

Topografía

JOSE EDMUNDO FUENTES GUZMAN

Red Tercer Milenio

TOPOGRAFÍA

TOPOGRAFÍA

JOSE EDMUNDO FUENTES GUZMAN

RED TERCER MILENIO



AVISO LEGAL

Derechos Reservados © 2012, por RED TERCER MILENIO S.C.

Viveros de Asís 96, Col. Viveros de la Loma, Tlalnepantla, C.P. 54080, Estado de México.

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio, sin la autorización por escrito del titular de los derechos.

Datos para catalogación bibliográfica

José Edmundo Fuentes Guzmán

Topografía

ISBN 978-607-733-036-3

Primera edición: 2012

Revisión editorial: Eduardo Durán Valdivieso

DIRECTORIO

José Luis García Luna Martínez
Director General

Jesús Andrés Carranza Castellanos
Director Corporativo de Administración

Rafael Campos Hernández
Director Académico Corporativo

Héctor Raúl Gutiérrez Zamora Ferreira
Director Corporativo de Finanzas

Bárbara Jean Mair Rowberry
Directora Corporativa de Operaciones

Alejandro Pérez Ruiz
Director Corporativo de Expansión y Proyectos

ÍNDICE

Introducción	3
Mapa conceptual	4
Unidad 1 Instrumentos	5
Mapa conceptual	6
Introducción	7
1.1. Aspectos generales de la topografía y su aplicación en las diversas ramas de la ingeniería y arquitectura	8
1.2. Descripción de longímetros, balizas, marcas de poligonación, etc.	11
1.3. Descripción del tránsito, lectura del vernier y del tránsito de micrómetro óptico	13
1.4. Condición geométrica, revisión y ajustes	19
1.5. Características de los aparatos modernos empleados en topografía	23
Autoevaluación	26
Unidad 2. Planimetría	29
Mapa conceptual	30
Introducción	31
2.1. Método para medir con longímetro en terreno horizontal y en terreno inclinado	32
2.2. Trazo y levantamiento con cinta exclusivamente	35
2.3. Desviación de la aguja magnética y variaciones que sufre	54
2.4. Métodos para medir ángulos	57
2.5. Métodos para medir ángulos en vértices de poligonal	61
2.6. Compensación gráfica y analítica de poligonales.	
Precisiones y tolerancias	77
2.7. Poligonal abierta y poligonal de enlace	89
Autoevaluación	90

Bibliografía

93

Glosario

94

INTRODUCCIÓN

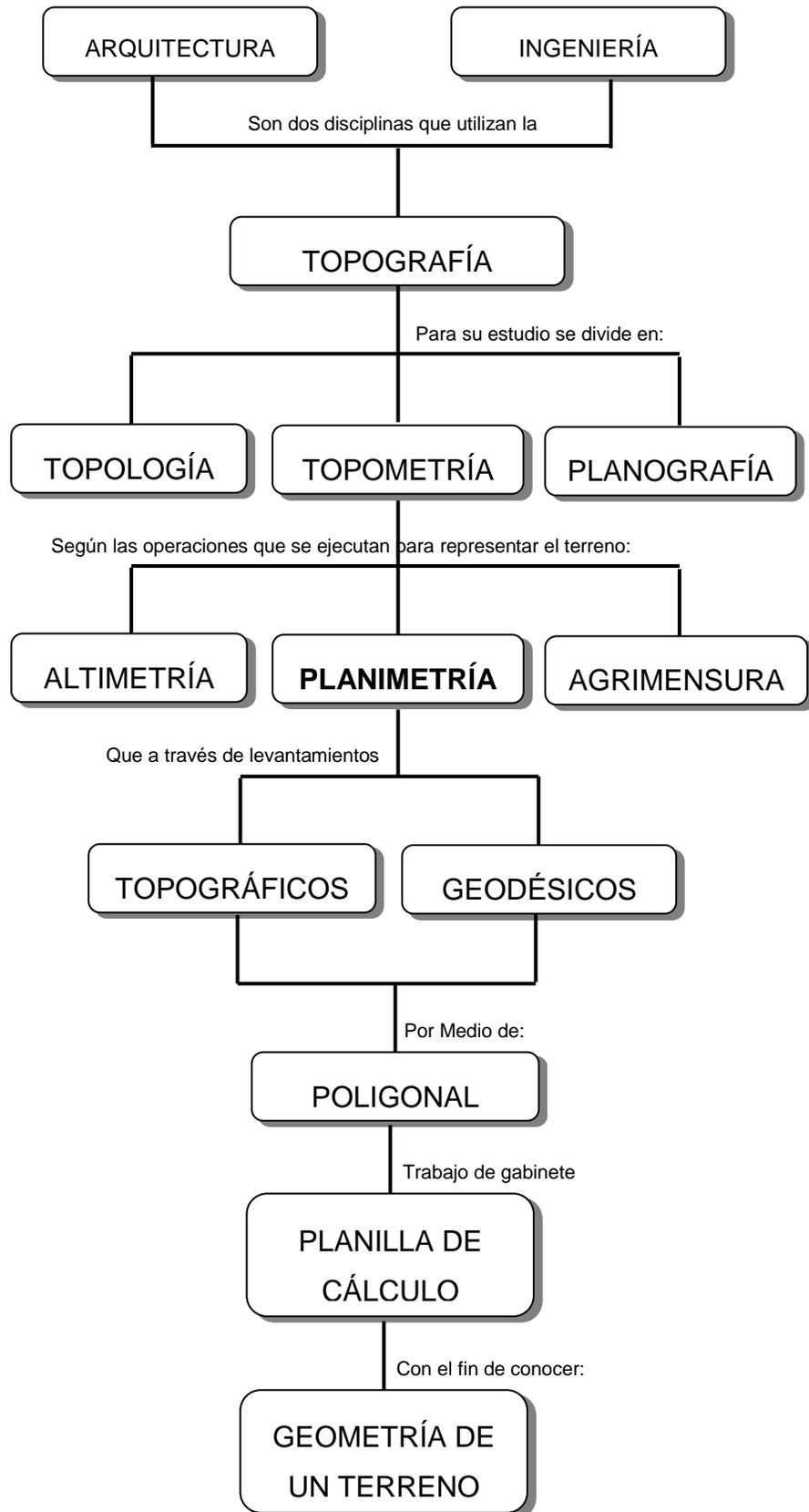
La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de una porción relativamente pequeña de la tierra, si estamos hablando del campo o naturaleza entonces tenemos una representación de la superficie terrestre, si estamos hablando del ámbito urbano, tenemos que la representación está compuesta de muros, edificios, calles, carreteras entre otras.

El trabajo topográfico consta de dos actividades, puede ser la medición de puntos de un terreno y mediante trabajo de gabinete llevar los datos a un plano ó por el camino inverso, desde un proyecto ubicar los puntos sobre el terreno.

Al inicio de un proyecto, un arquitecto o ingeniero proyectista debe contar con un buen levantamiento planimétrico del terreno para conocer los elementos que se encuentran fijos al suelo. Con base en el proyecto realizado se replantearán en el mismo terreno los elementos que constituyen la obra.

La topografía como cualquier otra ciencia, está en constante actualización; los métodos y equipos del presente libro son los más utilizados, fáciles de estudio y al alcance de cualquier principiante de la topografía, para aplicaciones más avanzadas y precisas es necesario revisar los equipos modernos que se emplean.

MAPA CONCEPTUAL



UNIDAD 1

INSTRUMENTOS

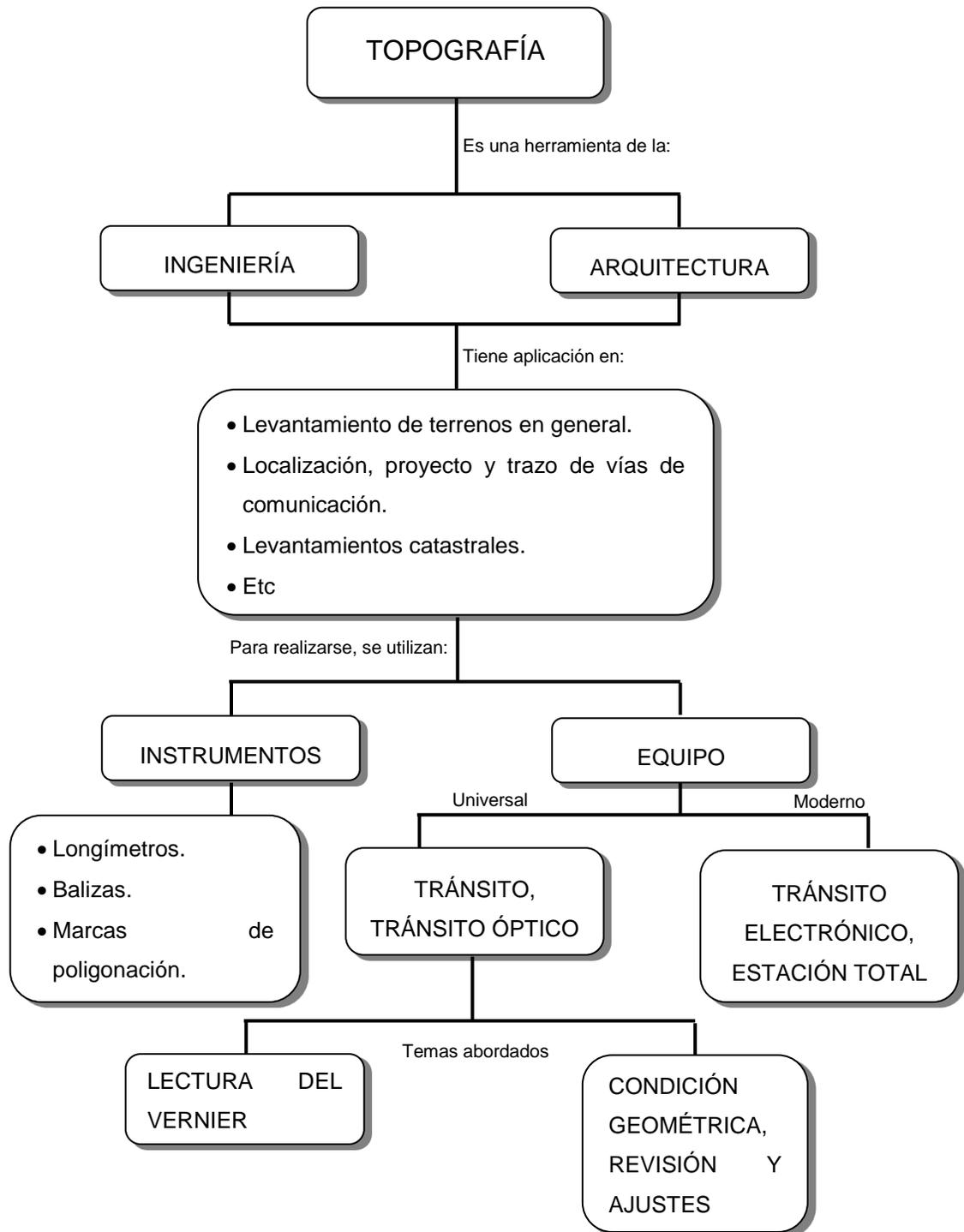
OBJETIVO:

Conocer el entorno de la Topografía, describir las herramientas utilizadas por las brigadas topográficas, describir los equipos que se utilizan en topografía, su uso con todas sus condiciones geométricas, así como reconocer las nuevas tecnologías que están revolucionando la ciencia de la Topografía.

TEMARIO

- 1.1. ASPECTOS GENERALES DE LA TOPOGRAFÍA Y SU APLICACIÓN EN LAS DIVERSAS RAMAS DE LA INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
- 1.2. DESCRIPCIÓN DE LONGÍMETROS, BALIZAS, MARCAS DE POLIGONACIÓN, ETC.
- 1.3. DESCRIPCIÓN DEL TRÁNSITO, LECTURA DEL VERNIER Y DEL TRÁNSITO DE MICRÓMETRO ÓPTICO
- 1.4. CONDICIÓN GEOMÉTRICA, REVISIÓN Y AJUSTES.
- 1.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS APARATOS MODERNOS EMPLEADOS EN TOPOGRAFÍA

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

La Unidad I, *Instrumentos*, sirve como introducción para el desarrollo del siguiente capítulo *Planimetría*. Toca todos los temas necesarios antes de entrar al proceso de cálculo de planillas de levantamientos topográficos, que es el interés principal de la materia.

En este capítulo se estudiará la aplicación de la Topografía, los instrumentos de trabajo y el equipo utilizado, además de los avances tecnológicos en materia de la medición de superficies terrestres.

1.1. ASPECTOS GENERALES DE LA TOPOGRAFÍA Y SU APLICACIÓN EN LAS DIVERSAS RAMAS DE LA INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

La Topografía es la ciencia que trata de los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre. De hecho, Montes de Oca¹ señala lo siguiente: “Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.”

La Topografía es una aplicación de la geometría por lo que se recomienda una revisión de los temas de geometría.

Estos métodos definen la posición y las formas del suelo o terreno.

Entonces el estudiante de la Topografía estudiará y aplicará los procedimientos para representar los accidentes que en él existen, ya sean naturales o artificiales. El medio usual para representar estos accidentes es el dibujo.

También la Topografía está directamente relacionada con el estudio de la Tierra, si la tomamos como un cuerpo en el espacio, entonces su estudio corresponde a la Astronomía, y si se la toma como globo terráqueo, entonces su estudio corresponde a la Geodesia.

A la Topografía se le puede considerar como una de las herramientas básicas de la Ingeniería y la Arquitectura, además de utilizarse en otras licenciaturas. Las materias que deben estudiarse antes de entrar a Topografía son la geometría, trigonometría y física.

Dentro de las aplicaciones se pueden mencionar la de proyección de obras, trazar un fraccionamiento, proyectar presas, puentes, canales, carreteras, obras de agua potable y alcantarillado, construcción de vías de comunicación, acueductos, obras subterráneas, etc.

¹ Miguel Montes de Oca, *Topografía*, p. 1.

Es posible dividir la Topografía según las operaciones que se ejecutan para representar el terreno en tres partes:

- Planimetría: son los procedimientos para proyectar sobre una superficie, sensiblemente plana horizontal, la posición de los puntos del terreno.
- Altimetría: determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia; generalmente correspondiente al nivel medio del mar.
- Agrimensura: trata de los procedimientos empleados para medir la superficie de los terrenos y para fraccionarlos.

Para continuar con el estudio de la Topografía se debe definir levantamiento, a lo cual se puede decir que es el conjunto de operaciones y medios puestos en práctica para determinar las posiciones de puntos del terreno y su representación en el plano.

En cuanto a la extensión del levantamiento se puede dividir en topográficos y geodésicos, los levantamientos topográficos son relativamente pequeños tramos de la superficie de Tierra, a la cual se la considera como si fuera plana, las dimensiones máximas no superan los 30 km por lado; en tanto, los levantamientos geodésicos abarcan grandes extensiones y obligan a tomar en cuenta la forma de la Tierra, considerándola como esfera o esferoide de revolución.

Como la Topografía opera sobre porciones pequeñas de tierra, no teniendo en cuenta la verdadera forma de ésta, un elipsoide, sino que considera la superficie terrestre como un plano. Cada punto se determina generalmente mediante sus dos coordenadas rectangulares planas (x , y) y en algunos casos su altura.

El error cometido al considerar la superficie terrestre como un plano es despreciable al ser pequeño, tratándose de extensiones de tierra que no sean excesivamente grandes, si se considera que un arco de superficie terrestre de 20 km de longitud es tan sólo 1 cm más largo que la cuerda subtendida, y que

sólo se comete un error de 1" (segundo) de exceso esférico en un triángulo que tenga un área de 190 km².

Cuando se trata de medir grandes extensiones de tierra, por ejemplo, la cartografía de un país, no se puede aceptar la aproximación de la Topografía, teniéndose entonces que tomar en cuenta la verdadera forma de la tierra.

Con base en lo anterior, se pueden plantear las siguientes afirmaciones para realizar levantamientos topográficos:

1. La línea más corta que une dos puntos sobre la superficie de la tierra es una recta.
2. Las direcciones de la plomada, colocada en dos puntos diferentes, son paralelas.
3. La superficie imaginaria de referencia, respecto a la que se tomarán las alturas, es plana.
4. El ángulo formado por la intersección de dos líneas sobre la superficie terrestre es un ángulo plano y no esférico.

La Topografía en cuanto a su calidad, se le puede dividir de la siguiente manera:

Precisa. Realizada por medio de triangulaciones o poligonales de precisión. Utilizadas para fijar las fronteras entre las naciones o límites de estados y en el trazo de ciudades.

Regulares. Realizadas por medio de poligonales, son levantamientos con tránsito y cinta. Utilizadas para levantar linderos de propiedades, trazo de caminos, vías férreas, canales, ciudades pequeñas.

Taquimétricos. Donde las distancias se miden a través de procedimientos indirectos. Generalmente es utilizado el tránsito y la estadía, se ocupan para trabajos topográficos previos al trazo de vías de comunicación, para trabajos de configuración.

Expeditivos. Con equipo portátil poco preciso. Estos levantamientos son utilizados en reconocimiento de terrenos o en exploraciones militares.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Modalidad escolarizada y cuatrimestral

Actividad 1. Investigar las licenciaturas en las cuales la Topografía es una herramienta y la aplicación que tiene dentro de ellas.

Modalidad semiescolarizada.

Actividad 1. Ampliar el tema de la aplicación de la Topografía en Ingeniería y Arquitectura.

Actividad 2. Investigar las licenciaturas en las cuales la Topografía es una herramienta y la aplicación que tiene dentro de ellas.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LONGÍMETROS, BALIZAS, MARCAS DE POLIGONACIÓN, ETC

La herramienta que se emplea para la medida directa de distancias es el longímetro, que puede ser cinta de acero, cinta de lona o cinta de metal.



Figura: Cintas de cruceta de 30mts metálica.

<http://www.precisiantopografica.com/frameset.htm>

Las balizas de metal, madera o fibra de vidrio, son de sección circular, tienen una longitud de 2.5 m y están pintadas de rojo y blanco, en tramos alternos de medio metro. Las balizas se emplean cuando el extremo al que se tiene que llegar con la medida no es visible desde el extremo inicial.



Figura: Baliza de metal para teodolito.

<http://www.precisiontopografica.com/frameset.htm>

Las marcas de poligonación son la materialización de los vértices del polígono de base, se realizan por medio de estacas, marcas sobre la roca o el pavimento, fichas, etc.

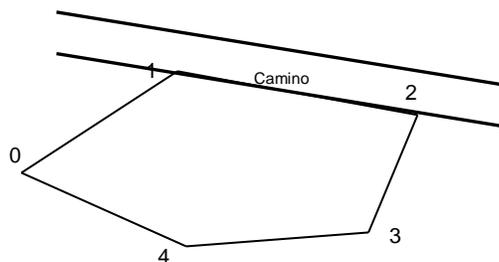
En Topografía, *poligonal* es el nombre que se le da a un polígono o línea quebrada de tres o más lados.

Dentro de las clases de poligonales, se tienen dos: las poligonales cerradas y las abiertas.

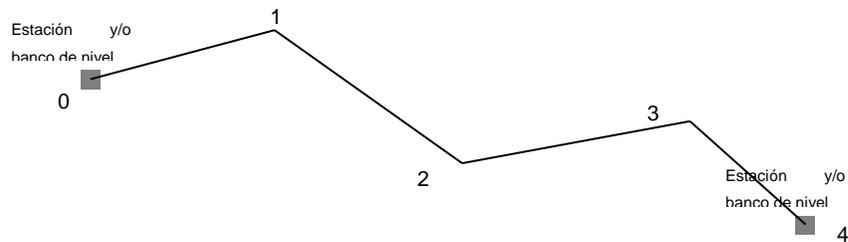
La poligonal cerrada es aquella cuyos extremos inicial y final coinciden.

En tanto que la poligonal abierta es una línea quebrada de n lados, cuyos extremos no coinciden, dentro de ésta, se tienen las poligonal de enlace, que es una poligonal abierta cuyos extremos son conocidos de antemano y, por lo tanto, puede comprobarse; otra es la poligonal de caminamiento de la cual sólo se conoce el punto de partida y por esto no es posible comprobarse.

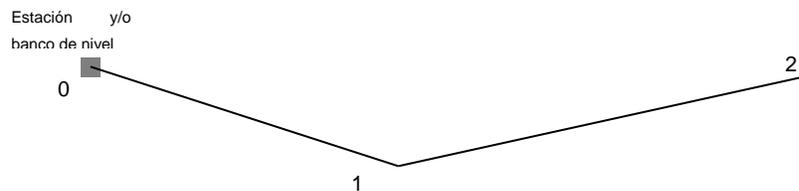
Ejemplo de poligonal cerrada.



Ejemplo de poligonal abierta de enlace.



Ejemplo de poligonal abierta de caminamiento.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Modalidad semiescolarizada

Actividad 1. Identificar los instrumentos topográficos y explicar la función de las marcas de poligonación.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL TRÁNSITO, LECTURA DEL VERNIER Y DEL TRÁNSITO DE MICRÓMETRO ÓPTICO

El tránsito o teodolito es un instrumento de precisión que sirve para medir y trazar ángulos horizontales o acimutales, y ángulos verticales o de altura, para lo cual dispone de ambos círculos graduados. El instrumento se emplea también en los trabajos de nivelación, para lo cual lleva un nivel fijo al antejo.

Con el tránsito se puede resolver la mayor parte de las prácticas topográficas y otras relativas a las ramas de la ingeniería y arquitectura, por lo cual, se le denomina como *instrumento universal*.

La palabra tránsito, tomada del idioma inglés *tránsit*, es un goniómetro cuyo anteojo puede dar una vuelta completa alrededor de los ejes de las alturas. Consta en esencia de las partes siguientes (véase la figura de abajo):

El anteojo es un elemento fijo a un eje transversal horizontal denominado eje de alturas. El anteojo puede girar alrededor de su eje horizontal y se puede fijar en cualquier posición en un plano vertical por medio de un tornillo de presión del movimiento vertical; una vez asegurado este tornillo, se pueden realizar pequeños movimientos al anteojo alrededor del eje horizontal, haciendo girar el tornillo tangencial del movimiento vertical. El anteojo incluye, en la parte superior, un nivel de burbuja que sirve para usar al tránsito como nivel.

El círculo vertical esta unido al eje horizontal.

El vernier² del círculo vertical esta fijo a uno de los soportes de los anteojos.

El anteojo está en posición directa cuando el nivel se encuentra debajo de él, y en posición inversa cuando se encuentra arriba. El giro que cambia a las posiciones se le llama vuelta de campana.

Dentro del anteojo se encuentra el sistema óptico amplificador, esté varia, generalmente, entre 18 y 30 diámetros.

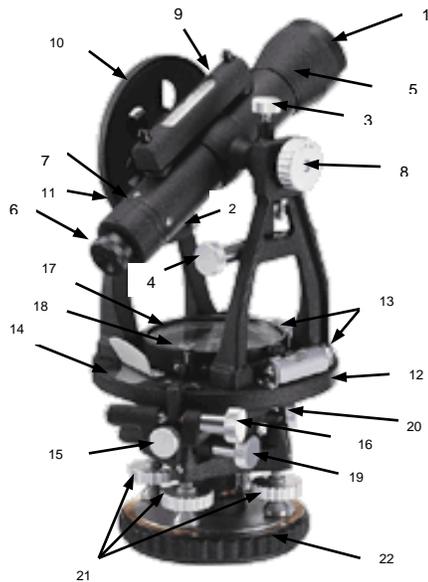
El tornillo de enfoque se fija cuando se ha visado o apuntado hacia el objeto deseado, y sirve para que la imagen aparezca clara. El tornillo ocular gira hacia dentro o hacia afuera para que aparezcan los hilos de la retícula.

La línea de colimación es una línea imaginaria alojada dentro del anteojo y está definida por la intersección de los hilos de la retícula y el centro óptico del objetivo. En el círculo horizontal encontramos el disco del vernier, o disco superior, al cual están unidos los soportes del anteojo; el disco inferior está fijo a un círculo graduado o limbo horizontal, están sujetos respectivamente a una espiga y un mango, cuyos ejes de rotación coinciden y están situados en el centro geométrico del círculo graduado. El mango o eje exterior que lleva el disco inferior puede sujetarse en cualquier posición por medio del tornillo de

² El vernier es un dispositivo por medio del cual es posible apreciar en una escala auxiliar que corre paralela y en contacto con la escala principal graduada lineal o angularmente.

presión del movimiento general. Una vez apretado este tornillo es posible realizar pequeños movimientos con el tornillo tangencial del movimiento general.

En el disco del vernier, o disco superior, se encuentra el tornillo de presión del movimiento particular. Una vez que se ha fijado el tornillo es posible realizar pequeños movimientos por medio del tornillo tangencial del movimiento particular.



1. Visera o sombra.
2. Tornillo de enfoque.
3. Tornillo de presión del movimiento vertical.
4. Tornillo tangencial del movimiento vertical.
5. Objetivo.
6. Ocular.
7. Tornillos de retícula.
8. Eje de alturas.
9. Nivel del anteojo.
10. Círculo vertical.
11. Vernier del círculo vertical.
12. Círculo horizontal.
13. Niveles del círculo horizontal.
14. Vernier del círculo horizontal.
15. Tornillo de presión del movimiento particular.
16. Tornillo tangencial del movimiento particular.
17. Brújula.
18. Tornillo para fijar el aguja de la brújula.
19. Tornillo de presión del movimiento general.

Figura: Tránsito mecánico marca SOKKIA, modelo KT-5. Precisión 1 minuto

<http://www.precisiontopografica.com/frameset.htm>

20. Tornillo tangencial del movimiento general.
21. Tornillos niveladores.
22. Plataforma o base.

El eje alrededor del cual giran la espiga³ y el mango⁴ verticales, situados en el centro geométrico del círculo graduado del tránsito, se llama eje acimutal del instrumento.

Sobre el disco superior se encuentra montada una brújula. En uno de los costados de la caja donde se encuentra alojada la brújula hay un tornillo que sirve para asegurar el movimiento de la aguja cuando no está en uso.

El disco superior tiene dos niveles de burbuja en ángulo recto que sirven para nivelar el tránsito.

El círculo horizontal puede estar graduado en medios, tres cuartos o cuarto de grados.

El tránsito tiene dos verniers, para leer el círculo horizontal.

En el eje exterior se encuentra asentado en un hueco cónico de la cabeza de nivelación. La cabeza de nivelación tiene debajo una articulación que fija el aparato al plato de base, pero permitiendo la rotación, quedando la misma articulación como centro.

Los tornillos niveladores presionan la cabeza de nivelación contra el plato base. Cuando se giran estos tornillos el aparato se mueve sobre la articulación.

Del extremo de la espiga cuelga una cadena con un gancho para suspender la plomada.

El tránsito se monta en un tripié atornillando el plato de base a la cabeza del tripié.

³ Pieza que actúa como eje.

⁴ Parte alargada y estrecha por el cual se puede agarrar o sostener.



Figura: Tripié de extensión de aluminio.

<http://www.precisiantopografica.com/frameset.htm>

El vernier es un dispositivo utilizado para apreciar fracciones muy pequeñas de una escala graduada. Es de mayor utilidad en la Topografía al estimar con exactitud la coincidencia de los trazos.

Es una pequeña placa dividida independientemente del limbo y en contacto con él y tiene por objeto apreciar fracciones en que está dividido el limbo.

En casi todos los tránsitos la graduación del limbo horizontal va en los dos sentidos y contada de 0° a 360° . El vernier también es doble para poder hacer las lecturas de uno u otro sentido y tiene su cero en el centro. El cero del vernier marca siempre el punto en el limbo cuya lectura quiere hacerse.

Para realizar la lectura del vernier, debe primero leerse sobre el limbo, en la dirección de la graduación, es decir, hacia los números enteros que se encuentren antes de llegar al cero del vernier. Como segundo paso debe leerse el valor de la fracción sobre el vernier, contando el número de divisiones que haya desde el cero hasta que se encuentre la coincidencia de una división del vernier con una división del limbo. Las dos lecturas deben realizarse en el mismo sentido y sumarse para obtener un valor de lectura.

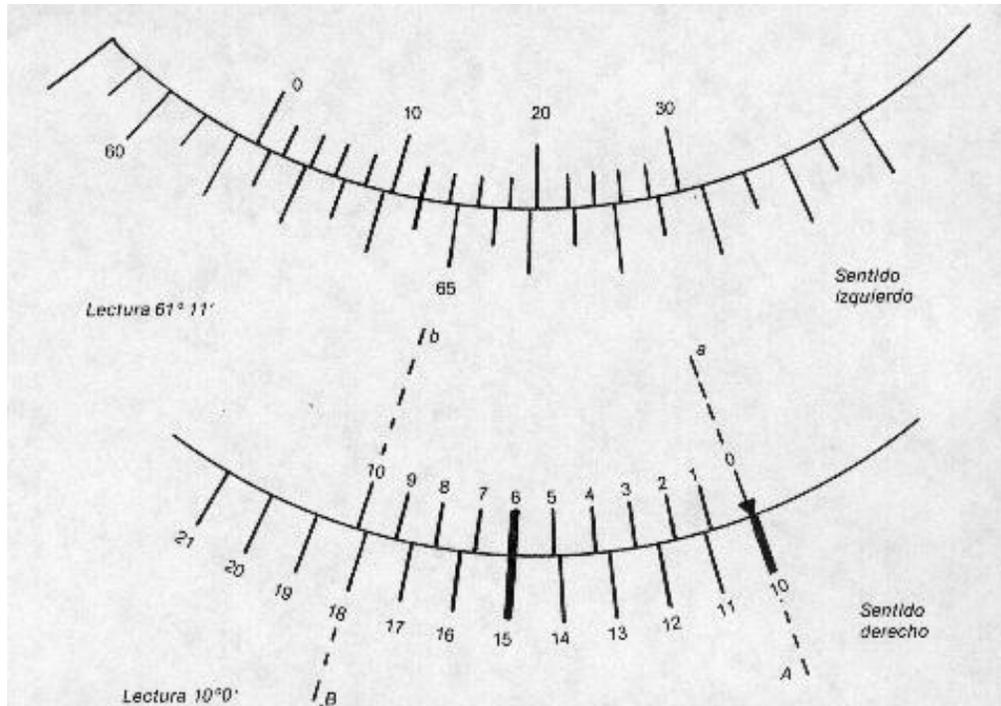


Figura: Ejemplos de lectura de vernier.

<http://www.precisiantopografica.com/frameset.htm>

En cuanto al tránsito o teodolito de micrómetro óptico, éste es la evolución del tránsito o teodolito mecánico, en este caso, los círculos son de vidrio, y traen una serie de prismas para observar en un ocular adicional. La lectura del ángulo vertical y horizontal la precisión va desde 1 minuto hasta una décima de segundo.



Teodolito óptico marca



Teodolito óptico marca



Teodolito óptico marca

SOKKIA, modelo TM-20,
precisión 20 segundo

Wild, modelo T2,
precisión 1 segundo

Wild, modelo T2,
precisión 1 segundo

<http://www.precisiontopografica.com/frameset.htm>

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Modalidad escolarizada y cuatrimestral

Actividad 1. Dibujar el tránsito y relacionar las partes que lo componen.

Actividad 2. Práctica realizada en campo, con uso de tránsito para realizar lecturas de vernier.

Actividad 3.- Identificar las diferencias entre tránsito y tránsito de micrómetro óptico.

Modalidad semiescolarizada

Realizar lo mencionado en los puntos del uno al tres y sumar la siguiente actividad: Revisar la operación del tránsito.

1.4. CONDICIÓN GEOMÉTRICA, REVISIÓN Y AJUSTES

Las condiciones deben ser satisfechas para poder trabajar con el tránsito. Cualquier condición que no se cumpla dará lecturas erróneas.

Primera condición

Las directrices de los niveles del limbo horizontal deben ser perpendiculares al eje acimutal⁵ cuando las burbujas estén en el centro.

Revisión

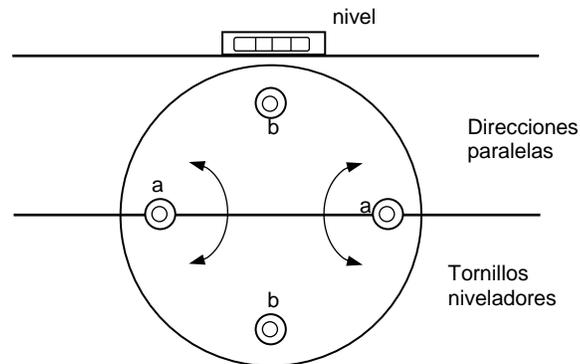
Con un movimiento general ubicar uno de los niveles en la dirección de dos de los tornillos diametrales de la plataforma para nivelar.

Fijar el tornillo de presión del movimiento particular y girar el anteojo 180°, fijando dicho movimiento. La burbuja del nivel debe de quedar al centro después de este giro, si no es así se procede a corregirlo.

⁵ Es la línea imaginaria que pasa por el centro del eje horizontal y coincide con el eje interior.

Ajuste

Se corrige con el nivel y los tornillos niveladores que se hacen coincidir en dirección paralela. La mitad del error por medio de los tornillos de calavera de que están provistos los niveles y la otra mitad con los tornillos niveladores. Los niveles nunca serán corregidos en una sola operación sino que es necesario repetirla las veces que sean necesarias.



Segunda condición

El hilo vertical de la retícula⁶ debe estar en un plano perpendicular al eje horizontal.

Revisión

A 60 metros, colocar la plomada sumergida en agua, para evitar las oscilaciones que produce el viento.

Hacer coincidir el cruzamiento central de los hilos de la retícula con el hilo de la plomada y observar si el hilo vertical se confunde con el de la plomada. Si esto ocurre la condición es correcta, caso contrario se corrige.

Ajuste

Aflojar los dos tornillos de calavera contiguos ubicados fuera del anteojo.

Imprimir un giro a la retícula hasta que coincida el hilo vertical con el de la plomada.

Apretar los dos tornillos de calavera.

Tercera condición

⁶ Ubicada dentro del anteojo, consistente en un hilo vertical y otro horizontal, perpendiculares entre sí.

La línea de colimación del anteojo debe ser perpendicular al eje horizontal.

Revisión

Una vez nivelado el instrumento, visar⁷ un punto A, a una distancia de 150 m aproximadamente, y con el anteojo en posición directa, fijar los movimientos particular y general.

Dar vuelta de campana al anteojo, dejando este en posición inversa y colocar el punto B en la línea de colimación y aproximadamente a la misma distancia en el lado opuesto del tránsito.

Aflojar el movimiento general e invertir los extremos del anteojo haciéndolo girar alrededor del eje acimutal y visar otra vez el punto A.

Fijar el movimiento general y dar vuelta de campana al anteojo; si la línea de colimación cae en el punto B, el aparato está correcto, caso contrario deberá realizar la corrección.

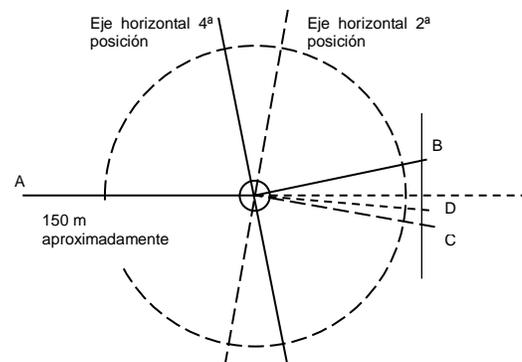
Ajuste

Colocar un punto C en la línea de colimación cerca de B.

Marcar el punto D, a la cuarta parte de la distancia de C a B.

Ajustar el tornillo de la retícula, por medio de los dos tornillos horizontales opuestos, hasta que la línea de colimación pase por D.

Repetir la operación hasta tener la seguridad de que está correcto.



Cuarta condición

El eje horizontal o eje de alturas debe ser perpendicular al eje vertical o eje acimutal.

Revisión

⁷ O dirigir la puntería o visual hacia un punto determinado.

Colocar el tránsito cerca de una pared que tenga un punto A bien definido y que para visarlo, el anteojo debe formar con la horizontal un ángulo vertical mayor de 45°.

Nivelar el instrumento y visar el punto A, fijando los movimientos particular y general.

Girar hacia abajo el anteojo y fijar el punto B sobre la parte baja del muro.

Dar vuelta de campana al anteojo e invertir sus extremos haciéndolo girar alrededor del eje vertical y visar otra vez A.

Girar de nueva cuenta hacia abajo el anteojo hasta visar el punto B. Si esto ocurre el aparato está correcto, en caso contrario debe corregirse.

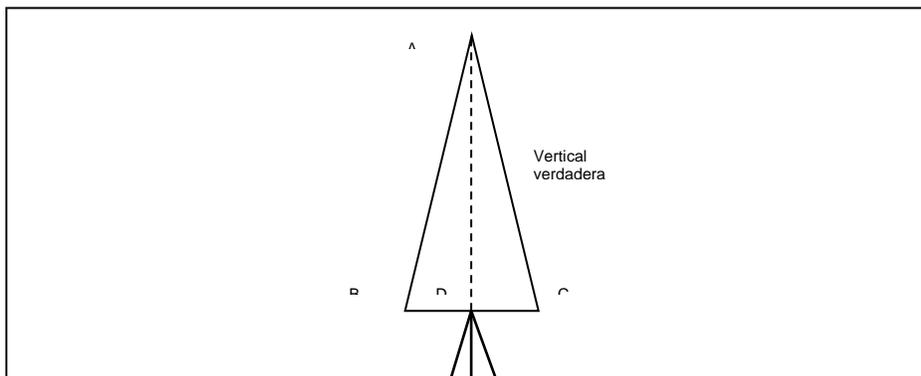
Ajuste

Marcar el punto C que indica la línea de colimación junto a B.

Medir la distancia que hay entre B y C, y a la mitad marcar el punto D, dentro del plano vertical de A.

Visar el punto D y elevar el anteojo hasta que la línea de colimación quede cerca de A.

Aflojar los tornillos que sujetan la tapa del cojinete (ubicado en un costado de los soportes del anteojo), y subir o bajar el apoyo del eje horizontal, opuesto al círculo vertical, con el tornillo de corrección (ubicado dentro del cojinete), que se tiene para tal objeto, hasta que la línea de colimación quede en el mismo plano vertical que A.



Modalidad escolarizada y cuatrimestral

Actividad 1. Práctica realizada en campo, con uso de tránsito para revisar las condiciones y ajustes.

1.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS APARATOS MODERNOS EMPLEADOS EN TOPOGRAFÍA

Tránsito o teodolito electrónico

De la misma manera que otros instrumentos de la vida diaria han recibido la influencia de la electrónica, los teodolitos también.

La forma exterior de los equipos electrónicos no ha variado en relación con los teodolitos prismáticos. Un cambio apreciable es que debajo del telescopio hay una ventanilla donde aparecen digitalmente los ángulos horizontales, verticales y datos como las pendientes de las visuales. Los ángulos se dan en grados, minutos y segundos.

El teodolito requiere de pilas eléctricas para que funcione la parte electrónica. Los ángulos pueden medirse en sentido horario o el opuesto, según convenga para el trabajo. Normalmente el teodolito tiene plomada óptica, pero también cuenta con plomada física.

A pesar de esto, el teodolito electrónico se usa en forma idéntica que los optomecánicos tradicionales. Los ángulos se pueden leer digitalmente y anotarlos en una cartera de campo tradicional, o el instrumento puede tener su cartera electrónica, en la cual se registran automáticamente los datos para trasladarlos después al computador para procesar los datos.



Teodolito

Electrónico SOKKIA, DT-



Teodolito

Electrónico South, ET-



Teodolito

Electrónico SOKKIA, DT-

6, precisión 10 segundo. 02, precisión 2 segundo. 510 A, precisión 5 seg.

<http://www.precisiontopografica.com/frameset.htm>

Estación total

Las estaciones totales combinan un teodolito electrónico y un medidor electrónico de distancias incluyen además un microprocesador. Con una estación total se puede determinar la longitud y la dirección de cada visual en forma muy exacta y rápida.

Las estaciones totales tienen uso en toda obra civil y arquitectónica. Las operaciones básicas que se realizan son el levantamiento o replanteo de poligonales, cálculo de área, líneas de referencia y altura remota.

El microprocesador sirve para calcular las componentes horizontal y vertical de la distancia, lo mismo que para hallar el azimut de la visual y, con ellos, las coordenadas horizontales y verticales del punto buscado.

Los resultados obtenidos se pueden almacenar o enviar a una impresora para hacer el dibujo.

Las estaciones totales tienen un teclado mediante el cual se dan las órdenes de control. Existen estaciones totales que reciben órdenes a control remoto y se les llama estaciones totales robotizadas.

Las estaciones totales tienen muchos elementos de vidrio, como lentes y prismas, que las hace muy frágiles y costosas. Por tal razón se recomienda que el uso, empaque y traslado se realice con cuidado para evitar algún problema.



Estación total SOKKIA,
modelo SET-6, precisión



Estación total SOKKIA,



Estación total SOKKIA,
SRX1, precisión 1

10 segundo, alcance con
prisma 800m

SET- 3,4, precisión 1
segundo alcance con
prisma 1,300 m

segundo alcance con
prisma 5,000 m

<http://www.precisiantopografica.com/frameset.htm>

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Modalidad escolarizada y cuatrimestral.

Actividad 1. Investigar y exponer otros equipos de reciente uso en la Topografía.

Modalidad semiescolarizada

Actividad 1. Dibujar la Estación Total y relacionar las partes que lo componen. Realizar también la actividad 1 de la modalidad escolarizada.

AUTOEVALUACIÓN

Instrucciones: Subraya el inciso que contenga la respuesta correcta.

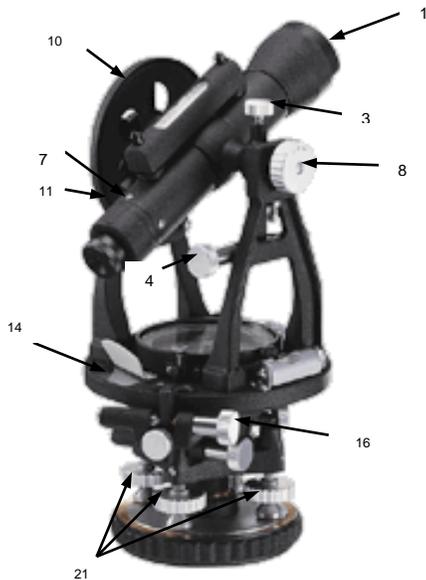
1. Ciencia que trata de los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre.
a) Planimetría b) Agrimensura c) Topografía d) Altimetría
2. Procedimientos para proyectar sobre una superficie sensiblemente plana horizontal, la posición de los puntos del terreno
a) Planimetría b) Altimetría c) Topografía d) Agrimensura
3. Procedimientos empleados para medir la superficie de los terrenos y para fraccionarlos.
a) Topografía b) Planimetría c) Agrimensura d) Altimetría
4. En cuanto a la extensión del levantamiento se puede dividir en:
a) Topográficos y Geodésicos b) Geodésicos c) Topográficos d) Levantamiento Geodésicos
5. Levantamientos relativamente pequeños de superficie de la Tierra a la cual se le considera como si fuera plana, las dimensiones máximas no superan los 30 km por lado.
a) Geodésicos b) Levantamiento c) Topográficos y Geodésicos d) Topográficos Geodésicos
6. Realizadas por medio de poligonales, son levantamientos con tránsito y cinta.
a) Topografía expeditiva b) Topografía regular c) Topografía precisa d) Topografía taquimétrica
7. Es aquella cuyos extremos inicial y final coinciden.
a) Poligonal de caminamiento b) Poligonal abierta c) Poligonal cerrada d) Poligonal de enlace
8. Es una poligonal abierta cuyos extremos son conocidos de antemano.
a) Poligonal abierta b) Poligonal de enlace c) Poligonal cerrada d) Poligonal de caminamiento
9. Condición geométrica: las directrices de los niveles del limbo horizontal deben ser perpendiculares al eje acimutal cuando las burbujas estén en el centro.

- a) Tercera b) Primera c) Segunda d) Cuarta

10. Debe leerse sobre el limbo, en la dirección de la graduación, los números enteros que se encuentren antes de llegar al cero del vernier.

- a) Primera lectura del vernier b) Primera condición geométrica c) Segunda lectura del vernier d) Segunda condición geométrica

Instrucciones: Coloca dentro del paréntesis el número que corresponda



11. Visera o sombra ()
 12. Tornillo de presión del movimiento vertical ()
 13. Tornillo tangencial del movimiento vertical ()
 14. Tornillos de retícula ()
 15. Eje de alturas ()
 16. Círculo vertical ()
 17. Vernier del círculo vertical ()
 18. Vernier del círculo horizontal ()
 19. Tornillo tangencial del movimiento particular ()
 20. Tornillos niveladores ()

Figura: Tránsito mecánico marca SOKKIA, modelo KT-5.

<http://www.precisiantopografica.com/frameset.htm>

UNIDAD 2

PLANIMETRÍA

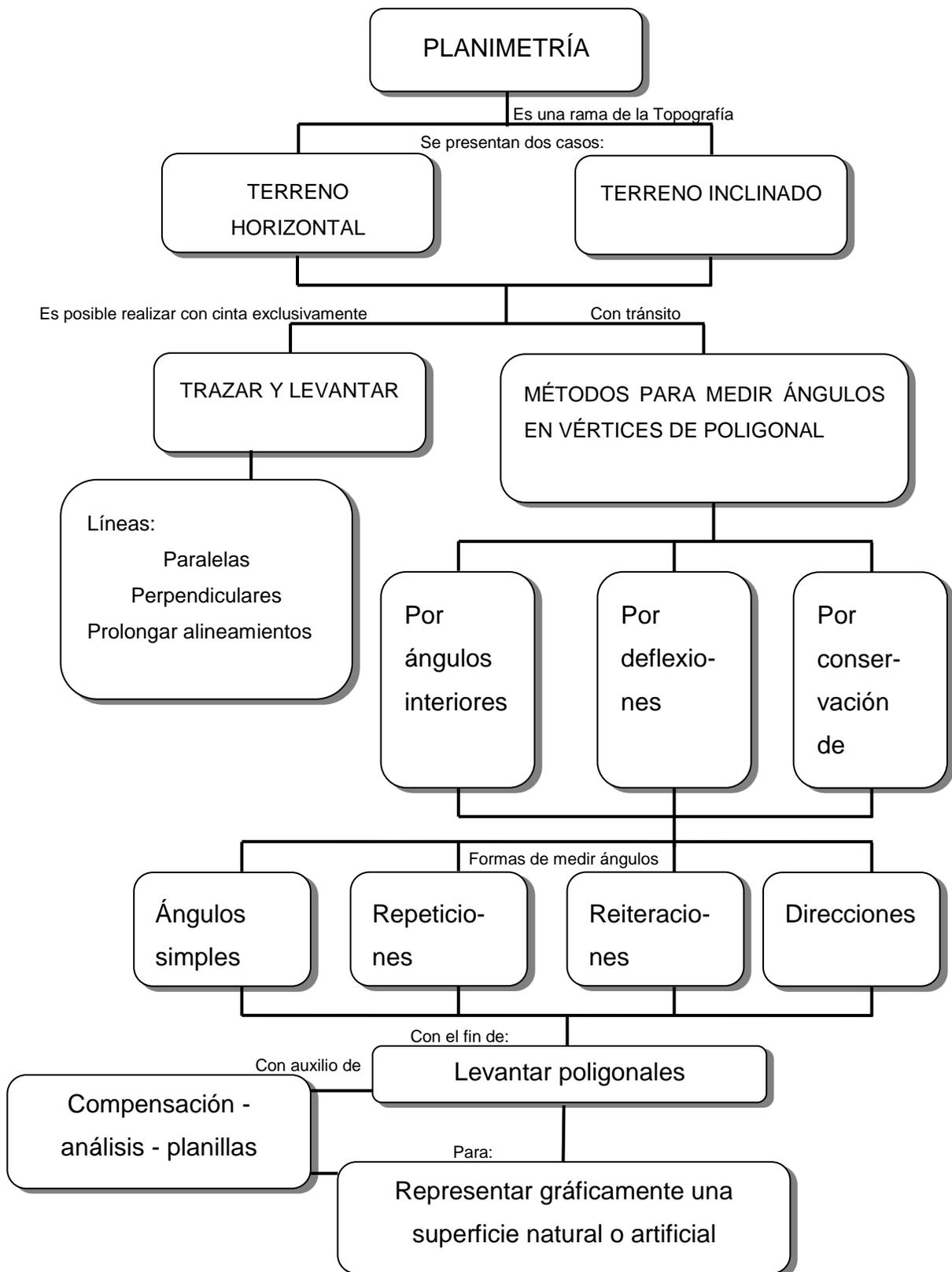
OBJETIVO:

Revisar los métodos por los cuales se pueden representar los accidentes naturales o los debidos a la obra del hombre, analizar los procedimientos de cálculo para conformar la planilla topográfica con el fin de proponer o elaborar dibujos de planos o croquis de la superficie terrestre levantada.

TEMARIO

- 2.1. MÉTODO PARA MEDIR CON LONGÍMETRO EN TERRENO HORIZONTAL Y EN TERRENO INCLINADO
- 2.2. TRAZO Y LEVANTAMIENTO CON CINTA EXCLUSIVAMENTE
 - 2.2.1. PERPENDICULARES
 - 2.2.2. PARALELAS
 - 2.2.3. PROLONGACIÓN DE ALINEAMIENTOS
 - 2.2.4. CONDICIÓN GEOMÉTRICA
 - 2.2.4.1. RECURVAS Y POLIGONALES
- 2.3. DESVIACIÓN DE LA AGUJA MAGNÉTICA Y VARIACIONES QUE SUFRE
- 2.4. MÉTODOS PARA MEDIR ÁNGULO
 - 2.4.1. ÁNGULOS SIMPLES
 - 2.4.2. REPETICIONES
 - 2.4.3. REITERACIONES
 - 2.4.4. DIRECCIONES
- 2.5. MÉTODOS PARA MEDIR ÁNGULOS EN VÉRTICES DE POLIGONAL:
 - 2.8.1. RUMBOS O AZIMUTS MAGNÉTICOS
 - 2.8.2. CAUSAS DE ERROR. CONDICIONES DE CIERRE EN CADA CASO
- 2.6. COMPENSACIÓN GRÁFICA Y ANALÍTICA DE POLIGONALES: PRECISIONES Y TOLERANCIAS
 - 2.6.1 CÁLCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS VÉRTICES
- 2.7. POLIGONAL ABIERTA Y POLIGONAL DE ENLACE

MAPA CONCEPTUAL



INTRODUCCIÓN

La topografía es, en general, una aplicación de la geometría y por lo tanto el conocimiento de ésta es importante.

El capítulo detalla los procedimientos por los cuales se pueden representar los accidentes, sean naturales o debido a la obra del hombre. El medio usual de expresión de la topografía es el dibujo de planos o croquis. La ciencia de la topografía es extensa pero el capítulo es una material de estudio en el cual se siguen los métodos más importantes y frecuentemente utilizados.

2.1. MÉTODO PARA MEDIR CON LONGÍMETRO EN TERRENO HORIZONTAL Y EN TERRENO INCLINADO

Consiste en el empleo del longímetro para medir distancias, y debido a la condición geométrica del terreno, se desprenden dos métodos:

Terreno horizontal. La distancia a medir debe de estar definida por cualquier señalamiento; cuando se trata de terrenos en general, los extremos se determinan por medio de estacas; pueden emplearse también fichas, que son varillas de fierro de una pulgada de diámetro y unos 20 o 30 centímetros de longitud y terminadas en punta para poder hincarlos en el terreno. Cuando la medida se realiza sobre pavimento, cada tramo medido se indica con pintura o cualquier otro señalamiento.

Cuando al extremo al que se tiene que llegar con la medida no es visible del extremo de arranque, es necesario colocar una persona con una baliza en ese extremo.

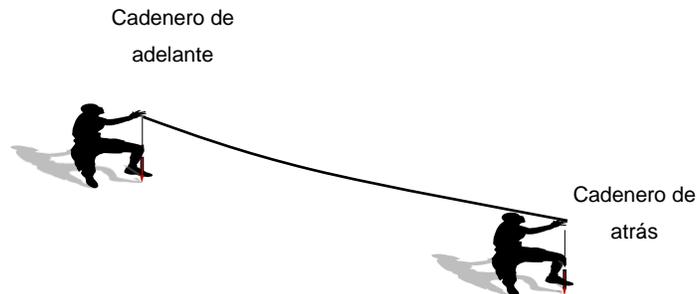
Para efectuar la medida son necesarias dos personas a las cuales se les denomina cadeneros, y por el sentido en que realizan la medida, se les designa: *cadenero de adelante* y *cadenero de atrás*.

Una vez extendido el longímetro sobre el terreno y cuidando que no se le formen cocas o dobladuras en forma de lazada, el cadenero de atrás clava una ficha en el punto de arranque y colocando el cero del longímetro en coincidencia con la ficha encajada, dirige la vista a la baliza en el otro extremo de la línea; por medio de señales, alinea la ficha que muestra el cadenero de adelante y una vez que está en línea, clava la ficha, da tensión al longímetro para que quede recto y toma la medida del longímetro.

Luego, el cadenero de adelante, con la palabra *listo*, indicará al de atrás que fue tomada la medida y ambos caminan hasta que el cadenero de atrás llegue al punto donde el cadenero de adelante dejó clavada la ficha. Así, colocando el cero de la ficha en coincidencia con la ficha, el cadenero de atrás vuelve a alinear al de adelante y se continúa tomando medidas hasta llegar al extremo final.



MEDIDA EN TERRENO HORIZONTAL



Las anotaciones deben ser realizadas de preferencia a lápiz, las cantidades medidas deben de ser escritas con claridad y orden de manera que no se confundan entre ellas. Los cálculos no se deben realizar en campo a menos que sea necesario, los datos obtenidos en campo deben anotarse en libretas llamadas de tránsito, éstas son pequeñas en dimensión, con pastas resistentes, y el papel donde se anota es grueso debido a que está directamente expuesto al intemperie a la hora de realizar trabajos.

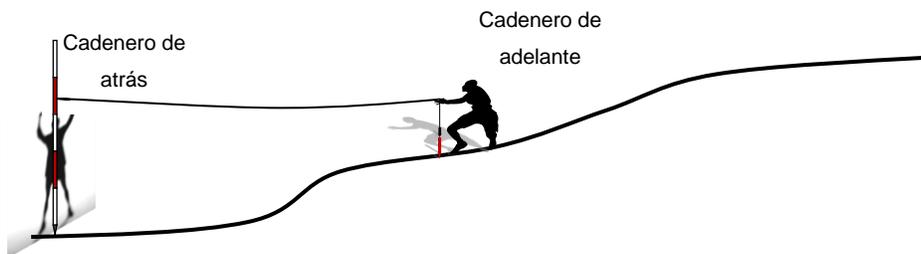
Terreno inclinado. En la parte de la topografía, llamada planimetría, trata de la representación de accidentes naturales o artificiales, estos accidentes deben de estar proyectados sobre una superficie considerada horizontal. En las mediciones de las distancias entre vértices de una poligonal, debe cuidarse que el longímetro esté en posición horizontal.

A la hora de realizar la medición en terrenos donde se tengan diferentes elevaciones, se presentan dos casos que dependen del sentido de la medición.

Ladera arriba. Es cuando la estación de inicio se encuentra en un punto más bajo que la estación final a llegar, en este caso el cadenero de atrás tiene que levantar el origen del longímetro de manera vertical sobre la estaca o ficha, puede utilizar la plomada para centrar el longímetro, se debe cuidar siempre que el longímetro quede horizontal.

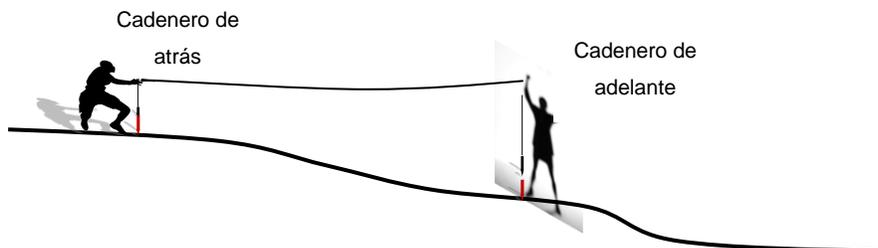
Además, si el terreno es muy inclinado se toma la decisión de realizar mediciones por fracciones en que se cumpla la horizontalidad del longímetro, se aconseja que sean metros exactos, y el cadenero de adelante deber marcar el terreno hasta donde se realizo la medición.

MEDIDA EN TERRENO
INCLINADO – LADERA ARRIBA



Ladra abajo. En este caso, el cadenero de adelante es el que tiene que levantar el extremo del longímetro hasta que se aprecie horizontal y auxiliado de una plomada, en su punta se indicará en el terreno donde quedará la marca de medición.

MEDIDA EN TERRENO
INCLINADO – LADERA ABAJO



En terreno muy inclinado se procede de manera semejante, procurando que sean metros exactos y empleando fichas para señalar.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Realizar práctica topográfica consistente en medir en terreno horizontal y en terreno inclinado una distancia del aproximadamente 60 m; el material utilizado será longímetro, estacas o fichas, tres balizas y dos plomadas. La brigada topográfica será de al menos tres personas, dos de ellas fungiendo como cadeneros y el tercero como balicero, se recomienda que la práctica se realice el número de veces en que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica registrada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. La comprobación consiste en efectuar la medición en sentido contrario.

2.2. TRAZO Y LEVANTAMIENTO CON CINTA EXCLUSIVAMENTE

En ocasiones, en la topografía, nos encontramos con trabajos en los que no es necesario o indispensable el uso de un equipo topográfico, y que pueden resolverse de manera satisfactoria con el uso exclusivo de la cinta o longímetro, estas operaciones se realizan cuando no es necesaria una alta precisión en las medidas, pero cuidando de llevar a cabo un buen levantamiento.

Este tema trata sobre los procedimientos operacionales que tienen como finalidad el replanteo sobre el terreno de las condiciones establecidas en un plano, o la obtención de datos de campo útiles para poder representar un terreno por medio de su figura, semejante en un plano, con uso exclusivo de cinta, sin ocupar el tránsito u otro equipo topográfico.

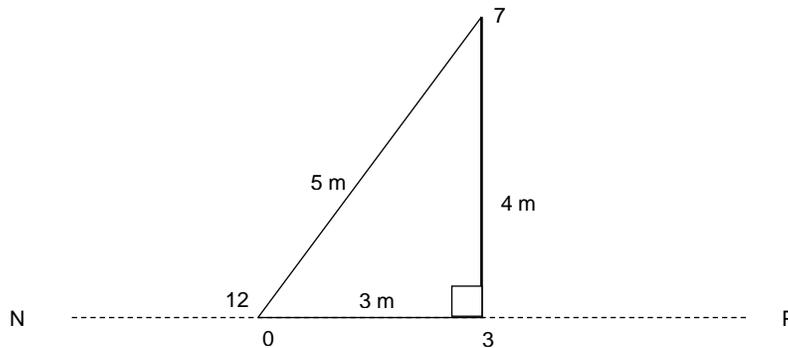
2.2.1. Perpendiculares

El uso de las líneas perpendiculares puede tener su justificación a la hora de levantar puntos auxiliares a una poligonal, en edificaciones, es común en los muros perpendiculares, en la *lotificación* de terrenos y en todos aquellos usos donde sea necesario que se cumpla la condición geométrica de formar un ángulo recto a la hora de cruzarse o tocarse dos líneas.

Para el trazo y levantamiento de líneas perpendiculares tenemos dos casos, a saber:

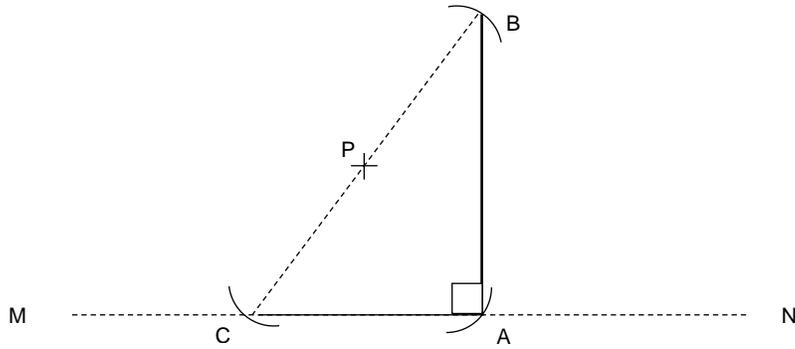
Primero. Levantar una perpendicular en cualquier punto sobre una línea.

- I. Es posible determinar la perpendicular por medio de un triángulo rectángulo cuyos lados estén en proporción 3, 4, 5, debido a que un triángulo que cumple esa condición es un triángulo rectángulo. Al utilizar este método, la distancia a uno de los catetos se mide a lo largo de la línea de referencia. Si un cadenero junta la extremidad 0 de la cinta con la marca de 12 metros, otro cadenero toma la marca de 3 metros y uno más en la marca de 7 metros, y tensan la cinta, se formará un triángulo rectángulo. Este procedimiento tiene el inconveniente de que se requiere tres cadeneros y que la cinta no se puede doblar completamente en las esquinas.

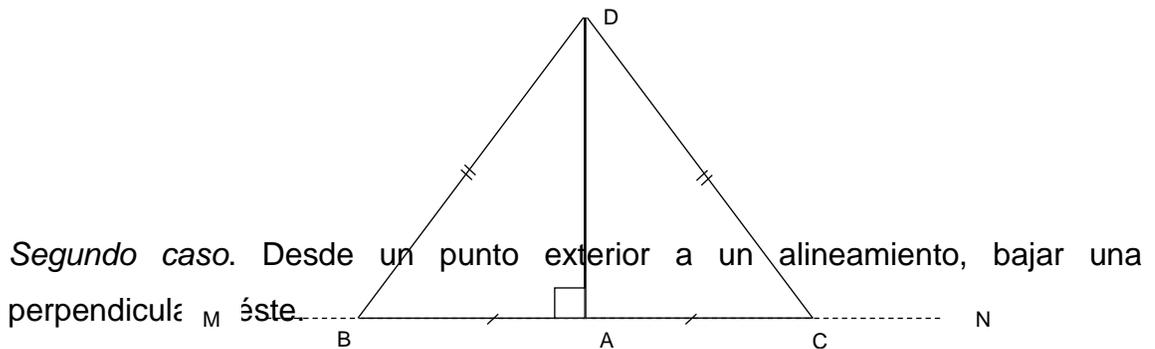


Entonces nuestra línea 3-7, viene siendo nuestra perpendicular buscada a nuestro alineamiento *NP*.

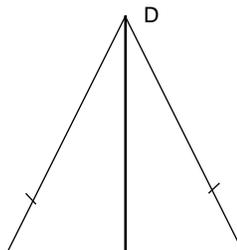
- II. Desde un punto cualquiera *P*, describir un arco de círculo con un radio *PA*, intersectando *MN* en *C*. El punto *B* de la perpendicular *AB* a la línea *MN* se encuentra prolongando *CP*; es decir, *B* se encuentra en la línea con *CP* y *PB = CP*. Si utilizamos una cinta de 20 m, establecemos el punto *P* a 10 m desde *A*, deteniendo la marca 0 en *A*. El punto *C* lo encontramos manteniendo en *P*, la marca 10 metros e intersectando la línea *MN* con la extremidad 0 de la cinta; después con la marca 15 en *P*, prolongar la cinta hasta que la marca de 20 metros determine el punto *B*.



- III. Otra manera de trazar una perpendicular al alineamiento MN es midiendo distancias iguales a uno y otro lado del punto A . Se eligen dos puntos B y C , de tal forma que $AB = AC$; con la cinta se trazan arcos de igual radio, haciendo centro en B y C . La intersección de los arcos será el punto D de la perpendicular buscada.

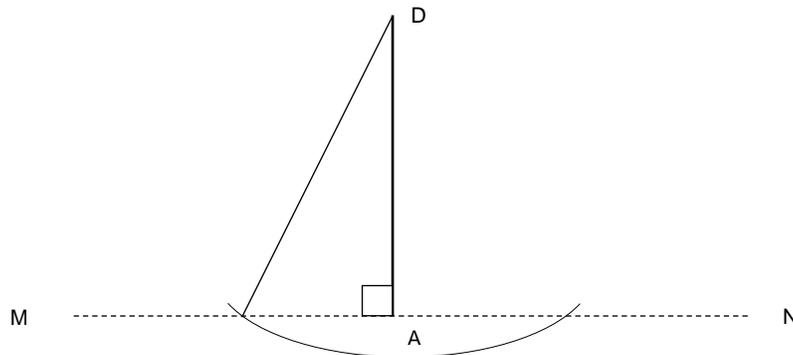


- I. Bajar del punto D la perpendicular DA al alineamiento MN . Con un radio arbitrario, mayor que AD , trazar las intersecciones en B y en C sobre el alineamiento MN . Medir la distancia BC y materializar el punto A , que es el pie de la perpendicular buscada tomando a partir de B , sobre la línea MN , la distancia $BA = \frac{1}{2}BC$.



- II. Otra manera de bajar una perpendicular, es tomando un punto B arbitrario sobre el alineamiento y materializar el punto medio C de la distancia BD . Después con centro en C y radio igual a CB , trazar el arco CA . El punto A de la intersección de este arco con el alineamiento MN es el pie de la perpendicular buscada.

- III. Del punto D bajar una perpendicular a la línea MN . Fijar uno de los extremos de la cinta en el punto D y moviendo a lo largo de la línea MN , la menor lectura de la cinta determinará el punto A , que es el pie de la perpendicular DA al alineamiento MN .



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

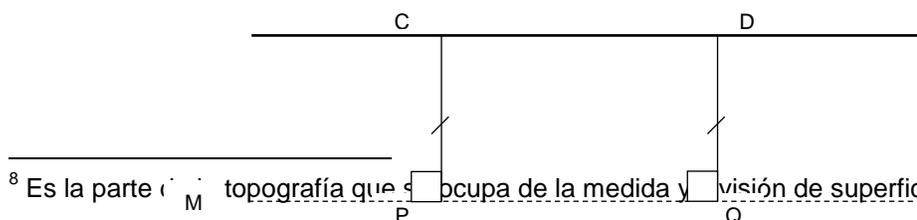
Actividad 1. Realizar práctica topográfica de levantar una perpendicular desde un punto del alineamiento y bajar una perpendicular a un alineamiento desde un punto exterior a éste, considerar la aplicación de las tres formas de realizarse para los dos casos, la distancia de la perpendicular será de 20 metros; el material utilizado será longímetro, estacas o fichas, tres balizas, y dos plomadas. La brigada topográfica será de al menos tres personas fungiendo como cadeneros. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. La comprobación sugerida será formar un polígono cuadrado a través de cuatro líneas perpendiculares.

2.2.2. Paralelas

El trazo de líneas paralelas tiene un uso común, además ocuparse en edificaciones, en trabajos de agrimensura,⁸ también tienen aplicación en obras eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Este tipo de líneas debe de cumplir la condición geométrica de que deben de mantener la misma distancia entre sí, de tal forma que nunca llegan a cruzarse.

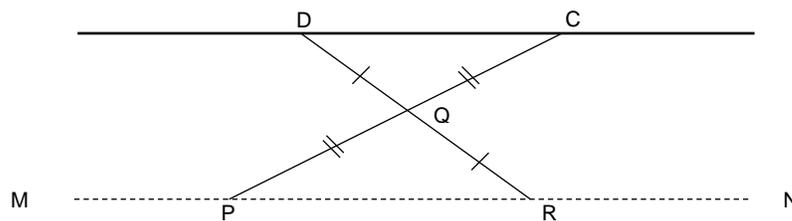
Para el trazo y levantamiento de líneas paralelas tenemos:

- I. Por un punto C trazar una paralela al alineamiento MN . Determinar y medir la perpendicular CP a la línea MN desde el punto dado, luego en otro punto de la línea Q , levantar una perpendicular QD al alineamiento MN y medir $QD = CP$. El punto D pertenece a la paralela buscada en cuestión.

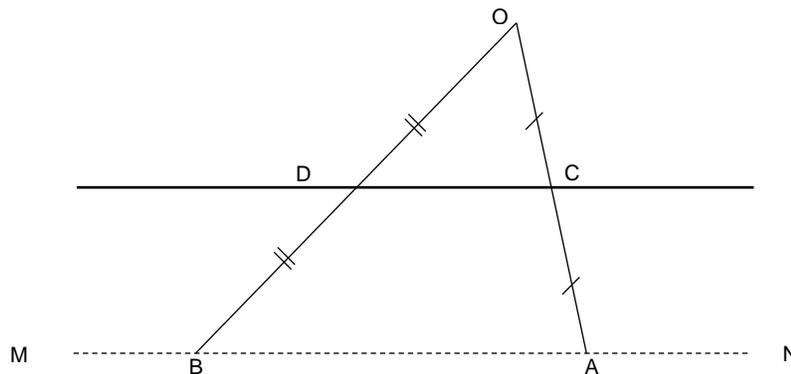


⁸ Es la parte de la topografía que se ocupa de la medida y división de superficies de terrenos.

- II. Si buscamos trazar por C una paralela a MN , se escoge un punto P sobre la línea dada y materializamos el punto Q a la mitad de la distancia CP . Se marca otro punto R , sobre la línea MN ; se mide la distancia RQ y se prolonga, cumpliendo $QD = RQ$. De tal manera que encontramos el punto D perteneciente a la paralela CD a la línea MN .



- III. Otra manera de trazar líneas paralelas es a partir del punto A sobre el alineamiento MN , medir la distancia AC y prolongarla hasta el punto O , de tal manera que $CO = AC$; y luego se mide la distancia OB , cuyo punto medio D pertenecerá a la paralela buscada CD .



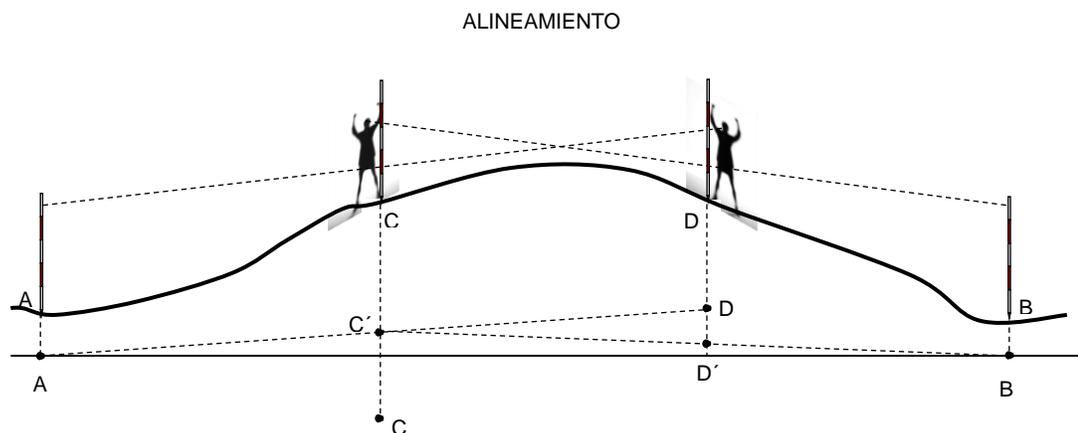
ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica de trazar líneas paralelas a un alineamiento considerando la aplicación de las tres formas de realizarse, la línea paralela deberá encontrarse a 10 m; el material utilizado será longímetro, estacas o fichas, tres balizas, y dos plumadas. La brigada topográfica será de al menos tres personas fungiendo como cadeneros. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. La comprobación será que de la línea paralela trazada regresar al alineamiento inicial mediante el primer procedimiento.

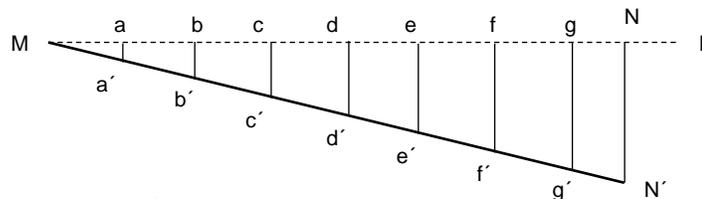
2.2.3. Prolongación de alineamiento

Se presentan dos casos: el *primero* cuando un extremo de la línea no es visible del otro, pero pueden verse puntos intermedios. El *segundo* cuando un extremo de la línea no es visible del otro ni de puntos intermedios.

Para el primer caso, se colocaran señales o balizas en los extremos *A* y *B* de la línea, aproximadamente sobre la línea se coloca un balicero en *C* de manera que pueda observar la baliza en *A*. El balicero *D* alinea a *C* respecto de la señal *A*, por lo que quedará en *C'*; el balicero en *C'* alinea al balicero *D* respecto de *B*; de ésta forma, por repetidas alineaciones se aproximará a la línea hasta llegar a estar exactamente alineados. Los puntos intermedios pueden servir de guía para realizar medidas.



El segundo caso se presenta cuando la distancia es grande y el terreno es ondulado o hay obstáculos a lo largo de la línea; para alinearlos, de uno de los extremos, M se observa un punto P , aproximadamente en dirección N y de manera que se salven los obstáculos; siguiendo una alineación cuidadosa hacia el punto P se marcan en el terreno, por medio de estacas, distancias iguales hasta llegar a un punto N' cerca del extremo N de la línea, de tal forma que $N'N$ son perpendiculares a la línea MP . Luego, la distancia $N'N$ se divide entre la longitud MN' para obtener el desalojamiento por metro; el cociente se multiplica por las distancias Ma' , Mb' , Mc' ... para obtener las distancias $a'a$, $b'b$, $c'c$... que medidas perpendicularmente sobre la línea MP , se tendrá los puntos a , b , c ... sobre la línea MN . La distancia se puede calcular mediante la aplicación del teorema de Pitágoras $MN = \sqrt{(N'M)^2 + (N'N)^2}$.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica de los dos casos que se presentan para prolongar alineamientos, la distancia entre los puntos extremos, deberá de ser de al menos 80 m; el material utilizado será longímetro, estacas o fichas, cuatro balizas y dos plomadas. La brigada topográfica será de al menos cuatro personas, se recomienda que la práctica se realice dos veces y que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. La comprobación en el primer caso consistirá en presentar las balizas para corroborar la prolongación.

2.2.4. Condición geométrica

Existen varios métodos de levantamientos, algunos de los cuales son de difícil aplicación en la práctica, solamente se emplean como auxiliares, y apoyados en los cinco métodos siguientes:

Método de radiaciones. Este método se emplea cuando desde un punto interior del polígono de base es posible ver los vértices de éste y no se dificulta la medida de las distancias del punto interior a los vértices. Estas líneas auxiliares se denominan radiaciones y con ellas se divide en triángulos el polígono de base. Además de las radiaciones, se miden los lados del polígono y los resultados se anotan ordenadamente en el registro de campo. El método descrito puede aplicarse cuando el terreno por levantar es de pequeñas dimensiones y suficientemente despejado y debe procurarse que los triángulos que se formen difieran poco del equilátero o del isósceles.

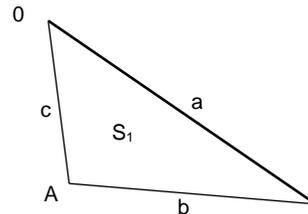
Ejemplo. Con los datos del registro de campo siguiente, calcular la superficie del polígono de base.

Levantamiento con cinta de 30 metros por el método de radiaciones.			México D. F. 28 de mayo de 2010. Levantó: _____
Est.	P.V.	Distancia	CROQUIS Y NOTAS
0	1	43.16	
1	2	23.91	
2	3	43.96	
3	4	25.12	
4	0	28.11	
A	0	21.78	
A	1	32.91	
A	2	24.54	
A	3	33.19	
A	4	28.54	

Solución.

Cálculo de la superficie de los triángulos resultantes

Superficie 1.



$$a = 43.16 \text{ m}$$

$$b = 32.91 \text{ m}$$

$$c = 21.78 \text{ m}$$

$$2p = 97.85$$

$$p = 48.925 \text{ m}$$

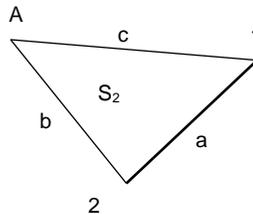
$$p-a = 5.77 \text{ m}$$

$$p-b = 16.02 \text{ m}$$

$$p-c = 27.15 \text{ m}$$

$$S_1 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (48.92)(5.77)(16.02)(27.15) = 350.17 \text{ m}^2$$

Superficie 2.



$$a = 23.91 \text{ m}$$

$$b = 24.54 \text{ m}$$

$$c = 32.91 \text{ m}$$

$$2p = 81.36$$

$$p = 40.68 \text{ m}$$

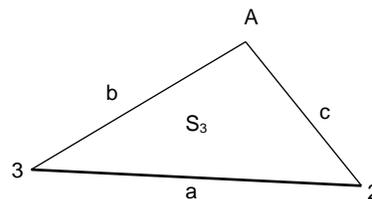
$$p-a = 16.77 \text{ m}$$

$$p-b = 16.14 \text{ m}$$

$$p-c = 7.77 \text{ m}$$

$$S_2 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (40.68)(16.77)(16.14)(7.77) = 292.50 \text{ m}^2$$

Superficie 3.



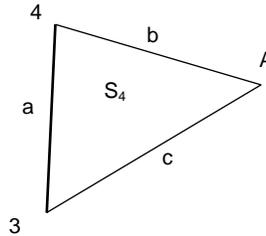
$$a = 43.96 \text{ m}$$

$$b = 33.19 \text{ m}$$

$$\begin{array}{rcl}
 c = & \frac{24.54}{2} & \text{m} \\
 2p = & 101.69 & \\
 p = & 50.845 & \text{m}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 p-a = & 6.89 & \text{m} \\
 p-b = & 17.66 & \text{m} \\
 p-c = & 26.31 & \text{m}
 \end{array}$$

$$S_3 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (50.85)(6.89)(17.66)(26.31) = 403.21 \text{m}^2$$

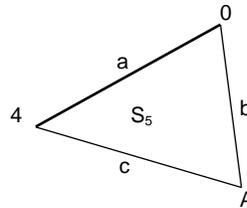
Superficie 4.



$$\begin{array}{rcl}
 a = & 25.12 & \text{m} \\
 b = & 28.54 & \text{m} \\
 c = & \frac{33.19}{2} & \text{m} \\
 2p = & 86.85 & \\
 p = & 43.425 & \text{m}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 p-a = & 18.31 & \text{m} \\
 p-b = & 14.89 & \text{m} \\
 p-c = & 10.24 & \text{m}
 \end{array}$$

$$S_4 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (43.43)(18.31)(14.89)(10.24) = 348.00 \text{m}^2$$

Superficie 5.



$$\begin{array}{rcl}
 a = & 28.11 & \text{m} \\
 b = & 21.78 & \text{m} \\
 c = & \frac{28.54}{2} & \text{m} \\
 2p = & 78.43 & \\
 p = & 39.215 & \text{m}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 p-a = & 11.11 & \text{m} \\
 p-b = & 17.44 & \text{m} \\
 p-c = & 10.68 & \text{m}
 \end{array}$$

$$S_5 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (39.22)(11.11)(17.44)(10.68) = 284.70 \text{m}^2$$

Por lo tanto la superficie total es:

$$S_T = 1,678.58 \text{m}^2$$

Método de diagonales. Consiste en dividir en triángulos, el polígono base por medio de las diagonales. Las longitudes de los lados del polígono y de las diagonales se miden, anotándose en el registro de campo.

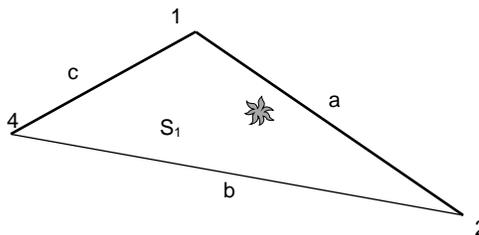
Ejemplo: Con los datos del registro de campo siguiente, calcular los ángulos interiores y la superficie del polígono de base levantado por el método de diagonales y además comprobar el cálculo.

Levantamiento con cinta de 30 metros por el método de diagonales			México D. F. 28 de mayo de 2010. Levantó: _____
Est.	P.V.	Distancia	CROQUIS Y NOTAS
1	2	43.16	
2	3	23.91	
3	4	50.71	
4	1	28.11	
1	3	44.68	
2	4	61.06	

Solución

Cálculo de la superficie y ángulos de los triángulos resultantes.

Triángulo 1-2-4.



$$\begin{array}{ll}
 a = & 43.16 \text{ m} \\
 b = & 61.06 \text{ m} \\
 c = & 28.11 \text{ m} \\
 2p = & 132.33 \\
 p = & 66.165 \text{ m}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 p-a = & 23.01 \text{ m} \\
 p-b = & 5.10 \text{ m} \\
 p-c = & 38.06 \text{ m}
 \end{array}$$

$$S_{1-2-4} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (66.17)(23.01)(5.10)(38.06) = 543.79 \text{ m}^2$$

Comprobación

$$\tan \frac{\hat{4}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \sqrt{\frac{(5.10)(38.06)}{(66.17)(23.01)}}; \hat{4} = 39^{\circ}19'8''$$

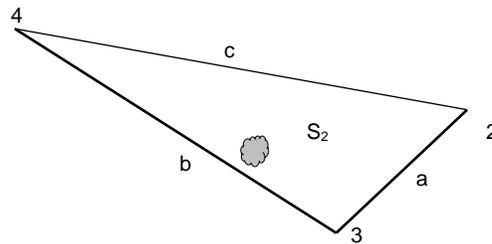
$$\tan \frac{\hat{1}}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}} = \sqrt{\frac{(23.01)(38.06)}{(66.17)(5.10)}}; \hat{1} = 116^{\circ}8'25''$$

$$\tan \frac{\hat{2}}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}} = \sqrt{\frac{(23.01)(5.10)}{(66.17)(38.06)}}; \hat{2} = 24^{\circ}22'25''$$

Suma de ángulos interiores $179^{\circ}59'58'' \cong 180^{\circ}$

$$S_{1-2-4} = \frac{1}{2}bc \operatorname{sen} \hat{4} = \left(\frac{1}{2}\right)(61.06)(28.11)(\operatorname{sen} 39^{\circ}19'8'')=543.79\text{m}^2$$

Triángulo 2-3-4.



$$a = 23.91 \text{ m}$$

$$b = 50.71 \text{ m}$$

$$c = 61.06 \text{ m}$$

$$2p = 135.68$$

$$p = 67.84 \text{ m}$$

$$p-a = 43.93 \text{ m}$$

$$p-b = 17.13 \text{ m}$$

$$p-c = 6.78 \text{ m}$$

$$S_{1-2-4} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = (67.84)(43.93)(17.13)(6.78)=588.32\text{m}^2$$

Comprobación

$$\tan \frac{\hat{4}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \sqrt{\frac{(17.13)(6.78)}{(67.84)(43.93)}}; \hat{4} = 22^{\circ}20'3''$$

$$\tan \frac{\hat{2}}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}} = \sqrt{\frac{(43.93)(6.78)}{(67.84)(17.13)}}; \hat{2} = 53^{\circ}42'9''$$

$$\tan \frac{\hat{3}}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}} = \sqrt{\frac{(43.93)(17.13)}{(67.84)(6.78)}}; \hat{3} = 103^{\circ}57'46''$$

Suma de ángulos interiores $179^{\circ}59'58'' \cong 180^{\circ}$

$$S_{2-3-4} = \frac{1}{2}bc \operatorname{sen} \hat{4} = \left(\frac{1}{2}\right)(50.71)(61.06)(\operatorname{sen} 22^{\circ}20'4'')=588.32\text{m}^2$$

Método de líneas de liga. Cuando el terreno es de tal naturaleza que no permite el levantamiento por los métodos anteriores, ya sea por la existencia de accidentes naturales o artificiales que impidan ver tres vértices consecutivos del polígono base, el procedimiento apropiado es el de líneas de liga, y consiste en medir los lados del polígono base y líneas que ligan dos puntos pertenecientes a lados contiguos.

Ejemplo: Calcular los ángulos interiores del cuadrilátero levantado por el procedimiento de líneas de liga.

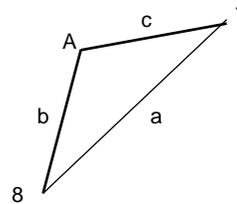
Levantamiento con cinta de 30 metros por el método de líneas de liga.			México D. F. 28 de mayo de 2010. Levantó: _____
Est.	P.V.	Distancia	CROQUIS Y NOTAS
A	B	43.84	
	1	10.00	
	8	10.00	
1	8	16.90	
B	C	53.22	
	2	10.00	
	3	10.00	
2	3	13.42	
C	D	60.72	
	4	10.00	
	5	10.00	
4	5	14.53	
D	A	52.13	

	6	10.00	
	7	10.00	
6	7	11.88	

Solución

Cálculo de los ángulos de los triángulos resultantes.

Triángulo A-1-8.

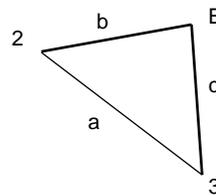


$$\begin{aligned} a &= 16.92 \text{ m} \\ b &= 10.00 \text{ m} \\ c &= \frac{10.00}{2} \text{ m} \\ 2p &= 36.92 \\ p &= 18.46 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p-a &= 1.54 \text{ m} \\ p-b &= 8.46 \text{ m} \\ p-c &= 8.46 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\tan \frac{\hat{A}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \sqrt{\frac{(8.46)(8.46)}{(18.46)(1.54)}} ; \hat{A} = 115^{\circ}33'30''$$

Triángulo B-3-2.

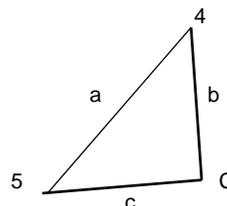


$$\begin{aligned} a &= 13.43 \text{ m} \\ b &= 10.00 \text{ m} \\ c &= \frac{10.00}{2} \text{ m} \\ 2p &= 33.43 \\ p &= 16.72 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p-a &= 3.29 \text{ m} \\ p-b &= 6.72 \text{ m} \\ p-c &= 6.72 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\tan \frac{\hat{B}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \sqrt{\frac{(6.72)(6.72)}{(16.72)(3.29)}} ; \hat{B} = 84^{\circ}21'57''$$

Triángulo C-5-4.

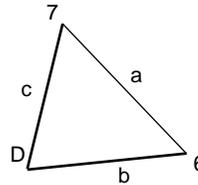


$$a = 14.53 \text{ m}$$

$$\begin{array}{rcl}
 b = & 10.00 & \text{m} \\
 c = & 10.00 & \text{m} \\
 2p = & 34.53 & \\
 p = & 17.265 & \text{m} \\
 p-a = & 2.74 & \text{m} \\
 p-b = & 7.27 & \text{m} \\
 p-c = & 7.27 & \text{m}
 \end{array}$$

$$\tan \frac{\hat{C}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \sqrt{\frac{(7.27)(7.27)}{(17.27)(2.74)}} ; \hat{C} = 93^{\circ}11'15''$$

Triángulo D-7-6.



$$\begin{array}{rcl}
 a = & 11.88 & \text{m} \\
 b = & 10.00 & \text{m} \\
 c = & 10.00 & \text{m} \\
 2p = & 31.88 & \\
 p = & 15.94 & \text{m} \\
 p-a = & 4.06 & \text{m} \\
 p-b = & 5.94 & \text{m} \\
 p-c = & 5.94 & \text{m}
 \end{array}$$

$$\tan \frac{\hat{D}}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \sqrt{\frac{(5.94)(5.94)}{(15.94)(4.06)}} ; \hat{D} = 93^{\circ}11'15''$$

Comprobación

Suma de ángulos interiores $365^{\circ}59'40'' \cong 360^{\circ}$

Método de coordenadas rectangulares. Éste es en la mayoría de los casos el mejor procedimiento debido a que permite fijar cada vértice del polígono de base independientemente de los demás. Consiste en proyectar todos los vértices del polígono sobre dos ejes rectangulares convenientemente elegidos, y en medir las distancias del pie de cada perpendicular al origen. Este método se facilita trazando solamente un eje, bajando perpendiculares de los vértices del polígono a este eje; entonces se miden, a partir del origen, las distancias al pie de las perpendiculares y las longitudes de éstas, anotándose los resultados en el registro de campo.

Ejemplo: Con los datos del registro de campo siguiente, calcular la superficie del polígono de base.

Levantamiento con cinta de
30 metros por el método de
prolongación de
coordenadas rectangulares.

México D. F.

28 de mayo de 2010.

Levantó: _____

Vértice	COORDENADAS		CROQUIS Y NOTAS
	X	Y	
1	9.90	41.10	
2	46.10	48.00	
3	41.70	7.70	
4	6.80	13.30	
Lados	Distancia		
1-2	36.85		
2-3	40.53		
3-4	35.35		
4-1	27.98		

Solución

Cálculo de la superficie del polígono y las longitudes de los lados.

$$S = \frac{1}{2} [(X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1) + (X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2) + (X_3 + X_4)(Y_4 - Y_3) + (X_4 + X_1)(Y_1 - Y_4)]$$

$$S = \frac{1}{2} [(9.9 + 46.1)(48.0 - 41.1) + (46.1 + 41.7)(7.7 - 48.0) \\ + (41.7 + 6.8)(13.3 - 7.7) + (6.8 + 9.9)(41.1 - 13.3)]$$

$$S = 1,208.04 \text{ m}^2$$

Nota: el signo de la superficie sólo indica el sentido en que se ha realizado el polígono.

Cálculo de los lados:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

$$d_{1-2} = \sqrt{(46.1 - 9.9)^2 + (48.0 - 41.1)^2} = 36.85 \text{ m}$$

$$d_{2-3} = 40.54 \text{ m}$$

$$d_{3-4} = 35.35 \text{ m}$$

$$d_{4-1} = 27.97 \text{ m}$$

Nota: Los datos calculados coinciden con los medidos en el campo y que están asentados en el registro de campo.

2.2.4.1. *Recurvas y poligonales*

El método más adecuado para dibujar un plano levantado por triangulación es por intersecciones. El método, como se mencionó, consiste en medir los lados del terreno y las diagonales necesarias para convertir su figura en un número de triángulos igual a la de sus lados menos dos. En la figura de ejemplo (abajo), se observa los lados del polígono *ABCDE* y las diagonales *AD* y *BD*, resultando los triángulos *ADE*, *ABD* y *BCD*.

Cuando uno o más lados de la poligonal tiene como linderos: ríos, lagos o cercas sinuosas, se miden ordenadas perpendicularmente a una línea que vaya cerca de dichos linderos, frente a los puntos donde el arroyo cambie de dirección deben de ubicarse puntos en la poligonal midiendo sus distancias desde el punto de arranque de la línea (*a*, *b*, *d*, *e* y *f*). Uniendo los puntos sinuosos (*a'*, *b'*, *d'*, *e'* y *f'*) con los puntos en la poligonal, se definen estas sinuosidades.

En casos donde se dificulta medir directamente por el lindero de un terreno, la medida se practica más o menos paralela al lindero y en ambos extremos se debe medir la distancia de la línea medida (A, E).

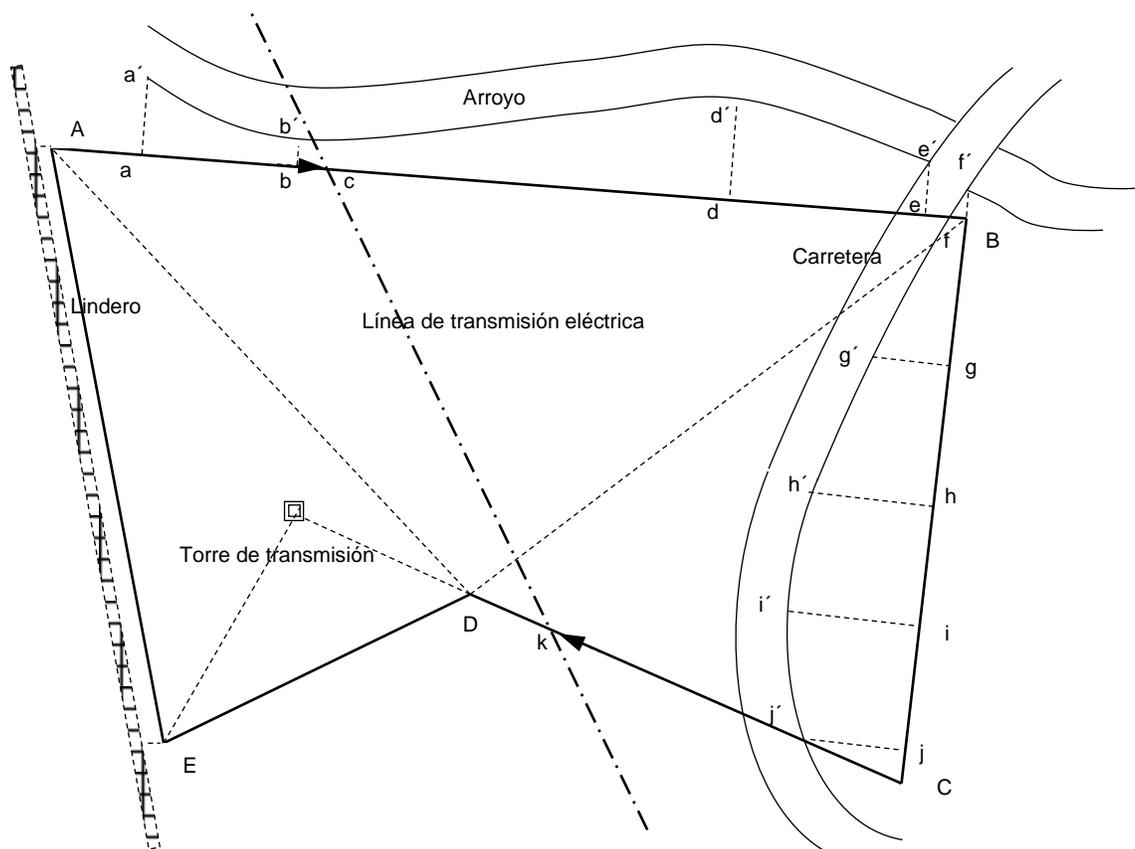
Una curva circular debe quedar definida por sus tres puntos. En la curva de una carretera, un punto es el vértice del terreno, otro es cualquier ordenada a un punto cualquiera de la curva y por el tercer punto se mide la ordenada al punto de tangencia.

Cuando la curva no es circular, se levantan ordenadas en varios puntos que se unen por medio de una plantilla de curvas (g' , h' , i' , j').

Líneas rectas como ferrocarriles, canales o líneas de transmisión eléctrica, se determinan midiendo sobre las líneas que atraviesan a partir del vértice según el sentido en que se sigue el caminamiento (c y k).

Por intersecciones se calculan otros puntos importantes dentro del levantamiento (torre de transmisión).

Ejemplo:



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica para llevar a cabo el levantamiento topográfico de un terreno en general, definir los vértices del polígono base propuesto y elegir el mejor método de levantamiento con base en el tema desarrollado; además de calcular su superficie; el material utilizado será longímetro, estacas o fichas, tres balizas y dos plomadas. La brigada topográfica será de al menos tres personas, se recomienda que la práctica se realice dos veces y que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. La revisión del registro de campo y cálculos será verificada por el docente de la materia.

2.3. DESVIACIÓN DE LA AGUJA MAGNÉTICA Y VARIACIONES QUE SUFRE

La Tierra puede considerarse como un gran imán con líneas de fuerzas magnéticas entre los polos magnéticos. Según el ingeniero Nabor Ballesteros Tena:⁹ “El polo norte magnético, aunque se desaloja lentamente hacia el noroeste, se encuentra localizado actualmente en el extremo norte de la Isla Bathurst, del grupo de las islas Reina Elizabeth, en Canadá, y el polo sur magnético también se desaloja con lentitud hacia el noroeste y se encuentra localizado en la actualidad frente a la bahía Commonwealth, ubicado a $66^{\circ}57'$ de latitud sur y $142^{\circ} 23'$ de longitud este del meridiano de Greenwich.”

Además de la atracción horizontal, la aguja es también atraída verticalmente. Al ángulo horizontal entre el norte verdadero y el norte magnético se le denomina *declinación magnética* y puede ser hacia el este o al oeste. A la declinación vertical se le denomina *inclinación magnética*.

La brújula topográfica es un instrumento que determina las direcciones de las líneas de un levantamiento con referencia a una aguja imantada. El centro de la aguja se encuentra engastada una piedra dura que se apoya sobre un pivote de acero duro con punta aguda; éstas dos piezas evitan su desgaste

⁹ Nabor Ballesteros Tena, *Topografía*, p. 49.

para que la aguja gire libremente y tome inmediatamente la dirección norte-sur magnético.



Brújula de mano de plástico.



Brújula Tipo Brunton



Brújula Tubular Sokkia
CP7

<http://www.precisiontopografica.com/frameset.htm>

Se divide en cuadrantes con graduaciones de 0° a 90° , correspondientes a las letras E (este) y W (oeste), las letras E y W están cambiadas respecto de sus rumbos debido a que permaneciendo la aguja dirigida al norte, la caja de la brújula es la que gira cuando se realiza la puntería para determinar el rumbo de la línea.

Los grados de los limbos están divididos en medios grados y no hay que pretender mayores aproximaciones que a 15 minutos.

Son cinco las principales variaciones de la declinación: seculares, anuales, diarias, irregulares y lunares, a saber:

1. *Variación secular.* Son variaciones oscilantes de manera que mientras varía en un sentido y permanece estacionaria, empieza a cambiar en sentido opuesto. Los promedios de declinación de los años, están registrados y pueden obtenerse en los observatorios magnéticos (Teoloyucan, Estado de México). Estas variaciones tienen importancia debido a que un levantamiento topográfico practicado hace 50 años, muestra dificultades de representación en nuestros días.

2. *Variación anual.* Estas variaciones tienen poca importancia en los levantamientos, debido a la aproximación de 15' de la brújula. Las estaciones del año tienen influencia en las variaciones.
3. *Variación diaria.* Su variación diaria es de 7' aproximadamente.
4. *Variaciones irregulares.* Estas variaciones son debidas a tormentas magnéticas; y las variaciones tienen un orden entre 10' a 20' cuando se desplazan las auras boreales.
5. *Variaciones lunares.* Son insignificantes que no se toman en cuenta.

A parte de las variaciones magnéticas, también tenemos las perturbaciones y atracciones locales de la aguja. Éstas pueden ser producidas por las vías férreas, líneas de conducción eléctrica de alta tensión y herramientas o utensilios de fierro.

Una brújula topográfica es útil solamente para realizar levantamientos aproximados en: levantamientos secundarios, levantamiento de detalles de relleno, reconocimientos, trabajos preliminares y exploraciones militares.

En el presente libro se omitió el método para realizar levantamiento con una brújula topográfica, debido a que los aparatos modernos empleados en topografía (navegadores GPS) sustituyen con una mayor precisión y sin un aumento de costo considerable, poder realizar el levantamiento sólo una persona, sin necesidad de otra herramienta o equipo y con una mayor rapidez.

De tal manera que a la brújula topográfica, incluida en todos los tránsitos, en el presente libro tendrá el fin de la orientación topográfica.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica consistente en definir vértices de un polígono evitando posibles atracciones locales y tomar lectura de las dirección de los lados del polígono mediante una brújula topográfica; el equipo y material utilizado será una brújula topográfica, estacas o fichas, dos balizas y una

plomada. La brigada topográfica será de al menos dos personas, se recomienda que la práctica se realice dos veces para que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. La comprobación consiste en efectuar las mediciones en *caminamiento* contrario.

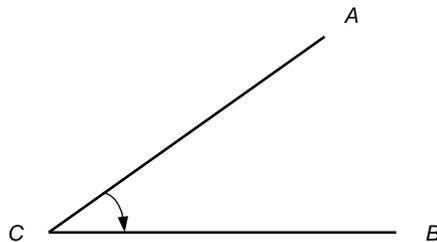
2.4. MÉTODOS PARA MEDIR ÁNGULOS

La medida de los ángulos puede ser simple, por repeticiones, por reiteraciones o direcciones.

2.4.1. Ángulos simples

Es cuando desde el vértice C de la siguiente figura, se mide el ángulo ACB . El procedimiento consiste en lo que comúnmente se conoce como *poner en cero el teodolito*, y no es otra cosa que poner en coincidencia el cero del limbo horizontal con el cero del vernier y fijar el movimiento particular del tránsito. Utilizando el movimiento general, visar el punto A , haciendo coincidir el centro de la retícula con el punto A , y fija el movimiento general.

Aflojar el tornillo de presión del movimiento particular y dirigir el anteojo al punto B , haciendo coincidir el punto con el centro de la retícula. Realizar la lectura del ángulo del vernier.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica consistente en aplicar el método de medir ángulos simples; el equipo ocupado será un tránsito y el material longímetro, estacas o fichas, dos balizas y dos plomadas. La brigada topográfica será de al menos tres personas, dos de ellas fungiendo como baliceros y la tercera como operador del tránsito, se recomienda que la práctica

se realice el número de veces en que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito.

2.4.2. Repeticiones

Este método tiene por objeto obtener el valor de un ángulo de manera más aproximada a su valor verdadero, en los que algunos tránsitos no lo pueden dar directamente debido a su escasa aproximación.

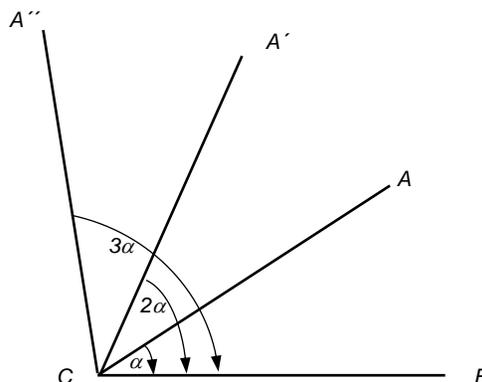
Este método consiste en realizar la medida de ángulos varias veces pero, además, ir acumulando las lecturas, de tal forma que las fracciones pequeñas que no se pueden leer por medio de una lectura simple debido a que son menores a la aproximación del vernier del tránsito, como la referida en el método anterior, al acumularse den una fracción que pueda leerse con el vernier.

Para realizar una medida por repeticiones se mide con el tránsito en C el valor sencillo del ángulo como se describió. No se mueve la posición del vernier y con el movimiento general se vuelve a visar el punto A .

Luego, con el movimiento particular se dirige el anteojo al punto B ; de tal manera que el ángulo queda duplicado y acumulado.

De tal forma se continúa el proceso, hasta que el ángulo se ha medido el número de veces requerido.

Al final, el valor del ángulo acumulado se determina dividiendo la diferencia entre las lecturas inicial y final por el número de veces que se ha repitió la medida del ángulo.



Ejemplo: Si el valor del ángulo ACB tiene un valor verdadero de $33^{\circ} 30' 23''$ y que se mide con un tránsito de aproximación igual a $1'$, no podremos apreciar entonces los $23''$ con el instrumento, con el cual sólo podremos leer $33^{\circ} 30'$; pero si realizamos la primera lectura seguida por una nueva, acumulando la anterior, la amplitud recorrida por el limbo será de $67^{\circ} 00' 46''$, por lo tanto el limbo permitirá leer $67^{\circ} 01'$, lo que dará para el ángulo un valor de $33^{\circ} 30' 30''$, que es más aproximado al verdadero.

Pero si a las dos lecturas anteriores le acumulamos una tercer, la amplitud recorrida por el limbo será de $100^{\circ} 31' 09''$, y la lectura apreciada por el instrumento será de $100^{\circ} 31'$, en este caso, el valor del ángulo repetido tres veces se obtendrá tomando la tercera parte de la lectura acumulada que nos da $33^{\circ} 30' 20''$ que se aproxima más al valor verdadero.

La precisión aumenta directamente con el número de repeticiones hasta 6, más de este número de medidas no aumenta la precisión de manera apreciable debido a los errores accidentales.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica consistente en aplicar el método de medir por repeticiones; el equipo utilizado será un tránsito y el material longímetro, estacas o fichas, 2 balizas y 2 plomadas. La brigada topográfica será de al menos 3 personas dos de ellas fungiendo como baliceros y el tercero como operador del tránsito, se recomienda que la práctica se realice el número de veces en que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito.

2.4.3. Reiteraciones

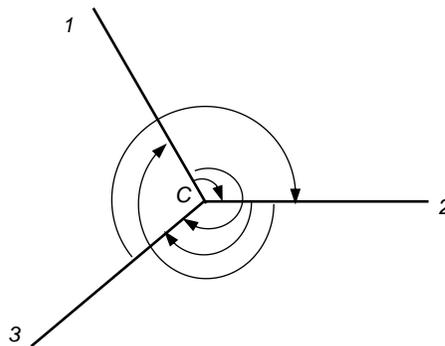
Si desde la estación C es necesario observar los vértices 1, 2, y 3, primero se visa el extremo de la línea escogida como origen de las direcciones.

Ahora, supongamos que la línea C-1 es el origen de las direcciones; entonces una vez visado el punto 1, con uno de los dos vernieres marcando 0° , se fija el movimiento general y con el particular se continuará la observación de los puntos 2 y 3, haciendo en cada caso la lectura de los dos vernieres y después de haber completado la vuelta de horizonte, se volverá a visar el punto inicial para verificar si no sufrió algún movimiento el instrumento.

Se recomienda tomar tantos orígenes como líneas concurren a la estación, de tal manera que sería el origen la línea C-2, y después la línea C-3; el valor más probable de los ángulos se obtiene por diferencias entre los ángulos observados alrededor del vértice C; y el valor más probable de cada ángulo será el promedio de los valores obtenidos.

Esté método es empleado cuando hay que medir varios ángulos alrededor de un punto.

Cuando se mide sólo un ángulo se va cambiando la lectura de origen alrededor de toda la graduación, tantas veces como reiteraciones se realicen. De tal manera que si se efectúan 4 reiteraciones, los orígenes deben ser 0° , 90° , 180° y 270° ; así se disminuirá la influencia de los errores que pueda tener la graduación del limbo horizontal.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Modalidad escolarizada, semiescolarizada y cuatrimestral

Actividad 1. Realizar práctica topográfica consistente en aplicar el método de medir por reiteraciones; el equipo utilizado será un tránsito y el material longímetro, estacas o fichas, 2 balizas y 2 plomadas. La brigada topográfica será de al menos 3 personas dos de ellas fungiendo como baliceros y el

tercero como operador del tránsito, se recomienda que la práctica se realice el número de veces en que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito.

2.4.4. Direcciones

Los ángulos se determinan por este método, por diferencias de direcciones. El origen de las direcciones puede ser la línea N-S o una diferente a ésta.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Modalidad escolarizada, semiescolarizada y cuatrimestral

Actividad 1. Realizar práctica topográfica consistente en aplicar el método de medir por direcciones; el equipo utilizado será un tránsito y el material longímetro, estacas o fichas, 2 balizas y 2 plomadas. La brigada topográfica será de al menos 3 personas dos de ellas fungiendo como baliceros y el tercero como operador del tránsito, se recomienda que la práctica se realice el número de veces en que los integrantes de la brigada roten el papel que desempeñan. El reporte de la práctica realizada será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito..

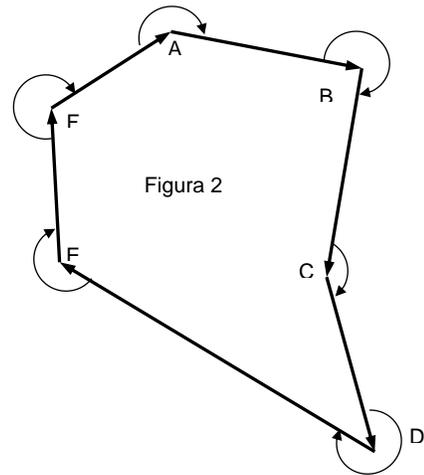
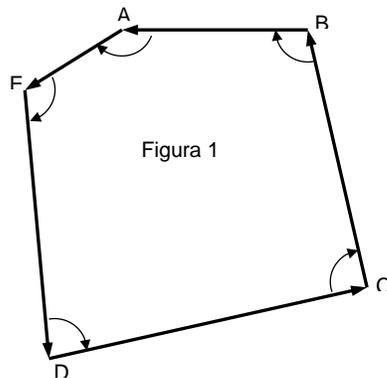
2.5. MÉTODOS PARA MEDIR ÁNGULOS EN VÉRTICES DE POLIGONAL

Recapitulando, se puede decir que poligonal es la sucesión de líneas rectas cuando se sigue un caminamiento que une puntos, vértices o estaciones del terreno. La poligonal es cerrada cuando el último punto tiene que coincidir con el primero y se presenta en predios o área comprendida dentro del polígono. Cuando no se cumple la condición anterior, la poligonal es abierta como en el caso de caminos, canales, ríos y vías férreas.

En los levantamientos por medio de poligonales cerradas, la exactitud angular y lineal puede ser comprobada.

Los círculos acimutales de los teodolitos están graduados en el sentido en que giran las manecillas del reloj y, aunque tienen numeración en sentido opuesto y mientras no se especifique lo contrario, debe entenderse que la medida de ángulos será en el sentido de las manecillas del reloj.

En levantamiento de un polígono cerrado, la dirección que debe seguir el caminamiento para medir ángulos interiores es seguir el sentido contrario al de las manecillas del reloj (figura 1). Si seguimos el caminamiento en el mismo sentido al de las manecillas del reloj, los ángulos obtenidos en los vértices son los ángulos exteriores (figura 2).



Para el levantamiento de una poligonal se necesitan, además del tránsito, un longímetro y un par de balizas.

Los vértices de la poligonal deben de estar bien definidos por medio de estacas donde se clava una tachuela para precisar la estación.

Dentro de los métodos de levantamientos tenemos el de *levantamiento por ángulos interiores*, *levantamiento por deflexiones* y *levantamiento por conservación de azimuts*.

Levantamiento por ángulos interiores.

Para medir un ángulo con el tránsito se procede de la siguiente manera: Resultaría conveniente revisar el tema *descripción del tránsito* de la primera unidad del presente libro.

1. Fijar el tránsito al tripié de manera que quede bien atornillado. El tripié se coloca de manera que la punta de la plomada quede sobre o cerca de la estaca o estación. Se hincan las patas del tripié. Se aflojan los tornillos de nivelar para dar un movimiento lateral y centrar el aparato con exactitud sobre la estación.
2. Para nivelar el tránsito se gira acimutalmente hasta que cada uno de los niveles del círculo horizontal, se coloquen paralelos respectivamente a dos tornillos niveladores, eligiendo cualquiera de los tornillos niveladores, girar ambos hacia adentro cuando la burbuja tenga que desalojarse hacia la derecha para centrarla, o ambos hacia afuera cuando deba desalojarse la burbuja hacia la izquierda. Centrada la burbuja, para el siguiente nivel, se centra con más cuidado y se siguen repitiendo para afinar las nivelaciones hasta que las burbujas de ambos niveles queden centradas. A ésta operación se le conoce como *poner en estación*.
3. Se afloja el tornillo que fija el movimiento de la aguja magnética para que gire libremente.
4. Se afloja el tornillo de presión del movimiento general y el tornillo de presión del movimiento particular, para coincidir el cero del limbo cerca del cero del vernier, se fija el tornillo del movimiento particular y con el tornillo tangencial del movimiento particular se hace coincidir el cero del limbo con el cero del vernier.
5. Se enfoca el ocular.
6. Se fija el movimiento particular, se suelta el movimiento general para visar la baliza en el punto de la estación de atrás, según el sentido de caminamiento. Se realiza una puntería con el tubo del antejo. Con el tornillo tangencial del movimiento general se bisecta¹⁰ la baliza con exactitud. Se fija el movimiento general y se suelta el tornillo de presión del movimiento particular, para bisectar la baliza de la siguiente estación o de adelante. Para bisectarse con mayor exactitud es necesario emplear los tornillos tangenciales. Se realiza la lectura del vernier horizontal y se

¹⁰ División de la figura en dos partes iguales.

anota en la libreta de campo, primero leerse sobre el limbo, en la dirección de la graduación, es decir, hacia los números enteros que se encuentren antes de llegar al cero del vernier. Como segundo paso debe leerse el valor de la fracción sobre el vernier, contando el número de divisiones que haya desde el cero hasta que se encuentre la coincidencia de una división del vernier con una división del vernier con una división del limbo. Las dos lecturas deben realizarse en el mismo sentido y sumarse para obtener un valor de lectura. Se anota también el rumbo magnético y se fija el movimiento de la aguja.

7. Emplear los métodos para medir ángulos descritos en el tema anterior.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Realizar práctica topográfica consistente definir vértices de una poligonal para levantar un terreno en general, orientar topográficamente el primer lado de la poligonal y aplicar el método de levantar por ángulos interiores; el equipo utilizado será un tránsito y el material longímetro, estacas o fichas, dos balizas y dos plomadas. La brigada topográfica será de al menos 3 personas dos de ellas fungiendo como baliceros y el tercero como operador del tránsito, se recomienda que en el transcurso de la práctica el papel del operador del tránsito sea rotado entre los integrantes de la brigada. El reporte de la práctica será mediante un registro de campo en una libreta de tránsito. Cómo inicio de los trabajos de gabinete, se calcularán rumbos y azimuts magnéticos de los lados de la poligonal.

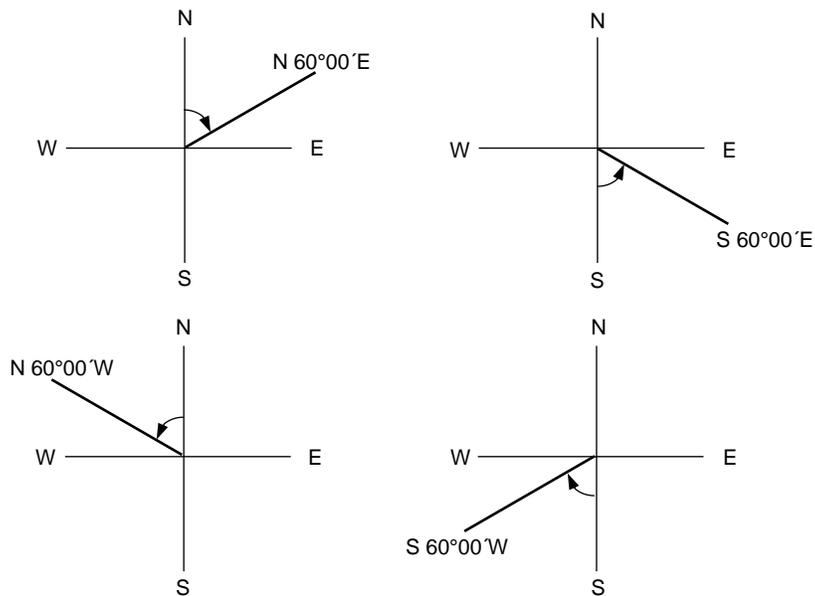
2.5.1. Rumbos o azimuts magnéticos

Es conveniente determinar las direcciones de las líneas de un levantamiento con ayuda de una aguja imantada, esta aguja, cuando gira libremente, indica la dirección norte-sur magnética. Por lo tanto, al determinar las direcciones de las

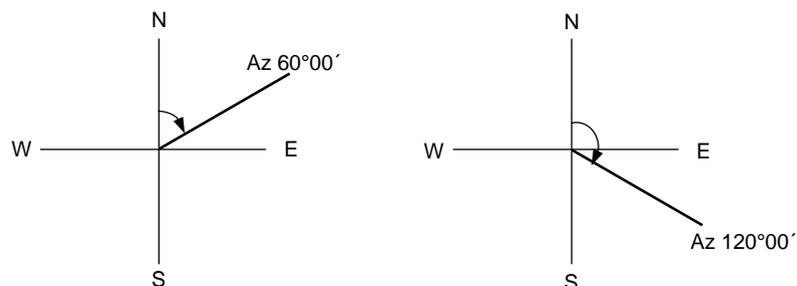
líneas con respecto al norte-sur magnético, estamos asegurando la orientación magnética, aún cuando no tengamos ya la poligonal.

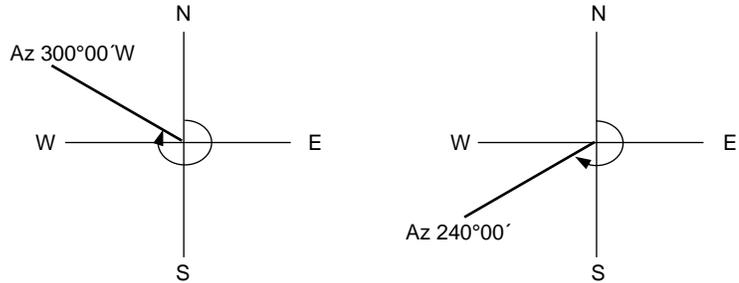
Es necesario establecer la relación entre rumbos y azimuts para determinar el ángulo que forman los lados cuyos rumbos y azimuts son conocidos.

Un rumbo es la distancia angular respecto al meridiano, partiendo del Norte o del Sur, hacia el Este o hacia el Oeste, su valor varía de 0° a 90° .



Un azimut magnético es un ángulo medido a partir del norte magnético, en el sentido en que giran las manecillas del reloj. El azimut es positivo en este sentido y negativo, en el sentido contrario. El valor angular del azimut varía desde 0° hasta 360° .

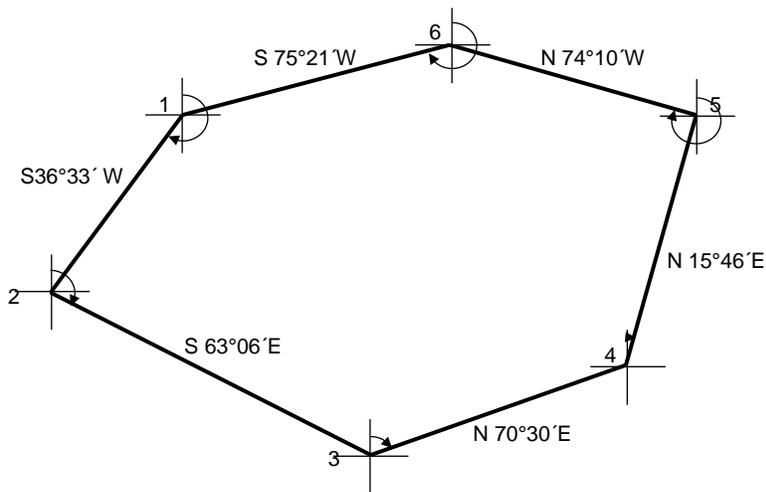




Para convertir rumbos a azimuts, tenemos las siguientes reglas:

1. Si el rumbo es Noroeste (NE), el ángulo del rumbo es igual al del azimut.
2. Si el rumbo es Sureste (SE), el azimut es el suplemento del ángulo del rumbo.
3. Si el rumbo es Suroeste (SW), el azimut es el ángulo del rumbo más 180°.
4. Si el rumbo es Noroeste (NW), el azimut es el conjugado del ángulo del rumbo.

Ejemplo



Lado	Rumbo	Operaciones	Azimuts
1 - 2	S 36°33' W	180°+36°33	216°33'
2 - 3	S 63°06'E	180°-63°06	116°54'
3 - 4	N 70°30'E	Ninguna	70°30'
4 - 5	N 15°46'E	Ninguna	15°46'
5 - 6	N 74°10'W	360°-74°10'	285°50'
6 - 1	S 75°21'W	180°+75°21'	255°21'

Quando se convierte de azimuts a rumbos, se aplican las reglas siguientes:

1. Si el azimut es menor de 90°, el rumbo es Noroeste (NE) y el ángulo del rumbo es igual al azimut.
2. Si el azimut pasa de 90° y es menor de 180°, el rumbo entonces es Sureste (SE) y el ángulo del rumbo es suplemento del azimut.
3. Si el azimut pasa de 180° y es menor de 270°, el rumbo entonces es Suroeste (SW) y el ángulo del rumbo es igual al del azimut menos 180°.
4. Si el azimut es mayor de 270°, el rumbo es Noroeste (NW) y el ángulo del rumbo es igual al conjugado del azimut.

Conocidos los rumbos de los lados de un polígono, los ángulos que forman se pueden calcular auxiliándose por medio de un croquis dibujando en cada vértice el rumbo inverso del lado anterior y el directo siguiente.

Por medio de la figura anterior, en la que aparecen los rumbos de los lados, facilita la comprensión del cálculo de los ángulos interiores de un polígono cerrado y su correspondiente comprobación de cierre angular.

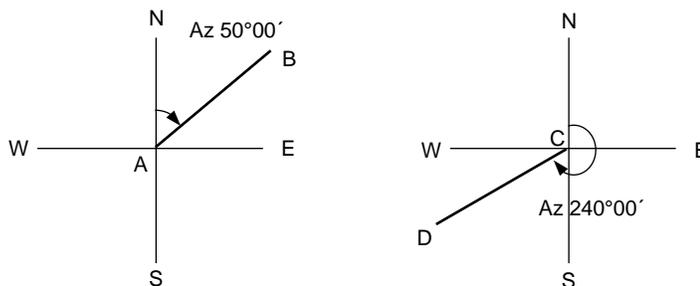
Vértice	Operaciones	Ángulos interiores
1	$180^\circ - 75^\circ 21' + 36^\circ 33'$	$= 141^\circ 12'$
2	$180^\circ - 36^\circ 33' - 63^\circ 06'$	$= 80^\circ 21'$
3	$70^\circ 30' + 63^\circ 06'$	$= 133^\circ 36'$
4	$180^\circ + 15^\circ 46' - 70^\circ 30'$	$= 125^\circ 16'$
5	$180^\circ - 74^\circ 10' - 15^\circ 46'$	$= 90^\circ 04'$

$$6 \qquad 75^{\circ}21' + 74^{\circ}10' \qquad = \qquad 149^{\circ} 31'$$

$$\qquad \qquad \text{Suma de ángulos} \qquad = \qquad 720^{\circ} 00'$$

La suma de ángulos interiores de un polígono es igual a 180° multiplicado por el número de lados menos dos. Entonces $180^{\circ} (6-2) = 720^{\circ}$.

Un azimut inverso es mayor en 180° cuando el directo es menor que esa cantidad, y menor de 180° cuando el directo es mayor que la misma cantidad.



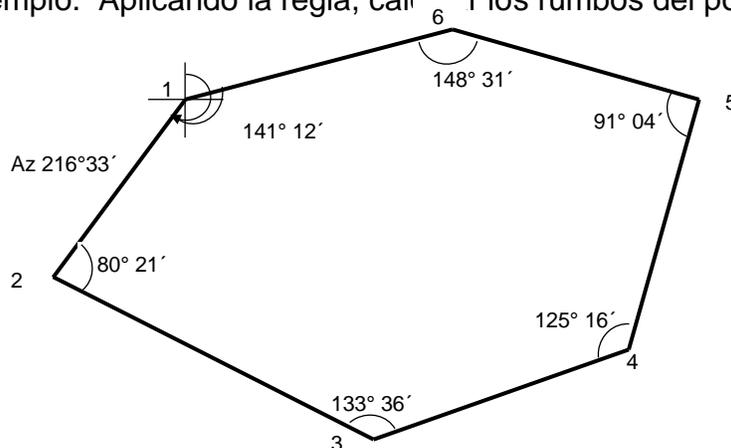
Ejemplo. De la figura anterior, calcular los azimuts inversos.

$$\text{Azimut inverso de AB} = 50^{\circ} + 180^{\circ} = 220^{\circ}$$

$$\text{Azimut inverso de CD} = 240^{\circ} - 180^{\circ} = 60^{\circ}$$

Conociendo el azimut de uno de los lados, el azimut siguiente se obtiene sumando al azimut inverso del lado conocido, el ángulo que éste forma con el lado siguiente. Obtenidos los azimuts de todos los lados del polígono, se convierten a rumbos.

Ejemplo. Aplicando la regla, calcular los rumbos del polígono.



216°33′	Az. directo del lado 1 - 2	=	S 36°33′W
36°33′	Az. inverso del lado 1 - 2		
<u>+ 80°21′</u>	Ángulo formado por los lados 1-2 y 2-3		
116°54′	Az. directo del lado 2 - 3	=	S 63°06′E
296°54′	Az. inverso del lado 2 - 3		
<u>+ 133°36′</u>	Ángulo formado por los lados 1-2 y 2-3		
70°30′	Az. directo del lado 3 - 4	=	N 70°30′E
250°30′	Az. inverso del lado 3 - 4		
<u>+ 125°16′</u>	Ángulo formado por los lados 3-4 y 4-5		
15°46′	Az. directo del lado 4 - 5	=	N 15°46′E
195°46′	Az. inverso del lado 4 - 5		
<u>+ 91°04′</u>	Ángulo formado por los lados 4-5 y 5-6		
285°50′	Az. directo del lado 5 - 6	=	N 74°10′E
105°50′	Az. inverso del lado 5 - 6		
<u>+ 149°31′</u>	Ángulo formado por los lados 5-6 y 6-1		
255°21′	Az. directo del lado 6 - 1	=	N 75°21′E
105°50′	Az. inverso del lado 6 - 1		
<u>+ 148°31′</u>	Ángulo formado por los lados 6-1 y 1-2		
216°33′	Az. directo del lado 1 - 2	=	S 36°33′W

Como el azimut y rumbo de partida son los mismos que los encontrados al final del cálculo, se comprueba que el polígono ha cerrado angularmente y las operaciones realizadas son correctas.

Levantamiento por deflexiones

Este método, al cual se le conoce también como de ángulos suplementarios porque el valor no excede de 180°, este método consiste en medir los ángulos formados por las líneas y las prolongaciones de los lados anteriores. Las deflexiones pueden ser a la derecha o a la izquierda, según el sentido en que gire el anteojo después de la vuelta de campana para dirigirlo sobre la prolongación de la línea anterior.

Es indispensable tener un azimut de partida para deducir de él, los azimuts de los lados de la poligonal. Por lo tanto, es necesario orientar un lado de la poligonal.

Por lo general se emplea en poligonales abiertas para el levantamiento de caminos, canales, ferrocarriles, etc.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se pone en estación el tránsito.
2. Se pone en coincidencia los ceros del limbo horizontal y su vernier y se fija el movimiento particular.
3. Se da vuelta de campana al anteojo y queda en posición inversa.
4. Con el movimiento general se dirige el anteojo a visar la estación de atrás y si fija el movimiento.
5. Se da otra vuelta de campana, quedando en posición directa y señalando la prolongación del lado anterior.
6. Con el movimiento particular se dirige el anteojo a visar la estación de adelante y se realiza la lectura de la deflexión.

Para evitar los errores de la línea de colimación, se observa la estación de atrás alternativamente en posición directa y posición inversa es decir, en la estación 2 se observa la estación 1 en posición directa y la estación 3 en posición inversa; en la estación 3, se observa la estación 2 en posición inversa y la estación 4 en directa y así sucesivamente.

Todos los demás datos de campo son los mismos que en el levantamiento por ángulos interiores.

En instrumentos donde la numeración está comprendida entre 0° y 360° , la deflexión cuyo valor sea entre 0° y 180° es positiva y su valor es igual a la lectura realizada. Si la lectura tiene un valor entre 180° y 360° la flexión es negativa y su valor es igual a la resta de 360° y la lectura realizada.

El cálculo de los azimuts de los lados de la poligonal se realiza de la siguiente forma: el azimut de un lado se obtiene sumando algebraicamente la deflexión al azimut de lado anterior. Si la deflexión es negativa y mayor que el azimut se le agregan a éste 360° para que la resta resulte positiva.

Para el cálculo de los rumbos de los lados de la poligonal, a partir del rumbo del primer lado y de las deflexiones se pueden seguir las siguientes reglas:

1. Si el lado de la poligonal está en el cuadrante NE o SW, se agrega al rumbo del lado la deflexión derecha y se resta la deflexión izquierda
2. Si el lado de la poligonal está en el cuadrante SE o NW se agrega al rumbo del lado la deflexión izquierda y se resta la deflexión derecha.
3. Cuando la suma del rumbo con la deflexión excede los 90° , se tomará el suplemento y se cambiará la letra N por S y viceversa.
4. Cuando la suma del rumbo con la deflexión resulta negativa, se cambia la letra E por W, y viceversa.

Ejemplo. Calcular los azimuts y rumbos de los lados de la poligonal, con el registro de campo siguiente.

Levantamiento con cinta de 30 metros por el método de deflexiones.			México D. F. 28 de mayo de 2010. Levantó: _____
Est.	P.V.	Deflexiones	CROQUIS Y NOTAS
1	2	38°48' I	
2	3	99°39' I	
3	4	46°24' I	
4	5	54°44' I	
5	6	89°56' I	
6	1	30°29' I	

Solución

Lado	Azimet	Rumbo
1-2	Az 1-2 = 216°33′ <u>-99°39′</u>	Rumbo 1-2 S 36°33′W <u>-99°39′</u>
2-3	Az 2-3 = 116°54′ <u>-46°24′</u>	Rumbo 2-3 S 63°06′E <u>+46°24′</u>
3-4	Az 3-4 = 70°30′ <u>-54°44′</u>	Rumbo 3-4 N 70°30′E <u>-54°44′</u>
4-5	Az 4-5 = 15°46′ <u>-89°56′</u> <u>+360°00′</u>	Rumbo 4-5 N 15°46′E <u>-89°56′</u> <hr/>
5-6	Az 5-6 = 285°50′ <u>-30°29′</u>	Rumbo 5-6 N 74°10′W <u>+30°29′</u>
6-1	Az 6-1 = 255°21′ <u>-38°48′</u>	Rumbo 6-1 S 75°21′W <u>-38°48′</u>
1-2	Az 1-2 = 216°33′	Rumbo 1-2 S 36°33′W

Método de conservación de azimuts

El método consiste en conservar el azimut de un lado leído en una estación, para partir de él en las lecturas que se ejecutan en la siguiente estación. Si en una estación cualquiera se orienta el instrumento y se visa la estación siguiente, la lectura del limbo horizontal dará directamente el azimut de la línea que une las dos estaciones.

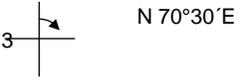
El procedimiento es el siguiente:

1. Se pone en estación el tránsito.
2. Con el anteojo en posición directa, se orienta el instrumento en la estación 1, y se mide el azimut de la línea 1-2.

3. Conservando el vernier del azimut leído, se mueve el instrumento a la estación 2. Se pone en estación el tránsito y se verifica que no se ha movido la lectura de la estación anterior.
4. Se da vuelta de campana, quedando en posición inversa, y con el movimiento general se gira hasta visar la estación 1, se fija el movimiento general.
5. Nuevamente se da vuelta de campana quedando en posición directa y señalando la prolongación de la línea 1-2. El cero del limbo y del vernier concuerdan cuando el anteojo esté dirigido al Norte y, por lo tanto, el instrumento está orientado.
6. Con el movimiento particular se dirige el anteojo a visar la estación 3 y el ángulo que da el limbo N-2-3 será el azimut de la línea 2-3; se mide la distancia 2-3 y se toma el rumbo magnético como comprobación y continuamos en la estación 3.
7. Se realiza el mismo procedimiento para las demás estaciones de la poligonal, conservando la lectura del azimut de la estación anterior.

Ejemplo. Revisar el registro de campo siguiente realizado con el método de levantamiento por conservación de azimuts.

Levantamiento con cinta de 30 metros por el método de conservación de azimuts			México D. F. 28 de mayo de 2010. Levantó: _____
Est.	P.V.	Azimuts	CROQUIS Y NOTAS
1	2	216°33'	
2	3	116°54'	
3	4	70°30'	
4	5	15°46'	
5	6	285°50'	
6	1	255°21'	
1	2	216°33'	

Se observa que el azimut deducido a la vuelta, debe ser el aproximado o igual al azimut de inicio.

2.5.2. Causas de error. Condiciones de cierre en cada caso

En la medida de ángulos como en las longitudes, están sujetas a errores inevitables, debido a falta de agudeza del observador, a la imperfección de los instrumentos y a los fenómenos naturales.

En la medida de ángulos, los errores llamados sistemáticos son los afectados por un mismo signo, ya sea positivo o negativo y se propagan. Los errores accidentales pueden ser positivos o negativos y pueden compensarse.

Errores sistemáticos

- I. Graduación imperfecta. En el limbo horizontal, la imperfección es observable midiendo los ángulos en diferentes partes de la graduación.
- II. La línea de colimación no es perpendicular al eje de alturas. Los errores se eliminan tomando los promedios de los ángulos medidos en ambas posiciones del anteojo.
- III. El eje de alturas no es perpendicular al eje azimutal. No se produce error en los ángulos horizontales cuando los puntos visados tienen el mismo ángulo de altura; de otra manera, se elimina el error observando en ambas posiciones del anteojo.
- IV. Excentricidad en la línea de colimación. Se produce cuando la línea no se encuentra en el plano que pasa por el eje vertical; tiene poca influencia para distancias cortas y se elimina observando los ángulos en ambas posiciones del anteojo.

Errores accidentales

- I. Error de lectura. Debe cerciorarse que al poner en cero el tránsito no sólo coincida el cero del vernier con el cero del limbo. Se recomienda que observe con lupa que la graduación del vernier equidiste a un lado y otro de la graduación del limbo.
- II. Error en la puntería. Se comete cuando la baliza no se aprecia en toda su longitud sino sólo la parte superior sin tener certeza de la verticalidad. Se recomienda al balicero que intente pararla y mantenerla firme frente a él y separando los pies. Se recomienda el uso de plumadas.
- III. Error de centrado. Se presenta en distancia cortas. El operador debe emplear el hilo de la plomada para que la punta casi roce el punto de la estación. Cuando el viento es fuerte, se debe de esperar a que aminore y oponerse a él con el cuerpo.
- IV. Enfoque defectuoso. Enfocar la retícula y el ocular del anteojo.
- V. Terrenos inestables. En terrenos movedizos, húmedos o arenosos, es necesario hincar suficiente el tripie y no realizar movimientos innecesarios al tránsito. Se recomienda no hacer estación en estos terrenos.
- VI. Errores debidos a fenómenos naturales. El viento, lluvia y calor, deben sortearse con habilidad y aprovechar las mejores horas del día o momentos en que sean menos intensos.

Condición de cierre en levantamiento por ángulos interiores

Al terminar el levantamiento se determina el error angular comparando la suma de los ángulos observados con la suma que da la condición geométrica para la poligonal.

El error angular se determina:

$$E_A = \sum \text{ángulos observados} - 180^\circ(n - 2)$$

La tolerancia angular se determina:

$$T_A = \pm a\sqrt{n}$$

Donde: a es la aproximación del aparato y n el número de vértices del polígono.

Si el error angular es menor o igual a la tolerancia, el trabajo fue efectuado correctamente; caso contrario se repite el levantamiento.

Condición de cierre en levantamiento por deflexiones

En el caso de poligonales cerradas, en éste caso, la comprobación angular se obtiene sumando las deflexiones positivas y las deflexiones negativas. La diferencia de las dos sumas debe ser igual a 360° . Lo que falte o sobre para llegar a los 360° será el error de cierre angular. Se expresa de la manera siguiente.

El error angular se determina:

$$\sum \text{deflexiones (+)} - \sum \text{deflexiones (-)} = 360^\circ$$

La tolerancia angular se determina:

$$T_A = \pm a\sqrt{n}$$

Si el error angular es menor o igual a la tolerancia, el trabajo fue efectuado correctamente; caso contrario se repite el levantamiento.

Condición de cierre en levantamiento por conservación de azimuts

Con el azimut de partida del primer lado y una vez recorrido el perímetro del polígono hasta cerrar en la primer estación o punto de partida. El azimut observado al momento cerrar en teoría debe ser igual al de partida. La diferencia entre estos dos azimuts es el error de cierre angular del polígono. Se expresa de la manera siguiente.

El error angular se determina:

$$E_A = Az \text{ de llegada} - Az \text{ de salida}$$

La tolerancia angular se determina:

$$T_A = \pm a\sqrt{n}$$

Si el error angular es menor o igual a la tolerancia, el trabajo fue efectuado correctamente; caso contrario se repite el levantamiento.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Revisar las condiciones de cierre angular de las poligonales del libro de bibliografía básica Curso básico de Topografía de García Márquez pp. 109, 124, 136 y 145; y de la poligonal levantada por ángulos interiores de la última práctica topográfica.

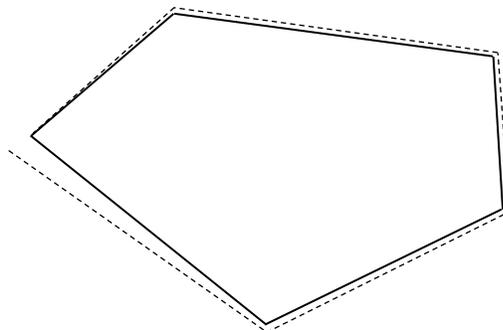
2.6. COMPENSACIÓN GRÁFICA Y ANALÍTICA DE POLIGONALES. PRECISIONES Y TOLERANCIAS

Todas las observaciones están sujetas a errores, pero éstos no deben pasar el límite de la tolerancia. Además, no se deben confundir los errores por descuidos.

Compensación gráfica

Además de los errores en campo, deben tenerse en cuenta los de apreciación en las medidas angulares como el transportador y las lineales con el escalímetro, debido a que en ocasiones, al trazar el último lado de un polígono cerrado, su extremo no coincide con el origen del primer lado. Para lograr el cierre se repite forzando un poco las magnitudes de los ángulos y de los lados o compensando racionalmente el error repartiéndolo proporcionalmente a las distancias de cada vértice al origen o primera estación, en dirección y sentido que resulte entre el extremo del último lado y el origen del primero.

Ejemplo



Compensación analítica

Se entiende por trabajo de gabinete, a la ordenación de los datos tomados en el campo y los cálculos que con ellos se ejecutan, con objeto de obtener los elementos necesarios para construir un plano. Todos estos elementos se anotan en una hoja con rayado especial y se denomina planilla de cálculo.

Las operaciones mencionadas se ejecutan en el orden siguiente:

1. Compensación angular del polígono.

Esta operación consiste en distribuir entre todos los ángulos del polígono, el error angular encontrado, siempre que éste se encuentre dentro de los límites de tolerancia.

Esta corrección puede efectuarse de dos maneras: distribuyendo el error por partes iguales en los ángulos comprendidos entre lados más pequeños, con objeto de que el cierre lineal no sea muy grande; o aplicando la corrección a un ángulo cada cierto número n' de estaciones, para no tomar en cuenta fracciones de minuto y tomando como corrección mínima la aproximación del vernier.

$$n' = \frac{n}{E_A}$$

2. Cálculo de los azimuts de los lados del polígono.

Consultar en el tema 2.5.1 rumbos y azimuts magnéticos del presente libro.

3. Transformación de azimuts a rumbos.

De la misma forma que la operación anterior.

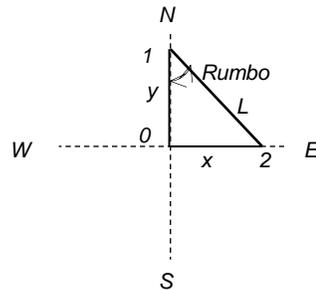
4. Cálculo de las proyecciones de los lados del polígono.

En topografía se conoce como proyecciones de un lado del polígono a los catetos de un triángulo rectángulo formado por una parte vertical que parte de la estación hasta encontrar a la horizontal que parte del punto visado.

En la recta 1-2 de la figura siguiente, 1 es la estación y 2 es el punto visado. La vertical que parte de la estación es 1-0 y la horizontal que parte del punto visado hasta encontrar la vertical es 2-0 y ambas rectas, 1-0 y 2-0, son las proyecciones de la recta 1-2. Si la proyección vertical va hacia el Norte, tienen signo positivo y se designa por la letra *N*; y si va hacia el Sur, su signo es negativo y se designa por la letra *S*.

La proyección horizontal tiene signo positivo si va hacia el Este y signo negativo si va hacia el Oeste, designándose por *E* y *W*, respectivamente. A las proyecciones verticales se les designa con la letra *y*, y las proyecciones horizontales con la letra *x*.

En el triángulo rectángulo formado por el lado del polígono y sus dos proyecciones, el rumbo es el ángulo del triángulo que corresponde a la estación.



Por trigonometría, en el triángulo rectángulo 0-1-2, se tiene que

$$x = L \operatorname{sen} Rbo$$

$$y = L \operatorname{cos} Rbo$$

5. Determinación de los errores E_x y E_y .

Una vez calculadas las proyecciones de los lados del polígono, se suman las proyecciones *E*, *W*, *N* y *S*.

La diferencia entre las sumas de las proyecciones *E* y *W* es el error de las *x* y se designa por E_x .

De igual manera con las proyecciones *N* y *S*; éste error se designa por E_y .

$$E_x = \sum \operatorname{proy} E - \sum \operatorname{proy} W$$

$$E_y = \sum \operatorname{proy} N - \sum \operatorname{proy} S$$

6. Cálculo del error del cierre lineal.

Si se hace coincidir la estación inicial del polígono con el origen del sistema de coordenadas rectangulares, los errores E_x y E_y son las coordenadas del punto de llegada, la distancia hacia el origen es por tanto el E_L . El valor del error del cierre lineal se encuentra entonces aplicando el teorema de Pitágoras.

$$E_L = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

7. Cálculo de la tolerancia lineal.

La tolerancia en el cierre lineal de un polígono levantado con tránsito y cinta, se determina con las siguientes fórmulas.

Orden	Tolerancia
Preciso	$T_L = P/10,000$
Primer	$T_L = P/5,000$
Segundo	$T_L = P/3,000$
Tercer	$T_L = P/1,000$

Donde P es el desarrollo del poligonal expresado en metros.

8. Cálculo de la precisión.

La precisión, también llamado error relativo se calcula dividiendo el error de cierre lineal entre el perímetro del polígono.

$$P = \frac{1}{\frac{\sum L}{E_L}}$$

Precisión	Valor
Taquimétrica	$\frac{1}{1,000}$
Buena	entre $\frac{1}{3,000}$ a $\frac{1}{5,000}$

Muy buena	$\frac{1}{10,000}$
-----------	--------------------

9. Compensación lineal del polígono.

Si el error de cierre lineal E_L es menor o igual a la tolerancia lineal T_L , se puede hacer la compensación lineal del polígono. En los levantamientos con tránsito y cinta se tiene la suposición de que los errores E_x y E_y de las proyecciones son proporcionales a sus valores absolutos. Para la corrección lineal del polígono, se calculan los factores unitarios de corrección K_x y K_y .

$$K_x = \frac{E_x}{\sum x_E + \sum x_W}$$

$$K_y = \frac{E_y}{\sum y_N + \sum y_S}$$

Se calculan las correcciones multiplicando las proyecciones de los lados del polígono por los factores unitarios correspondientes. Los signos de las correcciones se aplican tomando en cuenta las sumas de las proyecciones E y W o N y S .

Para la compensación de las abscisas, la corrección se resta a las proyecciones cuya suma sea mayor y se suma a aquéllas que corresponden a la suma menor, con el fin de igualar las sumas, las de las proyecciones E y W . De la misma forma para las ordenadas, N y S , El resultado de esta compensación lineal del polígono es que se cumplan las siguientes condiciones

$$\sum x_E = \sum x_W$$

$$\sum y_N = \sum y_S$$

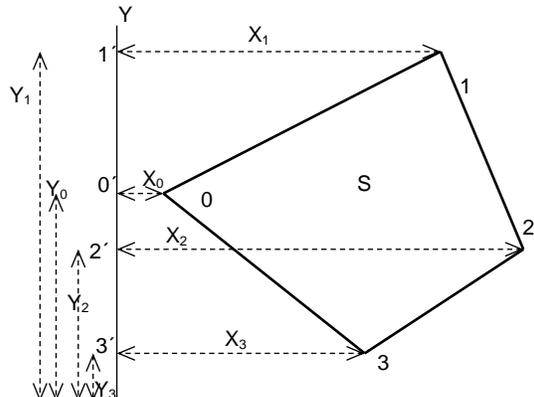
10. Cálculo de las coordenadas de los vértices del polígono.

Ésta operación de cálculo se describe de manera detallada en el siguiente subtema.

11. Cálculo de la superficie del polígono en función de las coordenadas de los vértices.

Sea el polígono 0, 1, 2, y 3 cuya superficie se desea conocer.

Si proyectamos los vértices 0, 1, 2, y 3, sobre el eje de las ordenadas, se obtienen los puntos 0', 1', 2' y 3', formando un número de trapezios igual al número de lados que tiene el polígono.



Las bases de estos trapezios son las abscisas de dos vértices consecutivos del polígono y su altura es la diferencia de ordenadas de dichos vértices.

$$S = \frac{1}{2} [(X_0 + X_1)(Y_1 - Y_0) + (X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1) + (X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2) + (X_3 + X_0)(Y_0 - Y_3)]$$

Y de manera general tenemos:

$$S = \frac{1}{2} [(X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1) + (X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2) + \dots + (X_{n-1} + X_n)(Y_n - Y_{n+1}) + (X_n + X_1)(Y_1 - Y_n)]$$

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Trabajo de gabinete, ordenar los datos tomados en campo en la práctica topográfica de levantamiento por ángulos interiores, realizar las operaciones de manera ordenada revisadas en el tema. Verificar que el error angular y lineal esté dentro de las tolerancias respectivas, en caso que no se

cumpla alguna de las dos, se deberá realizar la práctica topográfica de nueva cuenta. Entregar la planilla de cálculo al docente para revisión.

2.6.1. Cálculo de las coordenadas de los vértices

Las coordenadas de los vértices de la poligonal se calculan sumando algebraicamente las proyecciones de cada lado a las coordenadas de la estación anterior.

Si no son conocidas las coordenadas del punto de partida, entonces se atribuyen coordenadas de manera arbitraria, elegidas de tal modo que todas las coordenadas de los vértices de la poligonal sean positivas.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Trabajo de gabinete, calcular las coordenadas de los vértices en la planilla de cálculo revisada anteriormente.

Para comprender mejor los temas revisados, tenemos el siguiente registro de campo, al cual habrá de realizarse los cálculos correspondientes para llenar la planilla topográfica.

Ejemplo: Con los datos del registro de campo, calcular la poligonal levantada con tránsito de 1' y cinta de acero, por el método de medida directa de ángulos. Realizar la planilla de cálculo.

12	P.V.	Distancia	Áng.	R.M.O.	Croquis y notas
0	1	Az 0-1 107.30	196° 04' 117° 01'	S 16°00'W	
1	2	165.41	90° 55'	S73°00'E	
2	3	99.21	129° 24'	N56°23'E	
3	4	143.30	92° 45'	N30°52'W	
4	0	140.10	109° 56'	S79°03'W	

1. Compensación angular del polígono.

Ángulos observados

$$\begin{array}{r} 117^{\circ} 01' \\ 90^{\circ} 55' \\ 129^{\circ} 24' \\ 92^{\circ} 45' \\ \hline 109^{\circ} 56' \end{array}$$

$$\sum \text{ángs observados} \quad 540^{\circ} 01'$$

Condición geométrica

$$E_A = \sum \text{ángulos observados} - 180^{\circ}(n - 2)$$

$$E_A = 540^{\circ} 01' - (180^{\circ})(5-2) = 00^{\circ} 01'$$

La tolerancia angular es:

$$T_A = \pm a\sqrt{n}$$

$$T_A = \pm 1' \sqrt{5} = 2.2'$$

Comparación del error angular con la tolerancia angular.

Como $E_A < T_A$ el trabajo fue efectuado correctamente, por lo tanto no se repite el levantamiento y se continua con el cálculo.

Compensación angular.

$$n' = \frac{n}{E_A} = \frac{5}{1'} = 5$$

Por lo tanto, la corrección se aplicará en la estación 5 y con signo contrario al error.

Est.	P.V.	Ang.
	Az 0-1	196° 04'
0	1	117° 01'
1	2	90° 55'
2	3	129° 24'
3	4	92° 45'
4	0	109° 55'

$$\text{Suma de ángs.} \quad 540^{\circ} 00'$$

2. Cálculo de los azimuts de los lados del polígono.

3. Transformación de azimuts a rumbos.

$$\begin{array}{r} \text{Az 0-1} = 196^{\circ} 04' \\ - 180^{\circ} 00' \\ \hline 16^{\circ} 04' \end{array} \quad \begin{array}{r} 196^{\circ} 04' \\ - 180^{\circ} 00' \\ \hline S 16^{\circ} 04' W \end{array} \text{ Rumbo 0-1}$$

$$\begin{array}{r}
+ \text{áng 1 } \underline{90^\circ 55'} \\
\text{Az 1-2} = \underline{106^\circ 59'} \\
+ \underline{180^\circ 00'} \\
\hline
286^\circ 59' \\
+ \text{áng 2 } \underline{129^\circ 24'} \\
- \underline{359^\circ 60'} \\
\text{Az 2-3} = \underline{56^\circ 23'} \\
+ \underline{180^\circ 00'} \\
\hline
236^\circ 23' \\
+ \text{áng 3 } \underline{92^\circ 45'} \\
\text{Az 3-4} = \underline{329^\circ 08'} \\
- \underline{180^\circ 00'} \\
\hline
149^\circ 08' \\
+ \text{áng 4 } \underline{109^\circ 55'} \\
\text{Az 4-0} = \underline{259^\circ 03'} \\
- \underline{180^\circ 00'} \\
\hline
79^\circ 03' \\
+ \text{áng 0 } \underline{117^\circ 01'} \\
\text{Az 0-1} = \underline{196^\circ 04'}
\end{array}$$

$$\begin{array}{r}
179^\circ 60' \\
- \underline{106^\circ 59'} \\
\hline
\text{S } 73^\circ 01' \text{ E Rumbo 1-2} \\
\\
\text{N } 56^\circ 23' \text{ E Rumbo 2-3} \\
\\
\text{N } 30^\circ 52' \text{ W Rumbo 3-4} \\
\\
\text{S } 79^\circ 03' \text{ W Rumbo 4-0}
\end{array}$$

Los resultados obtenidos en el cálculo de la poligonal se anotan en la planilla.

Est.	P.V.	Distancia	Áng.	R.M.O.	Áng comp.	Azimuts	Rumb. calculados
		Az 0-1	196° 4'				
0	1	107.3	117° 01'	S 16°00'W	117° 01'	196° 04'	S 16° 04' W
1	2	165.41	90° 55'	S 73°00'E	90° 55'	106° 59'	S 73° 01' E
2	3	99.21	129° 24'	N 56°23'E	129° 24'	56° 23'	N 56° 23' E
3	4	143.3	92° 45'	N 30°52'W	92° 45'	329° 08'	N 30° 52' W
4	0	140.1	109° 56'	S 79°03'W	109° 56'	259° 03'	S 79° 03' W

4. Cálculo de las proyecciones de los lados del polígono. Se aplican las fórmulas:

$$x = L \text{ sen } Rbo$$

$$y = L \text{ cos } Rbo$$

$$\begin{array}{l}
0-1 \quad x= \quad 107.3 \quad \text{sen } 16^\circ 04' \quad = \quad 29.70 \text{ W} \\
\quad \quad y= \quad 107.3 \quad \text{cos } 16^\circ 04' \quad = \quad 103.11 \text{ S}
\end{array}$$

$$\begin{array}{l}
1-2 \quad x= \quad 165.41 \quad \text{sen } 73^\circ 01' \quad = \quad 158.20 \text{ E} \\
\quad \quad y= \quad 165.41 \quad \text{cos } 73^\circ 01' \quad = \quad 48.32 \text{ S}
\end{array}$$

$$\begin{array}{l}
2-3 \quad x= \quad 99.21 \quad \text{sen } 56^\circ 23' \quad = \quad 82.62 \text{ E} \\
\quad \quad y= \quad 99.21 \quad \text{cos } 56^\circ 23' \quad = \quad 54.93 \text{ N}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 3-4 & x= & 143.3 & \text{sen } 30^\circ 52' & = & 73.52 & W \\
 & y= & 143.3 & \text{cos } 30^\circ 52' & = & 123.00 & N \\
 4-0 & x= & 140.1 & \text{sen } 79^\circ 03' & = & 137.55 & W \\
 & y= & 140.1 & \text{cos } 79^\circ 03' & = & 26.61 & S
 \end{array}$$

5. Determinación de los errores E_x y E_y .

$$E_x = \sum \text{proy } E - \sum \text{proy } W$$

$$E_y = \sum \text{proy } N - \sum \text{proy } S$$

$$\sum X_E = 240.82$$

$$\sum Y_N = 177.93$$

$$\sum X_W = 240.77$$

$$\sum Y_S = 178.04$$

$$E_x = 0.05 \text{ m}$$

$$E_y = -0.11 \text{ m}$$

6. Cálculo del error del cierre lineal.

$$E_L = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$E_L = \sqrt{(0.05)^2 + (-0.11)^2}$$

$$E_L = 0.12 \text{ m}$$

7. Cálculo de la tolerancia lineal.

Orden	Tolerancia
Primer	$T_L = P/5,000$

$$T_L = P/5,000 = 655.32/5,000 =$$

$$T_L = 0.13 \text{ m}$$

$$E_L < T_L$$

De esta manera observamos que el error de cierre lineal es menor que la tolerancia lineal, por lo tanto el trabajo se ejecutó de manera correcta, y se puede continuar con el cálculo.

8. Cálculo de la precisión obtenida en el levantamiento.

$$P = \frac{1}{\frac{\sum L}{E_L}} = \frac{1}{\frac{655.32}{0.12}}$$

$$P = \underline{\quad 1 \quad}$$

5,461

Por lo tanto se le considera un buen levantamiento.

9. Compensación lineal del polígono. Cálculo de los factores unitarios de corrección.

$$K_x = \frac{E_x}{\sum x_E + \sum x_W} = \frac{0.05}{240.82 + 240.77}$$

$$K_y = \frac{E_y}{\sum y_N + \sum y_S} = \frac{-0.11}{177.93 + 178.04}$$

$$K_x = 0.00010$$

$$K_y = -0.00031$$

0-1	x=	29.70	x	0.00010	=	0.00
1-2	x=	158.20	x	0.00010	=	0.02
2-3	x=	82.62	x	0.00010	=	0.01
3-4	x=	73.52	x	0.00010	=	0.01
4-0	x=	137.55	x	0.00010	=	0.01
			suma			0.05

0-1	y=	103.11	x	-0.00031	=	-0.03
1-2	y=	48.32	x	-0.00031	=	-0.01
2-3	y=	54.93	x	-0.00031	=	-0.02
3-4	y=	123.00	x	-0.00031	=	-0.04
4-0	y=	26.61	x	-0.00031	=	-0.01
			suma			-0.11

Las correcciones obtenidas, se aplican a las proyecciones sin corregir las correcciones calculadas. Esta corrección se ejecuta en la planilla de cálculo, en la que se anotan los resultados.

Est.	P.V.	Proyecciones sin corregir				Correc.		Proyecciones corregidas			
		E	W	N	S	x	y	E	W	N	S
0	1		29.70		103.11	0.00	-0.03		29.70		103.08
1	2	158.20			48.32	-0.02	-0.01	158.18			48.31
2	3	82.62		54.93		-0.01	0.02	82.61		54.95	
3	4		73.52	123.00		0.01	0.04		73.53	123.04	
4	0		137.55		26.61	0.01	-0.01		137.56		26.60
		240.82	240.77	177.93	178.04			240.79	240.79	177.99	177.99

Se observa que la compensación lineal del polígono cumplió con las condiciones deseadas:

$$\sum x_E = \sum x_W$$

$$\sum y_N = \sum y_S$$

10. Cálculo de las coordenadas de los vértices del polígono.

Con objeto de que el polígono quede en el primer cuadrante, asignamos a la estación 0, las coordenadas (200,200).

Est.	Coordenadas	
	X	Y
0	200.00	200.00
	-29.70	-103.08
1	170.30	96.92
	158.18	-48.31
2	328.48	48.61
	82.61	54.95
3	411.09	103.56
	-73.53	123.04
4	337.56	226.60
	-137.56	-26.6
0	200.00	200.00

11. Cálculo de la superficie del polígono en función de las coordenadas de los vértices.

Aplicamos la siguiente fórmula.

$$S = \frac{1}{2} [(X_1 + X_2)(Y_2 - Y_1) + (X_2 + X_3)(Y_3 - Y_2) + \dots + (X_{n-1} + X_n)(Y_n - Y_{n+1}) + (X_n + X_1)(Y_1 - Y_n)]$$

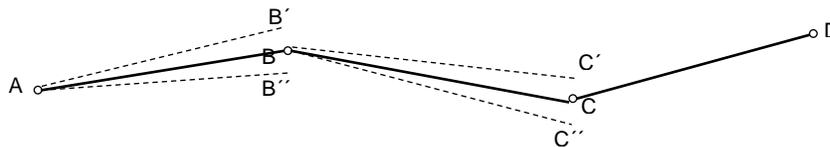
Las operaciones, las podemos realizar directamente en la planilla de cálculo. Obteniéndose los siguientes resultados.

Est.	Coordenadas		$X_{n-1} + X_n$	$Y_n - Y_{n-1}$	Dobles superficies	
	X	Y			(+)	(-)
0	200.00	200.00	370.30	-103.08		38,170.52
1	170.30	96.92	498.78	-48.31		24,096.06
2	328.48	48.61	739.57	54.95	40,639.37	
3	411.09	103.56	748.65	123.04	92,113.90	
4	337.56	226.60	537.56	-26.60		14,299.10
					132,753.27	76,565.68
					2S =	56,187.59
					S =	28,093.79 m ²

2.7. POLIGONAL ABIERTA Y POLIGONAL DE ENLACE

Las *poligonales abiertas* se levantan, por lo general, por el método de deflexiones y como su exactitud no puede comprobarse ni lineal ni angularmente como en el caso de las poligonales cerradas, conviene dirigir visuales a puntos fijos a un lado y otro del levantamiento en cada vértice, anotando los ángulos que forman con los lados. Si las visuales son concurrentes en los puntos visados, circunstancia que se comprueba analíticamente, se tendrá la certeza de que no habrá equivocaciones o errores inaceptables.

La poligonal puede seguirse aprovechando por comodidad, en vías férreas, carreteras, terrenos planos.



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad 1. Aplicar el tema revisado en clase de cálculo del tema poligonal abierta y poligonal de enlace.

AUTOEVALUACIÓN

INSTRUCCIONES: Lee cuidadosamente y realiza lo que se pida

1. Consiste en dividir en triángulos, el polígono base por medio de las diagonales.

a) Método de líneas de liga	b) Método de diagonales	c) Método de radiaciones	d) Método de coordenadas rectangulares
-----------------------------	-------------------------	--------------------------	--

2. Consiste en realizar la medida de ángulos varias veces pero, además, ir acumulando las lecturas. Medida de:

a) Reiteraciones	b) Repeticiones	c) Ángulos simples	d) Direcciones
------------------	-----------------	--------------------	----------------

3. En levantamiento de un polígono cerrado, la dirección que debe seguir el caminamiento el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Método de:

a) Conservación de azimuts	b) Levantamiento por deflexiones	c) Levantamiento por ángulos exteriores	d) Levantamiento por ángulos interiores
----------------------------	----------------------------------	---	---

4. Condición de cierre en levantamiento por ángulos interiores.

a)	b)	c)	d)
E_A	E_A	$\sum deflexiones (+)$	$T_A = \pm a\sqrt{n}$
= Az de llegada	= $\sum \text{ángulos observados}$	- $\sum deflexiones (-)$	
- Az de salida	- $180^\circ(n - 2)$	= 360°	

5. Calcule el ángulo del vértice 2, si el lado 1-2 tiene un azimut de $70^\circ 30'$ y el lado 2-3 tiene un azimut de $15^\circ 46'$.

a) $135^\circ 16'$	b) $120^\circ 16'$	c) $115^\circ 16'$	d) $125^\circ 16'$
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

6. Convertir el azimut $359^\circ 60'$ a rumbo:

a) N $12^\circ 38' W$	b) N $12^\circ 38' E$	c) N $12^\circ 48' W$	d) N $12^\circ 48' E$
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

7. Calcular las proyecciones según los datos del lado distancia 169.90 m y rumbo N $29^\circ 49' E$

a) 84.48 E, y 147.41 N	b) 94.48 E y 147.41 N	c) 84.48 E y 157.41 N	d) 94.48 E y 157.41 N
------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Instrucciones: Con base en la siguiente planilla topográfica, subraya el inciso que contenga la respuesta correcta.

Est.	P.V.	Proyecciones sin corregir			
		E	W	N	S
0	1	120.61			31.27
1	2	84.448		147.441	
2	3		103.05	77.60	
3	4		101.89		58.31
4	0		0.16	135.40	

8. Determinar los errores E_x y E_y
- a) $E_x=0.01\text{m}$ y $E_y=-0.03\text{ m}$ b) $E_x=-0.01\text{m}$ y $E_y=0.04\text{ m}$ c) $E_x=-0.02\text{m}$ y $E_y=0.03\text{ m}$ d) $E_x=-0.01\text{m}$ y $E_y=0.03\text{ m}$
9. Determinar el error de cierre lineal E_L
- a) $E_L=-0.03\text{ m}$ b) $E_L=0.03\text{ m}$ c) $E_L=0.05\text{ m}$ d) $E_L=-0.05\text{ m}$
10. Con los datos de la planilla, determinar K_x
- a) 0.000023 b) 0.000034 c) 0.000024 d) 0.000044
11. Con los datos de la planilla, determinar K_y
- a) 0.000067 b) 0.000047 c) 0.000057 d) 0.000087
12. Con los datos de la planilla, determinar la corrección que se realizará al lado 0-1 en el eje x.
- a) -0.003 b) 0.005 c) 0.003 d) -0.005
13. Con los datos de la planilla, determinar la corrección que se realizará al lado 1-2 en el eje y.
- a) 0.007 b) -0.009 c) 0.009 d) -0.007

Respuestas

1. b 2. b 3. d 4. b 5. d 6. a 7. a 8. d 9. b 10. c
11. a 12. c 13. c

BIBLIOGRAFÍA

Ballesteros Tena, Nabor, *Topografía*, Limusa Noriega Editores, 2002.

García Márquez, Fernando, *Curso básico de topografía*, Pax, México, 2003.

García Márquez, Fernando. *Topografía aplicada*, Árbol editorial, 1994.

Montes de Oca, Miguel, *Topografía*, Alfa-Omega, 1996.

GLOSARIO

Agrimensura. Procedimientos empleados para medir la superficie de terrenos y fraccionarlos.

Alineamiento incorrecto. Cuando la alineación se separa de la dirección verdadera.

Altimetría. Determina las alturas de diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia.

Catenaria. Error cuando la cinta no se apoya sobre el terreno sino que se mantiene suspendida por los extremos, formando entonces una curva llamada catenaria.

Compensación angular. Distribuir entre todos los ángulos de un polígono el error angular encontrado.

Croquis. Dibujo a mano libre y es la guía para la construcción de un plano.

Escala numérica. Relación de la distancia del plano y la distancia del terreno.

Exactitud. Es la aproximación a la verdad.

Inclinación de la cinta. Colocar en posición horizontal la cinta.

Levantamiento. Obtención de datos de campo útiles para representar un terreno en un plano.

Libreta de campo. De pasta dura y buena calidad de papel, de tamaño adecuada para llevarse en un bolsillo.

Notas aclaratorias. Empleadas para explicar lo que los datos numéricos y los croquis dejan de hacer.

Orientación magnética. Tiene por objeto conocer el azimut de una línea.

Planimetría. Métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la posición de los puntos del terreno.

Planografía. Representación gráfica del dibujo topográfico.

Precisión. Grado de refinamiento en las lecturas o grado de refinamiento para ejecutar una operación.

Proyección horizontal. Tiene signo positivo si va hacia el Este y negativo si va al Oeste, de manera general se utiliza la letra x.

Proyección vertical. Tiene signo positivo si va hacia el Norte y negativo si va hacia el Sur, de manera general se utiliza la letra y.

Reconocimiento del terreno. Para elegir el método adecuado, estimar el tiempo y personal necesario, definir vértices del polígono base.

Tolerancia. Error máximo admisible en la medida de ángulos, distancia y desniveles.

Topografía de minas. Fija y controla la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

Topografía hidrográfica. Estudia la configuración de océanos, lagos, ríos. Con propósitos para la navegación, suministro de agua o construcciones subacuáticas.

Topografía urbana. Operaciones para la disposición de lotes, construcción de calle, sistemas de agua potable y drenaje.

Topología. Estudia las leyes que rigen la forma del terreno.

Topometría. Establece los métodos geométricos de medidas.

Trazo. Procedimiento operacional con finalidad el replanteo sobre el terreno las condiciones de un plano.

Valor más probable. Es la que más se acerca al valor verdadero.

Valor observado. Resulta de la observación y experimentación.

Valor verdadero. Está exento de todo error.

Variaciones de temperatura. Errores debidos a las variaciones de temperatura, son reducidos utilizando cintas de metal.

Variaciones en tensión. Cuando las cintas son elásticas, se alargan cuando se les aplica una tensión.