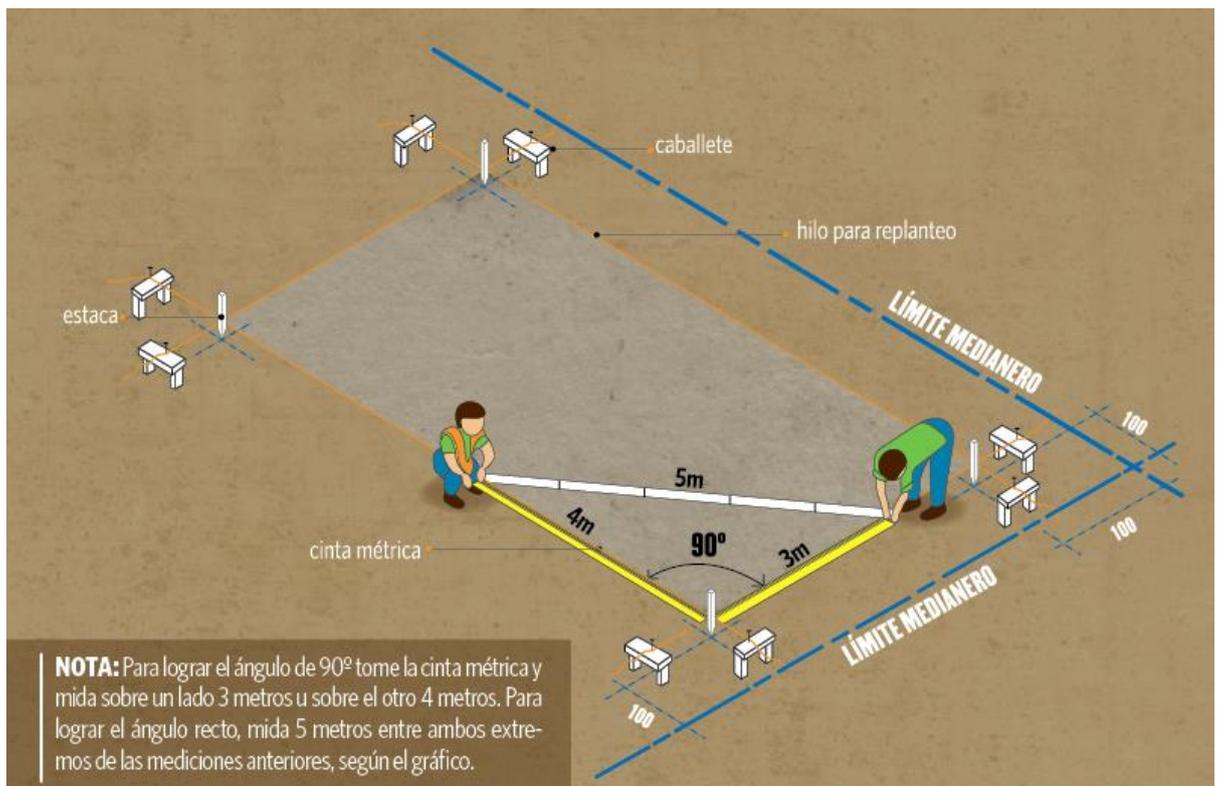




Topografía

MEDICIONES CON CINTA



UNIDAD TEMÁTICA N°3

Mediciones con cinta

Objetivos: Que el alumno sea capaz de comprender cómo se realiza un trabajo topográfico con cinta; los métodos principales para llevarlo a cabo; los errores que se pueden presentar en el mismo; las diferentes mediciones que se pueden realizar y las ventajas y desventajas de cada una de éstas. Además, deberá comprender cómo realizar un levantamiento y un replanteo de un trabajo topográfico con cinta, fichas y jalones.

Contenidos:

- Distintos tipos de medidas, real, geométrica y reducida.
- Medición de distancias directas e indirectas.
- Medición por resaltos.
- Medición de ángulos con cinta.
- Trazado de perpendiculares con cinta y escuadra.
- Replanteos con cinta, fichas y jalones, replanteos de cimientos de una obra civil, planos de replanteo de obras sencillas y de obras de gran envergadura, armado de caballetes.
- Amojonamiento y balizamiento de puntos fijos.

Trabajos Prácticos: Se realizarán dos trabajos prácticos en donde el alumno se pueda familiarizar con los elementos sencillos de medición y aprenda a utilizar los métodos rudimentarios de las mediciones topográficas realizadas con cinta.

Bibliografía

Bibliografía obligatoria: Apuntes de la cátedra.

Bibliografía extra: Apuntes proporcionados por la cátedra Topografía General de la Universidad Nacional del Litoral. En página web: <https://sites.google.com/site/topografiagr/apuntes-de-catedra> o Leonardo Casanova Matera (2002), “*Topografía plana*” Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería Departamento de Vías. Ed. Merida. En página web: <https://vagosdeunisucre.files.wordpress.com/2013/12/libro-de-topografc3ada-plana-leonardo-casanova-m.pdf> o <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/Inova/>

Distintos tipos de medidas, real, geométrica y reducida: Nadia Chacón Mejía, “*Topografía elemental – Unidad 2*” Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-2-medicion-de-distancias.pdf> o Ingeniero Agrimensor Michel Koolhaas “*Curso de topografía agrícola – Capítulo 2*” del, M. Sc. En página web: https://geoplanes.wikispaces.com/file/view/CURSO+DE+TOPOGRAFIA+AGRICOLA+Capitulo_2.pdf.

Medición de distancias directas e indirectas: Nadia Chacón Mejía, “*Topografía elemental – Unidad 2*” Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-2-medicion-de-distancias.pdf>.

Medición por resaltos: Nadia Chacón Mejía, “*Topografía elemental – Unidad 2*”. Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-2-medicion-de-distancias.pdf>.

Medición de ángulos con cinta: Nadia Chacón Mejía, “*Topografía elemental – Unidad 4*” Escuela de Ingeniería Civil-UTPL. En página web: <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-4-levantamientos-de-campo.pdf>.

Replanteos con cinta, fichas y jalones, replanteos de cimientos de una obra civil, planos de replanteo de obras sencillas y de obras de gran envergadura, armado de caballetes: Jaime Nisnovich, “*Manual práctico para la construcción*” Biblioteca práctica de la construcción; Video de Youtube “*TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO | Paso a Paso*”. En página web: <https://www.youtube.com/watch?v=uccb49Lgcd8>; “*Construcciones – Replanteo*”. En página web: <https://www.google.com.ar/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwi2ibHH-fLhAhXEhJAKHQUA4UQ5TUICQ&url=http%3A%2F%2Fecaths1.s3.amazonaws.com%2Fmastaller3>

%2F1647210268.replanteo.pdf&psig=AFQjCNEKjmdNAXvBnsdns4HDV2JKzeG_6Q&ust=1458861962137064.

Amojonamiento y balizamiento de puntos fijos: Apuntes proporcionados por la cátedra Topografía General de la Universidad Nacional del Litoral. En página web: <https://sites.google.com/site/topografiagral/apuntes-de-catedra>

Índice

Distintos tipos de medidas, real, geométrica y reducida.....	4
Distancia real o natural.....	4
Distancia geométrica.....	4
Distancia horizontal o reducida.....	4
Medición de distancias directas e indirectas.	5
Medidas aproximadas y exactas de las distancias.....	5
Medición a pasos.....	6
Medición con odómetros.....	6
Cuentakilómetros de un automóvil.....	7
Medición de una distancia con cinta.....	7
Errores que se cometen en una medición con cinta:.....	7
Medición por resaltos.	12
Medición de ángulos con cinta.	13
Trazado de perpendiculares con cinta y escuadra.....	14
Método 3,4,5.....	14
Método del triángulo isósceles.....	14
Perpendiculares con escuadra.....	15
Levantamiento de terrenos con escuadra y cinta.....	16
Levantamiento de terrenos con escuadra y cinta: Contornos irregulares.....	19
Replanteos con cinta, fichas y jalones, replanteos de cimientos de una obra civil, planos de replanteo de obras sencillas y de obras de gran envergadura, armado de caballetes.	20
Replanteo de una edificación.....	20
Replanteo de obras de gran envergadura.....	21
Amojonamiento y balizamiento de puntos fijos.	23
Punto topográfico.....	23
Superficie topográfica.....	23
Alineaciones topográficas.....	23
Balizamiento de puntos topográficos.....	23
Señalización y amojonamiento de puntos.....	23

Distintos tipos de medidas, real, geométrica y reducida.

Mediciones en terrenos inclinados

En Topografía, uno de los primeros conceptos que aprendemos, es los diversos tipos de distancias que podemos encontrar y que debemos hallar para cada situación requerida. Se diferencian principalmente 3 tipos de distancias, las cuales se pueden vincular mediante fórmulas matemáticas y reducciones oportunas (figura 3.1).

Distancia real o natural: es la distancia verdadera del terreno que separa dos puntos.

Distancia geométrica: es la distancia en línea recta que separa dos puntos del terreno.

Distancia horizontal o reducida: se llama de estas dos formas a la longitud de la recta perpendicular, a las verticales que pasan por los extremos de la distancia.

Parece obvio, que la distancia topográfica, no será hallada por nosotros nunca, pues requiere de un trabajo normalmente en vano. Por ello, nosotros hallaremos la distancia geométrica, aquella que va desde un punto hasta el otro recorriendo la menor distancia posible.

Actualmente, la medida geométrica es hallada a partir de distanciómetros electrónicos, instalados en nuestra estación total. El paso de Distancia geométrica a distancia reducida, se produce a partir de reducciones y correcciones.

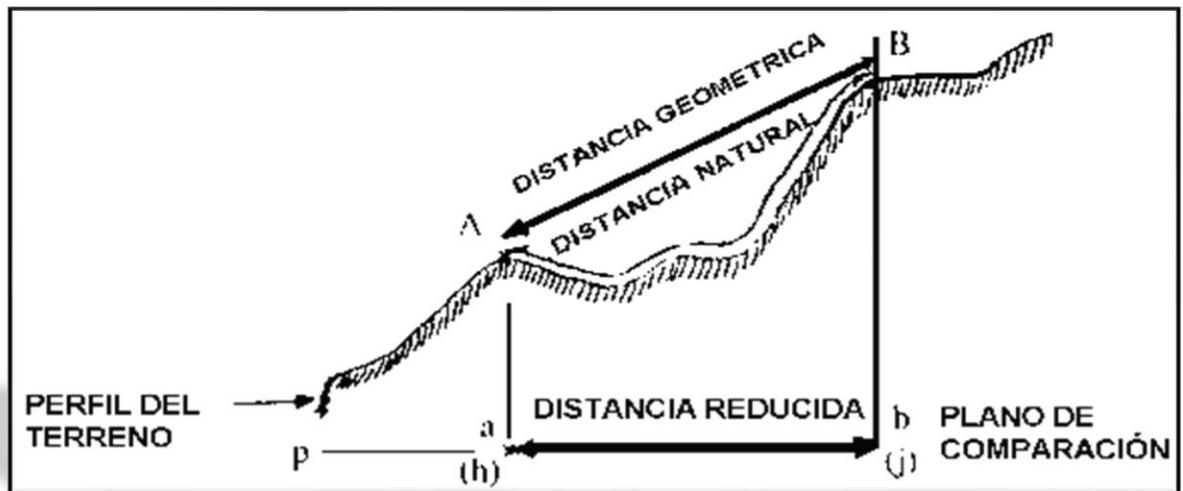


Figura 3.1: Tipo de distancias

Medición de distancias directas e indirectas.

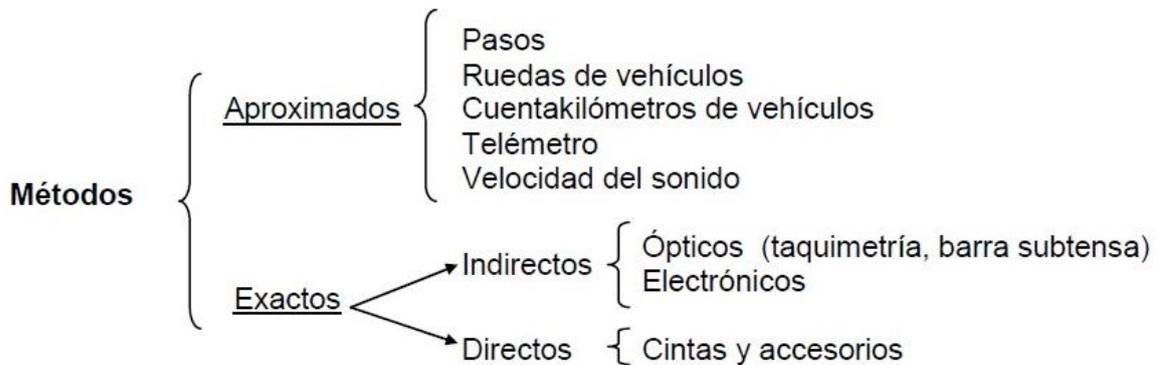
Las medidas pueden ser clasificadas en medidas directas e indirectas. Las **medidas directas** son aquellas en donde el instrumento de medición obtiene directamente la magnitud desconocida. Como por ejemplo la medición de una distancia concreta con un instrumento como la cinta de agrimensor o con una regla graduada o la medición de un ángulo con un teodolito o con un instrumento de estación total.

Las **medidas indirectas** son aquellas que se obtienen al aplicar una fórmula matemática a unas determinadas medidas directas con el fin de obtener la magnitud desconocida. Un ejemplo sencillo es la determinación de un ángulo con una cinta de agrimensor o el cálculo de un lado desconocido de un triángulo mediante la medición de los otros dos y el ángulo que los vincula. Durante el procedimiento de medición de este tipo de magnitudes debemos tener en cuenta que los errores generados en la medición directa se transmiten al resultado obtenido.

Medidas aproximadas y exactas de las distancias

Al hablar en topografía de distancia entre dos puntos se sobreentiende que se trata de la distancia horizontal, prescindiendo del desnivel que haya entre ellos.

Los métodos para medir distancias se clasifican en aproximados y exactos, de acuerdo a la magnitud del error que se comete al aplicarlos.



En el cuadro siguiente se resumen las aplicaciones y precisiones normales de algunos métodos de medición de distancias:

Método	Precisión	Uso
A pasos	1:100 a 1:200	Para reconocimientos, planos a escala pequeña, croquis preliminares en un levantamiento.
Por taquimetría	1:300 a 1:1000	Para levantamiento de detalles, poligonales poco precisas, para comprobar medidas más precisas
Con cinta, con procedimiento ordinario.	1:1000 a 1:5000	Para levantamientos correspondientes a trabajos de vialidad, trabajos comunes de construcción y agrimensura. Triangulación de 4º orden.
Con cinta, con procedimiento de precisión.	1:10000 a 1:30000	Poligonales para levantamientos urbanos, bases para triangulaciones de precisión intermedia, trabajos de construcción muy precisos.
Con alambre invar. Medición de bases.	1:50000 a 1:1000000	Triangulación de alta precisión para grandes zonas, túneles largos, etc.

Medición a pasos

Es un método de medición aproximado y utilizado para hacer un croquis preliminar del terreno. Se emplea el paso del hombre (figura 3.2) y algunas veces del caballo para determinar distancias aproximadas. En ambos casos es necesario estimar la longitud del paso, es decir, determinar la relación que existe entre la longitud del paso y el metro.

El del hombre se obtiene recorriendo varias veces una distancia de 100 metros de longitud, contando cada vez la cantidad de pasos que contiene. La media de los distintos resultados obtenidos representa el número de pasos equivalentes a la distancia dada. Con un poco de práctica se llega fácilmente a una precisión del 1% en la medición de distancias, en terreno llano. Análogamente se procede con el paso del caballo.

Para evitar lo fatigoso que resulta contar los pasos, se emplea a menudo un instrumento llamado podómetro, de forma y tamaño de un reloj de bolsillo, empleado también para contar los pasos del caballo. Funcionan por la sacudida que experimentan a cada paso; estas sacudidas mediante un simple mecanismo, se transmiten a una aguja de reloj que va marcando en la esfera del podómetro el número de pasos dados. La aguja central, más larga, registra los pasos sueltos, o sea, uno a uno, otra aguja más pequeña las centenas y una tercera los millares de pasos.

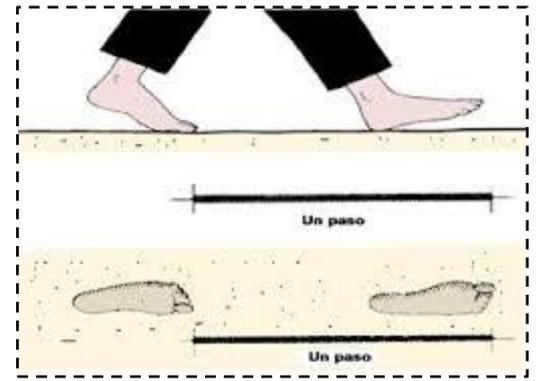


Figura 3.2: Medición a pasos de hombres

Medición con odómetros

Es un método de medición aproximado y utilizado para hacer un croquis preliminar del terreno. Se llama odómetro o rueda de agrimensor (figura 3.3 y 3.4) a una rueda provista de un contador de revoluciones, que al rodar por una alineación nos brinda la longitud de la misma. El eje de la rueda pone en movimiento al contador, leyéndose el número de vueltas en la esfera de este último. Las más modernas muestran directamente la distancia total en un display.

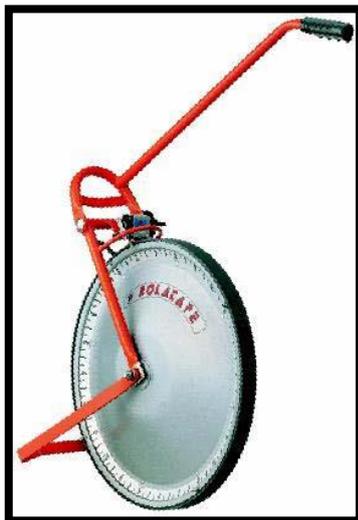


Figura 3.3: Medición con rueda de agrimensor



Figura 3.4: Medición con odómetro

Cuentakilómetros de un automóvil

(Figura 3.5)

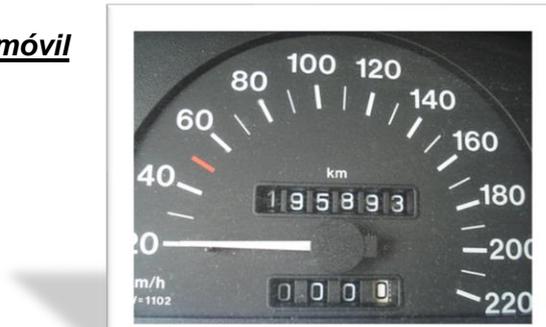


Figura 3.5: Cuentakilómetros del automóvil

Medición de una distancia con cinta

Es un método de medición exacto y directo y para lograr medir una longitud con cinta son necesarios dos operadores: el delantero y el zaguero, siendo este último quien dirige la operación.

Supongamos que queremos medir la distancia AB con una cinta de 50 m. El punto de partida (A) estará marcado por medio de una estaca, jalón, mojón u otra señal cualquiera, el zaguero clava una ficha y le entrega al delantero las diez fichas restantes, apoyando la manija de la cinta según la figura 3.6. El delantero estira la cinta en el sentido de la alineación AB y clava la ficha en el punto "O". Se ha medido así una "cintada". Se repite la operación. En la segunda "cintada" el zaguero ha retirado previamente la ficha de A y apoya la cinta en "P" y el delantero apoya la manija según la figura 3.6, y así sucesivamente hasta que el delantero agota sus fichas. Habrá llegado así al punto D. Se han medido 10 cintadas (en nuestro caso 500 metros). El zaguero tendrá ahora en su poder 10 fichas y el delantero habrá clavado la última, quedándose con el aro vacío. Entonces, se dice que se midió una "tirada" (10 cintadas) y el zaguero debe anotarlo de esta forma en su libreta.

A continuación, intercambian los aros quedando nuevamente el delantero con 10 fichas. Se repite así el procedimiento cuantas veces resulte necesario. Supongamos que en el punto E se hallan medido n tiradas y m cintadas, anotadas en la libreta del zaguero. La distancia d, menor que una cintada, se mide con la cinta de agrimensor, con precisión a la menor división (en general, 0,20m) y la sección restante con una cinta ruleta que esté graduada al centímetro(x).

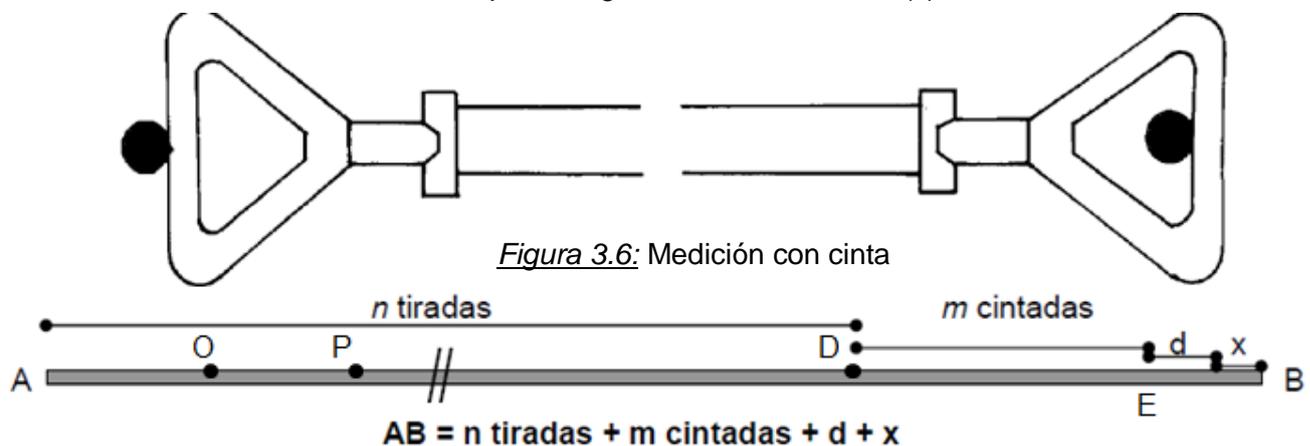


Figura 3.6: Medición con cinta

Errores que se cometen en una medición con cinta:

- Cinta de longitud errónea

Una cinta de longitud errónea da lugar a un error sistemático que puede eliminarse prácticamente contrastando la cinta y aplicando la corrección así determinada. La cinta puede compararse con otra ya contrastada, o con cualquier otro patrón de longitud que se encuentre disponible.

- Alineación imperfecta

El ayudante que marcha adelante en las mediciones con cinta tiende a colocar la aguja lo mismo a un lado que a otro de la verdadera alineación, lo que produce un error sistemático variable, ya que el ángulo horizontal que forma la cinta con la alineación no es el mismo en una cintada que en la

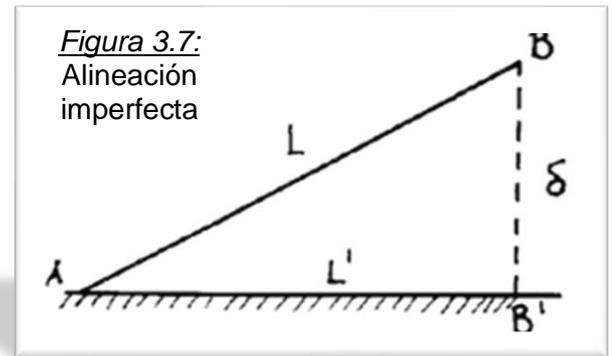
siguiente. Este error no puede eliminarse, pero sí reducirse a un valor despreciable poniendo más cuidado en la alineación. (Figura 3.7).

Este error se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \text{Observado} - \text{Verdadero} = L - L' \\ \text{En } AB'B: L^2 &= (L')^2 + \delta^2 \Rightarrow \delta^2 = L^2 - (L')^2 = \\ (L - L')(L + L') &\approx 2 \cdot L' \cdot \varepsilon \\ \text{Dado que } L \approx L' &\Rightarrow L + L' \approx 2 \cdot L':\end{aligned}$$

Error absoluto: $\varepsilon = \frac{\delta^2}{2L}$

Error relativo: $\varepsilon_r = \frac{\delta^2}{2L^2}$



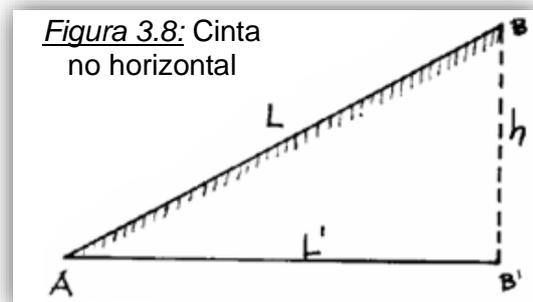
Ejemplo:

Para una cinta de 30 m, el error absoluto es de 1,5 mm cuando uno de los extremos está 30 cm fuera de alineación y el error relativo es de 1:20000.

Para una cinta de 50 m, cuando un extremo está fuera de alineación: $e = 1$ cm y $e_r = 1/5000$.

$$\text{Para } L = 6 \text{ m y } d = 0,30 \text{ m: } \varepsilon_r = \frac{(0,30\text{m})^2}{2 \cdot (6\text{m})^2} = \frac{0,09\text{m}^2}{72\text{m}^2} = \frac{1}{72/0,09} = \frac{1}{800}$$

• Cinta no horizontal o inclinación mal determinada de cinta



El efecto es análogo a una alineación defectuosa. Es muy difícil estimar a ojo las pendientes o saber con certeza si la cinta está horizontal. Muchas veces se mantiene exactamente la alineación, considerándose el terreno horizontal cuando en realidad puede tener una pendiente del 10%, que pasa inadvertida para el operador.

Se deducen las fórmulas análogas al caso de defectuosa alineación, donde h es el desnivel entre los puntos A y B (Figura 3.8).

$$\text{Son: } h^2 = L^2 - (L')^2 \quad \varepsilon = O - V = L - L' \quad L \approx L' \Rightarrow L + L' \approx 2 \cdot L'$$

$$h^2 = (L + L')(L - L') = 2 \cdot L' \cdot \varepsilon$$

Error absoluto: $\varepsilon = \frac{h^2}{2L'}$

$$\text{Siendo } p \text{ la pendiente: } p = \frac{h}{L'} \text{ y } \varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{V} = \frac{h^2}{2L' \cdot L'} = \frac{h^2}{2 \cdot (L')^2}$$

Error relativo: $\varepsilon_r = \frac{1}{2} \cdot p^2$

Ejemplo:

$$\text{Para una pendiente } p = 2\%, \text{ el error relativo alcanza el valor: } \varepsilon_r = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{100}\right)^2 = \frac{1}{5000}$$

$$\text{En el caso de } p = 6\%: \varepsilon_r = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{6}{100}\right)^2 = \frac{1}{525}$$

- Cinta floja o torcida

Al medir con cinta un terreno cubierto por hierba o maleza, o cuando sopla viento fuerte, es imposible mantener siempre la cinta en toda su longitud en perfecta alineación con sus extremos. Este error se hace despreciable si el delantero toma precauciones para mantener bien estirada la cinta.

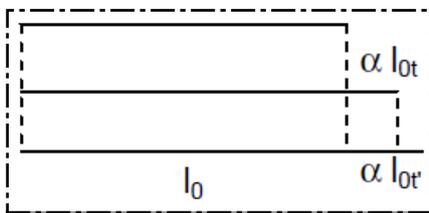
- Defecto de observación

Los errores de plomada, lectura de la cinta y colocación de las fichas son errores accidentales que no se pueden eliminar, pero su efecto sobre el error total resulta muy poco importante.

- Influencia de la temperatura

Las cintas se dilatan al aumentar la temperatura (Figura 3.9) y se contraen cuando ésta baja. Es decir que si la cinta se ha contrastado a una cierta temperatura y después se usa a una temperatura más alta, la longitud determinada es mayor que la real. Para una variación de temperatura de 8°C, una cinta de acero de 30m experimenta un cambio de longitud de 3mm, dando lugar a un error de casi 10cm/km. Algunas cintas llevan en uno de sus extremos una escala de temperaturas, mediante la cual puede hacerse la corrección térmica sin cálculo alguno.

Corrección: El coeficiente de dilatación térmica del acero es de 0,000012 por 1°C. Si la cinta se ha contrastado a una temperatura de t grados y la medición se hace a la temperatura de t' grados, la corrección C_x para la variación de longitud está dada por la fórmula:



Corrección C_x para la variación de longitud está dada por la fórmula:
 Cinta a una temperatura de 0°C. $l = l_t$
 Cinta a una temperatura de 20°C (temperatura de contraste). $l = l_t$
 Cinta a temperatura ambiente en el momento de la medición. $l = l_t$

Figura 3.9: Influencia de la temperatura

α - Coeficiente de dilatación del material de la cinta.

Magnitud del error:

$$l_t = l_0 + \alpha \cdot l_0 \cdot t$$

$$l_{t'} = l_0 + \alpha \cdot l_0 \cdot t'$$

$$\epsilon = O - V = l_t - l_{t'}$$

$$\Rightarrow \epsilon = \alpha \cdot l_0 (t - t') = -\alpha \cdot l_0 (t' - t)$$

Ejemplo: t = 21°C; t' = 50°C; l₀ = 50m; α = 0,000012. 1/°C

$$\epsilon = -\frac{0,000012}{1^\circ\text{C}} \cdot 50\text{m} \cdot (50^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}) = -\frac{0,000012}{1^\circ\text{C}} \cdot 50\text{m} \cdot (29^\circ\text{C}) = -0,017\text{m}$$

$$\epsilon_r = -\alpha \cdot (t' - t) = -\frac{0,000012}{1^\circ\text{C}} \cdot (29^\circ\text{C}) = -\frac{1}{300}$$

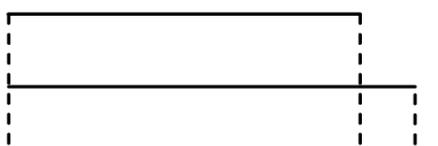
La dilatación de la cinta hace que la lectura indique valores menores de longitud que los reales: en el ejemplo, la lectura real es de 50m más 1,7cm, puesto que la cinta se ha estirado por efecto de la temperatura. Es por ello que el error por dilatación lleva un signo negativo en la expresión.

Los errores debidos a variaciones de temperaturas quedan muy reducidos empleando cintas de metal invariable.

- Influencia del esfuerzo tirante

Si esta tensión es menor que aquella con que se contrastó la cinta, la longitud leída será mayor que la real; por el contrario, si la tensión de contraste es menor que la aplicada, la cinta indicará una longitud menor que la verdadera.

Este error es siempre despreciable, salvo el caso de necesitarse una extremada precisión. En una cinta de acero de 30m, un cambio de tensión de 1,5 kg ocasiona una variación en su longitud de 0,3 mm.



l₀ - Longitud de la cinta sin aplicar esfuerzo tirante.
 l_f - Longitud de la cinta al realizar el contraste.
 l_{f'} - Longitud de la cinta al medir en campaña.

Figura 3.10: Cinta con esfuerzo tirante

Sean los esfuerzos mostrados en la figura 3.10:

F - fuerza tirante de contraste.

F' - fuerza tirante en campaña.

Δl_f - longitud de alargamiento de contraste.

$\Delta l_{f'}$ - longitud de alargamiento en la medición.

S - sección de la cinta (usualmente, de 2mm²).

E - Módulo de elasticidad longitudinal del material (Módulo de Young).

Magnitud de los estiramientos: $\Delta l_f = \frac{F \cdot l_0}{S \cdot E}$; $\Delta l_{f'} = \frac{F' \cdot l_0}{S \cdot E}$

$$l_f = l_0 + \Delta l_f = l_0 + \frac{F \cdot l_0}{S \cdot E}$$

$$l_{f'} = l_0 + \Delta l_{f'} = l_0 + \frac{F' \cdot l_0}{S \cdot E}$$

$$\varepsilon = l_f - l_{f'}$$

Error absoluto: $\varepsilon = \frac{l_0}{S \cdot E} \cdot (F - F')$

Error relativo: $\varepsilon_r = \frac{F - F'}{S \cdot E}$

Ejemplo: F = 5kg; F' = 10kg; $l_0 = 50m$; S = 2mm²; E = 21000 kg/mm².

$$\varepsilon_r = \frac{5kg - 10kg}{2mm^2 \cdot 21000 kg/mm^2} = \frac{-5}{42000} = -\frac{1}{8400}$$

Como el valor del módulo de elasticidad longitudinal del acero es constante hasta al menos los 2400 kg/cm², no se cometerán errores en este tipo de estimaciones. La sección normal de la cinta puede calcularse conociendo su peso y dimensiones, recordando que el acero tiene un peso específico de 8 kg/dm³.

• Error por espesor de la manija (Figura 3.11)

Se produce en general en el desarrollo de mediciones de varias cintadas. La longitud l de la cinta corresponde a la distancia entre las partes exteriores de los estribos.

d = espesor de la aguja o ficha.

e = espesor de la manija (estribo).

l = longitud de la cinta.

l' = longitud relevada.

$$\varepsilon = O - V = l - l' = l - (l - e - \frac{1}{2}d + \frac{1}{2}d) = l - l + e \Rightarrow$$

$$\varepsilon = e \text{ Error absoluto en el total.}$$

Error relativo: $\varepsilon_r = e / l$

Ejemplo: e = 4mm, l = 50m

$$\varepsilon_r = \frac{0,004m}{50m} = \frac{1}{12500} \Rightarrow \text{Se trata de un error de muy poca importancia.}$$

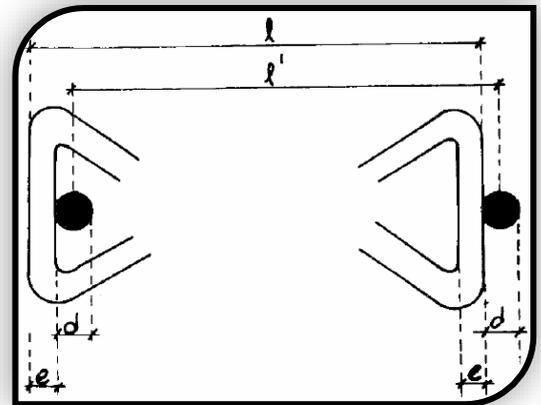


Figura 3.11: Error por espesor de manija

- Cinta combada o error por catenarias

Cuando la cinta no está tendida sobre el suelo en toda su longitud, sino sólo apoyada o suspendida en sus dos puntos forma una curva en el centro. Cuando la cinta se suspende toma forma de una curva llamada catenaria. La corrección que hay que aplicar es la diferencia entre el arco y la cuerda correspondiente (Figura 3.12).

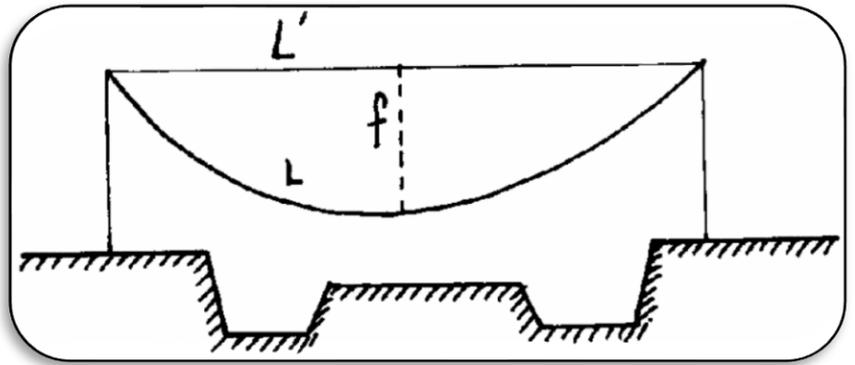


Figura 3.12: Error por catenaria

L' - distancia entre los soportes de la cinta.

f - flecha producida por el peso propio de la cinta.

L - longitud medida, errónea a causa de la flecha y de la tensión aplicada.

Considerando la catenaria como arco de circunferencia y la figura 3.13 se obtiene que

Error absoluto:
$$\epsilon = \frac{8.f^2}{3.L}$$

Error relativo:
$$\epsilon_r = \frac{8.f^2}{3.L^2}$$

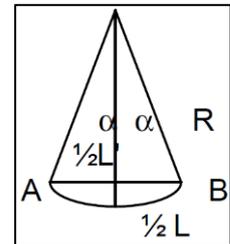
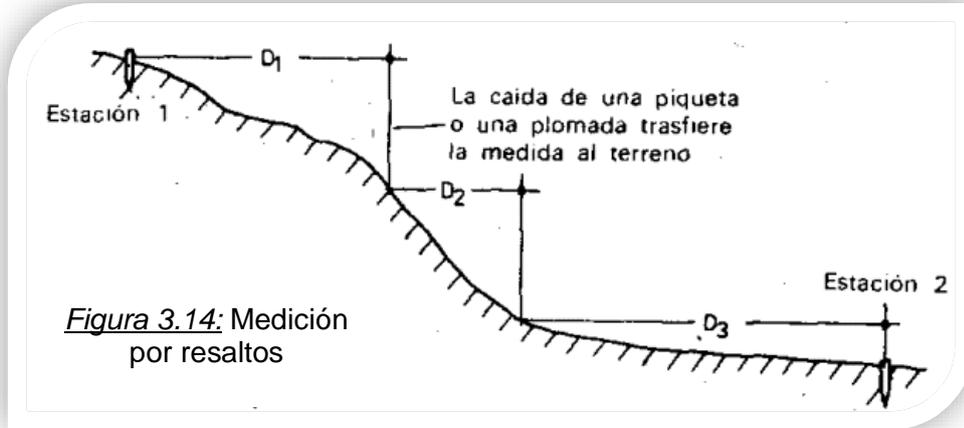


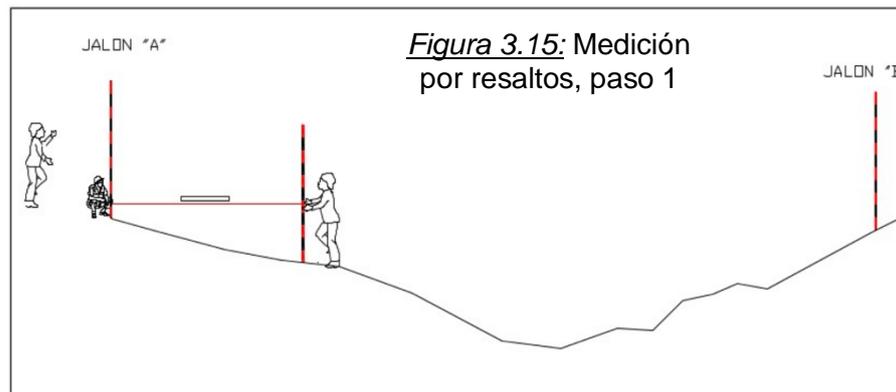
Figura 3.13: Demostración del error

Medición por resaltos.

Un procedimiento de campo para realizar en distancias en terrenos muy inclinados es la medición por resaltos o medición escalonada (figura 3.14).



En este tipo de medición se fracciona la medida en tramos horizontales y se toma la medida horizontal con la cinta para luego, mediante una plomada o un jalón con nivel esférico, bajar el punto final al terreno y, de esta manera, poder tomar la siguiente medida horizontal (ver figura 3.15). Este procedimiento se realiza hasta llegar al punto deseado y además de requerirse un operador que alinee la dirección, se produce un mayor error por catenaria o de tensión, pero la distancia relevada que se obtiene es la distancia horizontal sin realizar fórmulas matemáticas para la corrección.



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

Un ejemplo de medición escalonada es el que se presenta en los siguientes croquis:

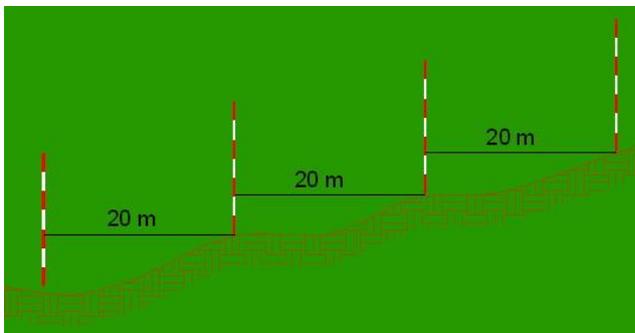
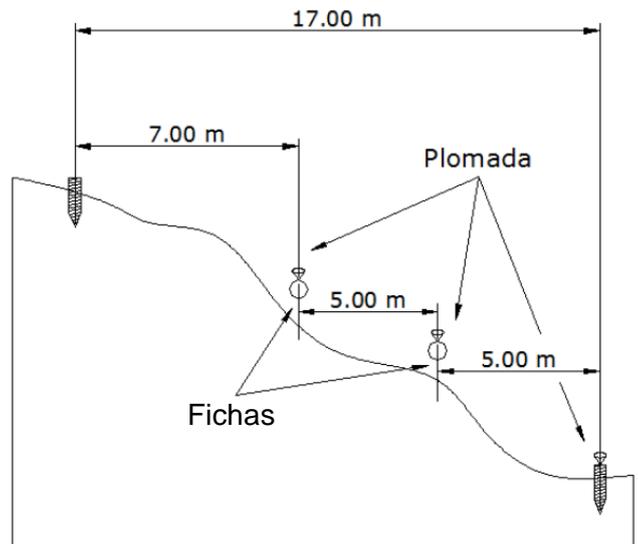


Figura 3.16: Ejemplos de medición escalonada



Medición de ángulos con cinta.

La cinta métrica se puede utilizar para medir alineaciones como también para determinar ángulos entre diferentes alineaciones. Sea por ejemplo el ángulo α (figura 3.17) determinado por las alineaciones OA y OB. Se puede medir partiendo desde el punto O una distancia fija hacia A y hacia B que se denomina "radio" y que generalmente se mantiene en todo el relevamiento. La operativa en el campo será luego determinar la distancia C o cuerda, para cada ángulo que se desea determinar.

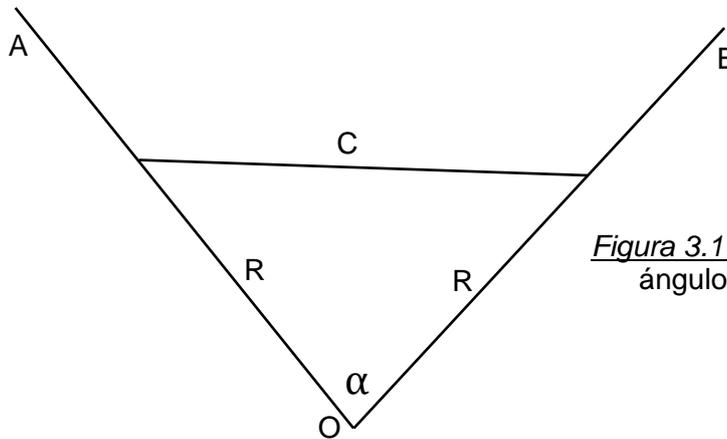


Figura 3.17: Medición de ángulos con cinta

La fórmula para poder calcular el ángulo en gabinete es la siguiente: $\alpha = 2 * \arccos\left(\frac{C}{2*R}\right)$ y proviene de trazar la bisectriz del ángulo α y generar dos triángulos rectángulos iguales.

Trazado de perpendiculares con cinta y escuadra.

Para poder realizar un ángulo perpendicular entre dos direcciones, es decir, de 90°, con la utilización de cintas se puede emplear el método 3,4,5 o el método del triángulo isósceles entre otros.

Método 3,4,5

El método 3,4,5 se utiliza para poder *comprobar* un ángulo de 90° o *materializar* una alineación perpendicular a otra.

El mismo consiste en medir con cintas como lo muestra la figura 3.18 los tres lados de un triángulo que es rectángulo. Un ejemplo como lo dice su nombre es un triángulo que mida 3, 4 y 5 metros o unidades. De esta manera nos aseguramos que entre los lados de 3 metros y 4 metros se forma un ángulo recto.

También este método es aplicable al multiplicar todas las unidades por un mismo número. Pudiendo utilizar por ejemplo 6, 8 y 10 metros o 12, 16 y 20 metros.

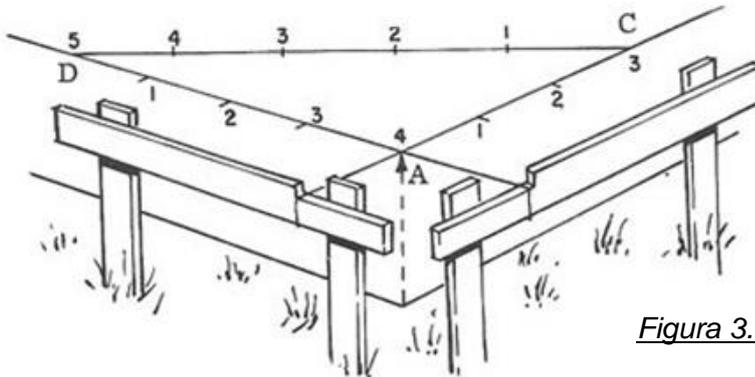
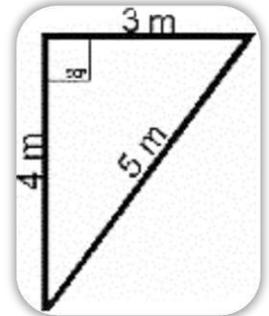


Figura 3.18: Método 3,4,5

Método del triángulo isósceles

El método del triángulo isósceles a diferencia del anterior método se utiliza para *realizar perpendiculares en un punto "N" de una alineación dada (AB)*. Ver figura 3.19. Para poder emplearlo se debe medir desde el punto N la misma distancia hacia ambos lados de la alineación dada ($\overline{AN} = \overline{NB}$) y luego medir desde estos dos puntos una distancia determinada hacia "C", es decir, hacia donde se desea realizar la perpendicular. De esta manera se formará un triángulo isósceles que, al unir el vértice "C" con el punto "N" se obtendrá la perpendicular deseada.

Por otro lado, se utiliza para *ubicar el punto de una alineación en donde se genera un ángulo de 90° con respecto a otro cualquiera*. Para esto, en la figura 3.20 se desea ubicar el punto P teniendo un alineamiento ya dado y el punto B. Primeramente se debe ubicar la misma medida en los lados \overline{BC} y \overline{BD} siendo C y D dos puntos pertenecientes al alineamiento dado. Luego el punto P quedará a la mitad entre los puntos C y D formando entre el punto P y el B una alineación perpendicular a la ya existente.

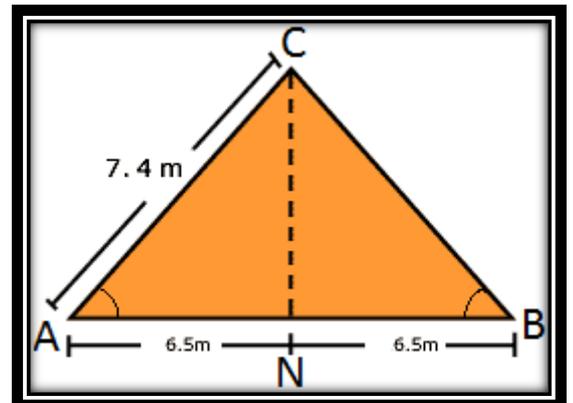
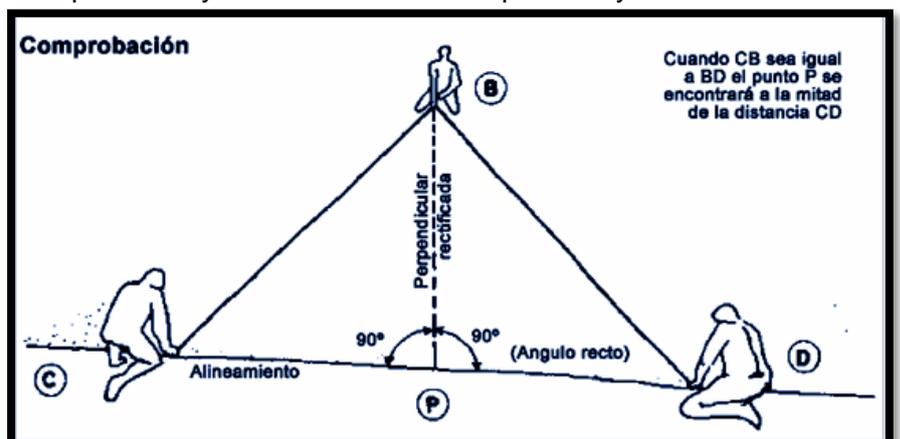


Figura 3.19: Método del triángulo isósceles: realizar una perpendicular en un punto

Figura 3.20: Método del triángulo isósceles: bajar una perpendicular desde un punto



Perpendiculares con escuadra

La escuadra se utiliza para *realizar perpendiculares en un punto de una alineación dada*. Para esto se ubica sobre el punto y se dirige el movimiento del punto B (figura 3.21) hasta que la escuadra marque los 90° .

Por otro lado, se utiliza para *ubicar el punto de una alineación en donde se genera un ángulo de 90° con respecto a otro punto cualquiera "B"*. Para esto el operador va recorriendo la alineación hasta que la escuadra marque los 90° en determinado punto.

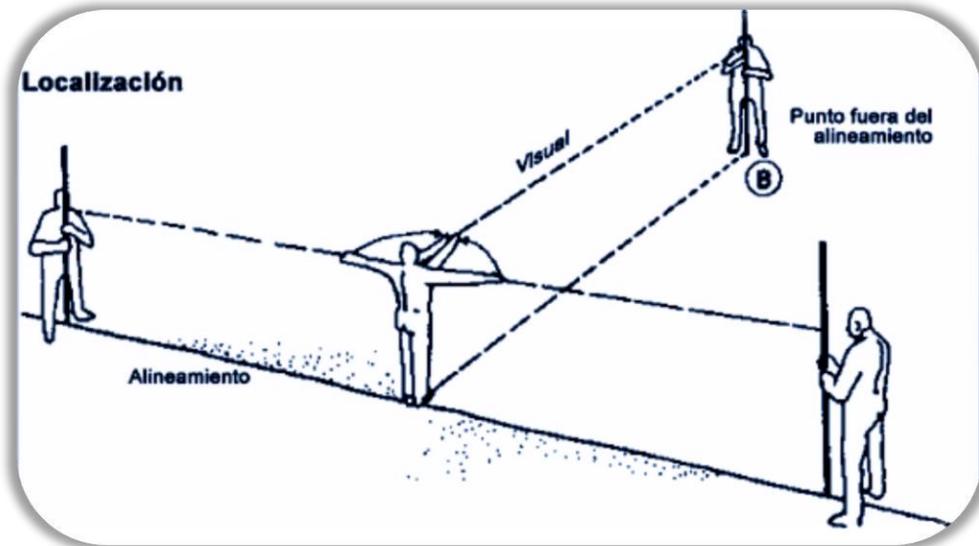


Figura 3.21: Realizar una perpendicular con escuadra

Levantamiento de terrenos con escuadra y cinta

Se utiliza alguno de los métodos que requieren de estos elementos para el levantamiento de terrenos de pequeña extensión.

Para el levantamiento de un terreno con cinta y escuadra pueden seguirse, según las circunstancias, los procedimientos siguientes:

- Por perpendiculares a un solo eje.
- Por perpendiculares a varios ejes.
- Por dos ejes coordenados.
- Por rodeo o poligonales cerradas.
- Por poligonales abiertas.

a) Por perpendiculares a un solo eje

1. En el polígono ABCDEF de la figura 3.22 se determina la alineación correspondiente a una diagonal, por ejemplo, la AD, por medio de jalones que se ubican en A y en D.

2. Un operador provisto de una escuadra baja perpendiculares desde todos los vértices a la alineación.

3. Se miden con cinta las abscisa y ordenadas (x e y).

Si no hay diagonal que reúna condiciones para servir de eje de abscisas se determina una alineación secante, como la AM en la figura 3.23, que cumplirá la función de eje de referencia. Incluso, puede llegar a convenir elegir como eje uno de los lados del polígono y su prolongación (Figura 3.24).

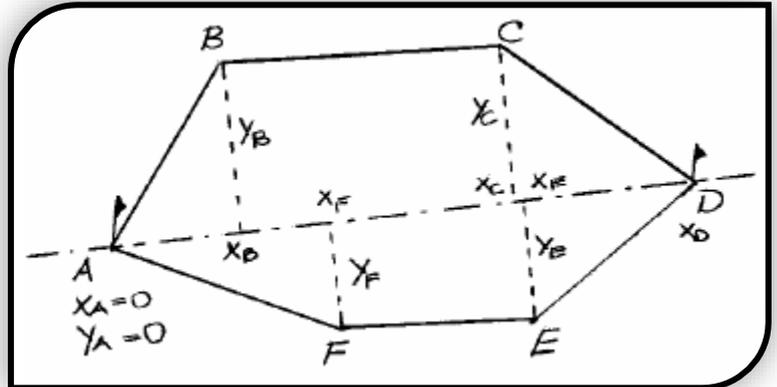


Figura 3.22: Levantamiento por perpendicular a un solo eje

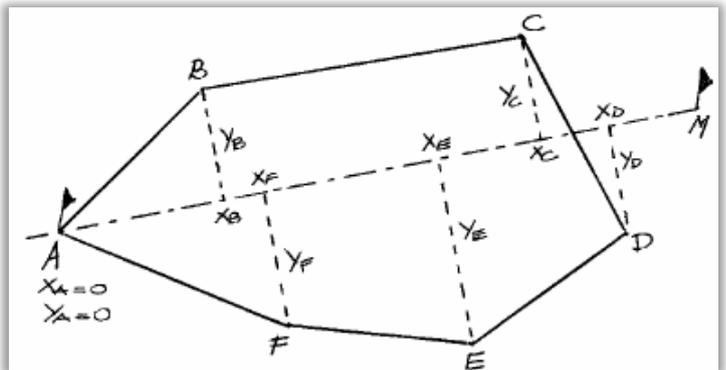


Figura 3.23: Levantamiento por perpendicular a un solo eje

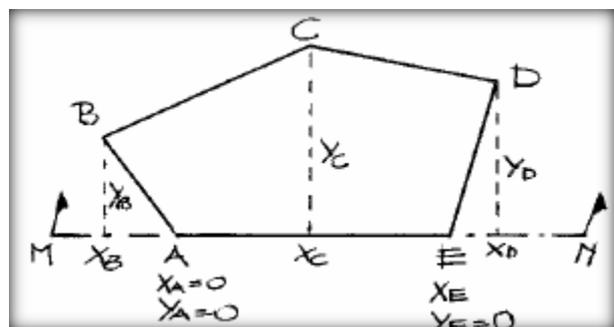


Figura 3.24: Levantamiento por perpendicular a un solo eje

Como se aprecia en la figura 3.25, todos los detalles interesantes del terreno a representar son proyectados ortogonalmente a una línea base, como la MN o la CD de las siguientes figuras:

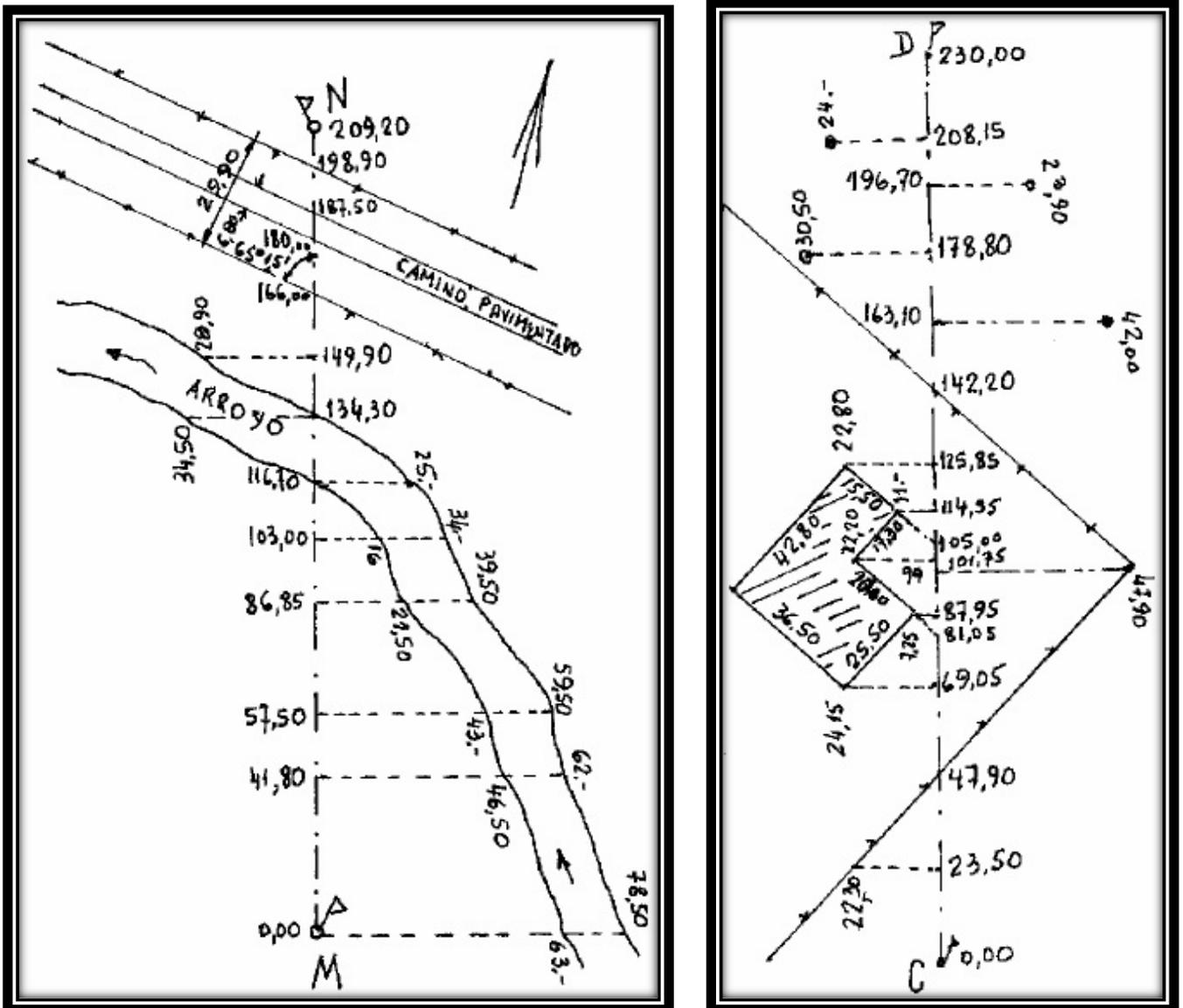


Figura 3.25: Levantamiento por perpendicular a un solo eje

b) Por perpendiculares a varios ejes

Cuando no es posible establecer un solo eje de abscisas sobre el cual proyectar los vértices, se trazan dos alineaciones como las de la figura 3.26, sobre las que se bajan las normales.

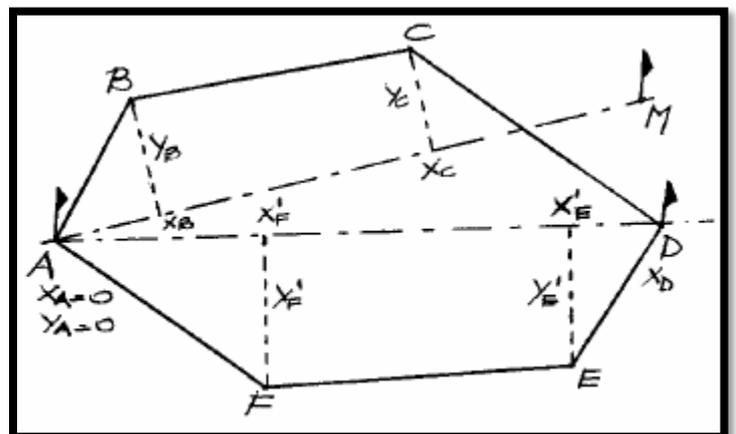


Figura 3.26: Levantamiento por perpendicular a varios ejes

c) Por normales a dos ejes coordenados

Si el terreno es inaccesible en su interior y presenta también obstáculos en sus alrededores, pueden establecerse en terreno accesible dos ejes coordenados, determinados por las alineaciones OX y OY (Figura 3.27), a los cuales se refieren los vértices por abscisas y ordenadas. Dichos ejes pueden ser normales entre sí o formando un ángulo conocido o determinable entre sí, por ejemplo, de 45° .

Crítica a los procedimientos a), b) y c)

Ventajas

- Se emplean instrumentos sencillos, de fácil manejo.
- Se trata de un método rápido.
- Un error cometido en la abscisa u ordenada de uno de los vértices no afecta a los demás.
- Pueden salvarse obstáculos en el terreno mediante la elección apropiada de los ejes.

Inconvenientes

- A pesar de la libertad de elección de los ejes, si los obstáculos son muchos o de grandes dimensiones no es posible aplicar el procedimiento.
- Con sólo las medidas de abscisas y ordenadas no se tiene el control del trabajo de campaña. Para lograr control deberían efectuarse mediciones adicionales, como las longitudes de los lados.
- El trabajo de gabinete es muy laborioso cuando se necesita el cálculo de los ángulos internos del polígono.
- Falta de precisión en ordenadas y abscisas, pues las escuadras ópticas no permiten trazar ángulos de 90° muy exactos en el terreno.

Después de realizar alguno de estos tres procedimientos, el trabajo de gabinete puede incluir el cálculo de los ángulos interiores del polígono. Se lo efectúa a través del cálculo funciones trigonométricas según los lados conocidos de los triángulos rectángulos que forman abscisas y ordenadas y las diferencias entre éstas, y aplicando propiedades tales como la de la suma de ángulos interiores de un polígono.

d) Por rodeo o por poligonales cerradas

Cuando el polígono presenta obstáculos en su interior, pero su contorno es accesible (Figura 3.28) puede emplearse este método.

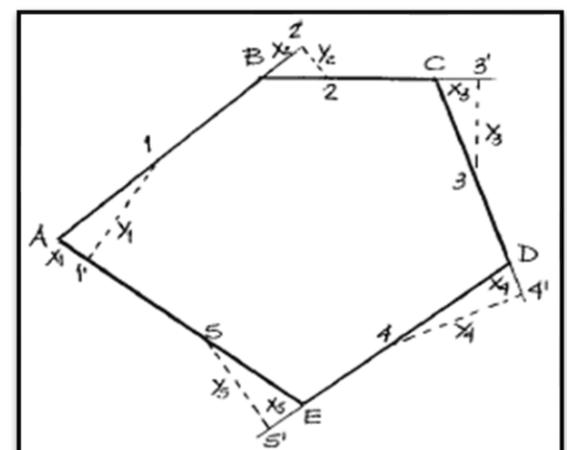
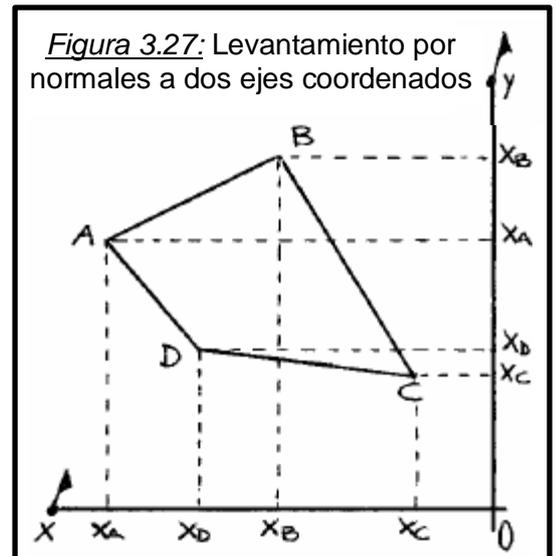
Consiste en:

1. Medir los lados del perímetro del polígono.
2. Por un punto de cada lado, de acuerdo a la figura, bajar la perpendicular al lado anterior o a su prolongación, de acuerdo a que el ángulo sea agudo u obtuso, respectivamente.
3. Se miden las abscisas y ordenadas desde el vértice inicial de cada lado, tomando como eje referente la prolongación del lado anterior.

Los datos que se obtienen permiten calcular los ángulos interiores del polígono sin mayores complicaciones.

Ventajas

- Pocos y simples aparatos (escuadras, cintas y jalones).
- Pocas mediciones.
- No exige el interior del polígono libre de obstáculos.
- Cálculos de gabinete sencillos para hallar la medida de los ángulos interiores.



- Conocida la medida de los ángulos interiores del polígono puede hacerse un control del trabajo de campaña, que no debe superar la tolerancia que corresponda al levantamiento.

Inconvenientes

- No puede obtenerse mucha exactitud, debido a que los puntos 1, 2, . . ., del perímetro se encuentran generalmente sobre alambrados, muros o lugares semejantes, por lo que puede haber imperfecciones en la alineación.

- Falta de precisión en las mediciones, debido a que las escuadras ópticas no son instrumentos muy precisos.

e) Por poligonales abiertas

El procedimiento es igual al empleado en el método d), aunque suma la importante desventaja de la ausencia de control de cierre angular. (Figura 3.29)

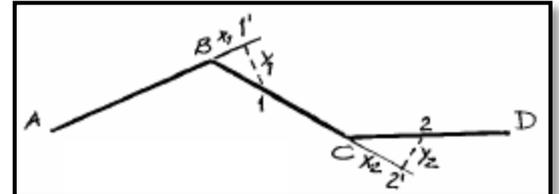


Figura 3.29: Levantamiento por poligonales abiertas

Levantamiento de terrenos con escuadra y cinta: Contornos irregulares

Como ocurre algunas veces, el contorno del terreno es irregular (figura 3.30), como ocurre con ríos, caminos sinuosos, riberas de lagunas, lagos etc. Para estos casos se inscribe en él un polígono $A_1A_2A_3A_4$ que se levanta por cualquiera de los métodos anteriores. A los lados de este polígono se refieren los puntos importantes de la curva por normales que se bajan a los lados.

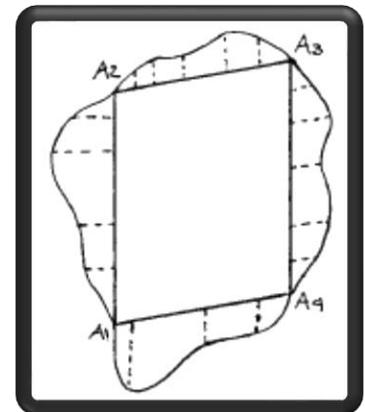


Figura 3.30: Levantamiento con contornos irregulares

Ejemplo: para relevar el campo de la imagen que posee un límite irregular (en este caso un río) se generó una poligonal interior sobre el terreno como se muestra en la figura 3.31.

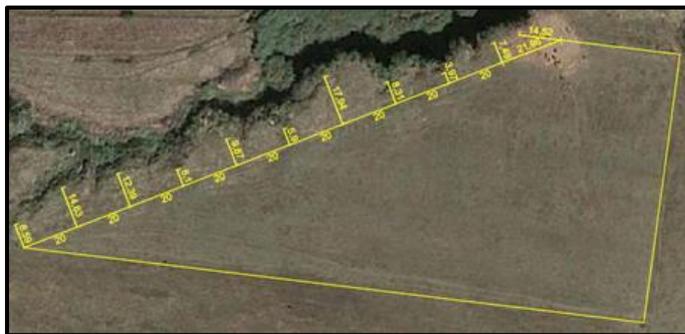


Figura 3.31: Ejemplo de contorno irregular

Luego se efectuó el levantamiento de la zona irregular. Para esto se realizaron mediciones sobre un lado de la poligonal de 20 m (en este caso) y perpendicularmente se tomó la distancia hasta el río (figura 3.32).

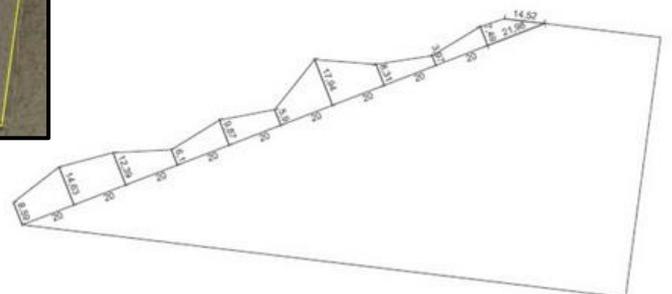


Figura 3.32: Levantamiento de contorno irregular

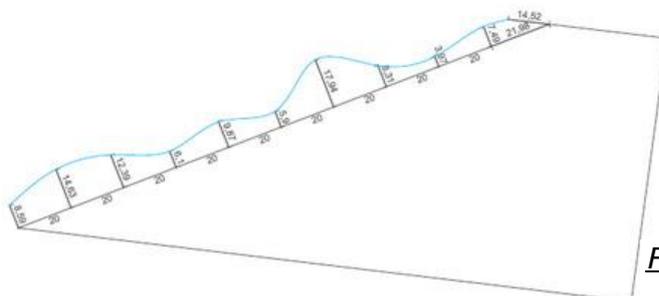


Figura 3.33: Representación del contorno irregular

Por último, se ubicó la poligonal en el software y se generó el río relevado mediante la unificación de los puntos medidos (figura 3.33).

Replanteos con cinta, fichas y jalones, replanteos de cimientos de una obra civil, planos de replanteo de obras sencillas y de obras de gran envergadura, armado de caballetes.

El replanteo se refiere a la ubicación y medida de todos los elementos que se detallan en los planos durante el proceso de la edificación, es decir, es la operación que tiene como objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en el plano que integra la documentación técnica de la obra.

Replanteo de una edificación

Trabajos de gabinete:

1) Se debe estudiar el plano de replanteo de la obra. En el mismo se ubican los cimientos y las bases que se deben ubicar en la obra.

2) Se ubican dos líneas que pueden denominarse con números, letras o números romanos y servirán de referencia para ubicar cualquier estructura de la obra como se muestra en la figura 3.34.

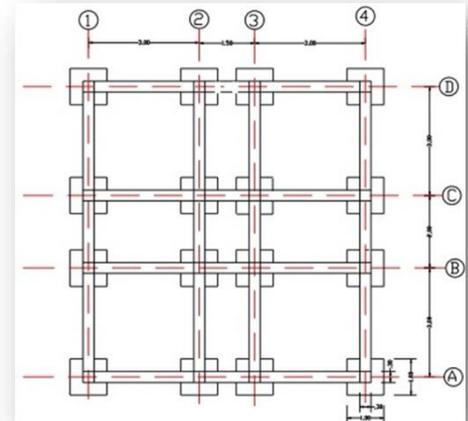


Figura 3.34: Ejes de replanteo

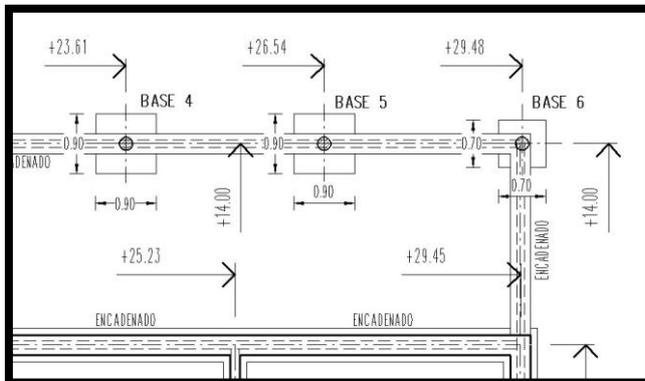


Figura 3.35: Cotas para replanteo

En todo proyecto existen como mínimo dos ejes de replanteo denominados "ejes principales de obra" y están ubicados ortogonalmente entre sí. Si la obra posee una gran extensión, generalmente se colocan "ejes auxiliares" que son paralelos a los principales. Esto últimos siempre tienen que tener su posición referida a los primeros.

3) Se realizan en el plano de replanteo las cotas parciales o totales desde el eje principal a cada eje secundario planteado como lo muestra la figura 3.35.

Trabajos de campo:

4) Se marca con una estaca o un mojón los vértices principales del terreno como por ejemplo el vértice de intersección de algunos ejes planteados o los vértices exteriores de la casa figura 3.36.

5) Se construyen caballetes dependiendo de los cimientos a replantear. Generalmente son de madera y de aproximadamente 60 cm de ancho por 30 cm sobre el terreno figura 3.37.

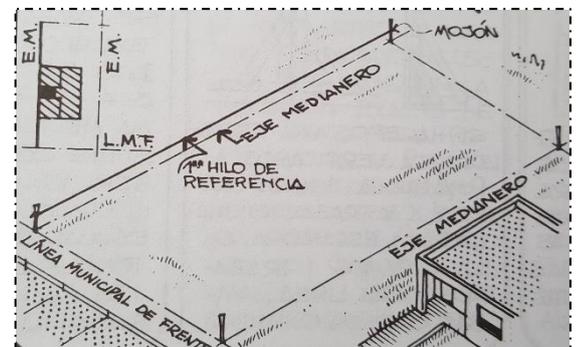


Figura 3.36: Mojones en los vértices

6) Se ubican los caballetes en el exterior del eje de la construcción, aproximadamente a 1 m de los mismos como se muestra en la figura 3.38 y se los nivelan con un nivel de manguera a un punto de referencia. Sobre los caballetes se coloca un hilo de manera de replantear los ejes y ubicar en la intersección de los hilos los mojones colocados en el paso 4.

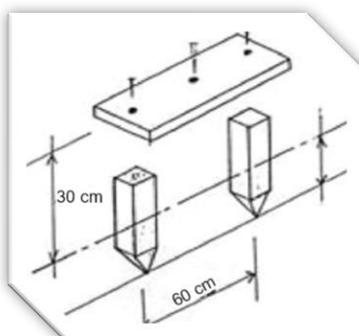


Figura 3.37: Armado de caballetes

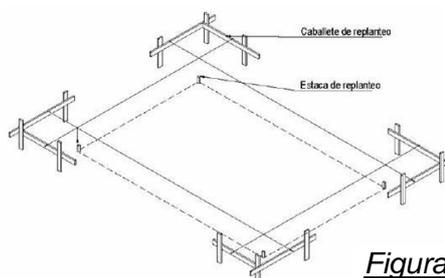
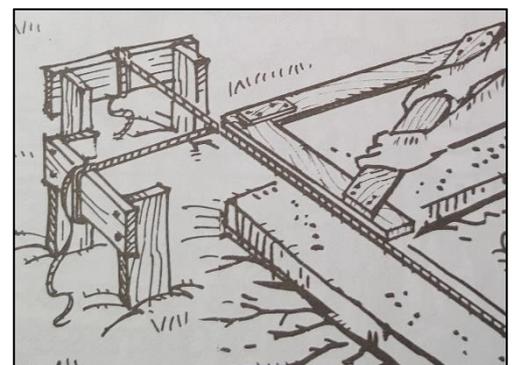


Figura 3.38: Colocación de caballetes e hilo



7) Se ubican los ejes secundarios partiendo desde los ejes principales y se colocan caballetes en los lugares correspondientes para realizar una correcta cimentación (figura 3.39).

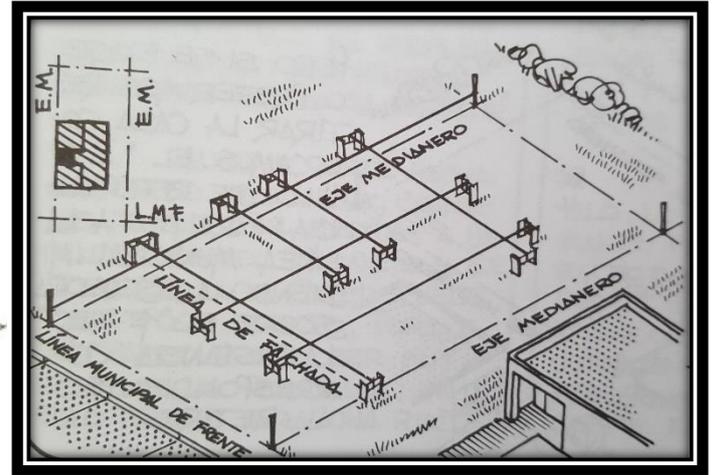
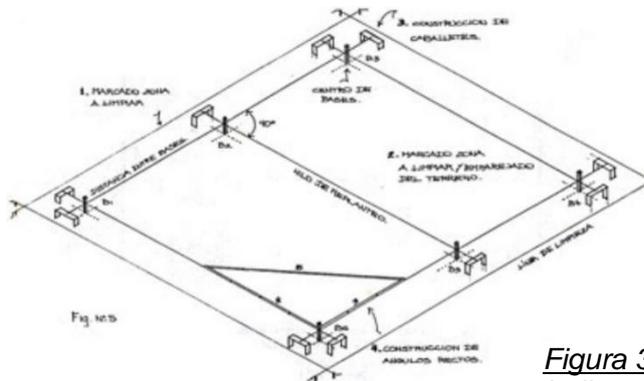


Figura 3.39: Colocación de caballetes en ejes secundarios

8) En cada caballete se marca el espesor de la excavación mediante otros dos hilos para poder construir entre estos la pared deseada como lo muestra la figura 3.40.

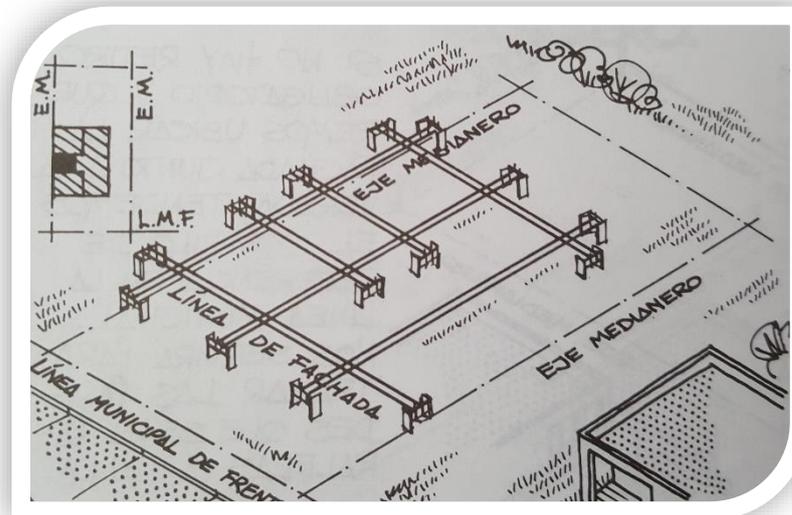


Figura 3.40: Colocación de hilos de pared

Replanteo de obras de gran envergadura

En obras de gran tamaño el replanteo se puede realizar por sectores para eliminar errores. Además, en estas obras se pueden ubicar ejes principales con un ángulo entre los mismos, es decir, sin ser necesariamente ortogonales (figura 3.41) como así también ubicar puntos mediante coordenadas (figura 3.42) por la gran densidad de datos que se desean replantear como también para una mayor precisión de los mismos. Generalmente, este trabajo en obras grandes se hace con instrumental especializado como por ejemplo con Estación Total o GPS en caso de obras de extensiones considerables.

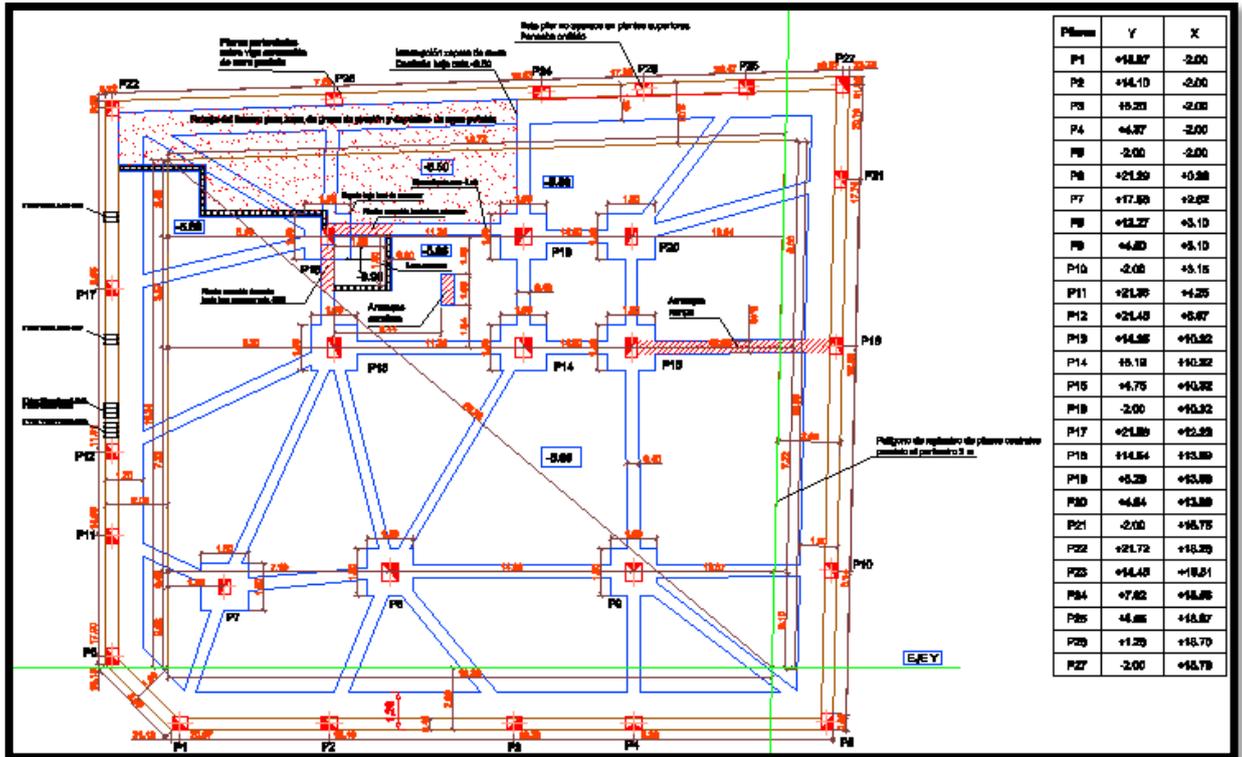


Figura 3.41: Replanteo por coordenadas

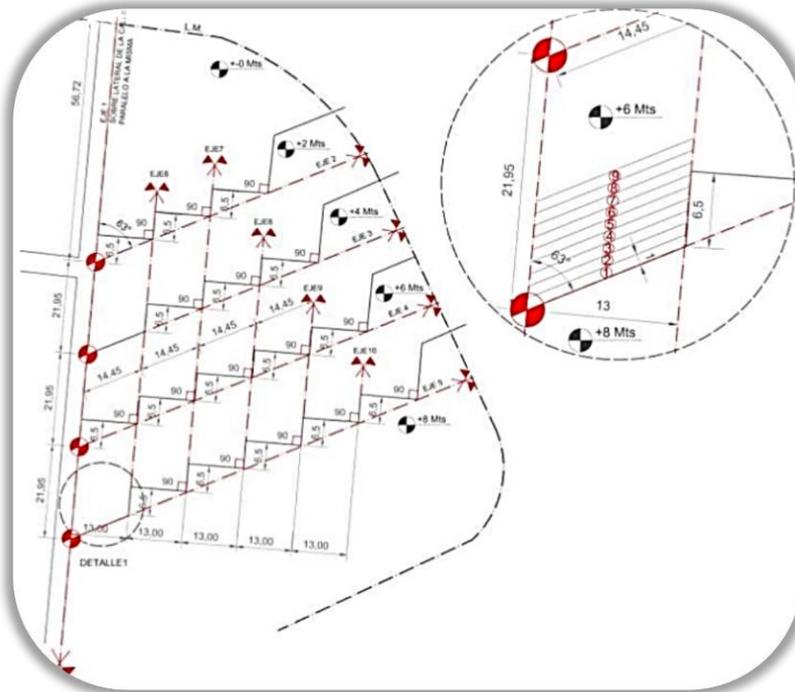


Figura 3.42: Replanteo mediante ejes inclinados

Amojonamiento y balizamiento de puntos fijos.

Punto topográfico

Un punto topográfico es la intersección de una señal material (jalón, mojón, estaca) con la superficie del terreno (punto material).

Entiéndase por punto topográfico, en las mediciones horizontales, siempre su proyección sobre el plano horizontal, haciéndose abstracción de la distancia vertical que pueda separarlo del mencionado plano; lomas, valles u otros accidentes no existen para la representación planimétrica de un punto topográfico.

Superficie topográfica

Es la superficie física de un terreno proyectada sobre un plano horizontal. La determinación de la posición relativa de los puntos de la superficie topográfica es el principal objeto de los trabajos de levantamientos planimétricos. El punto topográfico puede ser natural (arista de una casa, un molino, un pararrayos, etc.) o marcado a propósito para los fines del levantamiento (estaca, poste, mojón, cruz hachada en el centro de una piedra); para hacerlo visible a distancia, se lo sustituye por su vertical, por ejemplo, el eje de un jalón, caño, arista de casa o semejante.

Alineaciones topográficas

Se llama línea topográfica (o alineación), figura 3.43, a la línea que pasa por dos puntos topográficos determinando un plano vertical. Esta línea puede ser recta, curva o quebrada. Es recta cuando en toda su extensión se mantiene en el mismo plano vertical; es curva cuando en el terreno existe un desnivel o pendiente y es quebrada cuando en el terreno hay obstáculos.

Una alineación se determina por la sucesión de dos o más puntos, todos en el mismo plano vertical.

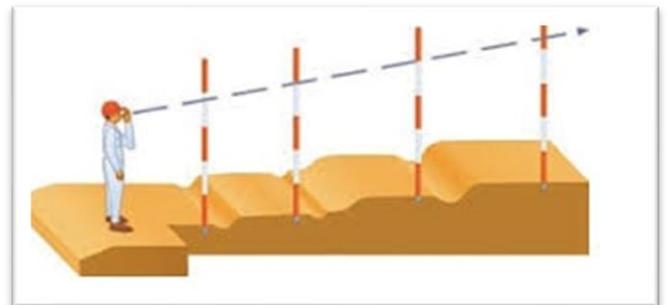
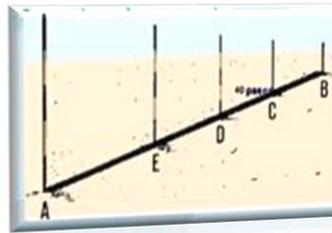
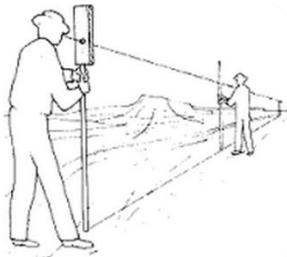


Figura 3.43: Alineación topográfica

Balizamiento de puntos topográficos

El balizamiento de un punto topográfico (figura 3.44) es el conjunto de medidas que permiten ubicar dicho punto topográfico rápidamente, o reconstruirlo en forma inmediata en el caso de que haya sido destruido. También se lo denomina *monografía del punto topográfico*.

En estos casos se toman referencias de puntos lo más fijos posible, como construcciones, o bien, en el caso de puntos importantes, a partir de las poblaciones más cercanas.

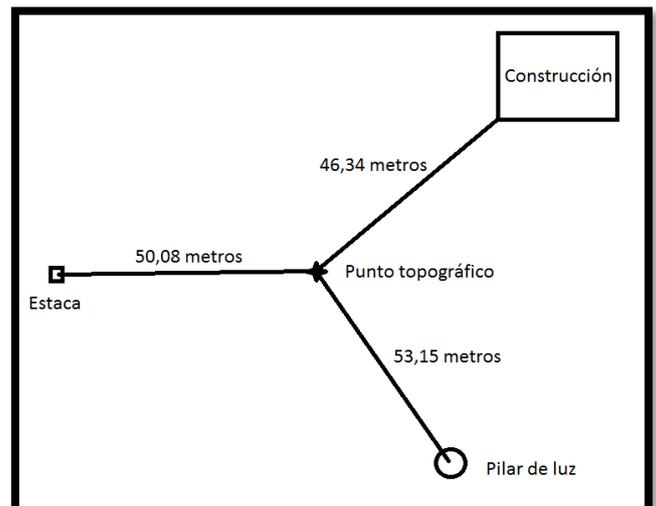


Figura 4.44: Balizamiento de un punto

Señalización y amojonamiento de puntos

En geometría se considera al punto como un ente abstracto sin dimensiones; en cambio, en topografía es considerado como algo real material, o sea, un objeto físico que se materializa en alguna forma en el terreno. Se marca por medio de mojones, estacas, jalones u otro tipo de señales, según la duración que le deseemos dar a esa marcación.

Levantar un punto significa ejecutar las operaciones necesarias (mediciones, cálculos) para su representación y ubicación en el plano.

La representación de un punto puede ya existir antes de que nos traslademos al terreno para medirlo, por ejemplo, un pararrayos, una chimenea, la arista de una casa, el eje de un tanque o un molino, llamándose por eso, puntos topográficos naturales.

Generalmente los puntos topográficos son marcados a propósito para los fines del levantamiento, por ejemplo, por estacas, piedras marcadas, mojones o jalones. Se llaman puntos topográficos artificiales.

Los distintos tipos de señales tienen que ver en muchos casos con la duración que quiera darse a la marcación y se dividen en:

- **Permanentes:** (Figura 3.45) De duración indefinida, en general de hormigón con placas metálicas. (mojones).

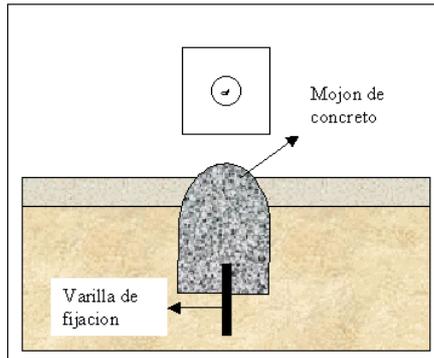


Figura 3.45: Señales permanentes

- **Semipermanentes:** (Figura 3.46) Destinadas a durar meses o algunos años; suelen enterrarse para evitar la remoción. (estacas).

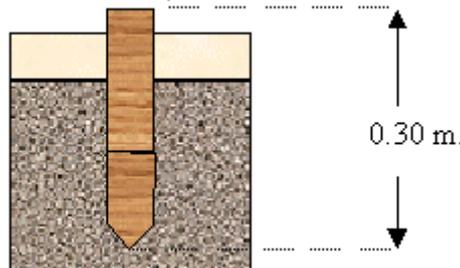


Figura 3.46: Señales semipermanentes

- **Temporarias:** (Figura 3.47) Permanecen unas horas, o a lo sumo días, y luego son retiradas. (Fichas y jalones).

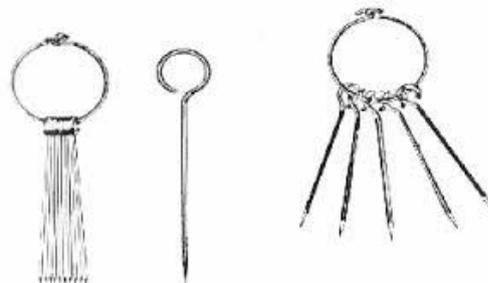


Figura 3.47: Señales temporarias

