángulo base})$$

$$\text{Azimut al punto 1} = 10^\circ 31' 00'' \quad (\text{medido desde el } F_1).$$

$$\text{Luego } X = 10^\circ 31' 00'' - 3^\circ 29' 00'' = 7^\circ 02' 00'' \quad (< 180^\circ)$$

$$\text{Entonces } \alpha = X = 7^\circ 02' 00''$$

Para el punto 4, se obtuvo:

$$\text{Azimut del alineamiento } F_1 - F_2 = 3^\circ 29' 00'' \quad (\text{ángulo base})$$

$$\text{Azimut al punto 4} = 184^\circ 49' 30'' \quad (\text{medido desde el } F_1).$$

$$\text{Luego } X = 184^\circ 49' 30'' - 3^\circ 29' 00'' = 181^\circ 20' 30'' \quad (> 180^\circ)$$

$$\text{Entonces } \alpha = 360^\circ - X = 178^\circ 39' 30''$$

**6.4.1.1.2. Cálculo del ángulo  $\beta$ .**

El ángulo  $\beta$  de cada punto se obtiene a partir de los ángulos positivos medidos desde el Foco  $F_2$ , teniendo en cuenta el siguiente cálculo:

$$Y = \text{ángulo positivo } (F_2-P)$$

Si  $Y$  es menor de  $180^\circ$ , entonces  $\beta$  es igual a  $Y$ .

Si  $Y$  es mayor de  $180^\circ$ , entonces  $\beta = 360^\circ - Y$ .

Ejemplo:

Para el punto 1, se obtuvo las siguientes lecturas:

$$\text{Ángulo del alineamiento } F_2 - P = Y = 188^\circ 59' 10'' \quad (> 180^\circ)$$

$$\text{Entonces } \beta = 360^\circ - Y = 171^\circ 00' 50''$$

Para el punto 4, se obtuvo:

$$\text{Ángulo del alineamiento } F_2 - P = Y = 1^\circ 02' 10'' \quad (< 180^\circ)$$

$$\text{Entonces } \beta = Y = 1^\circ 02' 10''$$

**6.4.1.1.3. Cálculo del ángulo  $\theta$ .**

Conocidos  $\alpha$  y  $\beta$ , el ángulo  $\theta$  se obtiene al realizar la diferencia de ángulos internos del triángulo (sumatoria de ángulos internos =  $180^\circ$ ).

$$\theta = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

Ejemplo:

Para el punto 1:

$$\alpha = 7^\circ 02' 00''$$

$$\beta = 171^\circ 00' 50''$$

$$\theta = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - 7^\circ 02' 00'' - 171^\circ 00' 50'' = 1^\circ 57' 10''$$

Para el punto 4:

$$\alpha = 178^\circ 39' 30''$$

$$\beta = 1^\circ 02' 10''$$

$$\theta = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - 178^\circ 39' 30'' - 1^\circ 02' 10'' = 0^\circ 18' 20''$$

#### 6.4.1.2. Cálculo de los lados (radios).

A partir del teorema de los senos, se establece la relación de ángulos vs distancias de cada triángulo. Conocidos los ángulos y la base medida, se puede determinar las distancias de cada foco al punto P.

Se tiene que:

$$\frac{\text{sen } \alpha}{C} = \frac{\text{sen } \theta}{B} = \frac{\text{sen } \beta}{A}$$

Para el punto 1:

$$A = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \theta} * B = \frac{\text{sen } (171^\circ 00' 50'')}{\text{sen } (1^\circ 57' 10'')} * 5.844 = 26.79 \text{ metros}$$

Análogamente,

$$C = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \theta} * B = \frac{\text{sen } (7^\circ 02' 00'')}{\text{sen } (1^\circ 57' 10'')} * 5.844 = 21.00 \text{ metros}$$

Para el punto 4:

$$A = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \theta} * B = \frac{\text{sen } (1^\circ 02' 10'')}{\text{sen } (0^\circ 18' 20'')} * 5.844 = 19.82 \text{ metros}$$

Análogamente,

$$C = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \theta} * B = \frac{\text{sen } (178^\circ 39' 30'')}{\text{sen } (0^\circ 18' 20'')} * 5.844 = 25.66 \text{ metros}$$

## CARTERA DE RADIOS

PUNTO No.	AZIMUT	ANGULO POSITIVO	ANGULO $\alpha$	ANGULO $\beta$	ANGULO $\theta$	BASE MEDIDA	A	C
1	10° 31' 00"	188° 59' 10"	7° 02' 00"	171° 00' 50"	1° 57' 10"	5.844	26.79	21.00
2	96° 33' 20"	289° 12' 50"	93° 04' 20"	70° 47' 10"	16° 08' 30"	5.844	19.85	20.99
3	106° 51' 10"	298° 30' 40"	103° 22' 10"	61° 29' 20"	15° 08' 30"	5.844	19.66	21.77
4	184° 49' 30"	1° 00' 00"	178° 39' 30"	1° 02' 10"	0° 18' 20"	5.844	19.82	25.66
5	188° 59' 30"	2° 27' 30"	174° 29' 30"	2° 27' 30"	3° 03' 00"	5.844	4.71	10.54
6	279° 50' 00"	67° 52' 40"	83° 39' 00"	67° 52' 40"	28° 28' 20"	5.844	11.36	12.18
7	311° 55' 40"	105° 11' 00"	51° 33' 20"	105° 11' 00"	23° 15' 40"	5.844	14.28	11.59
8	319° 37' 40"	123° 27' 20"	43° 51' 20"	123° 27' 20"	12° 41' 20"	5.844	22.20	18.43

## 6.4.2. Cálculo de coordenadas.

Al igual que en la práctica anterior se realiza el cálculo de coordenadas; se establece un punto de referencia para el cálculo de las coordenadas (normalmente el foco No. 1) y a partir de este punto se calculan las coordenadas de cada vértice del lote; teniendo en cuenta que ninguna de las coordenadas de cada punto presente valores negativos.

En este caso, las coordenadas del foco  $F_1$  (N, E) = (1000.00; 1000.00)

## CARTERA DE COORDENADAS

PUNTO	AZIMUT	DISTANCIA	PROYECCIONES				COORDENADAS	
			N( + )	S( - )	E( + )	W( - )	NORTE	ESTE
$F_2$							1000.00	1000.00
1	10° 31' 00"	26.79	26,34		4,89		1026.34	1004.89
2	96° 33' 20"	19.85		2,27	19,72		997.73	1019.72
3	106° 51' 10"	19.66		5,70	18,82		994.30	1018.82
4	184° 49' 30"	19.82		19,75		1,67	980.25	998.33
5	188° 59' 30"	4.71		4,65		0,74	995.35	999.26
6	279° 50' 00"	11.36	1,94			11,19	1001.94	988.81
7	311° 55' 40"	14.28	9,54			10,62	1009.54	989.38
8	319° 37' 40"	22.20	16,91			14,38	1016.91	985.62

**6.4.3. Cálculo del área.**

Siguiendo el procedimiento de la practica No. 5, con las coordenadas de cada punto se calcula el área del lote.

<b>CARTERA DE AREAS</b>					
<b>PUNTO</b>	<b>COORDENADAS</b>		<b><math>N_i \times E_{i+1}</math></b>	<b><math>E_i \times N_{i+1}</math></b>	<b>2A</b>
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>( + )</b>	<b>( - )</b>	
1	1026.34	1004.89			
2	997.73	1019.72	1,046,579.425	1,002,608.900	43,970.525
3	994.30	1018.82	1,016,507.279	1,013,907.596	2,599.683
4	980.25	998.33	992,639.519	998,698.305	-6,058.786
5	995.35	999.26	979,524.615	993,687.766	-14,163.151
6	1001.94	988.81	984,212.034	1,001,198.564	-16,986.531
7	1009.54	989.38	991,299.397	998,243.247	-6,943.850
8	1016.91	985.62	995,022.815	1,006,110.416	-11,087.601
1	1026.34	1004.89	1,021,882.690	1,011,581.231	10,301.459
				$\Sigma =$	1,631.748

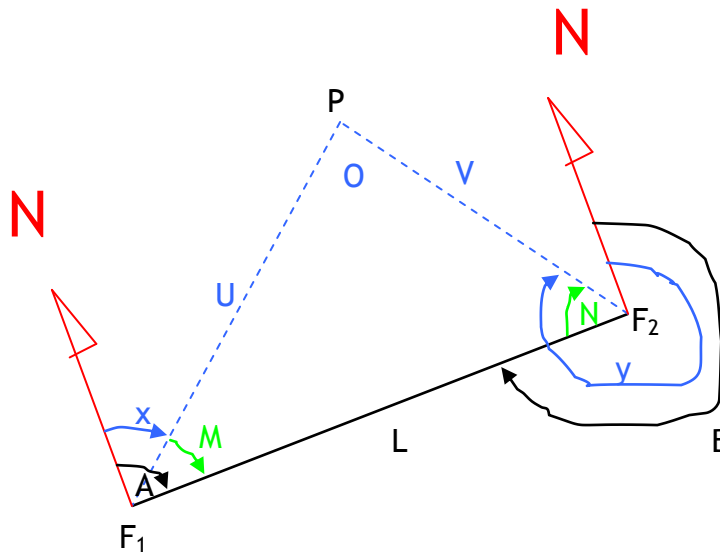
Luego el área del lote será:

$$2A = 1631.748$$

$$A = 815.874 \text{ m}^2 = 0.082 \text{ Hectáreas.}$$

Por último, se debe dibujar el lote a una escala adecuada, representando la mayor cantidad de detalles observados en campo.

6.5. FORMULAS TRASLADANDO EL AZIMUTH DE F<sub>1</sub> A F<sub>2</sub>.



Datos medidos en campo:

ángulos A, x e y, distancia F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> = L

Fórmulas de cálculo:

1.

- |                       |          |                     |
|-----------------------|----------|---------------------|
| a. Si $A > x$         | entonces | $M = A - x$         |
| b. Si $A < x$         | entonces | $M = x - A$         |
| c. Si $M > 180^\circ$ | entonces | $M = 360^\circ - M$ |

2.

- |                        |          |                     |
|------------------------|----------|---------------------|
| a. $B = A + 180^\circ$ |          |                     |
| b. Si $B > 360^\circ$  | entonces | $B = B - 360^\circ$ |

3.

- |                       |          |                     |
|-----------------------|----------|---------------------|
| a. Si $B > y$         | entonces | $N = B - y$         |
| b. Si $B < y$         | entonces | $N = y - B$         |
| c. Si $N > 180^\circ$ | entonces | $N = 360^\circ - N$ |

4.

$$O = 180^\circ - M - N$$

5.

$$U = \frac{L \text{ Seno } (N)}{\text{Senos } (O)} \qquad V = \frac{L \text{ Seno } (M)}{\text{Senos } (O)}$$

## 6.6 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Chequeo del levantamiento.
- Procedimiento para el cálculo de ángulos y radios.
- Cartera de ángulos y radios
- Cartera de coordenadas.
- Cartera de áreas.
- Cálculo de la escala para el dibujo.
- Dibujo a escala del lote levantado.
- Conclusiones.



## PRACTICA No. 7

Trazado de una poligonal abierta por el método de deflexiones.

### OBJETIVOS

- ◆ Manipular correctamente el teodolito en el levantamiento de una poligonal abierta.
- ◆ Identificar los ángulos de deflexión.
- ◆ Efectuar el levantamiento de una poligonal abierta, aplicando el método de deflexiones.
- ◆ Establecer la referenciación de puntos importantes en una poligonal.
- ◆ Adquirir destrezas en el cálculo de coordenadas empleando deflexiones.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 Trípode
- 1 Escuadra de agrimensor
- 1 Brújula
- 5 jalones
- 1 cinta
- 2 plomadas
- 1 machete
- 1 maceta
- 3 Piquetes
- 9 estacas de punto
- 9 estacas testigo
- Puntillas.

Fecha:

## 7.1 EXPLORACIÓN Y RECONOCIMIENTO.

El método de deflexiones es el más usado en poligonales abiertas por su rapidez y precisión en el campo. Puesto que una línea recta entre puntos terminales es teóricamente la ruta más económica de construir y mantener en el caso de carreteras, vías férreas, tuberías, canales y líneas de transmisión eléctrica.

## 7.2 TRABAJO DE CAMPO.

En la práctica, los obstáculos y las condiciones del terreno y la propiedad de la tierra obligan a hacer quiebres y rodeos en la ruta, pero las desviaciones respecto de la tierra se mantienen lo más pequeñas que sea posible. Por tanto, el uso de los ángulos de deflexión, en vez de grandes ángulos directos es apropiado para facilitar la visualización, el trazo de esquemas y el cálculo.

Materializada la primera estación, punto No. 1 o delta No. 1 ( $\Delta_1$ ), se ubica la norte magnética y con el teodolito en ceros, se mide el rumbo magnético (o también el azimut) a la estación No. 2, punto No. 2, o delta No. 2 ( $\Delta_2$ ).

En el punto No. 2 o delta No. 2 ( $\Delta_2$ ), con el telescopio en posición invertida, se da vista a delta No. 1 ( $\Delta_1$ ) con el teodolito en ceros, se transita y se da vista a delta No. 3 ( $\Delta_3$ ). Los ángulos de deflexión se miden ya sea hacia la derecha (en el sentido de las manecillas del reloj se considera positivo), o hacia la izquierda (sentido opuesto de las manecillas del reloj, considerado como negativo), a partir de la prolongación del alineamiento de atrás y hacia la estación de adelante. Los ángulos de deflexión son siempre menores de  $180^\circ$  y el sentido de giro se define anexando una **D** o una **I** al valor numérico. (Si el ángulo es izquierdo, se resta de  $360^\circ$ ).

El rumbo de la brújula (Rumbo magnético: RM), se anota para chequear el rumbo calculado R.C.)

Si un instrumento está en *perfectas* condiciones de ajuste (lo cual es improbable), el ángulo de deflexión se mide ajustando los platos a cero y visando hacia atrás al punto anterior con el anteojo en posición invertida, (las miras sobre el telescopio quedan hacia abajo), transitando, es decir, girando el telescopio sobre su eje, un ángulo aproximado de  $180^\circ$ , colocando el telescopio en posición directa, o sea con la mira en la parte superior, con esto se consigue la prolongación del alineamiento.

## 7.3 REFERENCIACION.

Los puntos o deltas de las estaciones se deben referenciar dos estaciones consecutivas y la siguiente no, y así sucesivamente con el fin de efectuar un replanteo exitoso en el caso de pérdida de la estaca.

La referenciación se realiza con cuatro estacas de punto y puntilla y sus respectivas estacas testigo, formando una V, con un ángulo mayor de  $30^\circ$  preferiblemente entre los alineamientos de referencia y de igual manera, de ellos, con respecto a la poligonal, con una longitud que varía entre 10 y 20 metros aproximadamente. Se recomienda colocar las estacas de referencia en la parte alta del terreno con el fin de evitar que el movimiento de tierra las cubra, así mismo, a distancia mayor  $R_1$  y  $R_3$ , primeras desde la estación, (Ver figura de la página siguiente). Cada punto va con su respectiva estaca testigo, numeradas desde  $R_1$  hasta  $R_4$  como lo muestra la cartera de campo y la figura anexa.

#### 7.4 TRABAJO DE OFICINA.

Para el cálculo de los rumbos es conveniente hacer siempre un esquema a mano alzada.

Por ejemplo, para el cálculo del rumbo en  $\Delta_2$ , se dibuja aproximadamente en unos ejes de orientación el rumbo inicial  $N 13^\circ 23'32''W$ ; siguiendo el alineamiento se dibuja otro sistema de ejes de orientación con prolongación del alineamiento traído desde  $\Delta_1$ .

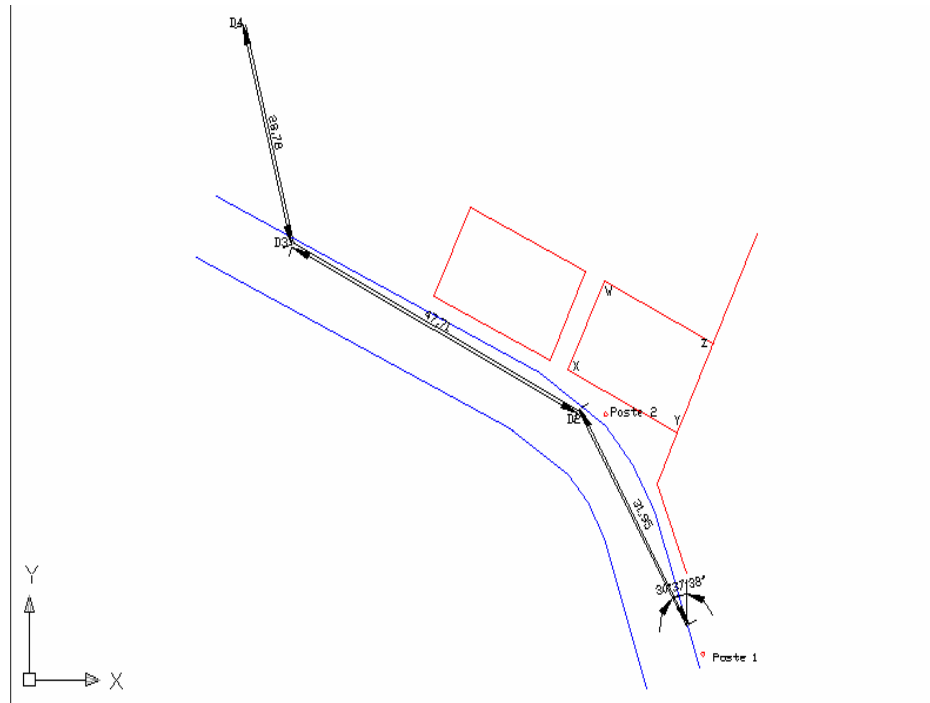
A partir de la prolongación del alineamiento se dibuja hacia la derecha la deflexión  $51^\circ 20'01'' D$ , dando la dirección del nuevo alineamiento en el primer cuadrante NE, con un rumbo de:

$$\begin{array}{r} 51^\circ 20'01'' \\ - \quad 13^\circ 23'32'' \\ \hline N 37^\circ 56'29'' E \end{array}$$

Similar al leído en la brújula:  $N 37^\circ 30' E$

POLIGONAL ABIERTA POR DEFLESIONES

EST	ABSCISA	PTO	DETALLE RADIADO		NORMAL	RUMBO	OBSERVACIONES
			DEFLEXION	DIST.			
? <sub>4</sub>	K0+0108.44	23					Esq. Residencias
	100						
	090						
	080						
? <sub>3</sub>	K0+079.66		49° 19' 0" D				3- 4
	070	22			0.85 D		Sardinel Der
	060						
	K0+057.77	21			3.31 D		Esq. Resid. A = 12.59
	050						
	040	20			1.60 D		Sardinel Der
		19	119° 43' 39" I	7.00			Sardinel lzq
		18	145° 45' 0" I	8.91			Sardinel lzq
		17	20° 51' 19" I	7.55			Sardinel D
		16	150° 11' 49" D	4.20			Sardinel D
		15	161° 14' 40" D	10.77			Sardinel D
		14	169° 7' 0" D	17.40			Sardinel D
		13	9° 29' 30" I				Esq. Residencia
		12	12° 22' 20" D	5.24			Esq. Residencia
		11	113° 6' 59" D	4.14			Poste alumbrado
		10	131° 45' 0" D	15.04			Esq. Residencia
		9	159° 19' 40" D	15.18			Esq. Malla
? <sub>2</sub>	K0+032		33° 8' 19" I				2- 3
	030						
	025						
	020						
	015						
	010						
	005						
		8		6.72		N 00°00'00" E	Esq. Malla Der
		7		13.44		N 50°03'40" W	Sardinel lzq
		6		11.2		S 67°18'59" W	Borde puerta lzq
		5		8.96		S 81°02'00" W	Borde puerta lzq
		4		7.86		S 43°31'00" W	Sardinel lzq
		3		5.56		S 19°31'00" E	Sardinel Der
		2		9.85		S 10°42'19" E	Sardinel Der
		1		4.31		S 33°36'40" E	Poste Der 0.30 m
? <sub>1</sub>	K0+000					N 30°37'40" W	-



CARTERA DE CAMPO

ESTACION	ABSCISAS	DISTANCIA (m)	DEFLEXION			RUMBO CALCULADO			RUMBO MAGNETICO
	220.00								
	210.00		0°0'00"			359°59'58"			
	200.00								
	190.00								
	180.00								
Δ4	175.05	—	60°30'35"	I	N	68°17'00"	E	N	69°00'00" E
	170.00								
	160.00								
	150.00	64.12							
	140.00								
	130.00								
	120.00								
Δ3	110.93	—	90°51'06"	D	S	51°12'25"	E	S	51°00'00" E
	110.00								
	100.00								
	90.00	57.00							
	80.00								
	70.00								
	60.00								
Δ2	53.93	—	51°20'01"	D	N	37°56'29"	E	N	37°30'00" E
	50.00								
	40.00								
	30.00	53.93							
	20.00								
	10.00								
Δ1	0+0000	—			N	13°23'32"	W	N	13°23'32" W

CHEQUEO DE PAGINA

$$\begin{aligned} \Sigma D &= 142^{\circ}11'07" \\ \text{—} \Sigma I &= 60^{\circ}30'35" \\ &81^{\circ}40'32" \text{ D} \\ \text{—} &13^{\circ}23'32" \\ &\text{N } 68^{\circ}17'00" \text{ E} \end{aligned}$$

LA SUMA ALGEBRAICA DE LAS DEFLEXIONES RESUME EL MOVIMIENTO DE GIROS DEL TEODOLITO EN LA PAGINA.

RUMBO Δ1

RUMBO Δ4

DEBE SER IGUAL AL CALCULADO

CARTERA DE CAMPO

ESTACION	ABSCISAS	DISTANCIA (m)	DEFLEXION	RUMBO CALCULADO	RUMBO MAGNETICO	
Δ7	K 0+384.23					
	380					
	370					
	360					
	350					
	340	88.27				
	330					
	320					
	310					
	300	60.00				
Δ6	K 0+295.96		75°58'34"	D N	63°09'56" E N	65°00'00" E
	290					
	280					
	270	52.87				
	260					
Δ5	K 0+243.09		81°05'38"	I N	12°48'38" W N	10°00'00" W
	240					
	230	68.04				
	220					

CHEQUEO DE PAGINA

LA SUMA ALGEBRAICA DE LAS DEFLEXIONES RESUME EL MOVIMIENTO DE GIROS DEL TEODOLITO EN LA PAGINA.

$$\begin{aligned} \Sigma D &= 81^{\circ}05'38'' \\ \Sigma I &= \frac{75^{\circ}58'34''}{5^{\circ}07'04''} \quad I \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N \quad 68^{\circ}17'00'' \quad E & \quad \text{RUMBO } \Delta 4 \quad \text{DEBE SER IGUAL AL CALCULADO} \\ - \quad 5^{\circ}07'04'' & \\ N \quad 63^{\circ}09'56'' \quad E & \quad \text{RUMBO } \Delta 6 \end{aligned}$$

CARTERA DE COORDENADAS DE LA POLIGONAL

ESTACION	DISTANCIA (m)	RUMBO				N-COS-S	E-SEN-W	PROYECCIONES				COORDENADAS		
		GD	MI	SE				N (+)	S (-)	E (+)	W (-)	N	E	
Δ1														
	53.93	N	13°23'32"	W	0.9728	0.2316	52.46				12.49	50	50	
Δ2														
	57.00	N	37°56'29"	E	0.7886	0.6149	44.95		35.05			147.42	72.56	
Δ3														
	64.12	S	51°12'25"	E	0.6265	0.7794		40.17	49.98			107.24	122.53	
Δ4														
	68.04	N	68°17'00"	E	0.3700	0.9290	25.18		63.21			132.42	185.74	
Δ5														
	52.87	N	12°48'38"	W	0.9751	0.2217	51.55			11.72		183.97	174.02	
Δ6														
	88.27	N	63°09'56"	E	0.4514	0.8923	39.85		78.76			223.82	252.78	
Δ7														
□	384.23							213.99	40.17	227.00	24.21			
								173.82		202.78				
												223.82	252.78	

## 7.5 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Chequeo de página.
- Procedimiento para el cálculo de ángulos y coordenadas.
- Cartera de coordenadas.
- Cartera de áreas.
- Cálculo de la escala para el dibujo.
- Dibujo a escala del lote levantado.
- Conclusiones.

## PRACTICA No. 8

Levantamiento de un lote con poligonal cerrada por el método de azimutes directos.

### OBJETIVOS

- ◆ Manipular correctamente el teodolito en el levantamiento de un lote empleando el método de azimutes directos.
- ◆ Efectuar el levantamiento de una poligonal cerrada, aplicando el método de azimutes directos.
- ◆ Identificar cuando se toman detalles por radiación y por normales.
- ◆ Adquirir destrezas en el cálculo de coordenadas y áreas.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 Brújula
- 1 Trípode
- 6 jalones
- 1 cinta
- 2 plomadas
- 1 machete
- 1 maceta
- 3 Piquetes
- 6 estacas de punto
- 6 estacas testigo
- Puntillas.

Fecha:



## **8.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.**

Aunque esta práctica se utiliza para lotes pequeños, su mayor beneficio se encuentra en la medición de lotes de gran extensión, debido a que la poligonal cerrada de base, no tiene limitación en su tamaño.

Básicamente consiste en trasladar de manera mecánica (con el equipo de precisión) la meridiana magnética o norte leída en la primera estación a cada una de las estaciones.

Permite realizar el chequeo de cierre angular y su posible error una vez se termina el levantamiento, aspecto fundamental para verificar si el levantamiento es aceptado o no. Por otra parte simplifica el cálculo de los ángulos.

## **8.2 EXPLORACION Y RECONOCIMIENTO.**

Se realiza el recorrido del lote para definir los vértices del lote y donde estarán los posibles deltas o estaciones de la poligonal que han de servir de base para el levantamiento. Estas estaciones deberán estar ubicadas de tal manera que se ajusten al máximo al perímetro del lote para tomar con mayor exactitud los detalles que definen el lote. Desde cada estación se realiza la radiación al mayor número de vértices o detalles del lote próximos a la estación y los vértices restantes serán definidos con la ayuda de normales medidas sobre el alineamiento de ser necesario.

Además de la clara recolección de la información que se está registrando, es de gran importancia tener una visión del lote y de la poligonal de base que se utilizará. Para ello es aconsejable que quien toma la información en la cartera de campo, también realice un esquema del lote con una convención de signos clara de todos los detalles encontrados (ver convenciones en la práctica No. 1). Es aconsejable que las estaciones vayan numeradas y los detalles se refieran con el número de la estación desde donde se radió y letras consecutivas. Cuando el lote es muy grande, las convenciones pueden variar.

## **8.3 TRABAJO DE CAMPO.**

Antes de iniciar el trabajo de campo, es importante familiarizarse con el equipo que se va a utilizar y se debe chequear si el teodolito empleado amarra o no ángulos (más adelante se analizarán los ajustes correspondientes para cada caso).

A continuación se detalla el procedimiento general para el método de azimutes directos:

- Se elabora el dibujo del lote a mano alzada, registrando todos los detalles y la poligonal de base.
- Se materializan en el terreno, las estaciones con estaca de punto y puntilla.
- Se instala el teodolito en  $\Delta_1$  (Se debe centrar, nivelar y colocar en cerros orientado hacia la norte con la ayuda de la brújula).
- Desde  $\Delta_1$ , se radian cada uno de los detalles (linderos del lote y demás), registrando en la cartera de campo y en el dibujo a mano alzada los datos correspondientes: identificación, radio (distancia) y azimut.
- Se da vista a  $\Delta_2$  y con la plomada sobre la estaca en  $\Delta_2$  se define el alineamiento  $\Delta_1$ - $\Delta_2$ , leyéndose el azimut correspondiente; seguidamente se abscisa cada 10 metros hasta llegar a  $\Delta_2$ .

Se debe tener en cuenta que pueden existir detalles que requieran ser definidos por normales. En este caso, se registra la convención del detalle, la abscisa y la magnitud de la normal indicando si es a la izquierda o a la derecha.

- Dependiendo del equipo que se utiliza (si amarra o no ángulos), se procede como sigue:
  - Si el teodolito amarra ángulos: Desde  $\Delta_1$  se amarra el ángulo del alineamiento  $\Delta_1$ - $\Delta_2$  y se lleva hasta la siguiente estación  $\Delta_2$ . En  $\Delta_2$ , se instala el equipo y con el anteojo invertido se da vista hacia  $\Delta_1$  y se transita. En este momento el equipo ha trasladado la norte de manera mecánica desde  $\Delta_1$  hasta  $\Delta_2$  y ya estará listo para radiar los detalles próximos a  $\Delta_2$  y continuar con el levantamiento hasta  $\Delta_3$  y así sucesivamente.
  - Si el teodolito no amarra ángulos: Se traslada el teodolito hasta  $\Delta_2$ , y se instala. Con el anteojo invertido se da vista a  $\Delta_1$  y se ajusta el limbo horizontal con el azimut leído en la estación anterior ( $\Delta_1$ - $\Delta_2$ ) y se transita. En este momento, el teodolito está en posición para radiar los detalles próximos a  $\Delta_2$  y continuar con el levantamiento hasta  $\Delta_3$  y así sucesivamente.
- Se repite el procedimiento para las demás estaciones hasta llegar nuevamente a la primera estación ( $\Delta_1$ ). Instalado el teodolito en  $\Delta_1$  se realiza nuevamente la lectura del azimut  $\Delta_1$ - $\Delta_2$ .

La diferencia entre estos dos valores (azimut inicial y el azimut leído al final) será el error obtenido. Este se compara con la tolerancia.

Para levantamientos de baja precisión:

$$\text{Tolerancia} = A * n$$

Para levantamientos de precisión

$$\text{Tolerancia} = A \sqrt{n}$$

En donde

n = Número de estaciones (deltas)

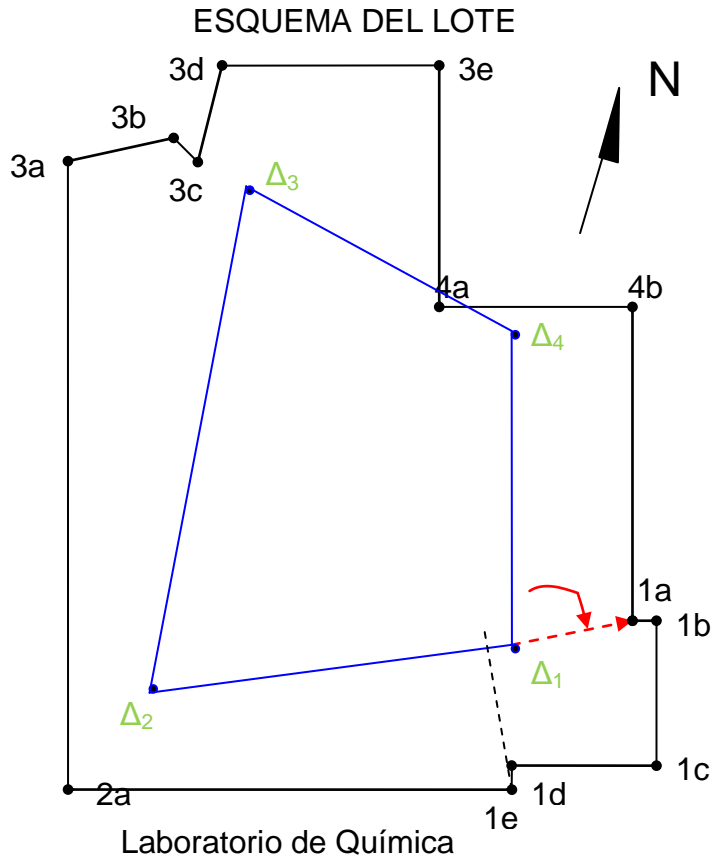
A = Aproximación del teodolito

Si la tolerancia es mayor que el error obtenido, se puede realizar ajuste. De lo contrario, deberá repetirse el levantamiento.

#### 8.4. EJEMPLO PRÁCTICO.

Sea un lote como se detalla en el esquema siguiente.

- Se hace la exploración del lote, para establecer los puntos en donde quedarán las estaciones ( $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$  en este caso).
- Definido  $\Delta_1$ , se centra y nivela el teodolito; se coloca en ceros con respecto a la norte con la ayuda de la brújula.
- Se enumeran los detalles en el sentido de las manecillas del reloj, definiendo como el No. 1a el primero que aparece al barrer el azimut en busca de  $\Delta_2$ .
- Desde  $\Delta_1$  se mide el azimut con su respectivo radio hacia los puntos 1a, 1b, 1c y 1d.



Las lecturas encontradas fueron:

Punto No. 1a:	Radio = 4.47 m;	Azimut = 58° 05' 20"
Punto No. 1b:	Radio = 6.75 m;	Azimut = 62° 43' 20"
Punto No. 1c:	Radio = 7.82 m;	Azimut = 103° 20' 00"
Punto No. 1d:	Radio = 5.94 m;	Azimut = 207° 30' 40"

Estos datos se registran en la cartera (ver página siguiente).

- Se da visual al  $\Delta_2$ , se registra el azimut leído y se inicia el abscisado.

$$\text{Azimuth } \Delta_2 = 257^\circ 14' 40''$$

- En este ejemplo, se va a suponer que el punto 1e es un detalle que requiere ser levantado por normales empleando cualquiera de los métodos vistos en la práctica No. 2. En este caso se utilizará el método de la escuadra. La abscisa de esta normal se encuentra antes de la primera cintada de 10 metros; por lo que para su localización, se debe llevar a cabo el procedimiento siguiente:

CARTERA DE CAMPO														
ESTACION	ABSCISA	DISTANCIA	PUNTO	DETALLES NORMALES		RADIO	AZIMUT							
				IZQUIERDA	DERECHA									
$\Delta_1$	K0+082.74	18.31	4b			6,89	257° 15' 20"							
	080													
	070													
$\Delta_4$	K0+064,43	18,81	4a			7,94	261° 39' 20"							
	060													
	050													
$\Delta_3$	K0+045.62	25,26	3e			12,35	24° 57' 40"							
	040													
	030													
	$\Delta_2$							K0+020.36	20.36	3d			8,98	344° 20' 00"
								020						
								010						
$\Delta_1$	K0+000	20.36	3c			5,92	310° 11' 40"							
	$\Delta_3$							K0+045.62	25,26	3b			7,01	307° 35' 40"
								040						
								030						
								020						
$\Delta_2$	K0+020.36	20.36	3a			9,85	287° 40' 20"							
	020													
	010													
	003.74													
	000													
$\Delta_1$	K0+000	20.36	2a			9,55	201° 36' 40"							
	$\Delta_2$							K0+020.36	20.36	1e	5,83		345° 18' 20"	
								020						
								010						
								003.74						
$\Delta_1$	K0+000	20.36	1d			5,94	207° 30' 40"							
	$\Delta_3$							K0+045.62	25,26	1c			7,82	103° 20' 00"
								040						
								030						
								020						
$\Delta_2$	K0+020.36	20.36	1b			6,75	62° 43' 20"							
	020													
	010													
	003.74													
	000													
$\Delta_1$	K0+000	20.36	1a			4,47	58° 05' 20"							
	$\Delta_3$							K0+045.62	25,26	3e			12,35	24° 57' 40"
								040						
								030						
								020						
$\Delta_2$	K0+020.36	20.36	3d			8,98	344° 20' 00"							
	020													
	010													
	003.74													
	000													

- Se colocan jalones de orientación que estén alineados con  $\Delta_1$ - $\Delta_2$ , en este caso se ubican en los extremos del alineamiento.
- Se orienta la escuadra dentro del alineamiento guiado con los dos jalones y se mueve en el sentido de avance del alineamiento hasta que coincida la normal de la escuadra con el punto 1e.
- En este momento se hace la lectura de la abscisa con aproximación al centímetro.

- Se mide la distancia perpendicular desde la abscisa hasta el detalle 1e.
- Se registra en la cartera si es lado izquierdo o derecho respecto al alineamiento que se esta abscisando.

En el ejemplo práctico, se encontró que el punto 1e está ubicado así:

abscisa = K0+ 003.74

distancia normal = 5.83 **Izquierda**

- Se completa la cintada redonda 010 y demás abscisas hasta llegar a  $\Delta_2$ . En este ejemplo la abscisa de  $\Delta_2$  es K0+020.36
- Se lleva el equipo hasta  $\Delta_2$ , se instala y con el anteojo invertido se coloca en el limbo el azimut medido en la estación anterior ( $Az_{1-2} = 257^\circ 14' 40''$ ).
- Se visualiza por el anteojo invertido a la estación  $\Delta_1$ , se transita y se sueltan los tornillos de fijación horizontal (en esta caso se supone un teodolito que amarra ángulos) para continuar a radiar los detalles cercanos a  $\Delta_2$ . En este caso se toma al punto 2a así:

Punto No. 2a:                      Radio = 9.55 m;      Azimut =  $103^\circ 20' 00''$

- En adelante, se repite el procedimiento descrito para el alineamiento  $\Delta_1$ - $\Delta_2$  hasta llegar nuevamente al  $\Delta_1$ .
- En  $\Delta_1$ , nuevamente se encontró que el azimut medido es  $257^\circ 15' 20''$ .

## 8.5 TRABAJO DE OFICINA.

### 8.5.1 Cartera de ajuste angular.

Una vez se ha terminado el trabajo de campo, se debe chequear que el azimut inicial tomado en la primera estación, no difiera con el azimut medido en la misma estación  $\Delta_1$  al finalizar el levantamiento (error obtenido); de lo contrario y si la tolerancia lo permite se deben hacer los respectivos ajustes. Si la tolerancia es menor que el error encontrado, se debe repetir la medición de los ángulos de todo el levantamiento del lote.

La tolerancia será igual al número de estaciones de la poligonal de base multiplicada por la aproximación del equipo.

$$T = A \cdot n \quad (\text{levantamientos de poca precisión}).$$

$$T = A \cdot \sqrt{n} \quad (\text{levantamientos de precisión}).$$

Cuando la tolerancia es mayor que el error obtenido en las mediciones, se realiza el ajuste angular de la siguiente manera:

#### 8.5.1.1 Error Total.

Será el resultado de restar al azimut inicial menos el azimut medido en la primera estación después de haber realizado todo el levantamiento de la poligonal de base.

$$\text{Error total} = \text{Azimut inicial} - \text{Azimut final}$$

#### 8.5.1.2. Error Relativo

Equivale a distribuir el error total entre el número de estaciones de la poligonal de base.

$$\text{Error Relativo: Error total/ número de estaciones}$$

#### 8.5.1.3. Corrección del Error

Debido a que en la primera estación el azimut es el obtenido a partir de la medición de la norte con la brújula, entonces esta primera lectura no tiene error local o relativo (no se ha trasladado el equipo), luego las correcciones se hacen a partir de la segunda estación como sigue:

No. Estación	Corrección (No. veces x error relativo)
1	0 x error relativo
2	1 x error relativo
3	2 x error relativo
4	3 x error relativo
...	...
n	(n-1) x error relativo
1	(n) x error relativo

De esta manera, la estación n tendrá una corrección igual a (n-1)\*error relativo y al llegar a la primera estación la corrección será n\*A con lo cual se llegará al mismo valor del azimut inicial.

Retomando el ejemplo práctico se tiene:

$$\text{Tolerancia} = T = n \cdot A = 4 \cdot 20'' = 0^\circ 01' 20''$$

$$\text{Error de cierre angular} = \text{azimut inicial} - \text{azimut final} = e$$

$$257^\circ 14' 40'' - 257^\circ 15' 20'' = -0^\circ 00' 40''$$



Luego  $T > e \rightarrow \text{O.K.}$

$$\text{Corrección por vértice} = -(0^\circ 00' 40'')/4 = -0^\circ 00' 10''$$

$$\text{Corrección por vértice} = -00^\circ 00' 10''$$

#### CARTERA DE AJUSTE ANGULAR

ESTACION	AZIMUT MEDIDO	CORRECCION	AZIMUT CORREGIDO
$\Delta_1$			
	257° 14' 40"	$0 * (-00^\circ 00' 10'') = 00^\circ 00' 00''$	257° 14' 40"
$\Delta_2$			
	345° 18' 20"	$1 * (-00^\circ 00' 10'') = -00^\circ 00' 10''$	345° 18' 10"
$\Delta_3$			
	101° 31' 40"	$2 * (-00^\circ 00' 10'') = -00^\circ 00' 20''$	101° 31' 20"
$\Delta_4$			
	154° 2' 20"	$3 * (-00^\circ 00' 10'') = -00^\circ 00' 30''$	154° 01' 50"
$\Delta_1$			
	257° 15' 20"	$4 * (-00^\circ 00' 10'') = -00^\circ 00' 40''$	257° 14' 40"

### 8.5.2 Cartera de ajuste por distancia.

Después de haber realizado la corrección de los azimutes, se puede entrar al chequeo del cierre por distancia.

#### 8.5.2.1 Cálculo del error de cierre por distancia.

Inicialmente se calculan las proyecciones N-S y E-W de cada estación y se chequea que la poligonal de base cierre perfectamente, es decir, la sumatoria de proyecciones Norte menos la sumatoria de las proyecciones Sur debe ser igual a cero y de igual manera la sumatoria de las proyecciones Este menos la sumatoria de las proyecciones Oeste deben ser igual a cero.

De lo contrario, se calculará el error de cierre de la poligonal, el cual está definido mediante la siguiente expresión:

$$\text{Error de cierre} = \delta = \sqrt{(\Delta_{N-S})^2 + (\Delta_{E-W})^2}$$



Con el error de cierre se calcula el error en distancia; es decir, establecer la proporción del error de cierre obtenido respecto a la longitud de la poligonal.

Este error en distancia define la buena, regular o mala precisión del levantamiento realizado.

CLASE DE LEVANTAMIENTO	ERROR EN DISTANCIA
Geodésicos	1: 10.000 ó más
En proyectos de ciudades y proyectos importantes.	1: 10.000 – 1: 4.000
En locales urbanos y rurales de cierto valor.	1: 4.000 – 1: 2.500
En proyectos agrícolas de valor medio.	1: 2.500 – 1: 1.500
En levantamientos de poco valor	1: 1.500 – 1: 1.000
Levantamientos de muy poco valor; de reconocimiento.	Menores 1: 1.000

En el caso del ejemplo, se tiene que:

$$\Delta_{N-S} = (24.433-24.713) = -0.280 \quad (\text{se tiene un exceso en la proyección sur})$$

$$\Delta_{E-W} = (26.449-26.267) = +0.182 \quad (\text{se tiene un exceso en la proyección Este})$$

Luego el error de cierre de toda la poligonal se calcula según la siguiente expresión:

$$\text{Error de cierre} = \delta = \sqrt{(\Delta_{N-S})^2 + (\Delta_{E-W})^2} = \sqrt{((-0.280)^2 + (0.182)^2)} = 0.3340 \text{ m.}$$

Ahora, el error expresado en forma unitaria, es decir como el número de metros en los cuales, proporcionalmente se cometería un error de Un (1) metro será:

$$\text{Error en distancia} = \text{longitud de la poligonal} / \text{error de cierre} = 82.74 / 0.3340 = 247.76$$

Se expresa: **1: 247.76**

Se interpreta de la siguiente manera: en 247.76 metros se tiene un error de Un (1) metro.

Luego la precisión del levantamiento es Baja.

### 8.5.2.2 Corrección de las Proyecciones.

La corrección que ha de hacerse a cada proyección se deduce de la siguiente relación:

La corrección de cada proyección es proporcional al error total referido a la suma de las proyecciones en cada uno de las direcciones (Norte – Sur) ó (Este – Oeste).

Para las proyecciones N-S se tiene:

$$\text{Correcciones N-S} = (\Delta_{N-S}) / (\Sigma N + \Sigma S) * \text{proyección (N-S)}$$

Para las proyecciones E-W se tiene:

$$\text{Correcciones E-W} = (\Delta_{E-W}) / (\Sigma E + \Sigma W) * \text{proyección (E-W)}$$

Debe tenerse en cuenta que para las proyecciones donde la suma ha dado mayor, la corrección es negativa y para las proyecciones donde la suma ha dado menor la corrección es positiva.

Luego, las proyecciones corregidas serán la suma algebraica de proyecciones anteriores más la respectiva corrección.

Ejemplo:

$$\begin{aligned}\text{Correcciones N-S} &= (\Delta_{N-S}) / (\Sigma N + \Sigma S) * \text{proyección latitud (N-S)} \\ &= (-0.280) / (49.146) * \text{proyección latitud (N-S)} \\ &= - 0.0056973 * \text{proyección latitud (N-S)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Correcciones E-W} &= (\Delta_{E-W}) / (\Sigma E + \Sigma W) * \text{proyección longitud (E-W)} \\ &= (-0.280) / (49.146) * \text{proyección longitud (E-W)} \\ &= (-0.0034525) * \text{proyección longitud (E-W)}\end{aligned}$$

Para la estación No.2 las correcciones de las proyecciones (N-S) y (E-W) respectivamente son:

$$\begin{aligned}\text{Correcciones N-S} &= (-0.0056973) * \text{proyección latitud (N-S)} \\ &= (-0.0056973) * (- 4.495) = 0.026\end{aligned}$$

Nótese que la corrección se hace positiva, debido a que la suma de proyecciones sur (-) es mayor que la suma de proyecciones norte.

Finalmente, la proyección corregida N-S para la estación  $\Delta 2$  quedará.

$$\text{Proyección corregida N-S} = (-4.495) + (0.026) = (-4.469).$$

$$\text{Correcciones E-W} = (-0.0034525) * \text{proyección longitud (E-W)}$$

$$= (-0.0034525) * (-19.858) = 0.069$$

En este caso, debido a que la suma de proyecciones Oeste (-) es menor que la suma de las proyecciones Este (+), a la corrección se debe asignar su signo negativo, es decir (-0.069) para que sume a la proyección Oeste (-).

$$\text{Luego la proyección corregida E-W será: } = (-19.858) + (-0.069) = (-19.927)$$

Análogamente, se realiza la corrección para cada una de las estaciones. A continuación se presenta la cartera de corrección de proyecciones.

CARTERA DE CORRECCION DE LAS PROYECCIONES										
ESTACION	DISTANCIA	AZIMUT	PROYECCIONES				PROYECCIONES CORREGIDAS			
			N(+)	S(-)	E(+)	W(-)	N(+)	S(-)	E(+)	W(-)
Δ1				0.026		-0.069				
	20.36	257° 14' 40"		-4.495		-19.858		-4.469		-19.927
Δ2			0.139			-0.022				
	25.26	345° 18' 10"	24.433			-6.409	24.572			-6.431
Δ3				0.021	-0.064					
	18.81	101° 31' 20"		-3.757	18.431			-3.736	18.367	
Δ3				0.094	-0.028					
	18.31	154° 1' 50"		-16.461	8.018			-16.367	7.990	
Δ1										
Σ =	82.74		Σ = 24.433	-24.713	26.449	-26.267	24.572	-24.572	26.358	-26.358
			Δ <sub>N-S</sub> =	-0.280	Δ <sub>E-W</sub> =	0.182	Δ <sub>N-S</sub> =	0.000	Δ <sub>E-W</sub> =	0.000
			ΣN+ΣS =	49.146	ΣE+ΣW =	52.716	ΣN+ΣS =	49.144	ΣE+ΣW =	52.715

$$\text{Error de cierre} = \delta = \sqrt{(\Delta_{N-S})^2 + (\Delta_{E-W})^2} = 0.3340$$

$$\text{Error} = \text{longitud} / (\text{error cierre}) = 247.76$$

$$\text{Precisión 1: error} = 1 : 247.76$$

$$\text{Correcciones N-S} = (\Delta_{N-S}) / (\Sigma N + \Sigma S) * \text{latitud} = -0.0056973 * \text{latitud}$$

$$\text{Correcciones E-W} = (\Delta_{E-W}) / (\Sigma E + \Sigma W) * \text{longitud} = 0.0034525 * \text{longitud}$$

### 8.5.3 Cartera de coordenadas de la poligonal de base.

Después de realizar la corrección de las proyecciones, se hace el cálculo de las coordenadas de cada estación. Inicialmente, se asigna unas coordenadas conocidas o arbitrarias a la primera estación ( $\Delta_1$ ), luego para el cálculo de las coordenadas de la estación No. 2 ( $\Delta_2$ ) se realizará la suma aritmética de las coordenadas de  $\Delta_1$  con las proyecciones de  $\Delta_2$ . De manera análoga, para cada estación ( $\Delta_i$ ) se realiza el cálculo teniendo en cuenta que se suman algebraicamente a las coordenadas de la estación anterior ( $\Delta_{i-1}$ ) las proyecciones de la estación  $\Delta_i$ .

Ejemplo: Se asigna a la Estación  $\Delta_1$  las coordenadas (1000,00; 1000,00)

$$\begin{aligned} \text{Proyecciones de } \Delta_2 : (\text{N-S}) &= (-4.469) \\ (\text{E-W}) &= (-19.927) \end{aligned}$$

Luego las coordenadas de la estación  $\Delta_2$  serán:

$$\begin{aligned} \text{Coordenada Norte } \Delta_2 &= \text{coordenadas norte } \Delta_1 + (\text{proyección (N-S) de } \Delta_2) \\ &= 1000,00 + (-4.469) \\ &= 995.531 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coordenada Este } \Delta_2 &= \text{coordenadas Este } \Delta_1 + (\text{proyección (N-S) de } \Delta_2) \\ &= 1000,00 + (-19.927) = 980.073 \end{aligned}$$

Para la estación  $\Delta_3$  será:

$$\begin{aligned} \text{Coordenada Norte } \Delta_3 &= \text{coordenadas norte } \Delta_2 + (\text{proyección (N-S) de } \Delta_3) \\ &= 995.531 + (24.572) \\ &= 1020.103 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coordenada Este } \Delta_3 &= \text{coordenadas Este } \Delta_2 + (\text{proyección (N-S) de } \Delta_3) \\ &= 980.073 + (-6.431) = 973.642 \end{aligned}$$

CARTERA DE COORDENADAS POLIGONAL DE BASE						
ESTACION	PROYECCIONES CORREGIDAS				COORDENADAS	
	N( + )	S( - )	E( + )	W( - )	NORTE	ESTE
$\Delta_1$					1000.00	1000.00
		-4.469		-19.927	995.531	980.073
$\Delta_2$						
	24.572			-6.431	1020.103	973.642
$\Delta_3$						
		-3.736	18.367		1016.367	992.010
$\Delta_4$						
		-16.367	7.990		1000.000	1000.000
$\Delta_1$						

### 8.5.4 Cartera de coordenadas de los detalles

Conocidas las coordenadas de cada estación, se procede a calcular las coordenadas de los detalles. Para esto, los azimutes de los detalles no se corrigen ya que no varían significativamente:

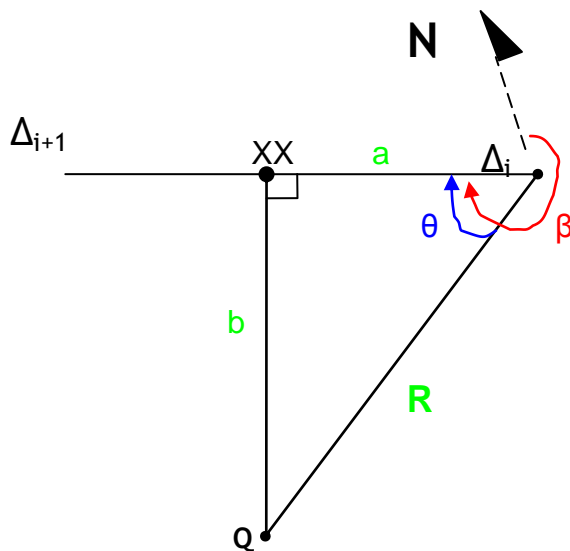
Cada vértice está referido a una determinada estación (radiación); luego para conocer las coordenadas de un punto Q, solo basta con sumar a las coordenadas de la estación, las respectivas proyecciones (Norte, Este) del punto Q.

Sin embargo, cuando un determinado punto Q se ha referenciado a partir de una normal a una abscisa cualquiera dentro de un alineamiento se debe convertir esta información a coordenadas radiales desde uno de las estaciones más próximas al punto. El procedimiento será como sigue:

Del punto Q se conoce:

1. La abscisa desde donde se tomo la normal.
2. Distancia normal desde la abscisa hasta el punto.
3. El lado Izquierdo o Derecho respecto al alineamiento.

Si además se conoce la abscisa y el azimut de la estación más próxima al punto, seguramente podrá calcularse del punto Q el radio y azimut.



**CONVENCIONES:**

- Q = Punto vértice del lote.
- XX = abscisa de la proyección del punto Q sobre  $\Delta_i - \Delta_{i+1}$ .
- a = Distancia desde  $\Delta_i$  hasta la abscisa XX normal al punto Q.
- b = Distancia normal desde la abscisa XX hasta Q.
- $\beta$  = Azimut de alineamiento  $\Delta_i - \Delta_{i+1}$ .

**Incógnitas:**

- $\theta$  = ángulo  $XX - \Delta_i - Q$
- R = radio deducido.

Ejemplos:

1. Calcular las coordenadas de un punto 1a definido por radiación:

$$\begin{aligned}
 \text{Coordenada Norte (1a)} &= \text{coordenadas norte } \Delta_1 + (\text{proyección N-S de 1a}) \\
 &= 1000.00 + R * \text{Cos} (\beta) \\
 &= 1000.00 + 4.47 * \text{Cos} (58^\circ 05' 20'') \\
 &= 1000.00 + 2.363 \\
 &= 1002.363 \text{ metros}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Coordenada Este (1a)} &= \text{coordenadas Este } \Delta_1 + (\text{proyección E-W de 1a}) \\ &= 1000.00 + R * \text{Seno } (\beta) \\ &= 1000,00 + 4.47 * \text{Seno } (58^\circ 05' 20'') \\ &= 1000.00 + 3.794 \\ &= 1003.794\end{aligned}$$

2. Calcular las coordenadas de un punto Q (1e en la cartera de campo ilustrada anteriormente), definido por una normal al alineamiento:

De la cartera de campo se observa que el punto 1e se ha tomado por normales. Los datos de este punto son:

$$\begin{aligned}\text{Abscisa} &= K0+003.74 \\ \text{Detalle al lado Izquierdo} \\ \text{Normal} &= 5.83 \text{ metros}\end{aligned}$$

Además, la estación más próxima es  $\Delta_1$  cuya abscisa es = K0+000 y el azimut del alineamiento  $\Delta_1 - \Delta_2 = 257^\circ 14' 40''$ .

Primero se determina el valor de las siguientes distancias:

$$\begin{aligned}a &= \text{abscisa desde el punto normal} - \text{abscisa de estación anterior} \\ &= k0+ 003.74 - K0+000 = 3.74 \text{ metros.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= \text{valor de la normal.} \\ b &= 5.83 \text{ metros.}\end{aligned}$$

Ahora, de la expresión  $R^2 = a^2 + b^2$  (triángulo rectángulo), se encuentra que,

$$R = \sqrt{((3.74)^2 + (5.83)^2)} = 6.927 \text{ metros.}$$

Para el cálculo del ángulo  $\Theta$  se utiliza la fórmula trigonométrica:

$$\Theta = \tan^{-1} (b/a) = \tan^{-1} (5.83/3.74) = 57^\circ 19' 10''$$

Luego el azimut del punto 1e será:

$$\text{Azimut (Q)} = \text{Azimut } (\Delta_1 - \Delta_2) - \Theta = 257^\circ 14' 40'' - 57^\circ 19' 10'' = 199^\circ 55' 30''$$

Ahora, se podrá calcular la cartera de coordenadas para todos los puntos del lote como se registra en la cartera de coordenadas de los detalles.

## CARTERA DE DETALLES

<b>Δ1</b>								<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>
	1a	4.47	58° 5' 20"	2.363		3.794		1002.363	1003.794
	1b	6.75	62° 43' 20"	3.094		5.999		1003.094	1005.999
	1c	7.82	103° 20' 0"		-1.803	7.609		998.197	1007.609
	1d	5.94	207° 30' 40"		-5.268		-2.744	994.732	997.256
	1e	6.93	199° 55' 30"		-6.515		-2.362	993.485	997.638
<b>Δ2</b>								<b>995.531</b>	<b>980.073</b>
	2a	9.55	201° 36' 40"	-8.879			-3.517	986.652	976.556
<b>Δ3</b>								<b>1020.103</b>	<b>973.642</b>
	3a	9.85	287° 40' 20"		2.990	-9.385		1023.093	964.257
	3b	7.01	307° 35' 40"	4.277		-5.554		1024.380	968.088
	3c	5.92	310° 11' 40"		3.821	-4.522		1023.924	969.120
	3d	8.98	344° 20' 0"		8.646	-2.425		1028.749	971.217
	3e	12.35	24° 57' 40"		11.196	5.212		1031.299	978.854
<b>Δ4</b>								<b>1016.367</b>	<b>992.010</b>
	4a	7.94	261° 39' 20"		-1.152	-7.856		1015.215	984.154
	4b	6.89	60° 32' 20"	3.389	3.389	5.999		1023.145	998.009
<b>Δ1</b>								<b>1000.000</b>	<b>1000.000</b>

## 8.5.5. Cartera de áreas.

El cálculo del área del lote, se realiza siguiendo la metodología aplicada anteriormente (método de las cruces), pues se conocen todas las coordenadas de los puntos que definen el lote. A continuación se presenta la cartera del cálculo de áreas del ejemplo propuesto:

PUNTO	COORDENADAS		$N_i \times E_{i+1}$	$E_i \times N_{i+1}$	2A
	NORTE	ESTE	( + )	( - )	
1a	1002.363	1003.794			
1b	1003.094	1005.999	1,008,376.176	1,006,899.739	1,476.437
1c	998.197	1007.609	1,010,726.542	1,004,185.184	6,541.358
1d	994.732	997.256	995,457.947	1,002,300.916	-6,842.968
1e	993.488	997.639	992,383.438	990,761.869	1,621.569
2a	986.652	976.556	970,196.667	984,322.515	-14,125.847
3a	1023.093	964.257	951,386.098	999,107.608	-47,721.510
3b	1024.380	968.088	990,444.056	987,765.586	2,678.471
3c	1023.924	969.120	992,747.146	991,248.537	1,498.608
3d	1028.749	971.217	994,452.396	996,981.231	-2,528.835
3e	1031.299	978.854	1,006,995.074	1,001,615.121	5,379.953
4a	1015.215	984.154	1,014,957.036	993,747.264	21,209.772
4b	1023.145	998.009	1,013,193.707	1,006,932.244	6,261.463
1a	1002.363	1003.794	1,027,026.812	1,000,367.295	26,659.517
				$\Sigma =$	2,107.987



$$\text{Area} = \frac{2,107.987}{2} = 1,503.99 \text{ m}^2$$

## 8.6 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Chequeo del levantamiento.
- Cartera de coordenadas de la poligonal de base.
- Cartera de coordenadas de los detalles.
- Cartera de áreas.
- Cálculo de la escala para el dibujo.
- Dibujo a escala del lote levantado.
- Conclusiones.

## PRACTICA No. 9

Trabajo de fin de curso de acuerdo con el Programa Especial.

### OBJETIVOS

- ◆ Aplicar los conocimientos adquiridos en las prácticas anteriores para el levantamiento de un lote por el método de azimutes directos.
- ◆ Adquirir destrezas para la elaboración de un plano topográfico.

Lugar:

Equipo:

- 1 Teodolito
- 1 brújula
- 1 Trípode
- 5 jalones
- 1 cinta
- 2 plomadas
- 1 machete
- 1 maceta
- 3 Piquetes
- estacas de punto
- estacas testigo
- Puntillas
- Pintura

Fecha:

## 9.1 GENERALIDADES.

El trabajo de fin de curso tiene como objetivo fundamental que los alumnos apliquen los conocimientos adquiridos durante las clases tanto teóricas como prácticas, para el levantamiento de un lote cumpliendo con todos los requisitos que ameritan tal trabajo.

Para ello, cada comisión de topografía puede elegir un lote de su predilección que puede ser un lote de una finca de alguno de los integrantes, satisfacer una necesidad que requiera la comunidad en la que se aplique el objetivo del trabajo de fin de curso o bien el profesor puede asignar el lugar en que se desarrollará el trabajo.

## 9.2 REQUISITOS PARA EL LEVANTAMIENTO.

De acuerdo con las instrucciones del profesor serán los requisitos para el trabajo, pero como mínimo debe desarrollarse lo siguiente:

1. El levantamiento del lote se hará aplicando el método de azimutes directos con una poligonal cerrada.
2. Cada vértice de la poligonal debe materializarse con estaca de punto y con puntilla y debe colocarse la estaca de testigo en la que se indicará la estación y abscisa correspondiente.
3. El proyecto debe tener su orientación con brújula, la cual debe indicarse en los planos que se presenten del mismo.
4. En cuanto a la toma de detalles, estos deben tomarse por radiación desde cada estación en los puntos en que sea posible tener visibilidad y sea posible medir su distancia. En caso contrario, los detalles se tomarán por abscisas y normales, tal como se indica en la práctica No. 2.
5. La poligonal de base debe referenciarse aplicando los conocimientos y metodologías adquiridas en la práctica No. 6
6. Debe hacerse el cálculo de coordenadas tanto de la poligonal de base como de los detalles.
7. Debe calcularse el área del lote, clasificando tanto el área construida como zonas verdes.
8. La tolerancia para el cierre de la poligonal de base será:

$$T = A \times n$$

Donde:

A: aproximación del teodolito.

n: Número de estaciones de la poligonal de base

9. La Precisión de cierre de la poligonal de base en distancia será mayor o igual que 1:1000.
10. Los demás requisitos de acuerdo con el modelo del plano adjunto elaborado por los profesores del Departamento de Vías y Transporte de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

### **9.3 EQUIPO.**

Cada comisión buscará al profesor correspondiente a fin de obtener la orden para el retiro del equipo necesario para el trabajo. Cabe anotar que esta orden se entregará en blanco, firmada por el docente a fin de que cada grupo defina el material que necesita.

Cada comisión debe tener en cuenta que debido a la gran cantidad de comisiones que tiene la facultad de Ingeniería Civil (topografía I, topografía II, vías I y vías II) y las facultades de Ingeniería Ambiental y Forestal habrá déficit de equipos por lo que se recomienda iniciar el trabajo a la mayor brevedad y realizar el trabajo bien hecho con celeridad, con el fin de cumplir con las fechas programadas para la sustentación.

### **9.4 DOCUMENTOS POR ENTREGAR DEL PROYECTO.**

Para la fecha de sustentación del proyecto final en la fecha programada debe entregarse lo siguiente:

1. Cartera de campo ORIGINAL en la que se registraron todos los datos.
2. Procesamiento de la información recolectada en el programa TOPO de la Facultad.
3. Plano del levantamiento.
4. El soporte de todo el trabajo realizado con el fin de aportarlo y sustentarlo en la fecha programada.

## **9.5 SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO.**

Para la fecha de sustentación del proyecto final debe retirarse del almacén de topografía el mismo equipo empleado para el trabajo, a fin de verificar en el campo la veracidad de la información recolectada.

## PRACTICA No. 10

Conocimiento y manejo de la estación total.

### OBJETIVOS

- ◆ Conocer las partes constitutivas, estacionamiento y nivelación de la estación total.
- ◆ Aprender a manejar la estación total.
- ◆ Establecer la importancia de la estación total en un levantamiento topográfico.
- ◆ Realizar el levantamiento de un lote con la estación total.

Lugar:

Equipo:

- 1 Estación total
- 1 Trípode
- 1 Prisma
- 1 Brújula
- 1 Cinta
- 2 Jalones

Fecha:

## 10.1 GENERALIDADES.

Se conoce como Estación Total a la combinación de un teodolito electrónico, un medidor de distancias electrónico y un procesador, por lo que con una estación total se pueden medir rápidamente y con exactitud, ángulos horizontales y verticales, distancias horizontales, verticales e inclinadas con su respectiva dirección, y las coordenadas horizontales y verticales de un punto.

Debido a que la Estación Total trabaja con un procesador, la información recolectada pueda almacenarse en un colector de datos que puede ser enviada a un computador directamente para elaborar el dibujo.

La Estación Total dispone de un teclado que varía dependiendo de cada modelo, con el que se le dan las instrucciones de control. Para la presente práctica se tomará el modelo GTS 213 de Topcon.

Ya que esta Estación está compuesta de muchos elementos de vidrio tales como lentes y prismas y elementos electrónicos, es un elemento delicado por lo que su uso, empaque y traslado debe ser cuidadoso ya que las reparaciones son bastante costosas.

## 10.2 ESTACIONAMIENTO Y NIVELACIÓN.

Al igual que un teodolito, esta Estación dispone de un trípode que debe centrarse con la ayuda de una plomada. Por lo anterior, el trípode debe colocarse de tal manera que tenga su base lo más horizontal posible, a una altura adecuada para las lecturas de tal manera que el operador de la estación no tenga que agacharse o empinarse para lanzar las visuales, y debe quedar en una posición segura que garantice la estabilidad del aparato, colocando las patas del trípode distribuidas formando un triángulo equilátero.



Para asegurar un estacionamiento rápido, es necesario que la plomada que se ajusta al trípode quede dentro del taco (estaca de punto).

Posteriormente se nivela la estación al igual que un teodolito (con sus tornillos de nivelación), siguiendo el procedimiento descrito en la práctica No. 3 verificando que la burbuja del nivel tubular quede centrada.

Al igual que los teodolitos de plomada, esta Estación dispone de una plomada óptica que permite verificar que el aparato está colocado justamente sobre la puntilla del taco (estaca de punto). Si la puntilla aparece desviada con respecto al cruce de los retículos de la plomada óptica, significa que debe moverse el aparato hasta lograr el punto exacto, soltando el tornillo del trípode levemente para facilitar su desplazamiento, y luego se hacen movimientos en cruz.

Una vez el cruce de retículos de la plomada óptica coincide con la puntilla, se aprieta nuevamente el tornillo del trípode y se nivela nuevamente la Estación con sus tornillos de nivelación.

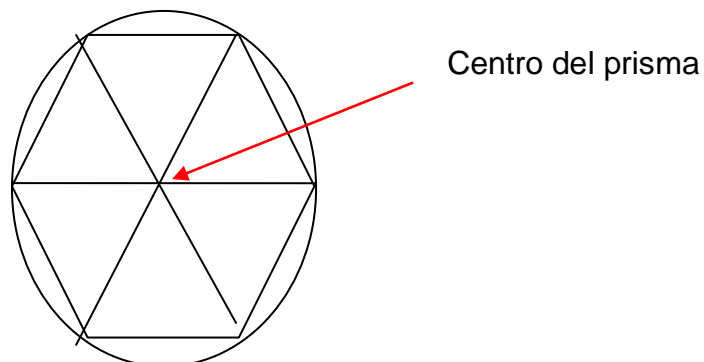
Este proceso se repite sucesivamente hasta lograr que el equipo quede nivelado y centrado en la puntilla del taco (estaca de punto).

### 10.3 MEDICIONES.

Para la toma de datos es preciso efectuar una planeación. Se debe tener claro los puntos del lote. Si es un lote cerrado (poligonal cerrada) deben definirse los vértices o estaciones (deltas) al igual que una poligonal abierta. Si es una poligonal abierta para el levantamiento topográfico de una vía, la toma de datos debe concentrarse especialmente en las curvas, ya que una inadecuada toma de datos en estos puntos produce desviaciones en los alineamientos rectos.

En la toma de datos debe colocarse el prisma en el punto específico; es decir, si se trata de una poligonal cerrada, el prisma debe colocarse en los vértices o estaciones (deltas) de la poligonal y en algunos puntos intermedios para la generación de la topografía detallada (curvas de nivel) que se tratará en altimetría (Topografía II).

Debe enfocarse el visor de la Estación justo en el centro del prisma en donde se concentran los radios del hexágono del prisma. De lo contrario, la Estación no podrá hacer las lecturas.






## 10.4 INSTRUCCIONES DE MANEJO DE LA ESTACIÓN.

Para un adecuado manejo de la estación, siga las instrucciones que se describen a continuación.

### 9.4.1. Encendido de la Unidad y puesta en funcionamiento.

- Presione el botón de encendido 
- Suelte el tornillo de movimiento vertical
- Gire el antepecho de la unidad 90° verticalmente.






### 10.4.2. Tipos de lecturas.

Con la Estación hay 3 tipos de lecturas que se pueden realizar: Coordenadas, distancias y ángulos.



ángulo vertical y horizontal.

- Con el botón  se leen coordenadas Norte, Este y Z (cotas).
- Con el botón  se lee ángulo vertical (V), ángulo horizontal (HD) y distancia inclinada (DI). Si este botón se presiona por segunda vez, se harán lecturas de ángulo horizontal (HD), distancia horizontal (DH) y distancia vertical (DV).
- Con el botón  se lee

### 10.4.3. Reiniciar la Estación Total.




Para reiniciar la estación realice los siguientes pasos:

- Presione
- Presione  “Manejo de memoria”.
- Presione  para desplazar al siguiente menú de la pantalla.
- Presione  “Inicializar”
- Presione  “[Si]” para confirmar la instrucción.
- Presione  2 veces para volver a la pantalla inicial.

### 10.4.4. Ingreso de datos del punto estacionado.






Para que la Estación pueda calcular las coordenadas de las lecturas que se realicen, se requiere alimentarla con los datos del punto en donde está ubicada la Estación. Para esto se requiere:

- Presionar
- Oprimir  “Replanteo”
- Luego  “Ingresar estación ocupada”
- Después  “NEZ”
- Presione  “[Ingre]” para introducir los datos N, E y Z (coordenadas Norte, Este y Cota).
- Luego de digitar la coordenada Norte, se presiona  “[Ingre]”.
- Después se digita la coordenada Este y se presiona  “[Ingre]”
- Finalmente se digita la coordenada Z (Cota) y luego  “[Ingre]”
- Posteriormente la Estación pregunta “Regist?”; es decir, si registra la información. Se debe oprimir la tecla  “[Si]”, para finalmente presionar la tecla  .




- A continuación, la estación pregunta la altura instrumental. Se pulsa  “[Ingre]”, se digita la altura para finalmente presionar las teclas  y  2 veces para volver a la pantalla principal.

#### 10.4.5. Ajustar directamente la Altura Instrumental y la Altura del Prisma.

Debido a que la Estación requiere la información de la altura instrumental y la altura del prisma, esta se almacena directamente siguiendo estos pasos:


- Pulse  y luego .
- Presione  para introducir la altura del prisma y/o  para almacenar la altura instrumental y/o  para ajustar las coordenadas N, E y Z. Se continúa como se indicó en el numeral anterior.

#### 10.4.6. Ajuste de ángulos en cero para lectura de azimutes.

- Con la brújula, se orienta la Estación con respecto a la Norte y luego se fija el movimiento horizontal del aparato.
- Presione  .
- Oprima  “0°”
- Luego la estación pregunta “Instala Ang. Hz 0°”, es decir, si ajusta el ángulo horizontal en ceros. Para confirmar presione  “[Si]”.

#### 10.4.7. Toma de Lecturas.

Tal como se indicó en el numeral 9.4.2, existen 3 botones que realizan lecturas.

- Dé vista al prisma.
- Presione cualquiera de las teclas descritas en el numeral 9.4.2 de acuerdo con lo que desea realizar.
- Oprima  “[Med]”. Luego de un pitido largo producido por la Estación, se tienen los datos requeridos para anotarlos en la cartera.
- Si simultáneamente se desean obtener otros datos diferentes a los establecidos en el paso 2, pulse la tecla correspondiente de acuerdo con las teclas descritas en el numeral 9.4.2.

#### 10.4.8. Levantamiento por Radiación.

La Estación Total posee una memoria que almacena la información recolectada, por lo que resulta rápido realizar un levantamiento topográfico por radiación. Para esto realice los siguientes pasos:

- Pulse
- Luego  “Replanteo”
- Después digite  para visualizar el menú siguiente.
- A continuación  “Punto nuevo”.
- Luego  “Radiación”
- Posteriormente presione la tecla  para ingresar el número del punto a radiar que debe ser diferente de 1, ya que 1 es el número del punto en donde está ubicada la Estación Total.
- Después de digitar el número del punto, se pulsa  “[Intr]”
- Luego la estación pregunta la altura del prisma. Si esta se ha introducido anteriormente, muestra por defecto al valor almacenado, de lo contrario muestra como valor por defecto cero (0). Se digita al valor de la altura del prisma si es necesario y luego se pulsa  “[Intr]”.
- Se da vista al prisma
- Se presiona  “[Si]”
- Luego la estación pregunta si se almacena el dato, por lo que nuevamente se oprime  “[Si]” y/o de ser necesario se anotan los datos en la cartera.
- Se continúa desde el paso 6 hasta terminar la radiación.

#### 10.5. PASOS A SEGUIR PARA EFECTUAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL.

- Revisar que la batería de la Estación Total esté cargada completamente.
- Efectuar un recorrido del sitio del levantamiento para hacer un reconocimiento y exploración del mismo.

- Definir las posibles estaciones en donde se instalará la estación total para realizar la toma de la mayor cantidad de detalles posibles.
- Realizar un dibujo a mano alzada detallado de la zona a la cual se le va a realizar el levantamiento topográfico con la estación total.
- Estacionar el equipo e introducir en la estación total, el nombre del proyecto. Indicar en el dibujo a mano alzada el punto en que se ha estacionado de acuerdo con el consecutivo del # del punto que indica la estación total. Esto con el fin de identificarlo posteriormente en el dibujo en computador.
- Efectuar el levantamiento topográfico en cada uno de los puntos representativos del terreno que sean necesarios e identificar en el dibujo a mano alzada el punto correspondiente de acuerdo con el consecutivo que indica la estación total.
- Se continúa de igual manera para los demás deltas, orientando la estación total con respecto al delta anterior. Tener en cuenta que en el dibujo a mano alzada, deben unirse aquellos puntos que corresponden a un mismo sitio, como por ejemplo, los puntos radiados que corresponden a un borde de vía, un paramento de una edificación, un cerco, etc.
- Conectar la estación total al computador para descargar los datos tomados, con el software que viene incluido con la estación total.
- Importar los datos descargados en Excel para identificarlos y depurar los datos erróneos si llegaran a existir.
- Importar los datos al programa de computador que se va a utilizar para el dibujo de la topografía (Topowin, Eagle point, Autocad Land, CartoMap, etc.) , uniendo aquellos puntos que corresponden de acuerdo con el dibujo a mano alzada.

## **10.6. INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.**

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Cartera de campo con el dibujo a mano alzada.
- Cartera de coordenadas.
- Cartera de áreas.
- Cálculo de la escala para el dibujo.
- Dibujo a escala del lote levantado.
- Conclusiones.

## PRACTICA No. 11

Medición de áreas con Planímetro.

### OBJETIVOS

- ◆ Identificar los diferentes tipos de planímetros.
- ◆ Aprender a utilizar el planímetro.
- ◆ Realizar ejercicios prácticos para el cálculo de áreas en planos elaborados a diferentes escalas.

Lugar:

Equipo:

- 1 Planímetro Análogo
- 1 Planímetro Digital
- 1 Escala
- 2 Escuadras
- 1 Hoja de papel cuadriculado
- 1 Lápiz, borrador, etc.
- Plano del trabajo final o de otro proyecto elaborado

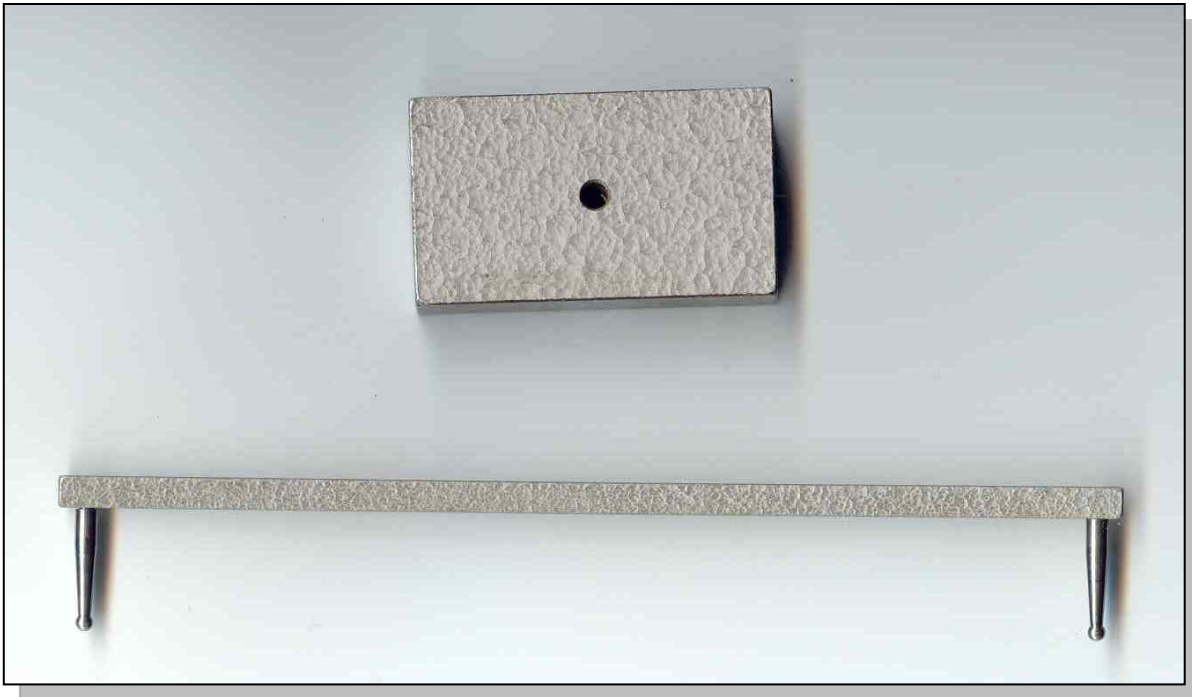
Fecha:

### 11.1 GENERALIDADES.

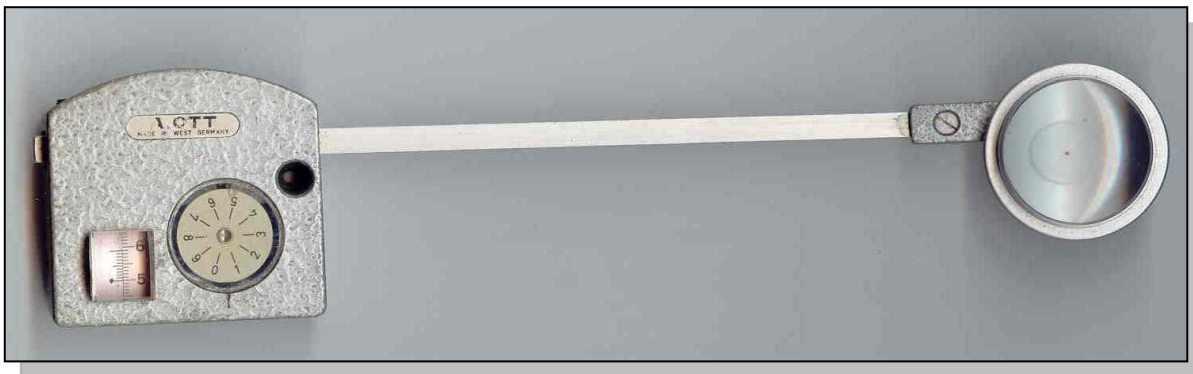
El Planímetro es un dispositivo Análogo o Digital que se emplea para la medición de áreas sobre un plano dibujado a escala.

### 11.2 PLANIMETRO ANALOGO.

El Planímetro Análogo consta de 3 elementos: Un polo (parece una pesa), un Brazo Polar y un Brazo Trazador.



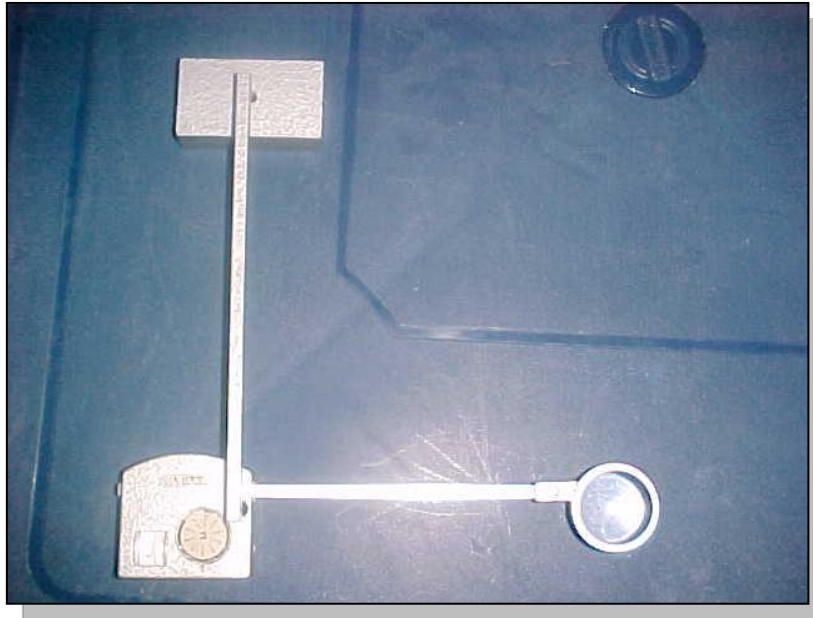
Polo y Brazo Polar



Brazo Trazador

### 11.2.1 Montaje del Planímetro Análogo.

Para ello debe observarse que tanto el Polo como el Brazo Trazador disponen de una perforación sobre la que se monta el Brazo Polar.



Montaje del Planímetro Análogo

Para la toma de lecturas, debe procurarse siempre que El Brazo Polar y el Brazo Trazador no formen entre sí ángulos muy agudos o muy obtusos.

### 11.2.2. Toma de Lecturas.

El Brazo Trazador dispone en uno de sus extremos de una “lupa” con un punto de color rojo o un círculo pequeño en su centro llamado índice del Brazo Trazador, utilizado para seguir la trayectoria del perímetro de la figura por medir el área.



Índice del Brazo Trazador



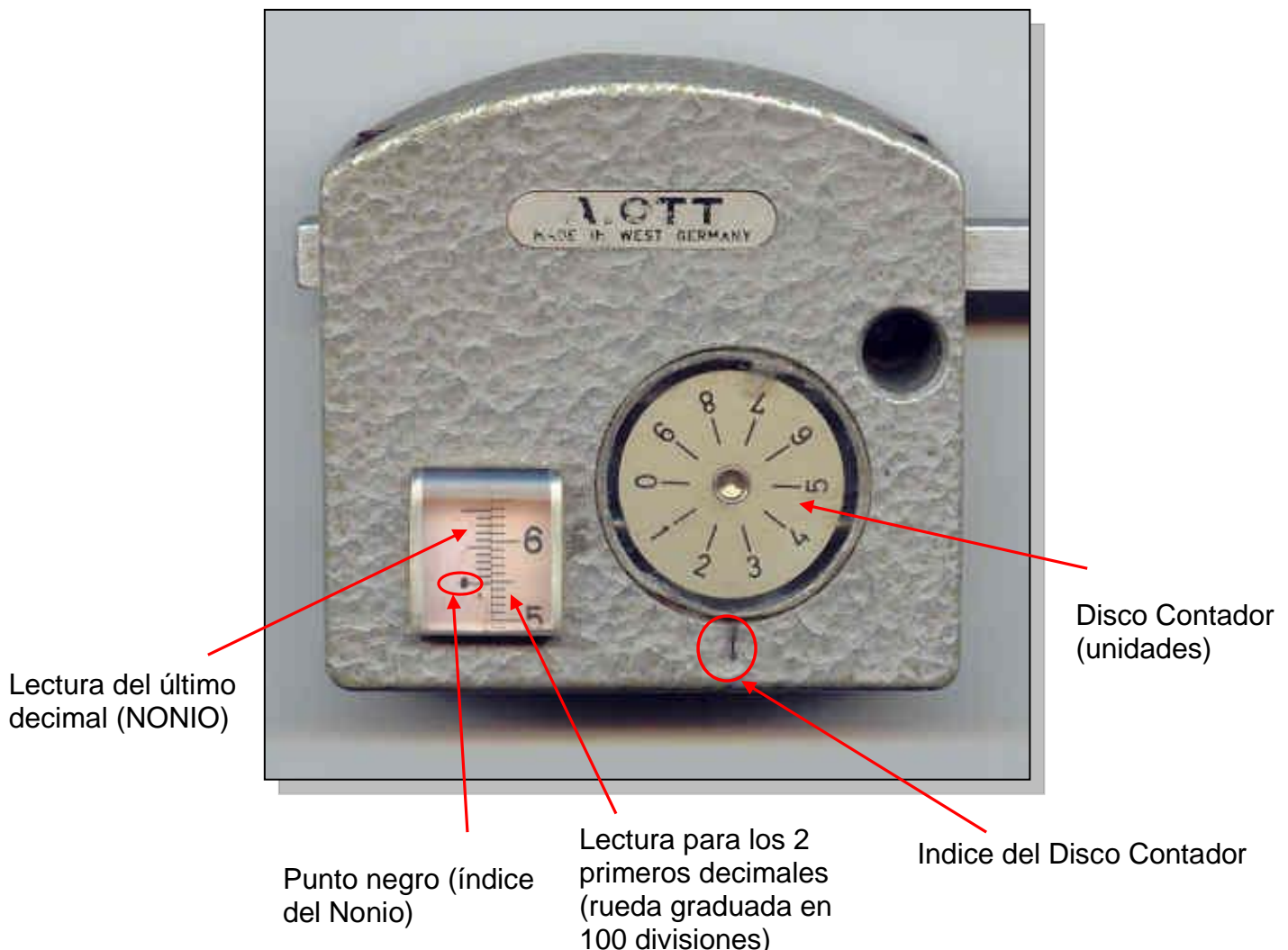
El recorrido debe hacerse en el sentido de las manecillas del reloj y si por alguna razón llegare a haber alguna desviación durante el recorrido, se debe retroceder por el mismo camino equivocado para eliminar el error.

Si el área a medir es pequeña, el Planímetro debe quedar fuera del plano. Si el área es grande, el Planímetro debe quedar dentro de la figura, y si es muy grande, se debe descomponer la figura a medir en varias más pequeñas que se miden individualmente.

Antes de iniciar el recorrido sobre la figura, se debe hacer la lectura inicial en el punto de partida con el índice del Brazo Trazador para de determinar la longitud del recorrido exacta.

Para las lecturas en el Brazo Trazador se debe tener en cuenta que cada lectura tiene una parte entera y tres decimales. Por ejemplo: 0.253

La parte entera se lee en el Disco Contador (círculo derecho) graduado de 0 a 9 (relación 10:1)



En la ilustración anterior se observa que el índice del Disco Contador apunta en el Disco Contador, a un valor entre dos (2) y tres (3). Por lo tanto, la parte entera de la lectura corresponde al menor valor o sea dos (2).

A continuación se procede a leer los 2 primeros decimales. Para ello se observa que en el NONIO, la primera línea (cero) posee un pequeño punto negro (índice del nonio). En la ilustración, el índice indica en la rueda graduada (regla derecha) que los siguientes decimales apuntan al valor cincuenta y cuatro (54).

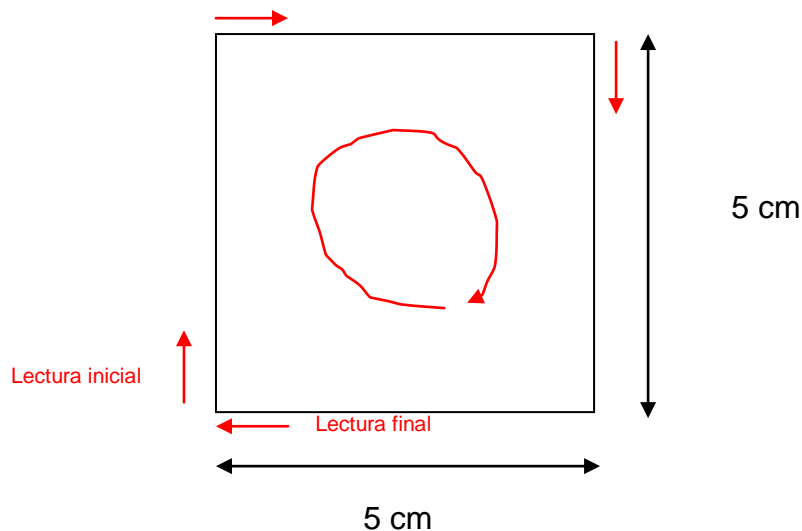
Finalmente el último dígito será aquel que se lee en el NONIO, cuyo valor será aquel que coincide entre una de las líneas del nonio y la división de la escala derecha, en este caso la división ocho (8).

De acuerdo con lo anterior, el valor de lectura completo es 2.548

### 11.2.3 Cálculo de la constante del planímetro.

Para calcular áreas con el Planímetro Análogo, es preciso calcular una constante que afectará las lecturas realizadas.

Para ello, sobre un papel debe dibujarse a escala (1:100 por ejemplo), un cuadrado de 5 cm de lado, cuya área es de  $25 \text{ cm}^2$ .



Luego se coloca el Planímetro con la punta trazadora (la “lupa”) en uno de sus vértices y se hace una lectura inicial que indica el punto de arranque para la lectura. Se hace el recorrido en el sentido de las manecillas del reloj sobre la línea que conforma el contorno del cuadrado (perímetro) hasta llegar nuevamente al punto inicial. En este momento y con mucho cuidado se hace una lectura final.

La diferencia de lectura final y la lectura inicial permite calcular la longitud total recorrida en el perímetro del cuadrado. Este valor se anota y se repite el proceso al menos tres (3) veces, de tal manera que la variación entre las lecturas obtenidas no sea mayor a 0.010 (error máximo permisible).

Lectura	Lectura Inicial	Lectura Final	$\Delta_L$	$\Delta_L$ PROMEDIO
1	0.009	0.251	0.242	0.242
2	0.253	0.496	0.243	
3	0.498	0.739	0.241	

Posteriormente se calcula el promedio de las lecturas para luego hacer la siguiente regla de tres: Si 25 cm<sup>2</sup> equivalen a 0.242 vueltas del Planímetro, a cuánto equivale (K) una vuelta del Planímetro?

$$25 \text{ cm}^2 \longrightarrow 0.242 \text{ vueltas del Planímetro}$$

$$K \longleftarrow 1 \text{ Vuelta del Planímetro}$$

Se despeja el valor de K, y se obtiene la constante requerida:

$$K = \frac{25 \times 1}{0.242} = 103.305 \approx 100$$

#### 11.2.4 Cálculo del área.

Para calcular el área de una figura, debe obtenerse el promedio de tres (3) lecturas de tal manera que estas no superen el valor de error máximo permisible, es decir, que la variación entre lecturas no supere 0.010.

Posteriormente se aplica la expresión:

$$\text{AREA} = K \times \Delta_L \times E^2$$

En donde K es la constante del Planímetro,  $\Delta_L$  es la diferencia de lecturas ( $L_F - L_I$ ) y E es módulo escalar (escala del plano). Las unidades en que es expresada el área son las mismas que la escala. Por lo tanto si la escala está expresada en

centímetros, el área resultante está dada en  $\text{cm}^2$ . Si la escala se expresa en metros, el área obtenida será en  $\text{m}^2$ .

### 11.3 PLANIMETRO DIGITAL.

El manejo de este Planímetro es mucho más sencillo ya que no requiere de lecturas previas u obtención de constante alguna. Basta con introducir la escala del plano en la memoria, se hace el recorrido con la punta trazadora sobre el contorno de la figura y el Planímetro da el área como resultado.



Planímetro Digital

#### 11.3.1 Conocimiento del Teclado de la Unidad.

Es indispensable familiarizarse con el teclado y la programación de la Unidad antes de utilizarla, pues de lo contrario pueden obtenerse resultados erróneos.



### 11.3.2 Encendido/Apagado de la Unidad.

Para encender la unidad se debe presionar la tecla **ON/C**. Para apagar la unidad, basta con pulsar la tecla **OFF**. Se debe tener en cuenta que al apagar la unidad, no se borra de la memoria la escala que se ha almacenado previamente.

### 11.3.3 Escala.

Para obtener el valor del área se requiere almacenar en la memoria de la unidad, el valor de la escala en centímetros que se encuentra en el plano. Para ello:

- a. Encienda la unidad
- b. Digite el valor de la escala. Si la escala del plano es 1:125, el valor a digitar será **125** con el teclado numérico que dispone la unidad.
- c. A continuación presione la tecla **SCALE**
- d. Finalmente pulse la tecla **ON/C**

Si se desea verificar cuál es la escala almacenada en memoria presione la tecla **SF ?**

### 11.3.4 Unidades para los resultados.

El Planímetro Digital permite obtener los resultados de áreas en varias unidades independientemente de la escala del plano. Para cambiar las unidades se debe hacer lo siguiente:

- a. Encienda la unidad. A la derecha de la pantalla digital aparecen las siguientes unidades:  $\text{cm}^2$ ,  $\text{m}^2$  y  $\text{km}^2$  o bien  $\text{In}^2$ ,  $\text{ft}^2$  y acre.
- b. Cualquiera que sea la presentación, esta puede cambiarse presionando la tecla **m.** → **ft.**
- c. Para cambiar entre  $\text{cm}^2$ ,  $\text{m}^2$  y  $\text{km}^2$  basta con presionar el botón **UNIT**. En ese momento se observa que un punto se situará en frente de la unidad elegida.

Debe tenerse en cuenta que al apagar el Planímetro, las unidades que se han ajustado no varían.

### 11.3.5 Medición de áreas.

Para medir un área debe ajustarse previamente la escala y las unidades para los resultados. Se ubica la punta trazadora en el inicio que se ha elegido y se presiona la tecla **START**. A continuación se hace el recorrido sobre el contorno de la figura sobre el plano al igual que con el Planímetro Análogo y al llegar al punto inicial se presiona la tecla **END**. En este momento el valor obtenido desaparece de la pantalla (este valor se almacena en memoria) por lo que se debe presionar la tecla **AVER** para obtener el valor del área en las unidades definidas en el numeral 10.3.4.

## 11.4 INFORME POR ENTREGAR DE LA PRÁCTICA.

- Portada de la práctica.
- Objetivos (con sus propias palabras).
- Descripción detallada de las actividades desarrolladas en la práctica.
- Datos obtenidos para el cálculo de la constante del planímetro y el valor de dicha constante.
- Datos medidos con el planímetro para el cálculo del área del lote y el valor del área obtenida.
- Conclusiones.

## BIBLIOGRAFIA

**DUQUE OSSA, ALVARO.** MANUAL DE PRACTICAS DE TOPOGRAFIA - PLANIMETRIA. Universidad del Cauca. 1989.

**BALLESTEROS,** Nabor Tena. TOPOGRAFIA. Limusa, Noriega Editores, 1998. México.

**BANNISTER,-RAYMOND-BAKER.** TECNICAS MODERNAS DE TOPOGRAFIA. México, 2002.

**BRINKER,** Russel y **WOLF,** Paul. TOPOGRAFÍA, 9ª Edición. Alfaomega, 1998. ISBN 958-682-089-0

**DE CORRAL MANUEL DE VILLENA,** Ignacio. TOPOGRAFIA DE OBRAS. Alfaomega, México, 2000.

**GARCÍA MÁRQUEZ,** Fernando. CURSO BASICO DE TOPOGRAFIA. México, 1994.

**MacCORMAC** Jack. TOPOGRAFIA. Limusa Wiley, Noriega Editores. México, 2004

**MONTES DE OCA.** TOPOGRAFÍA, Cuarta Edición. Alfaomega, 1989. ISBN 968-6062-04-1.

**TORRES** , Nieto Alvaro y **VILLATE** Bonilla Eduardo. TOPOGRAFIA, Cuarta Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001. ISBN 958-8060-12-5

**NOPE RODRIGUEZ,** Hernán. Conferencias de clase, Universidad del Cauca.