

MEDICIÓN DIRECTA DE DISTANCIAS, ALINEACIONES Y MONOGRAFÍA DE VÉRTICES

OBJETIVO DE LA TOPOGRAFIA:

La Topografía conjuntamente con la Geodesia tiene por objeto:

- a- la ejecución de todas las mediciones que conducen a la determinación de la posición relativa de puntos terrestres,
- b- la realización de los cálculos a que dan lugar dichas mediciones, y
- c- el aprovechamiento de las mediciones y de los resultados del cálculo para la confección de planos y mapas, satisfaciéndose así necesidades políticas, económicas, técnicas, militares, científicas y culturales.¹

La Geodesia se ocupa de determinar la forma real de la tierra estableciendo la posición relativa de un cierto número de puntos, convenientemente distribuidos sobre la superficie terrestre. En tanto la Topografía apoya sus operaciones de detalle sobre los puntos geodésicos, suministrando planos de superficies, generalmente de extensión reducida, con los múltiples y variados accidentes que presentan. En el ámbito de la Topografía planimétrica se considera a la Tierra como una superficie plana; es decir, la dirección de la plomada en un punto cualquiera del levantamiento se supone paralela a la misma dirección en los puntos del entorno. Los ángulos de los polígonos, establecidos sobre el terreno, se considerarán ángulos planos también.

MONOGRAFIA DE LOS VERTICES

Recordemos que en Geometría un punto no tiene dimensión y puede ser definido por la intersección de dos líneas. El **punto topográfico**, en cambio, es algo real, un objeto físico que materializa en alguna forma en el terreno al punto geométrico. Puntos de esta clase son: una estaca, un mojón, una marca permanente en una estructura de hormigón, etc.

En las prácticas de campo, un punto topográfico estará materializado por una estaca de madera de sección cuadrada con 3cm de lado y una longitud aproximada de 30cm.

Para definir su ubicación en el entorno y para facilitar su posible reemplazo por pérdida o destrucción, se efectuará la monografía (Fig. 1) de cada uno de los vértices.

Consiste en tomar tres medidas de referencia a sendos puntos característicos y estables del terreno, en lo posible distribuidos de manera que formen entre sí ángulos de aproximadamente 120° para hacer más precisa la determinación de los puntos.

Para cada monografía se hará un croquis en la libreta de campaña. No será necesario hacerlo a escala, pero sí guardando cierta proporción en el dibujo y recordando siempre las siguientes indicaciones:

¹ (Agrim. Roberto Müller - Compendio General de Topografía Teórico Práctica - Tomo I: AGRIMENSURA Y CATASTRO – Segunda Edición – 1937.)

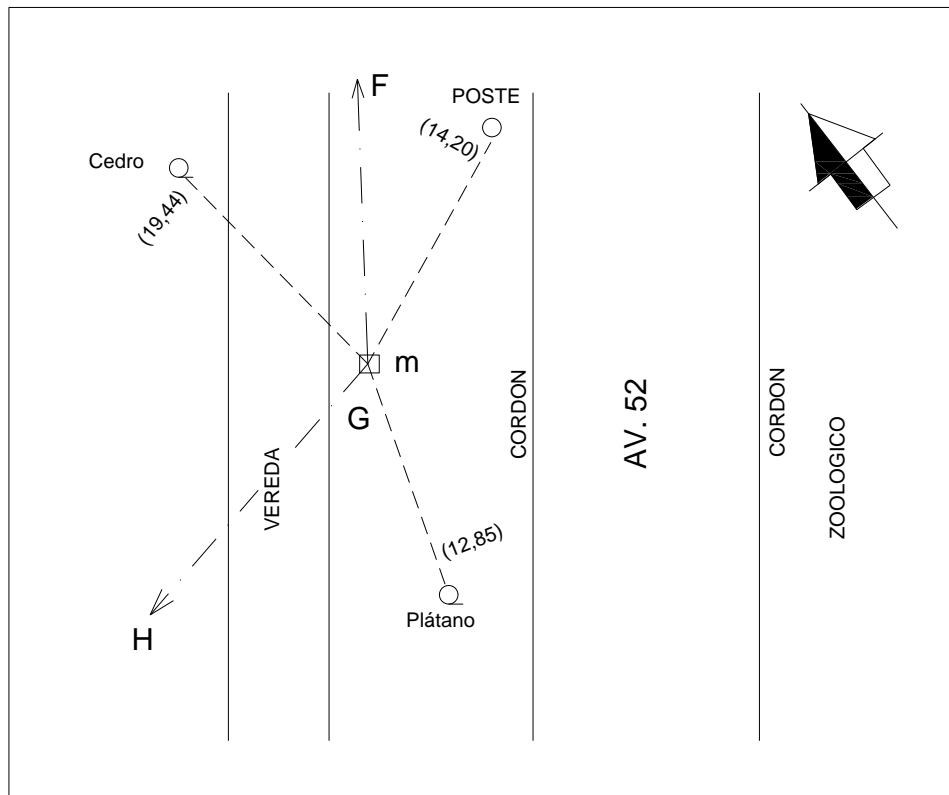


Fig. 1

- Ubicar norte apuntando al margen superior de la hoja.
- Usar signos cartográficos, y en caso de no existir, símbolos suficientemente claros.
- Definir con línea de trazo la distancia de la estaca al punto tomado como referencia.
- Anotar la medida en el extremo del segmento y perpendicularmente a la distancia medida.
- Los puntos de referencia deberán estar claramente definidos, de lo contrario convendrá marcarlos con un clavo o con una marca de pintura. Esto último ayudará a su rápida identificación.
- Las medidas se tomarán con una cinta métrica de acero, de la tipo ruleta.
- Se designará cada vértice con una letra mayúscula, comenzando con la letra A, por el vértice ubicado más al norte y continuando en el sentido de avance de las agujas del reloj.

Una vez definidos los vértices se procederá a medir la longitud de los lados del polígono así determinado.

ALINEACIONES

Para poder dar inicio a las mediciones de distancias con cinta, se deben establecer las alineaciones determinadas por dos puntos consecutivos. Las diferentes alternativas para poder materializar alineaciones en diferentes tipos de terreno serán tratadas en los siguientes párrafos

Recordando que consideramos plana la superficie de representación del sector del terreno donde se trabaja, podemos decir que cuando se verticaliza un jalón en un punto se está materializando una recta que, pasando por ese punto es perpendicular al plano de referencia α

(Fig. 2).

Si se colocan jalones correctamente verticalizados en los puntos que marcan la distancia a medir sobre el terreno. Existirá un plano vertical que los contenga β , y su intersección con el plano horizontal de referencia definirá la recta MN que una los puntos.

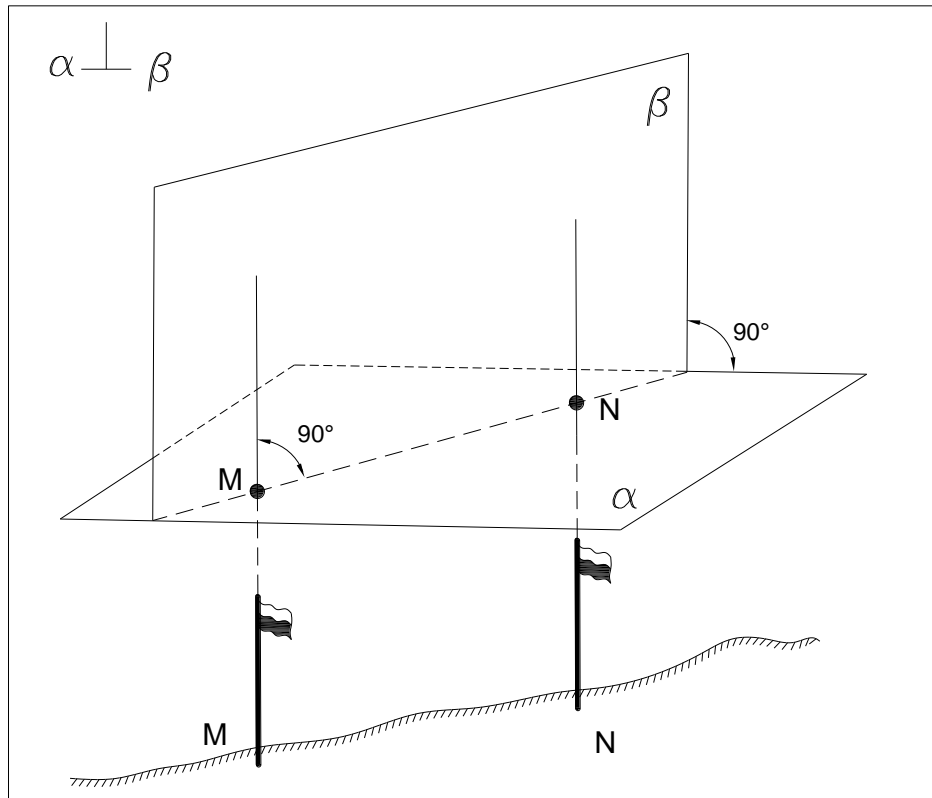


Fig. 2

Generalmente, para que el operador pueda transportar la cinta, siguiendo perfectamente cada alineación, habrá que intercalar todos aquellos jalones que sean necesarios para asegurar su intervisibilidad.

Conviene recordar que, a 100 m de distancia, el espesor de un jalón cilíndrico (aproximadamente 3 cm) equivale a un ángulo de 1 minuto (Fig. 3).

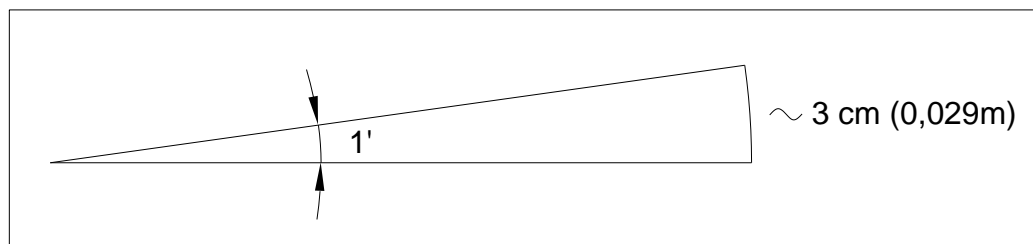


Fig. 3

A esa distancia y a ojo desnudo es fácil advertir cuando un jalón se separa de la línea en una distancia mayor que su propio espesor. Podemos decir entonces que en esas condiciones lograremos alineaciones con un error menor que $1'$.

MEDICION DIRECTA DE DISTANCIAS.

Se utilizan cintas métricas de acero, de las del tipo a tambor, de 50 ó 100 m,

graduadas en ambos lados con un pequeño remache de bronce cada 0,20 m. Cada metro entero impar está marcado con un remache de bronce de mayor diámetro, sin numeración. Los metros pares estarán grabados sobre una chapa de casi el mismo ancho de la cinta, numerada de ambos lados de la misma, siendo la suma de sus valores igual al de la longitud de la cinta. Es decir, que para una cinta de 50 m, cuando de un lado encontremos el número 14, del otro lado y en el mismo lugar estará el número 36 (Fig. 4).

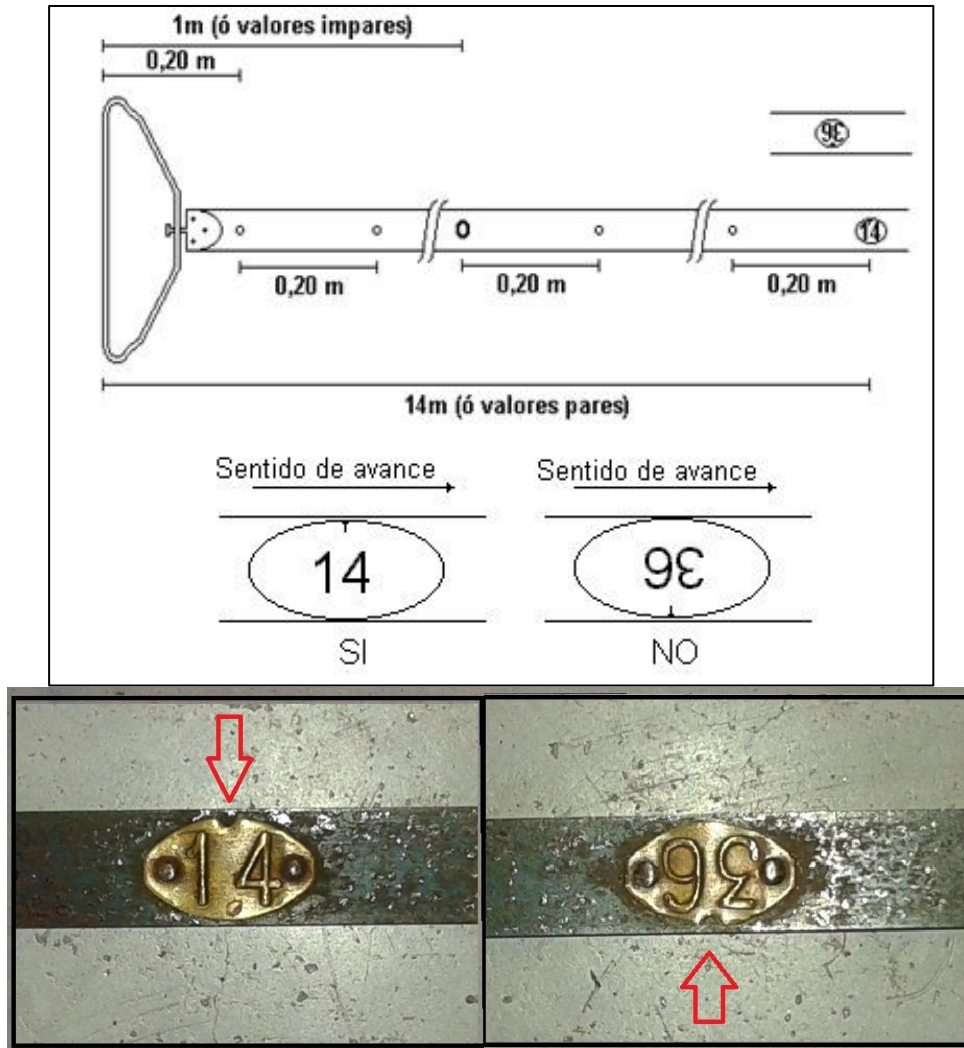


Fig. 4

En este tipo de cintas a tambor (O cinta de Agrimensor), el origen es habitualmente el borde exterior de las manijas de bronce que sirven para su transporte.

Para determinar correctamente una medida, el operador debe colocarse a la derecha de la cinta en el sentido del avance, y entonces deberá considerar la marcación (chapa con numeración grabada) que quede ante su vista con la muesca hacia arriba (Lectura directa), ignorando en cambio la numeración que resulte con la muesca hacia abajo (Lectura invertida) ver fig. 4.

Con esta precaución, tomará el valor numerado más próximo a la izquierda del segmento a medir y determinará el resto en base a la marcación con que esté construida la cinta, pudiendo ayudarse si fuera necesario con una cinta de bolsillo.

Para contar la cantidad de veces que se ha transportado la cinta a lo largo del lado a medir se utilizan las fichas del agrimensor, construidas con hierro acerado o aleaciones de aluminio de dureza suficiente (fig. 5).

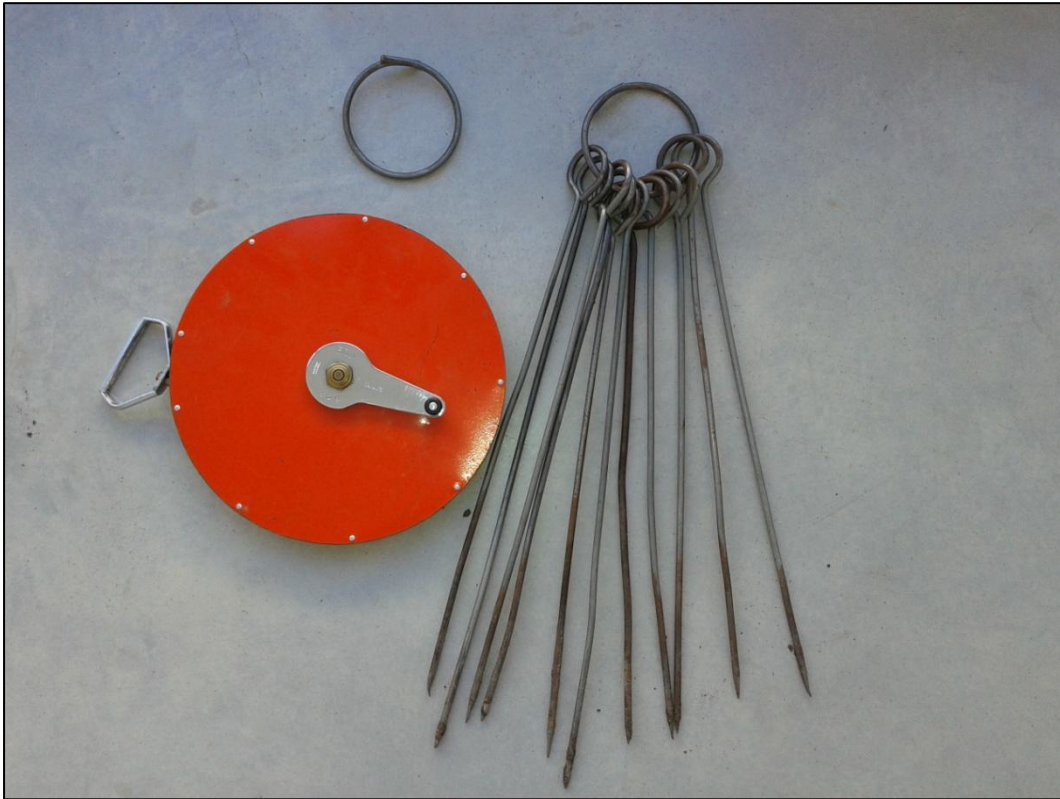


Fig. 5

Un juego de fichas está compuesto de 11 fichas y 2 aros para su transporte (fig. 5).

La medición se inicia teniendo el cintero trasero (Zaguero) una ficha en un aro y el cintero delantero llevando las otras diez fichas en el otro aro. En la primer cintada, el zaguero coloca la cinta enganchada en la ficha clavada a un costado de la estaca que marca el origen de la línea a medir. Luego de extender correctamente la cinta en la dirección del lado, el cintero delantero coloca una ficha en el extremo de la cinta; completada esta operación, el cintero trasero retira la ficha y comienzan juntos el transporte de la cinta a lo largo de la alineación. El cintero delantero seguirá marcando, cada vez, el extremo de la cinta con una ficha, la que será retirada por el zaguero una vez que el delantero le avise que terminó de colocar la nueva ficha. Con este procedimiento, si a la cantidad de fichas que juntó el zaguero –incluyendo la última ficha clavada por el delantero- se le resta 1 y al resultado se lo multiplica por la longitud de la cinta utilizada, se tendrá la longitud medida hasta ese momento.

Para completar la operación se mide el segmento comprendido entre la última ficha colocada por el delantero y el centro de la estaca que marca el otro extremo del lado a medir. Ese segmento puede medirse con la misma cinta a tambor o con una cinta ruleta (o de bolsillo).

El modo de anotar estos valores es, por ejemplo:

$$\text{Lado } \overline{MN} = 4 \text{ fichas atrás} + 21,58 \text{ m} = (4 - 1) \text{ fichas} \times 50 + 21,58 \text{ m} = 171,58 \text{ m}$$

Cada vez que el cintero delantero coloque las diez fichas con que inicia su trabajo, solicitará cambio de fichas al cintero trasero, verificará el número de fichas que recibe y registrará en su libreta de campo “**1 cambio**”. Esto significará que ha medido una longitud igual a 10 veces la dimensión de la cinta utilizada.

En este caso, el modo de anotar será:

Lado $\overline{MN} = 2 \text{ cambios} + 3 \text{ fichas atrás} + 43,25 \text{ m} = 1000 \text{ m} + 100 \text{ m} + 43,25 \text{ m} = 1143,25 \text{ m}$.

En nuestro trabajo práctico mediremos dos veces cada lado (ida y vuelta) y los registraremos finalmente en un cuadro como el que se indica a continuación:

LADO	MEDICION		DIFERENCIA	TOLERANCIA	PROMEDIO
	IDA	VUELTA			
AB	116,00	116,02	0,02	$\pm 0,09$	116,01
BC	248,35	248,41	0,06	$\pm 0,15$	248,38
CD					

Cuadro 1

MEDICION EN PENDIENTE

Recordemos nuevamente que la superficie de representación adoptada es un plano horizontal. Por lo tanto, si se presenta la necesidad de medir una distancia entre dos puntos que se encuentren a distinta altura, será necesario determinar la proyección horizontal de la distancia inclinada que podemos medir. (Fig.6).

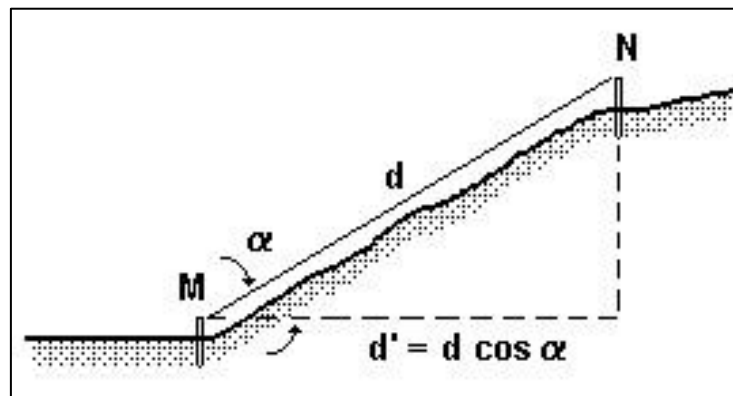


Fig. 6.

El ángulo α puede medirse con un inclinómetro o clisímetro o eclímetro, que son aparatos de construcción muy sencilla, que nos permiten medir indistintamente el ángulo de altura o depresión ($\pm\alpha$) y la pendiente del terreno. Con ellos se pueden apreciar valores enteros de pendiente o ángulo de altura y estimar la mitad de esas divisiones.

El modo de operar con ellos es el siguiente: Supongamos que se quiere medir la distancia AD (fig.7), compuesta de 3 tramos AB, BC y CD de distinta pendiente cada uno.

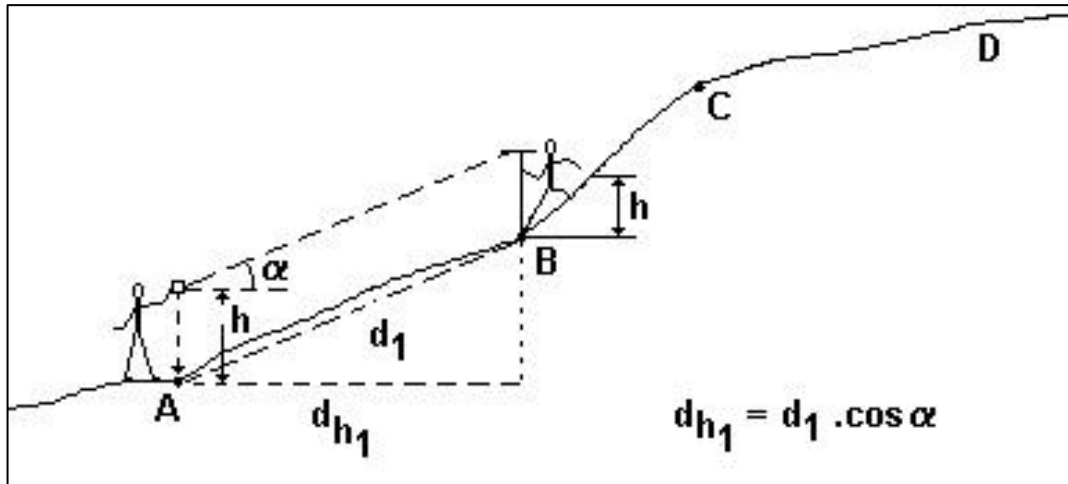


Fig. 7

Se inicia la medición colocándose el operador en un punto A, sosteniendo en su mano el eclímetro, y su ayudante en el primer punto de quiebre de pendiente sosteniendo un jalón o señal con una regleta colocada horizontalmente a la misma altura (distancia al suelo) a la que se encuentra el ojo del operador. Bisectando esa señal con el eclímetro, el operador podrá determinar el ángulo de inclinación de la visual paralela al terreno. Midiendo la distancia entre los extremos de ese tramo se podrá luego calcular fácilmente la proyección horizontal correspondiente.

Procediendo de la misma manera en todos los sectores de distinta pendiente que componen el lado a medir y sumando sus respectivas proyecciones horizontales, se tendrá la proyección horizontal del mismo.

Si se requiere una precisión muy elevada en la obtención de la proyección horizontal se miden los ángulos de altura con el teodolito, instrumento que se estudiará con todo detalle en el desarrollo del curso.

En el caso de no disponer de ninguno de los instrumentos mencionados, se puede medir la distancia inclinada descomponiéndola en resaltos horizontales de igual longitud que la regla de que se disponga (Fig. 8).

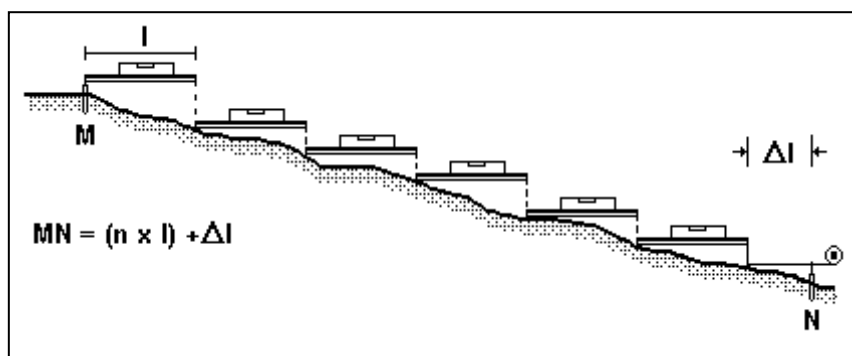


Fig. 8

El procedimiento también es muy sencillo y se puede desarrollar de acuerdo al siguiente esquema:

Se apoya el extremo de la regla de longitud conocida sobre la estaca de arranque y con un nivel de burbuja sencillo (tipo albañil) se horizontaliza. Con una plomada se señala sobre el terreno la proyección del otro extremo de la regla. Se repite este procedimiento todas las veces que fuera necesario y el resto se mide directamente con una cinta.

Estos procedimientos de medición en pendientes serán utilizados únicamente cuando la inclinación del terreno provoque diferencias apreciables en la medición, que pueda distorsionar los resultados, haciéndolos quedar fuera de las tolerancias fijadas. Téngase en cuenta que cuando se trata de terrenos fuertemente ondulados, las tolerancias son muchos más amplias (Cuadro 3).

A modo de ejemplo y para evaluar el problema se consigna las diferencias calculadas entre la longitud inclinada de 1000 m y cada una de las proyecciones horizontales que resultan para distintos valores de la pendiente (cuadro 2).

d_i	1.000 m			
Pendiente	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
Angulo*	$\pm 0^\circ 35'$	$\pm 1^\circ 45'$	$\pm 2^\circ 45'$	$\pm 5^\circ 45'$
d_h	999,96	999,53	998,85	994,97
Δd	-0,04	-0,47	-1,15	-5.03
Cuadro2				
$d_h = d_i \cdot \cos \alpha$				
$\Delta d = d_h - d_i$				
* Los ángulos fueron estimados con 15' de precisión				

Si a éstos resultados los comparamos con la tolerancia fijada en el inciso f) del cuadro 3, veremos que, para esta distancia, podemos aceptar como horizontales las mediciones efectuadas sobre terrenos que no superen el $\pm 3\%$ de pendiente o que es lo mismo $\pm 1^\circ 45'$ de inclinación respecto de la horizontal.

TOLERANCIAS LINEALES

Debe tenerse siempre presente que una magnitud puede ser medida con precisión sin que por ello sea exacta.

Toda medición está afectada por los inevitables errores de medición, tanto accidentales como sistemáticos. Sus valores van a diferir del valor “verdadero” o del valor más plausible (media aritmética de las observaciones). Se llama Tolerancia a la máxima discrepancia admitida en la medición de una magnitud.

La tolerancia lineal se expresa en función del error medio accidental, del error sistemático y de la magnitud medida.

$$T = \pm a \cdot \sqrt{M_a^2 + M_s^2}$$

$$\text{donde } M_a = \alpha \cdot \sqrt{L} \quad (\text{accidental})$$

$$M_s = \beta \cdot L$$

$$L = \frac{1}{2} (L_{ida} + L_{vuelta})$$

Remplazando resulta:

$$T = \pm a \sqrt{(\alpha \sqrt{L})^2 + (\beta L)^2}$$

Los coeficientes a , α y β son valores empíricos que varían de acuerdo a la finalidad del trabajo y a las condiciones del terreno donde se ha de medir.

En este trabajo práctico para la medición de los lados del polígono, se tomarán los valores que resultan de aplicar la siguiente fórmula:

$$T = \pm 0.015 \sqrt{0,3L + 0,0005L^2}$$

En general, las reparticiones oficiales o privadas, encargadas de ejecutar o supervisar trabajos topográficos, son las que fijan los límites máximos de error tolerable en función de la precisión que se requiera para cada tipo de trabajo.

Por ejemplo, las tolerancias lineales establecidas por el Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires en las Instrucciones Generales para Agrimensores son las siguientes:

- a) Para mediciones en los frentes de manzanas:

$$T = \pm 0,01 \sqrt{0,3L + 0,0005L^2}$$

- b) Para mediciones en el interior de las manzanas:

$$T = \pm 0,03 \sqrt{0,3L + 0,0005L^2}$$

- c) Para poligonales principales o de rodeo en zonas urbanas o en líneas límite de Partido:

$$T = \pm 0,015 \sqrt{0,3L + 0,0005L^2}$$

- d) Para poligonales principales o de rodeo en zonas de quintas y chacras, o internas en las de rodeo en zonas urbanas:

$$T = \pm 0,020 \sqrt{0,3L + 0,0005L^2}$$

- e) Para polígonos rurales en condiciones normales:

$$T = \pm 0,01 \sqrt{1,5L + 0,003L^2}$$

- f) Para polígonos rurales en condiciones difíciles (costas, arroyos, ríos, lagunas, montes, bañados, sierras, etc.)

$$T = \pm 0,015 \sqrt{1,5L + 0,003L^2}$$

Ejemplo:

En las mediciones que se realicen en las prácticas supondremos siempre las condiciones del ítem c)

Ida= 116,00m

Vuelta=116,02m

Promedio= 116,01m

(Cuadro 1)

$$T = \pm 0.015 \sqrt{0,3L + 0,0005L^2}$$

$$T = \pm 0.015 \sqrt{0,3 \cdot (116,01) + 0,0005 \cdot (116,01)^2} = \pm 0,097$$

$$T = \pm 0,09m$$

Cuando calculamos tolerancias siempre redondeamos por defecto, pero cuando determinamos errores redondeamos por exceso. Para que una medición o conjunto de ellas sea aceptada, el módulo del error debe ser siempre menor a la tolerancia $\pm T$ adoptada.

A continuación en el Cuadro 3 se consignan algunos valores característicos que resultan de esas expresiones:

L [m] \ T [m]	a	b	c	d	e	f
10	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$
100	$\pm 0,06$	$\pm 0,18$	$\pm 0,09$	$\pm 0,12$	$\pm 0,13$	$\pm 0,20$
1.000	$\pm 0,28$	$\pm 0,85$	$\pm 0,42$	$\pm 0,57$	$\pm 0,67$	$\pm 1,01$

Cuadro3