

UNIDAD 2

Medición de distancias

“La medición de distancias es la base de la Topografía. Aun cuando en un levantamiento los ángulos puedan leerse con precisión con equipo muy refinado, por lo menos tiene que medirse la longitud de una línea para complementar la medición de ángulos en la localización de los puntos.”

1

Existen diferentes métodos para medir distancias, los cuales son los siguientes:

- Por pasos
- Con odómetro
- Con telémetros
- Con cinta invar
- Con cinta (cinta común de acero)
- Taquimetría (Estadia)
- Con instrumentos electrónicos
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

De todos estos métodos los que se utilizan con más frecuencia son las mediciones con cinta, con instrumentos electrónicos y los sistemas de satélite. En la actualidad se está incrementando el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ya que presenta algunas ventajas frente a los otros métodos tales como precisión y eficiencia.

1

Mediante otros métodos de control horizontal también se puede determinar distancias tales como la triangulación, poligonación, radiación, etc., los cuales se verán en los siguientes capítulos.

Por pasos:

Este método consiste en contar el número de pasos que tiene una determinada distancia y es bastante exacta para muchos fines en topografía, además tiene muchas aplicaciones prácticas y no necesita de ningún equipo.

La medición a pasos se utiliza también para detectar equivocaciones ocurridas en la medición de distancias realizadas por otros métodos de mayor exactitud.

Las personas que tienen experiencia en este método pueden medir distancias con precisiones de hasta de 1/50 a 1/100 en superficies planas y despejadas.

¹ RUSSELL C. BRINKER, Topografía, Novena edición, pág.68



Para realizar este tipo de medición primero se debe calcular la longitud del paso de la persona que va a recorrer la distancia que se quiere determinar. La longitud del paso se determina recorriendo una distancia conocida varias veces contando los pasos y luego se divide la distancia para el número promedio de pasos.

Con odómetro:



Figura 2.1 Odómetro

Fuente: Universidad de los Andes Servicios bibliotecarios. Casanova M. Leonardo: Medición de distancias. Obtenido de la red el 15 de diciembre del 2009 a través de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/>

El odómetro es un instrumento rápido y fácil de utilizar que sirve para medir distancias, el cual consiste en una rueda, para conocer la distancia sobre una superficie se debe hacer girar la rueda sobre una pantalla digital.

Sin embargo, a pesar de ser un instrumento sencillo de utilizar su precisión es limitada, ya que solamente se lo utiliza para la verificación de distancias medidas con otros métodos, levantamientos preliminares para vías y reconocimientos previos.

Si el terreno en el que se ha realizado la medida de la distancia tiene una pendiente grande, esta distancia debe ser corregida. Tienen una precisión aproximada de 1/200 sobre superficies lisas.

Con telémetros:



Figura 2.2 Telémetro

Fuente: Universidad de los Andes Servicios bibliotecarios. Casanova M. Leonardo: Medición de distancias. Obtenido de la red el 15 de diciembre del 2009 a través de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/>



El telemetro es un instrumento óptico que sirve para medir distancias inclinadas y funciona en base a los mismos principios que los medidores ópticos de distancias de las cámaras réflex de una sola lente, no necesita que se coloque miras o señales en el punto donde se desea obtener la distancia. Tiene una precisión de 1/50 pero esta disminuye al aumentar la distancia.

“Debido a su limitada precisión, su uso queda prácticamente restringido a operaciones de exploración y reconocimiento, estudios de rutas, etc., siendo su mayor aplicación en operaciones militares.”²

Con cinta o mira de invar:

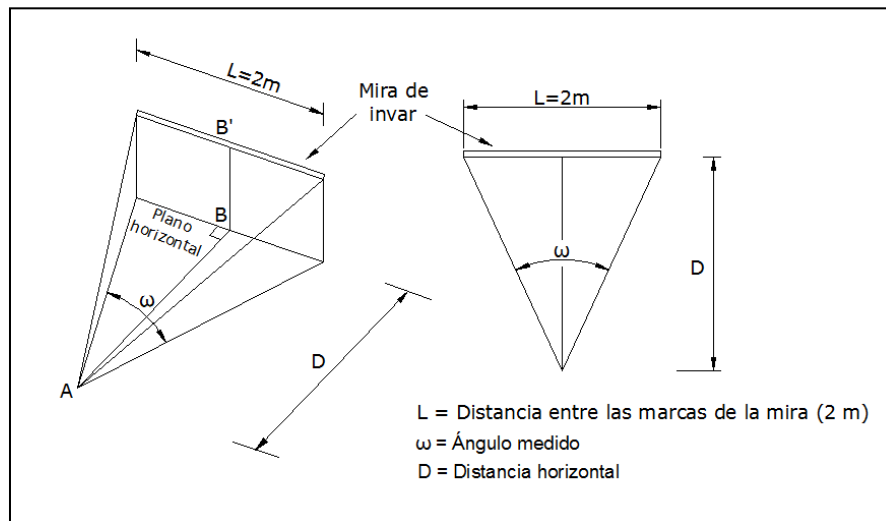


Figura 2.3 Medición de distancias con mira de invar

Fuente: Modificado de la página Web: Universidad de los Andes Servicios bibliotecarios. Casanova M. Leonardo: Medición de distancias. Obtenido de la red el 15 de diciembre del 2009 a través de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/>

Es un método que mide distancias horizontales indirectamente. Su precisión es de 1:4000 a 1:50000.

El uso de este instrumento no fue muy extendido debido a que tenía un costo muy alto, pero tenía una gran utilidad en la medición de distancias en terrenos accidentados gracias a su alcance y precisión. En la actualidad la medición de distancias realizadas por este método ya no se usan debido a que existen nuevos métodos e instrumentos tales como la medición electrónica, estaciones totales, GPS.

“Consiste en la resolución de un triángulo rectángulo angosto del que se mide el ángulo más agudo; el cateto menor es conocido ya que es la mitad de una mira (llamada paraláctica),

² Universidad de los Andes Servicios bibliotecarios. Casanova M. Leonardo: Medición de distancias. Obtenido de la red el 15 de diciembre del 2009 a través de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/>



horizontal fabricada en un material sumamente estable, generalmente Invar, de dos metros de largo (se eligió esta longitud de 2,00 m porque la mitad es 1,00 m lo que luego facilita el cálculo); y el cateto mayor es la distancia (D) que queremos averiguar, la cual se deberá calcular.”³

Con cinta (cinta común de acero):

Este método parece un proceso sencillo de realizar pero en realidad medir distancias con cinta no solo es complicado sino también largo, tedioso y costoso.

“Las cintas se fabrican con longitudes de hasta 100 m, siendo las de 50 m las de mayor uso en los trabajos de topografía.”⁴ Cuando se desea medir una distancia mayor a la longitud de la cinta que se está utilizando es necesario dividir la distancia en tramos y de esta manera se pueden cometer errores en la alineación, lectura, etc.

La calibración es un factor importante ya que influye en la precisión de las mediciones, en el campo es difícil obtener estas condiciones de calibración. En el proceso de medición se cometen una serie de errores que son inevitables pero se pueden corregir aplicando técnicas adecuadas.

La medición con cinta se realiza en seis pasos los cuales son los siguientes:

- Alineación
- Aplicación de tensión
- Aplome
- Marcaje de tramos
- Lectura de la cinta
- Registro de la distancia

El equipo que se necesita para realizar las mediciones es el siguiente:

- Cinta métrica
- Jalones
- Piquetes
- Plomada
- Nivel de mano

Se presentan dos clases de mediciones:

- Medir una distancia desconocida entre dos puntos fijos, y
- Marcar una distancia conocida con solo la marca de partida en ubicación

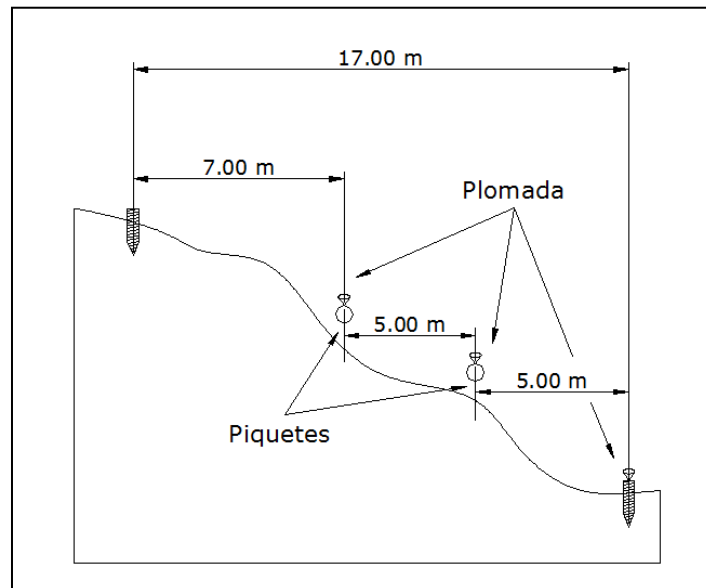
³ Jimmy Wales: Wikipedia la enciclopedia libre. Obtenido de la red el 16 de diciembre del 2009 a través de www.es.wikipedia.org/wiki/Taquimetr%C3%ADa

⁴ Blogs. Obtenido de la red el 16 de diciembre del 2009 a través de www.amenazalhc.blogspot.com/2009/06/topografia-y-un-nuevo-mundo.html



Medición de distancias entre dos puntos fijos**Mediciones horizontales sobre terreno a nivel:**

Primeramente la línea que se va a medir debe marcarse en sus dos extremos con jalones para mantener el alineamiento. Las personas que realizan las mediciones se denominan cadenero trasero y cadenero delantero. El cadenero trasero se ubica en el punto de partida colocando el cero de la cinta y el cadenero delantero avanza con el extremo de la cinta hacia adelante hasta que haya recorrido una longitud igual a la de cinta, una vez recorrida esta distancia por medio de señales el cadenero trasero alinea al delantero observando los jalones, en esta recta se ubica un piquete, la cinta debe estar en línea recta y los extremos a la misma altura, luego se aplica tensión en la cinta y se coloca el piquete en la división final de la cinta. El cadenero trasero avanza hasta donde se encuentra el piquete y se repite la misma operación.

Mediciones horizontales en terreno inclinado:**Figura 2.5** Medición escalonada

Fuente: Modificado del libro TORRES NIETO ALVARO, Topografía, Cuarta edición, pág. 27

En terrenos inclinados para realizar las mediciones siempre se debe sostener la cinta horizontal y utilizar una plomada en uno o en los dos extremos para proyectar el cero o extremo de la cinta sobre el punto donde debe ir ubicado el piquete.

Se puede utilizar un jalón en lugar de la plomada cuando no se requiere de mucha precisión o cuando haya presencia de viento ya que es difícil mantener quieto el hilo de la plomada y puede ser imposible lograr exactitud en la medición.



Cuando no se puede mantener la cinta horizontal o el terreno es muy inclinado se mide por tramos parciales que se van sumando hasta alcanzar la longitud completa de la cinta, a este procedimiento se llama medición escalonada.

Para realizar las mediciones se sigue el mismo procedimiento para terrenos planos teniendo cuidado en que la cinta este horizontal.

Es recomendable utilizar un nivel de mano ya que se pueden cometer errores de apreciación en la horizontalidad.

Medición de distancias inclinadas:

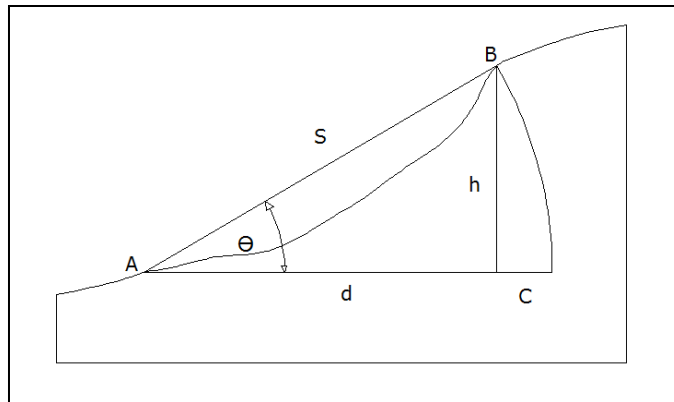


Figura 2.6 Medición de distancias inclinadas

Fuente: Modificado del libro RUSSELL C. BRINKER, Topografía, Novena edición, pág. 80

En ocasiones cuando es necesario medir una distancia en un terreno inclinado en lugar de medir la distancia por tramos es mejor medir la distancia inclinada y tomar su pendiente o la diferencia de altura entre los extremos para luego calcular la distancia horizontal.

Para realizar la medición escalonada se requiere de mucho tiempo y es menos exacta debido a la acumulación de errores por lo que algunas veces es conveniente medir la distancia inclinada.

Fórmula para calcular la distancia horizontal:

$$d = S \cos \theta = \sqrt{S^2 - h^2}$$

Donde:

S = distancia inclinada entre dos puntos A y B

h = diferencia de altura entre A y B

d = distancia horizontal entre A y B

C = Corrección debida a la pendiente, que debe hacerse a S para obtener la distancia horizontal d



Taquimetría:

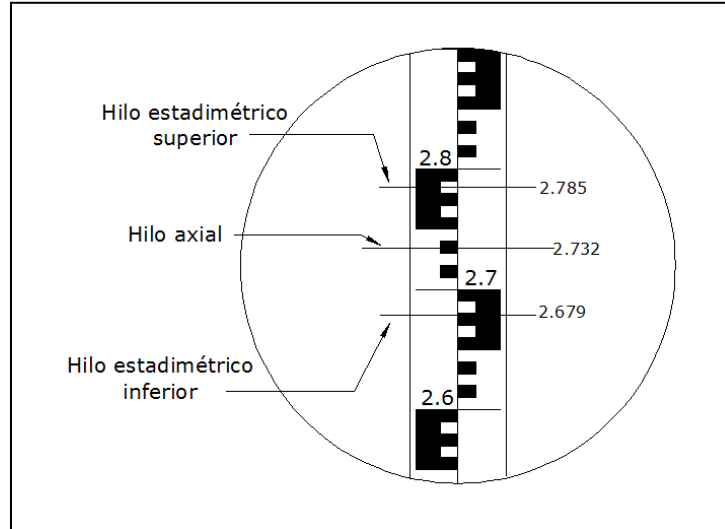


Figura 2.7 Lectura de una distancia

Fuente: Modificado de la página Web: Heinzmann Daniel & Asoc. Obtenido de la red el 06 de diciembre del 2009 a través de <http://usuarios.advance.com.ar/ingheinz/Nivelacion%20Topografica.htm>

La taquimetría o método de la estadia es un método topográfico rápido y eficiente pero de poca precisión que sirve para medir distancias y diferencias de elevación indirectamente.

Este método se emplea cuando no se requiere de mucha precisión o cuando las características propias del terreno hacen difícil el uso de la cinta, en estos casos es más conveniente la taquimetría porque resulta más rápido y económico que los levantamientos con cinta. También se lo utiliza para el levantamiento de detalles, para comprobar mediciones realizadas directamente, para nivelaciones trigonométricas de bajo orden, la localización de detalles topográficos para la elaboración de mapas y la medición de longitudes de lecturas hacia atrás y hacia adelante en la nivelación diferencial.

Las mediciones se realizan por medio de un teodolito o nivel, los cuales tienen dos hilos reticulares horizontales, superior e inferior; visando a través de cualquiera de estos instrumentos sobre una mira sostenida verticalmente en un punto, se toma la lectura de los dos hilos, se restan los dos valores y se multiplica por la constante estadimétrica (k) la cual es igual a 100 y de esta forma se obtiene la distancia.

La constante estadimétrica de un teodolito por lo general es siempre 100 pero en algunas ocasiones es necesario determinarla debido a que se pueden presentar variaciones en su valor, la forma de determinar esta constante es la siguiente: se lee el intervalo I (hilo superior – hilo inferior) en la estadia, esta lectura debe corresponder a una distancia conocida D ; luego se divide la distancia para el intervalo y se obtiene la constante.



Este método se basa en el principio de los triángulos semejantes, en el que los lados correspondientes de los triángulos son proporcionales. “Se logra una precisión 1/500 de la distancia teniendo el suficiente cuidado.”⁵

A pesar de que en la actualidad existen instrumentos mucho más rápidos y precisos con los cuales se puede realizar las mediciones como la estación total y el receptor GPS todavía es necesario el uso de este método ya que es útil en muchas aplicaciones y de seguro continuara por algún tiempo en uso.

Las causas que pueden producir errores son las siguientes:

- La constante estadimétrica no es la supuesta
- La mira no tiene la longitud que indica
- Mala lectura del ángulo vertical

Con instrumentos electrónicos para la medición de distancias (IEMD)

La medición exacta de distancias ha sido una de las operaciones más difíciles en un levantamiento pero con la aparición los instrumentos electrónicos esto ha cambiado, en la actualidad casi todos los topógrafos utilizan esta clase de instrumentos los cuales son capaces de medir grandes distancias con una alta precisión.

Esta técnica es la más moderna, rápida y muy exacta pero es un poco costosa. “Los dispositivos para mediciones electrónicas de distancias (EDM) han estado en uso desde mediados del siglo veinte y han reemplazado casi totalmente las mediciones con cinta en los grandes proyectos. Su continuo desarrollo y la consecuente disminución de sus precios han ocasionado que el uso de ellos sea cada vez más amplio. Sin embargo, sigue siendo importante tener conocimiento de los errores y correcciones que se presentan con el uso de la cinta ya que la utilización de los datos empleados en levantamientos previos requiere que se conozca cómo fueron hechas las mediciones, cuáles fueron las fuentes comunes de errores y cuáles fueron las correcciones típicamente requeridas.”⁶

A través de los años se han implementado diferentes métodos y equipos para medir distancias de una manera rápida y precisa. En la década de los 40 se creó el primer instrumento de medición electrónico de distancias llamado geodímetro el cual era capaz de medir distancias de hasta de 40 km por medio de la transición de ondas luminosas.

Existen dos clases de instrumentos los electrónicos o de microondas y los electroópticos, entre estos se encuentran el distanciómetro electrónico el cual utiliza microondas u ondas luminosas para determinar distancias. Los distanciómetros de microondas poseen en ambos extremos

⁵ RUSSELL C. BRINKER, Topografía, Novena edición, pág.70

⁶ FREDERICK S. MERRIT, Manual del Ingeniero Civil, Tomo I, Cuarta edición, pág.12.4



emisores y receptores de onda, mientras que los distanciómetros de ondas luminosas poseen un emisor en un extremo y un refractor o prisma en el extremo opuesto.

Instrumentos electrónicos o de microondas:

“Un instrumento maestro se coloca en un extremo de la distancia por medir, y otro remoto se establece en el otro extremo. Cada instrumento requiere un operador, y la intercomunicación se establece por radioteléfonos internamente conectados. Del instrumento maestro se transmite una señal modulada al instrumento remoto y de este regresa al instrumento maestro, donde la diferencia de fase entre la señal modulada transmitida y la recibida se mide y exhibe. El valor exhibido en general se calibra para leerse directamente en metros; en la mayoría de los instrumentos los operadores efectúan una secuencia simple de cambios, y partes sucesivas de la distancia se leen y registran.”⁷

Instrumentos electroópticos:

“Estos son los instrumentos que mas emplea el ingeniero civil. Pueden medir longitudes desde unos pocos metros a 1km o más y de hecho algunos pueden medir hasta 60 km. Al igual que en los instrumentos de microondas, todos necesitan condiciones de visual libre de obstáculos.

Las componentes principales de los instrumentos de este grupo son: fuente de luz visible, producida por una lámpara de tungsteno; tubo de xenón, luz láser o luz infrarroja; modulador de luz; partes ópticas para la transmisión y recepción de la luz modulada; fotomultiplicador y medidor de fase, y unidad de lectura. Además, se requiere un sistema reflector pasivo, en general un prisma retrorreflector en la estación remota.

El intervalo de medición de los instrumentos con fuente de luz de tungsteno es mucho mas reducido que los instrumentos de microondas, ya que su radiación tiene que competir con la del sol.”⁸

⁷ BANNISTER-RAYMOND-BAKER, Técnicas Modernas en Topografía, Séptima edición, pág. 149

⁸ BANNISTER-RAYMOND-BAKER, Técnicas Modernas en Topografía, Séptima edición, pág.151

