

UNL

Universidad Nacional del Litoral

Escuela Industrial Superior

Construcciones

EIS

Topografía

UNIDADES DE MEDIDA - ESCALA



Unidad 2

UNIDAD TEMÁTICA N°2

Unidades de medida - Escalas

Objetivos: Que el alumno sea capaz de comprender las diferentes unidades de medidas que se utilizan en topografía, la vinculación entre ellas, los elementos necesarios para su medición y las ventajas y desventajas que posee cada uno de ellos. Además, deberá ser capaz de manejar los diferentes tipos de escala y poder comprender la simbología, los elementos básicos y la utilización de diferentes tipos de planos en la práctica.

Contenidos:

Unidades de longitud y unidades agrarias.
Concepto de escala, escalas gráficas y numéricas.
Límite de percepción visual. Error gráfico.
Planos, cartas y mapas.
Símbolos convencionales. Manejo e interpretación de cartas topográficas, determinación de coordenadas planas y geográficas.
Elementos sencillos de topografía – usos.

Trabajos Prácticos: Se realizará un trabajo práctico en donde el alumno se familiarice con los elementos sencillos de medición de topografía y aprenda los métodos rudimentarios de mediciones topográficas.

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/topografiagrual/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-topograf3ada-plana-leonardo-casanova-m.pdf> o <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lnova/>.

Unidades de longitud y unidades agrarias: Tecnicoagricola “*Medidas agrarias y de superficie antiguas usadas en España*”. En página Web: <http://www.tecnicoagricola.es/medidas-agrarias-y-de-superficie-antiguas-usadas-en-espana/> o Jorge Franco Rey (1999), “*Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía*” Universidad de Extremadura Servicio. En página web: http://www.alfatopografia.com/manuales/Nociones_de_Topografia.pdf.

Concepto de escala, escalas gráficas y numéricas. Línea de investigación: Tecnologías y Procedimientos Constructivos “*Topografía en los proyectos de Construcción – Capítulo 1: Topografía y sus ciencias afines*” Facultad de Ingeniería / Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile. En página web: <http://es.slideshare.net/CamiloAGuerreroBarri/cap1-topografa-y-ciencias-afines>.

Límite de percepción visual. Error gráfico: Jorge Franco Rey (1999), “*Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía*” Universidad de Extremadura Servicio. En página web: http://www.alfatopografia.com/manuales/Nociones_de_Topografia.pdf.

Planos cartas y mapas: Servicio de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Santa Fe - Universidad Nacional del Litoral (2004) “*Norma cartográfica de la Provincia de Santa Fe*” Convenio SCIT – UNL. En página web: <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/12160/61241/version/3/file/Norma+Cartogr%C3%A1fica++Provincia+de+Santa+Fe.pdf>.

Símbolos convencionales. Manejo e interpretación de cartas topográficas, determinación de coordenadas planas y geográficas: “*Determinación de las coordenadas de un punto en la Carta Topográfica*”. En página web: http://cartomap.cl/escuela_militar/Determinaci%C3%B3n%20de%20coordenadas%20en%20la%20carta%20topogr%C3%A1fica.pdf o Servicio de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Santa Fe - Universidad Nacional del Litoral (2004) “*Norma cartográfica de la Provincia de Santa Fe*” Convenio SCIT – UNL. En página web:

<https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/12160/61241/version/3/file/Norma+Cartogr%C3%A1fica+-+Provincia+de+Santa+Fe.pdf>.

Elementos sencillos de topografía – usos: Páginas web:
<http://www.slideshare.net/karlamargotRMz/equipos-topograficos> o
<http://www.lettraherido.com/170401ac.htm>.

Índice

Unidades de longitud y unidades agrarias.....	4
Unidades de medida	4
Unidades de superficie.....	4
Unidades agrarias	4
Concepto de escala, escalas gráficas y numéricas.	6
Definición de escala	6
Escalas numéricas	7
Escalas gráficas.....	7
Límite de percepción visual. Error gráfico.....	9
Planos, cartas topográficas y mapas.....	10
Planos.....	10
Cartas Topográficas.....	10
Mapas.....	10
Símbolos convencionales. Manejo e interpretación de cartas topográficas, determinación de coordenadas planas y geográficas.	12
Elementos de una carta topografica	12
Simbología.....	12
Cálculos de coordenadas y acimuts en una carta.	14
Elementos sencillos de topografía – usos.....	17
Cinta de agrimensor	17
Jalones	17
Fichas.....	17
Trípode	17
Plomada metálica.....	18
Brújula	18
Ecuadras.....	18
Miras de nivelación	19
Barómetros	20
Niveles.....	21
Distanciómetros	25
Teodolitos	25
Estación Total	25
GPS.....	25

Unidades de longitud y unidades agrarias.

Unidades de medida

Las unidades de medida utilizadas en topografía se dividen según lo que se esté calculando. Entre ellas se encuentran medidas para la dirección, la longitud, el área y el volumen. Las mismas son las utilizadas por el Sistema Internacional de Unidades (SI), su nombre se debe a que se ha adoptado extensamente en la mayoría de los países.

La **dirección** se utiliza para medir una desviación o un ángulo entre dos direcciones. Su unidad depende del sistema de medida empleado, ya sea sexagesimal, centesimal, analítico o sexadecimal (Ver apunte n°1: Conocimientos generales de la tierra y su forma)

$$\frac{\alpha^{\circ}}{360} = \frac{\alpha^g}{400} = \frac{\alpha^A}{2\pi}$$

La **longitud** se expresa en metros definido (después de la Conferencia Internacional de Pesos y Medidas celebrada en París en 1889) como la longitud a 0°C del prototipo internacional de platino e iridio que se conserva en Sèvres (Francia).

Esta definición se mantuvo hasta la Conferencia General de Pesos y Medidas celebrada en la misma ciudad en 1960, en donde se definió al metro como 1.650.763,73 veces la longitud de onda en el vacío de radiación anaranjada del criptón 86.

El 20 de octubre de 1983 el metro fue redefinido en función de la velocidad de la luz ($c=299.792,792$ m/s) como la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299.792.458$ de segundo.

Algunas subdivisiones del metro (m) son el milímetro (mm), el centímetro (cm) y el decímetro (dm). Un metro es igual a 1000 mm, 100 cm y 10 dm. Además, un kilómetro (km) es igual a 1000 m, un hectómetro (hm) son 100 m y un decámetro (dam) son 10 m.

EQUIVALENCIA MEDIDAS DE LONGITUD	
1 km. (Kilometro)	1.000 m.
1 m. (metro)	10 dm.
1 dm. (decimetro)	10 cm.
1 cm. (centimetro)	10 mm. (milímetro)

Figura 2.1: Equivalencia de medidas de longitud

Las **áreas** se utilizan para medir la extensión de una figura, es decir, la superficie que ocupa

Unidades de superficie

Según el Sistema Internacional de Unidades la unidad principal es el metro cuadrado, que es la superficie que ocupa un cuadrado cuyo lado es un metro.

Los múltiplos del metro cuadrado son: el decámetro cuadrado, que equivale a 100 metros cuadrados; el hectómetro cuadrado, equivalente a 10.000 metros cuadrados y el kilómetro cuadrado, que tiene 100 hectómetros cuadrados o 1.000.000 de metros cuadrados.

Son submúltiplos del metro cuadrado: el decímetro cuadrado, que tiene 100 centímetros cuadrados o la centésima parte del metro cuadrado; el centímetro cuadrado, que tiene 100 milímetros cuadrados o la diezmilésima parte del metro cuadrado, y el milímetro cuadrado, que es la millonésima parte del metro cuadrado.

Unidades agrarias

Según las medidas realizadas antiguamente en España se llaman medidas agrarias las medidas de superficie para medir los campos. Su unidad principal es el área o decámetro cuadrado que tiene 100 metros cuadrados.

El área tiene un múltiplo, que es la hectárea, que equivale a 100 áreas. 1 hectómetro cuadrado o 10.000 metros cuadrados.

El submúltiplo del área es la centiárea, que es la centésima parte del área o un metro cuadrado.

EQUIVALENCIA MEDIDAS DE ÁREA	
1 Km ²	1.000.000 m ²
1 Hectárea	10.000 m ²
1 Área	100 m ²
1 Centiárea	1 m ²
1 m ² . (metro cuadrado)	100 dm ² .
1 dm ² (decímetro cuadrado)	100 cm ² .
1 cm ² . (centímetro cuadrado)	100 mm ² . (milímetro cuadrado)

Figura 2.2: Equivalencia de medidas de área

Para la medición de **volúmenes** se utiliza el metro cúbico (m³). Los múltiplos y submúltiplos son los que se muestran en la figura 2.3:

Unidad de medida	Abreviación	Equivalencia en m ³
kilómetro cúbico	km ³	1 000 000 000 m ³
hectómetro cúbico	hm ³	1 000 000m ³
decámetro cúbico	dam ³	1 000 m ³
metro cúbico	m ³	1 m ³
decímetro cúbico	dm ³	0.001 m ³
centímetro cúbico	cm ³	0.000001 m ³
milímetro cúbico	mm ³	0.000000001 m ³

Figura 2.3: Equivalencia de medidas de volumen

Ejercicios prácticos resueltos:

- 1) Expresar en centiáreas: **5 hm² 24 dam² 60 dm² 72 cm²**
 $= 50\,000\text{ m}^2 + 2\,400\text{ m}^2 + 0,60\text{ m}^2 + 0,0072\text{ m}^2 =$
 $= 52400,6072\text{ m}^2 = \mathbf{52400,6072\text{ ca}}$
- 0.00351 km² + 4 700 cm² =**
 $= 3510\text{ m}^2 + 0,47\text{ m}^2 = 3510,47\text{ m}^2 = \mathbf{3510,47\text{ ca}}$
- 0,058 hm² – 3,321 m² =**
 $= 580\text{ m}^2 – 3,321\text{ m}^2 = 576.679\text{ m}^2 = \mathbf{576.679\text{ ca}}$

2) Pasar a hectáreas:

$$211943\text{ a}$$

$$211943:100 = \mathbf{2\,119.43\text{ ha}}$$

$$356500\text{ m}^2$$

$$356500:10\,000 = 35.65\text{ hm}^2 = \mathbf{35.65\text{ ha}}$$

$$0,425\text{ km}^2$$

$$0,425 \cdot 100 = 42.5\text{ hm}^2 = \mathbf{42.5\text{ ha}}$$

$$8\text{ km}^2\ 31\text{ hm}^2\ 50\text{ dam}^2$$

$$8 \cdot 100 + 31 + 50:100 = 731,5\text{ hm}^2 = \mathbf{831.5\text{ ha}}$$

$$91\text{ m}^2\ 33\text{ dm}^2\ 10\text{ cm}^2 =$$

$$91:10\,000 + 33:1\,000\,000 + 10:100.000.000 =$$

$$0,00913310\text{ hm}^2 = \mathbf{0,00913310\text{ ha}}$$

Concepto de escala, escalas gráficas y numéricas.

Definición de escala

Todo plano, carta o mapa, debe ser de dimensiones menores a la de la superficie del terreno que representan, por lo cual habrán de dibujarse de modo que la figura sea semejante. Así, cualquier magnitud medida en el plano y la homóloga del terreno, tendrán una relación de semejanza, denominada **escala**.

Si llamamos:

E = escala

d = distancia en el dibujo (plano, carta, etc.)

D = distancia en el terreno

$$\text{Escala} = \frac{\text{Distancia en el plano}}{\text{Distancia en el terreno}} \qquad E = \frac{d}{D} = \frac{1}{D/d} = \frac{1}{M}$$

Donde M es el módulo o denominador de la escala y es adimensional.

Casos en dónde se utiliza la escala

Los problemas más frecuentes que se presentan en el uso de escalas son:

a) Dada la escala y la distancia en el terreno, hallar la distancia homóloga en el dibujo. Este es el problema más frecuente que se le presenta al dibujante de un plano o carta, de acuerdo a los datos tomados en el terreno.

Datos: 1/M; D

Incógnita: d

De la igualdad: $\frac{d}{D} = \frac{1}{M}$ podemos hallar que $d = \frac{D}{M}$

Por lo tanto, para pasar del terreno al dibujo, se divide por el denominador de la escala.

Ejemplo:

Datos: 1/M=1/2000; D=250 metros.

$$d = D / M = 250\text{m} / 2000 = 25000\text{cm} / 2000 = 12,5\text{cm}$$

b) Dada la escala y la distancia en el dibujo, hallar la distancia homóloga en el terreno. Este es el problema que más frecuentemente se le presenta al usuario del plano o carta.

Datos: 1/M; d.

Incógnita: D

De la igualdad: $\frac{d}{D} = \frac{1}{M}$ podemos hallar que $D = d \cdot M$

Entonces, para pasar del dibujo al terreno se debe multiplicar por el denominador de la escala.

Ejemplo:

Datos: 1/M=1/2500; d= 10cm

Incógnita: D

$$D = 10\text{cm} \cdot 2500 = 25000\text{cm} = 250\text{m}$$

c) Dadas las distancias en el terreno y su homóloga en el plano, hallar la escala. Este problema se presenta cuando se quiere determinar la escala omitida en el plano o bien cuando se conocen las dimensiones en el terreno y las dimensiones de la hoja de papel de dibujo.

Datos: D; d

Incógnita: E = 1 / M

De la igualdad: $\frac{d}{D} = \frac{1}{M}$ podemos hallar que $M = \frac{D}{d}$ entonces $E = \frac{1}{M}$

Es decir que para hallar la escala primero se halla el denominador de la misma dividiendo la distancia en el terreno por la homóloga en el dibujo y luego se toma su inversa.

Ejemplo:

Datos: D = 2000 m y d = 4 cm

$$M = 2000\text{m} / 4\text{cm} = 2000\text{m} / 0,04\text{cm} = 50000 \Rightarrow E = 1/50000.$$

Tipos de escalas: Las escalas pueden dividirse en numéricas o gráficas.

Escalas numéricas

Son aquellas escalas que se presentan de manera fraccionaria. Las mismas pueden presentarse de diferentes maneras como: 1/1000, 1:1000 o $\frac{1}{1000}$

Las mismas indican que una unidad en el dibujo equivalente a 1000 unidades en el terreno. En otras palabras, indicamos con ello que el dibujo es 1000 veces más pequeño que el terreno.

Escalas gráficas

Las escalas gráficas son la relación entre una representación gráfica y una unidad mediante un segmento de dimensiones fijas (generalmente una línea o rectángulo dibujado en el plano). Muestra la relación existente entre la representación y la realidad y las mismas se dividen en: ordinarias y de transversales.

- **Escala gráfica ordinaria:**

Es un segmento de recta dividido en partes iguales, cada una indicando la magnitud equivalente en el terreno (Figura 2.4). A la izquierda del cero se representa un segmento igual a una parte (talón de la escala), dividido generalmente en diez partes iguales.

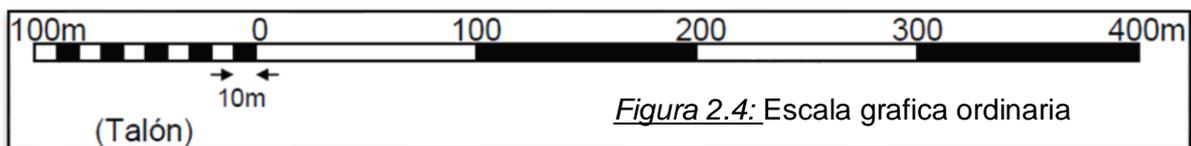


Figura 2.4: Escala grafica ordinaria

Para construir una escala gráfica se procede de la siguiente manera:

Supongamos (Figura 2.4) que se desea construir una escala gráfica correspondiente a la escala numérica 1 / 4000.

La longitud representativa de 100 m será: $d = \frac{100m}{4000} = \frac{10000cm}{4000} = 2,5cm$

Entonces se dibuja una semirrecta a partir de cero y se miden 2,5 cm anotándose 100m y se repite hacia la derecha esa misma distancia de 2,5cm acotándose 200m, 300m, 400m, etc. Desde el cero hacia la izquierda también se acota 100m y se divide en diez partes, cada una de las cuales señala, por consiguiente, 10m. Esto se denomina talón de la escala.

Con la escala gráfica ordinaria se pueden resolver los siguientes problemas:

- Hallar la magnitud en el dibujo homóloga a una del terreno, que se conoce.
- Hallar la magnitud en el terreno de una homóloga del dibujo, conocida.

En el caso de la Figura 2.4 se tiene la precisión de 10m y, por estima, a ojo, se aprecia la fracción de 10 m.

- **Escala gráfica de transversales:**

Está compuesta por 11 escalas gráficas ordinarias que se unen con rectas las divisiones de los talones de las dos extremas del modo indicado en la figura 2.5. Con ella, se puede medir con exactitud hasta los metros y se puede estimar a ojo, las fracciones de 1m.

Con esta escala se resuelven los mismos problemas que con la ordinaria, pero con mayor precisión, pues se puede medir con exactitud hasta la centésima parte de cada división de la escala.

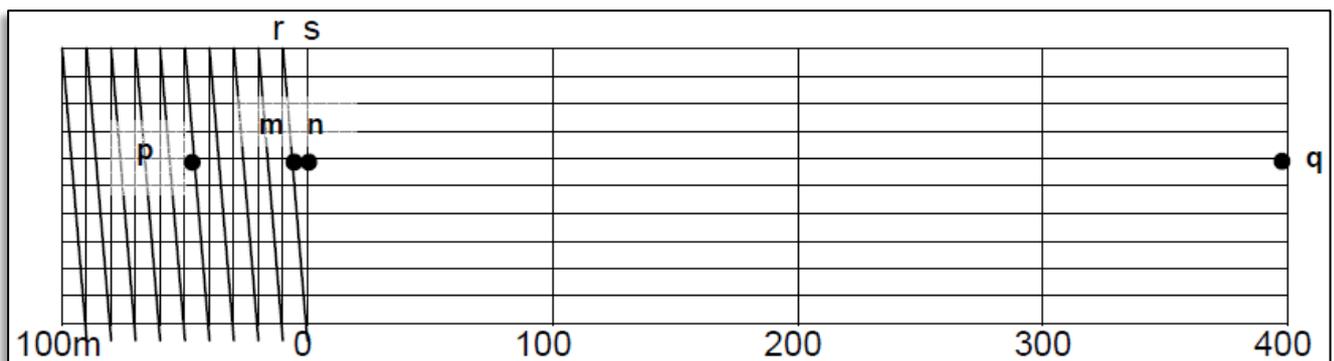


Figura 2.5: Escala grafica transversal

Supongamos que en el plano, carta o mapa se desea saber la distancia en el terreno correspondiente a la homóloga pq del dibujo:

$$pq = pm + mn + nq = 40m + mn + 400m$$

Para calcular mn, por semejanza de triángulos:

$$m\hat{n}o \cong r\hat{s}o \text{ entonces } \frac{mn}{n0} = \frac{rs}{s0}$$

Despejando y reemplazando:

$$\frac{rs \cdot n0}{s0} = \frac{10m \cdot 6}{10} = 6m$$

Finalmente: $pq = 40m + 6m + 400m = 446m$

En forma análoga se resuelve el problema inverso, es decir, hallar la longitud en el dibujo conociendo la escala gráfica y la longitud en el terreno.

Nota: La escala gráfica tiene la ventaja sobre la numérica que, cuando el plano, carta o mapa en que está dibujada, se amplía o reduce, sigue teniendo validez, mientras que la numérica cambia.

Límite de percepción visual. Error gráfico.

Se llama **límite de percepción visual** (o error gráfico, o poder separativo de la vista) a la mínima distancia a la que se ven separados dos puntos o dos rectas paralelas. Una larga serie de experiencias determinaron que ese valor es de 0,2 mm (algunos autores toman 0,1 mm y otros 0,3 mm). Para ser más precisos la vista humana pudo percibir sobre el papel magnitudes de hasta un cuarto de milímetro con un error en dicha percepción menor o igual a un quinto de milímetro.

Por lo tanto, en un levantamiento que se dibujará en escala 1/M, todos los detalles del terreno iguales o menores al producto 0,2mm x M, no tendrán representación en el plano.

Por ejemplo, si el plano se dibuja en escala 1:2000, todos los objetos iguales o menores que 0,2 mm x 2000 = 400 mm = 0,40 m no podrán ser representados en escala en el plano. Además se debe notar que si en la medición de una distancia en el terreno se comete un error absoluto igual o menor que 0,2mm x M (en nuestro ejemplo 0,40 m), este error no será notado en el dibujo (siempre que esta distancia no sea acotada).

El producto de 0,2 mm por el denominador de la escala nos da, en todos los casos, la distancia en el terreno que NO tendrá representación en el plano, llamada *dimensión cero*.

Supongamos, por ejemplo, que se efectuara el levantamiento en el terreno (Figura 2.6) de una construcción, ubicándola con respecto a la alineación AB.

En el trabajo de campaña se medirán las abscisas y ordenadas de los puntos 1, 2, 3, 4 y 5, referidas a la alineación AB, y además las medidas del perímetro. Supongamos también que el plano del levantamiento se dibujará en escala 1:1000 como se realiza en muchos proyectos de ingeniería. El error gráfico en el plano será de 0,2 mm x 1000 = 200 mm = 0,20 m. Si el dibujo del detalle no consigna las medidas, no tiene sentido práctico medir en el terreno con una exactitud mayor de 0,20 m, pues no se percibiría esta magnitud en el dibujo, para este ejemplo.

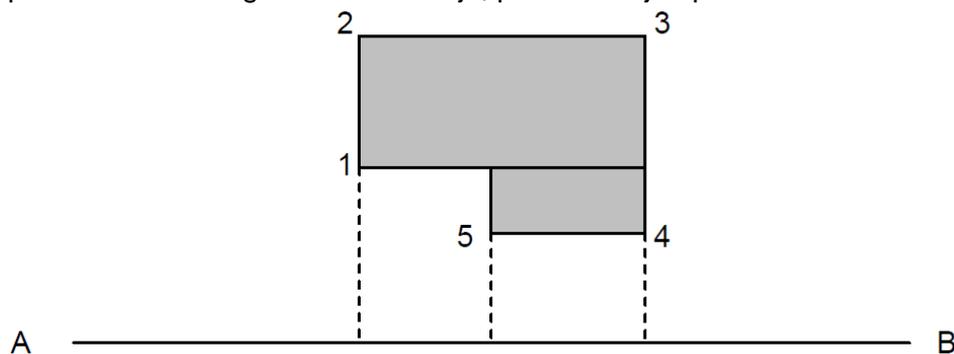


Figura 2.6: Levantamiento de construcción

Planos, cartas topográficas y mapas.

En los planos topográficos en general, rara vez se utilizan escalas menores de 1:10.000, siendo frecuentes para obras de ingeniería las de 1:1000; 1:2000; 1:2500; 1:5000 y para los planos de detalle 1:50; 1:100; 1:200 y 1:500.

En cada caso deberá elegirse la escala pensando en los detalles más pequeños que se desea que aparezcan, de acuerdo con fin que se persiga, de modo que en el dibujo se aprecien con suficiente tamaño para que pueda estimarse su magnitud. Para ello debe tenerse en cuenta el límite de percepción visual, ya definido anteriormente.

Planos

Un **plano** (figura 2.7) es la representación gráfica del terreno dentro de los límites de la Topografía y que, por lo tanto, no exige hacer uso de las proyecciones cartográficas. Su escala, según la Norma Cartográfica de la Provincia de Santa Fe, es mayor o igual de 1:2.500 y al ser superficies reducidas se pueden representar una construcción, el aula de una escuela, el patio de la misma o hasta incluso una fracción de una ciudad. Además, puede mostrar sólo la Planimetría, o también la Altimetría. Los planos topográficos dan a conocer el terreno con todos sus detalles (naturales y artificiales) y, con signos convencionales, aquellos detalles que por su tamaño no podrían ser representados en escala.

De acuerdo a lo que se busque representar o al tipo de levantamiento que se ha efectuado en el terreno, los planos pueden ser:



Cartas Topográficas

Las **cartas topográficas** (figura 2.8) es la representación gráfica del terreno en una extensión tal que excede los límites de la Topografía y que, debido a la importancia del error entre tomar el plano y la superficie curva, es necesario hacer uso de sistemas especiales de representación, llamados *proyecciones cartográficas*.

Las cartas representan la planimetría y altimetría del terreno, esta última mediante sistemas convencionales como curvas de nivel, trazos de pendiente, sombreado plástico y capas hipsobatimétricas. Las curvas de nivel son líneas continuas que indican puntos que unen igual altura sobre el nivel del mar. Tienen una altísima precisión y en ellas se pueden identificar ríos y arroyos, sendas de la montaña, vegetación y esporádicos edificios, caminos principales y secundarios, cables de luz, teléfono, etc.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) es el encargado de elaborar y publicar las cartas topográficas del territorio de la Argentina tanto de manera digital como en papel. Estas cartas son confeccionadas en escalas menores que 1:2.500 y mayores o iguales a 1:500.000 como por ejemplo en 1:50.000; 1:250.000; 1:100.000 y 1:500.000.

Mapas

Un **mapa** (figura 2.9) muestra una gran extensión o la totalidad de la superficie terrestre (planisferios). Su escala, según la Norma Cartográfica de la Provincia de Santa Fe, es menor de 1:500.000. También requiere el uso de *proyecciones cartográficas* como en las cartas topográficas que permiten representar en forma plana una superficie curva como la de la Tierra.

En Ingeniería, se hace uso muy intenso de planos y en algunas especialidades, como Recursos Hídricos, también de cartas topográficas.



Figura 2.7: Plano



Figura 2.8: Carta topográfica

Figura 2.9: Mapa

Símbolos convencionales. Manejo e interpretación de cartas topográficas, determinación de coordenadas planas y geográficas.

Elementos de una carta topográfica

- **Nombre de la carta**

El nombre de la carta se presenta en dos lugares, al centro de la hoja en su parte superior y en el costado derecho en su parte inferior.

El nombre de la carta se establece después del estudio de topónimos correspondiente al área de cubrimiento de la hoja; normalmente el nombre de la carta corresponde a la población de mayor relevancia del área cubierta por la hoja de cartografía.

- **Escala de la carta**

La escala de la carta se presenta en dos partes principalmente en la parte inferior derecha y en la parte superior central. Existen muchos tipos de escalas las cartas manejan principalmente la escala 1:50.000 debido a su comodidad.

- **Escala gráfica**

La escala gráfica de una carta es un elemento de igual importancia que cualquiera, se encuentra en la parte inferior central, junto con la escala en números además a estos dos elementos acompaña otro elemento llamado EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL.

- **Hojas adyacentes**

Este elemento se muestra en la parte derecha de la carta y se muestra como un pequeño mapa del país dividido en pequeños cuadrantes que nos dan la idea de cuáles son los otros mapas que rodean al mapa que está trabajando.

- **Declinación magnética**

Es un pequeño elemento que se encuentra en la parte derecha debajo de los planos adyacentes.

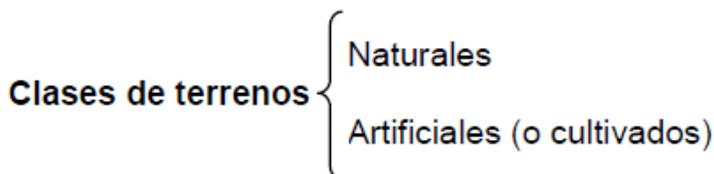
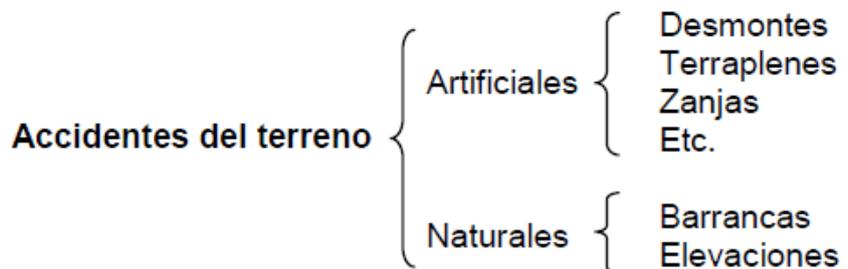
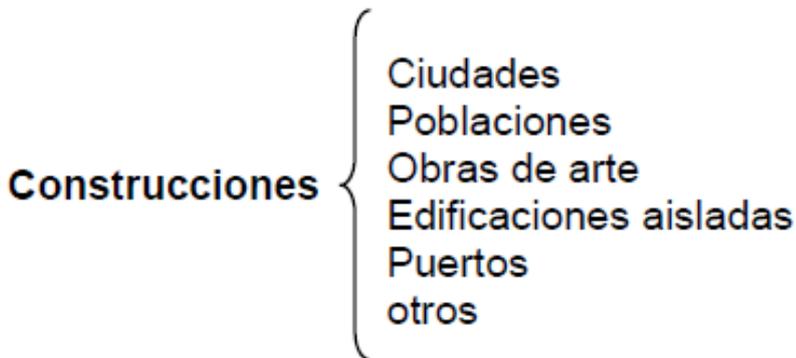
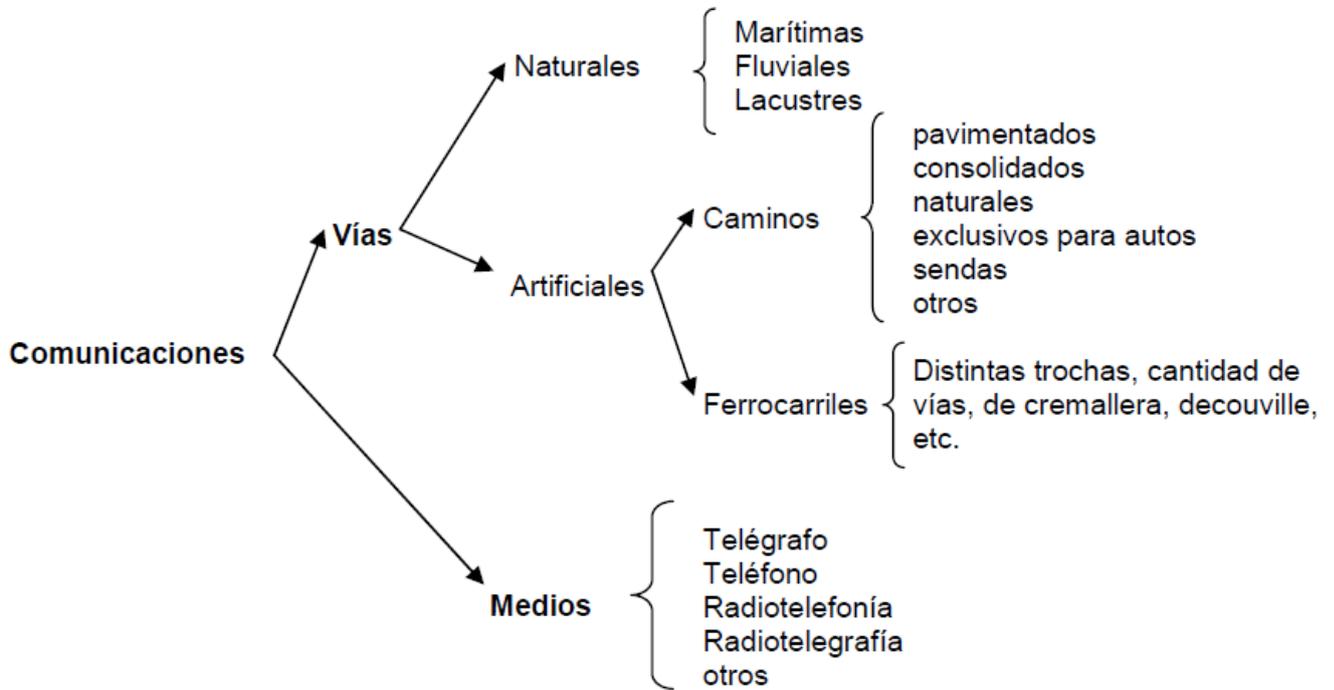
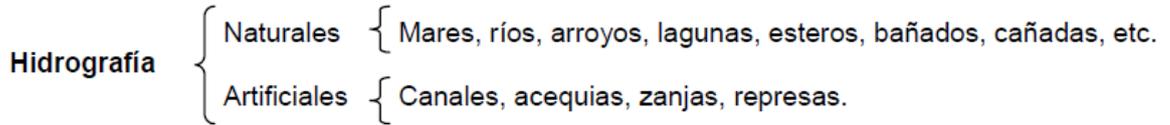
Simbología

Supongamos que se quiere representar en un plano o carta topográfica una casa aislada de 10 metros de lado. Si utilizamos una escala de 1:1000 se deberá dibujar un cuadrado de 1 cm de lado y si la escala es de 1:10000, de 1 mm de lado. Pero si se utiliza una escala de 1:50.000, la casa estaría representada por un cuadrado de 0,2 mm de lado, y aparecería según un punto, sin dimensión apreciable, por estar debajo del poder separativo de la vista. Entonces, si se decide que ese detalle (la casa), por ser importante, debe aparecer en el plano, habrá que hacerlo con un símbolo o signo convencional, que exagerará las dimensiones del detalle.

Podemos entonces definir los símbolos convencionales topográficos, diciendo que son los gráficos que se convienen representan detalles naturales y artificiales del terreno que, por su pequeñez, no podrían ser representados en sus verdaderas dimensiones si se observara fielmente la escala.

Los detalles que se representan con símbolos convencionales representan también la altimetría y planimetría del terreno.

A continuación, se hace un resumen de los detalles más usuales:



Cálculos de coordenadas y acimuts en una carta.

Para poder comprender mejor como realizar los cálculos de coordenadas y acimuts en una carta topográfica se utilizará en ejemplo que se muestra a continuación en la figura 2.10:

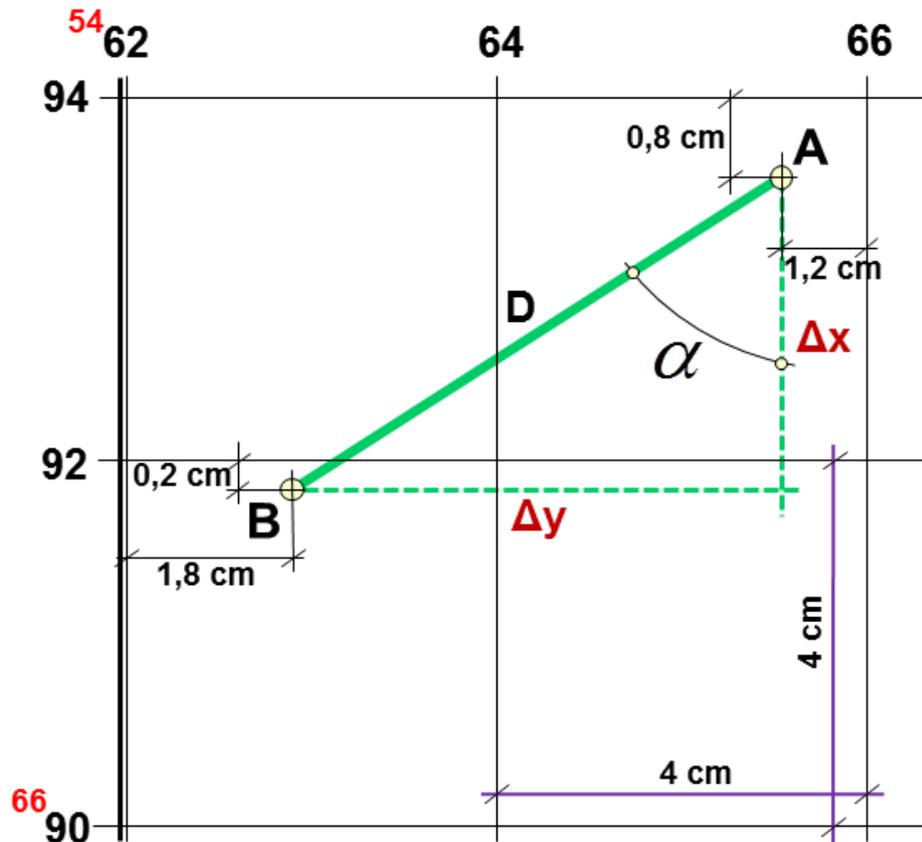
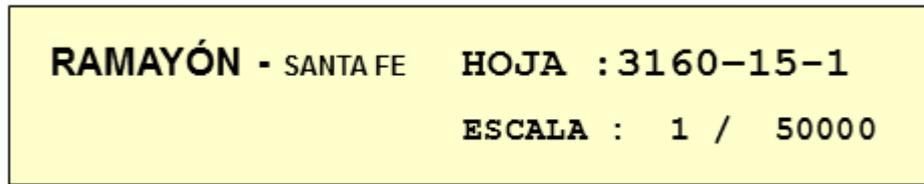


Figura 2.10: Datos de la carta topográfica

CÁLCULO ANALÍTICO DE DISTANCIA

1° Paso:

A: $x = 0,8 \text{ cm} \times 50000 = 40000 \text{ cm} = 0,4 \text{ km}$

A: $y = 1,2 \text{ cm} \times 50000 = 60000 \text{ cm} = 0,6 \text{ km}$

B: $x = 0,2 \text{ cm} \times 50000 = 10000 \text{ cm} = 0,1 \text{ km}$

B: $y = 1,8 \text{ cm} \times 50000 = 90000 \text{ cm} = 0,9 \text{ km}$

CÁLCULO ANALÍTICO DE DISTANCIA

2° Paso:

$y_A = 5466 \text{ km} - 0,60 \text{ km} = 5465,40 \text{ km}$

$y_B = 5462 \text{ km} + 0,90 \text{ km} = 5462,90 \text{ km}$

$x_A = 6694 \text{ km} - 0,40 \text{ km} = 6693,60 \text{ km}$

$x_B = 6692 \text{ km} - 0,10 \text{ km} = 6691,90 \text{ km}$

3° Paso:

$$\Delta y = y_A - y_B = 5465,40 \text{ km} - 5462,90 \text{ km} = 2,5 \text{ km}$$

$$\Delta x = x_A - x_B = 6693,60 \text{ km} - 6691,90 \text{ km} = 1,7 \text{ km}$$

4° Paso:

$$D = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(1,7)^2 \text{ km} + (2,5)^2 \text{ km}} = 3,02 \text{ km}$$

$$D = 3,02 \text{ km} = 6,04 \text{ cm}$$

CÁLCULO de AZIMUT A-B (M / G)

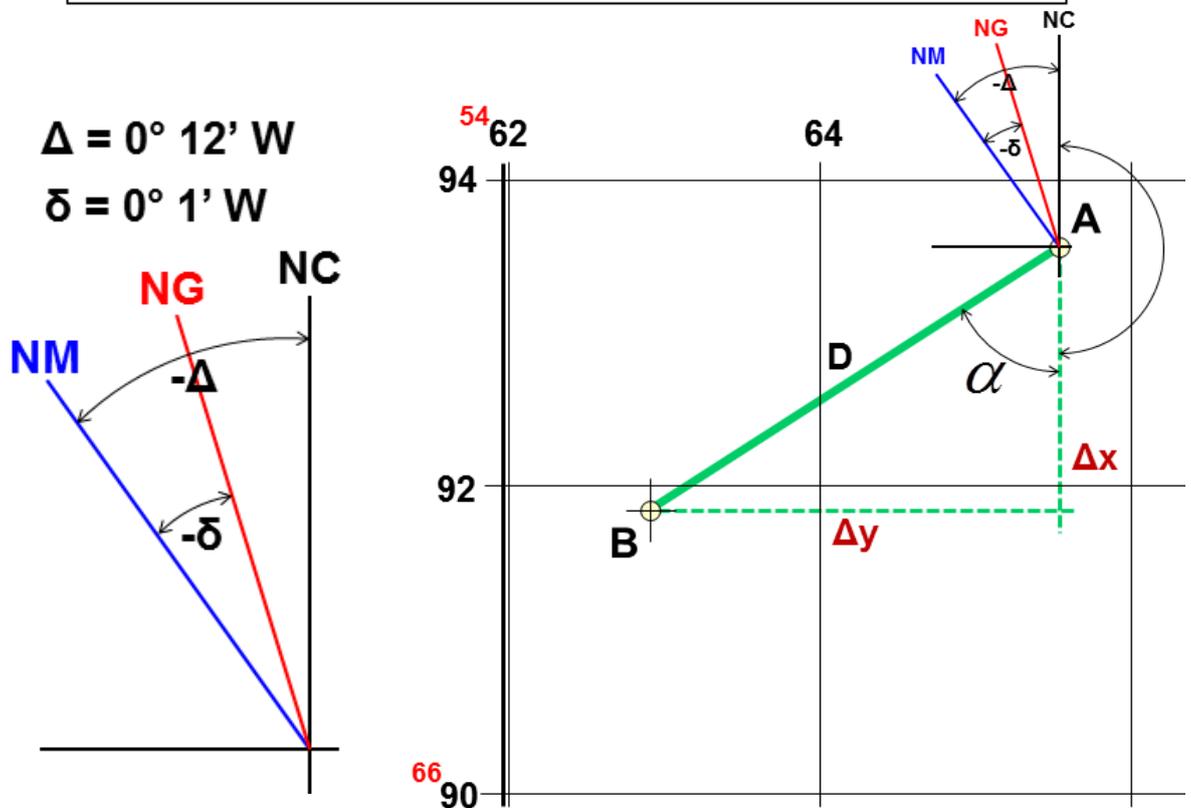


Figura 2.11: Norte magnético, geográfico y cartográfico

Figura 2.12: Acimut AB

5° Paso:

$$\text{tg } \alpha = \text{cat op} / \text{cat ady} = 2,5 / 1,7 = 1,47 = 55^\circ 47' 3,5''$$

6° Paso:

$$\text{AzC} = 180^\circ + \alpha = 180^\circ + 55^\circ 47' 3,5'' = 235^\circ 47' 3,5''$$

$$\text{AzM} = \text{AzC} + \Delta = 235^\circ 47' 3,5'' + 0^\circ 12' = 235^\circ 59' 3,5''$$

$$\text{AzG} = \text{AzM} - \delta = 235^\circ 59' 3,5'' - 0^\circ 1' = 235^\circ 58' 3,5''$$

CÁLCULO de AZIMUT B-A (M / G)

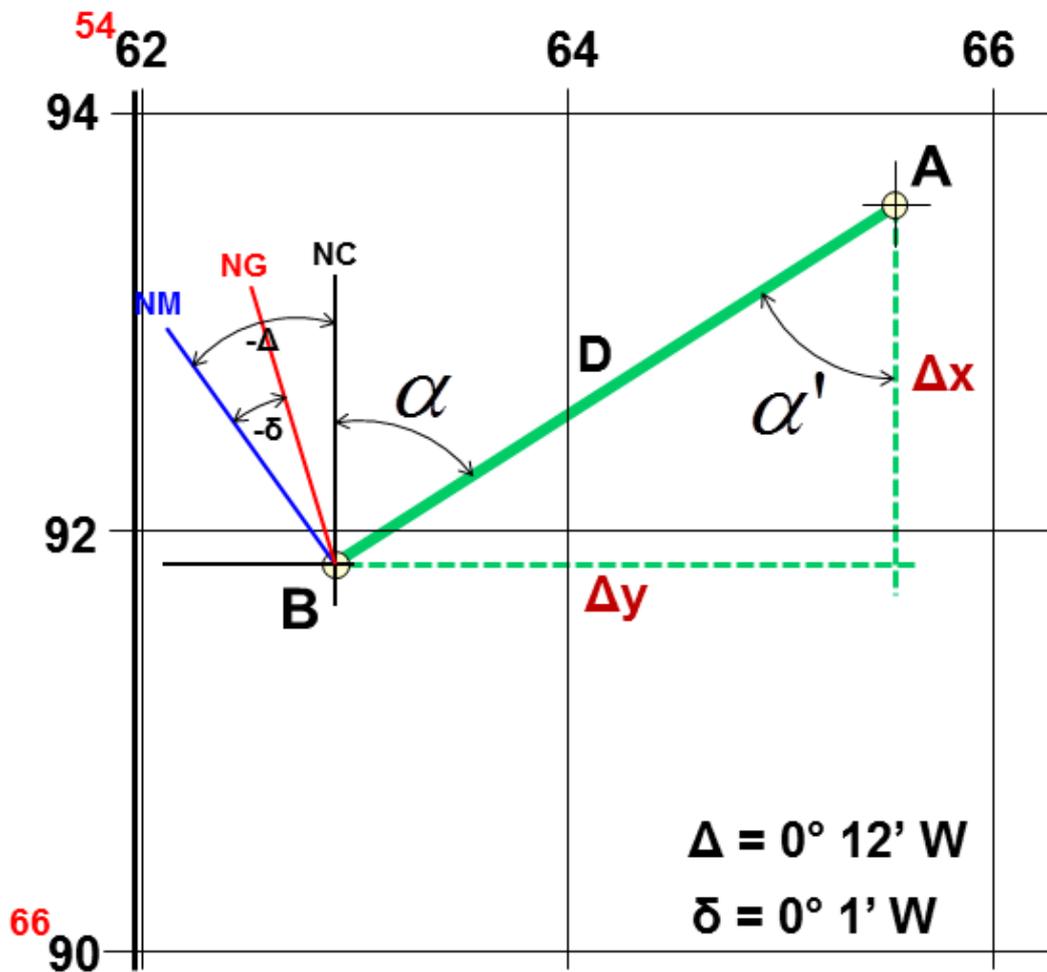


Figura 2.13: Acimut BA

5° Paso:

$$\operatorname{tg} \alpha = \text{cat op} / \text{cat ady} = 2,5 / 1,7 = 1,47 = 55^{\circ} 47' 3,5''$$

6° Paso:

$$\text{AzC} = \alpha = 55^{\circ} 47' 3,5''$$

$$\text{AzM} = \text{AzC} + \Delta = 55^{\circ} 47' 3,5'' + 0^{\circ} 12' = 55^{\circ} 59' 3,5''$$

$$\text{AzG} = \text{AzM} - \delta = 55^{\circ} 59' 3,5'' - 0^{\circ} 1' = 55^{\circ} 58' 3,5''$$

Elementos sencillos de topografía – usos.

Cinta de agrimensor

Medir una longitud consiste en determinar, por comparación, el número de veces que una unidad patrón es contenida en dicha longitud.

Una cinta métrica es la reproducción de una unidad patrón una cantidad determinada de veces (3, 5, 30, 50, 100). La unidad patrón utilizada en la mayoría de los países del mundo es el **metro**.

Las cintas métricas empleadas en trabajos topográficos (figuras 2.14 y 2.15) pueden ser de acero y deben ser resistentes a esfuerzos de tensión y a la corrosión. Existen cintas de 20, 25,

30, 50 y 100 m de longitud, siendo las más empleadas para mensuras y mediciones las de 25, 30, 50 y 100 m con un ancho de 10 mm a 25 mm y un espesor entre 0,4 y 0,5 mm. En las cintas de 50 y 100 m los dobles metros están marcados por chapitas de bronce de forma elíptica, numeradas por ambos lados, los metros impares por chapitas circulares un poco más pequeñas, sin numerar. Tienen en cada extremo una manija o estribo.



Figura 2.14: Cinta de agrimensor



El Electricista en Uruguay

Figura 2.14: Cinta de agrimensor

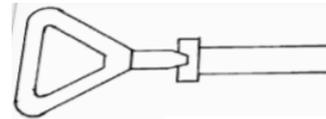


Figura 2.15: Manija

Jalones

Son tubos de madera o aluminio, con un diámetro de 2,5 cm y una longitud que varía de 2 a 3 m. Los jalones vienen pintados con franjas alternas rojas y blancas de unos 30 cm y en su parte final poseen una punta de acero.

El jalón se usa como instrumento auxiliar en la medida de distancias, localizando puntos y trazando alineaciones.

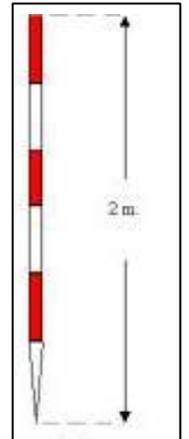
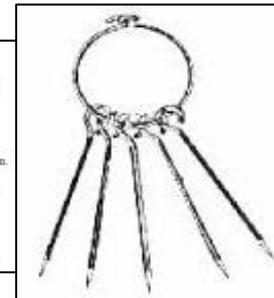
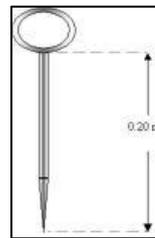


Figura 2.16: Fichas y jalones

Fichas

Son varillas de acero de 30 cm de longitud, con un diámetro $\varphi=1/4"$. Su parte superior termina en forma de anillo y su parte inferior en forma de punta.

Generalmente vienen en juegos de once fichas juntas en un anillo de acero para poder lograr un mejor transporte de las mismas.

Las fichas se usan en la medición de distancias para marcar las posiciones finales de la cinta y llevar el conteo del número de cintadas enteras que se han efectuado.

Trípode

El trípode (figura 2.17) es un instrumento que sirve para soportar un equipo de medición como un teodolito o un nivel, su manejo es sencillo, ya que consta de tres patas que pueden ser de madera o de aluminio, las que son regulables para así poder tener un mejor manejo al momento de subir o bajar las patas que se encuentran fijas en el terreno, en su extremo tienen una punta metálica de forma cónica y en su parte superior una articulación por donde se une a la cabeza.



Figura 2.17: Trípode

También existen trípodes de patas no ajustables pero no son recomendables, ya que, al ser ajustables es más fácil trabajar en terrenos escarpados y el tipo de patas de longitud fija puede ser ligeramente más rígido.

El plato del trípode consta de un tornillo el cual fija el equipo que se va a utilizar para hacer las mediciones.

Plomada metálica

Instrumento con forma de cono, construido generalmente en bronce, con un peso que varía entre 225 y 500 gramos, que al dejarse colgar libremente de la cuerda sigue la dirección de la vertical del lugar, por lo que con su auxilio podemos proyectar el punto de terreno sobre la cinta métrica.

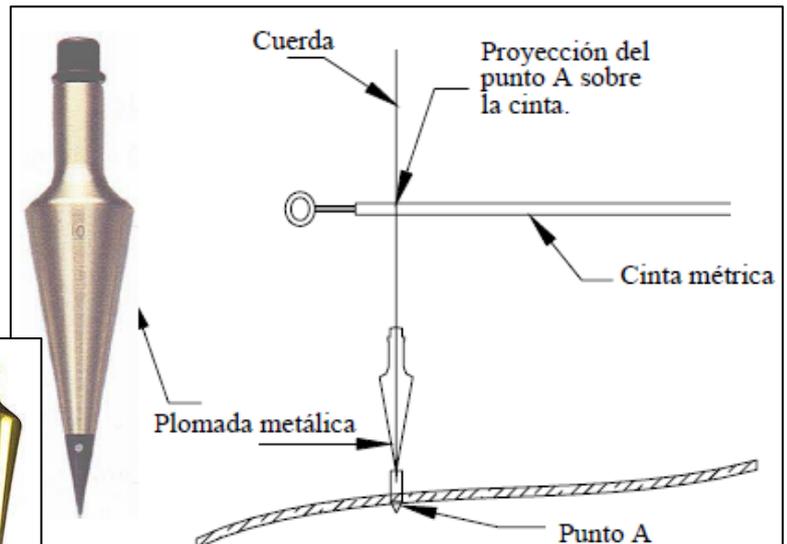
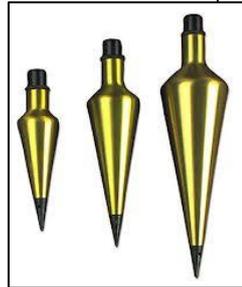


Figura 2.18: Plomada metálica

Brújula

La brújula (figura 2.19) es un instrumento que sirve de orientación, que tiene su fundamento en la propiedad de las agujas magnetizadas. Por medio de una aguja imantada señala el Norte magnético, que es ligeramente diferente para cada zona del planeta, y distinto del Norte geográfico. Utiliza como medio de funcionamiento el magnetismo terrestre.

El Campo magnético de la tierra ejerce una influencia y logra orientar la aguja en una dirección norte-sur, muy aproximada a la orientación geográfica, por esta razón se habla de un norte magnético y de un norte geográfico. Es imposible el uso de la brújula en las zonas polares norte y sur, debido a la convergencia de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre.

Como la aguja de la brújula responde a cualquier campo magnético, al usarla hay que cuidar que no esté cerca de objetos grandes de hierro u otro objeto metálico que afecte a la brújula.

La diferencia en grados entre el Norte Geográfico y el Norte Verdadero se llama declinación magnética y cambia según el lugar de la tierra y según el paso de los años.

La esfera de la brújula está mayormente dividida en 360 partes correspondientes a los grados sexagesimales de una circunferencia: 0° y 360° equivalen al norte, al Este 90°, al Sur 180° y al Oeste ("W" en algunas Brújulas) equivalen a 270°.

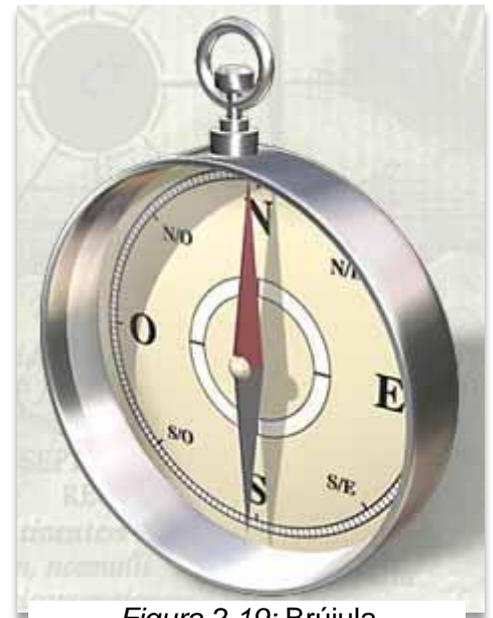


Figura 2.19: Brújula

Escuadras

Son instrumentos topográficos simples que se utilizan en levantamientos de poca precisión para el trazado de alineaciones y perpendiculares.

Escuadra de agrimensor o pínulas (figura 2.20), consta de un cilindro de bronce de unos 7 cm de alto por 7 cm de diámetro, con ranuras a 90° y 45° para el trazado de alineamientos con ángulos de 90° y 45° entre sí. El cilindro se apoya sobre un bastón de madera que termina en forma de punta.

Escuadra de espejos (figura 2.21), posee dos espejos planos formando un ángulo diedro $\alpha = 45^\circ$. Sobre los espejos se encuentra una ventana que permite ver detrás con visión directa.

Escuadras de refracción: Se dividen en escuadra de prisma simple y doble prisma

La *escuadra de prisma simple* (figura 2.22, izq.), está constituida por un prisma triangular cuyo ángulo de refracción es de 90°. Puede apoyarse sobre un bastón metálico o utilizarse con plomada.

La *escuadra de doble prisma* (figura 2.22, der.), consta de dos prismas pentagonales ajustados firmemente entre sí para asegurar visuales perpendiculares. Se utiliza para el trazado de perpendiculares a alineaciones definidas por dos puntos.

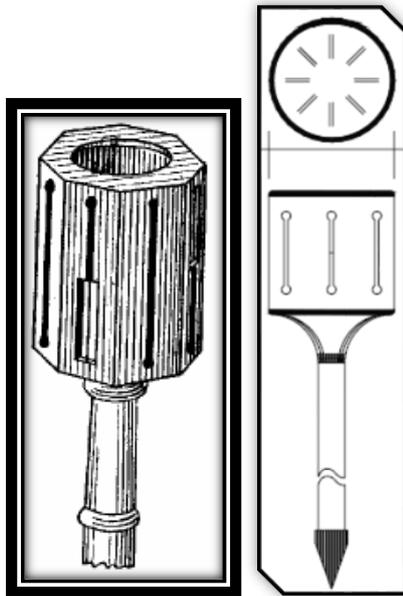
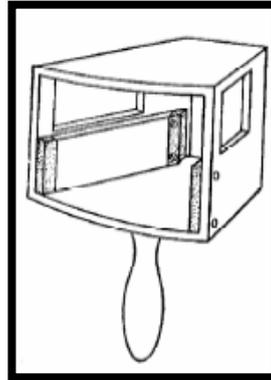


Figura 2.20: Escuadra de agrimensor

Figura 2.21: Escuadra de espejos



Prisma simple (izq.)



Doble prisma (der.)

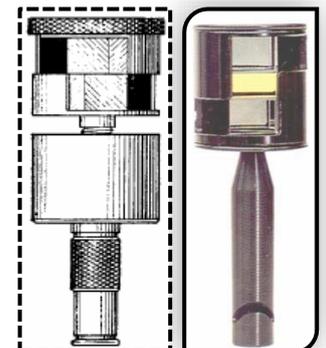


Figura 2.22: Escuadras de refracción

Comparación entre los distintos tipos de escuadras

Las escuadras de pínulas, aunque se encuentran prácticamente en desuso, pueden ser utilizadas en terrenos de fuerte pendiente, ya que permiten visuales inclinadas; las de espejos y prismas no.

Las imágenes que se obtienen en escuadras de prismas son mucho más luminosas y nítidas que con las de espejos.

Miras de nivelación

Son reglas graduadas en metros y decímetros, generalmente fabricadas de madera, metal o fibra de vidrio. Usualmente, para trabajos normales, vienen graduadas con precisión de 1 cm y apreciación de 1 mm. Comúnmente, se fabrican con longitud de 4 m divididas en 4 tramos plegables para facilidad de transporte y almacenamiento.



Figura 2.24: Miras

Existen también miras telescópicas de aluminio que facilitan el almacenamiento de las mismas.

A fin de evitar los errores instrumentales que se generan en los puntos de unión de las miras plegables y los errores por dilatación del material, se fabrican miras continuas de una sola pieza, con graduaciones sobre una cinta de material constituido por una aleación de acero y níquel, denominado INVAR por su bajo coeficiente de variación longitudinal, sujeta la cinta a un resorte de tensión que compensa las deformaciones por variación de la temperatura. Estas miras continuas se apoyan sobre un soporte metálico para evitar el deterioro por corrosión producido por el contacto con el terreno y evitar, también, el asentamiento de la mira en las operaciones de nivelación.

Las miras verticales se usan en el proceso de nivelación y en la determinación indirecta de distancias. Las miras deben ser verticalizadas con el auxilio de un nivel esférico generalmente sujeto en la parte posterior de la mira.

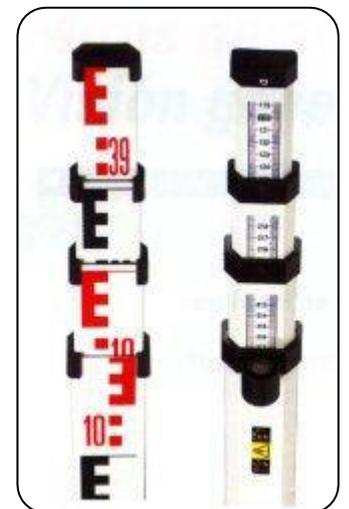


Figura 2.23: Mira nivelante

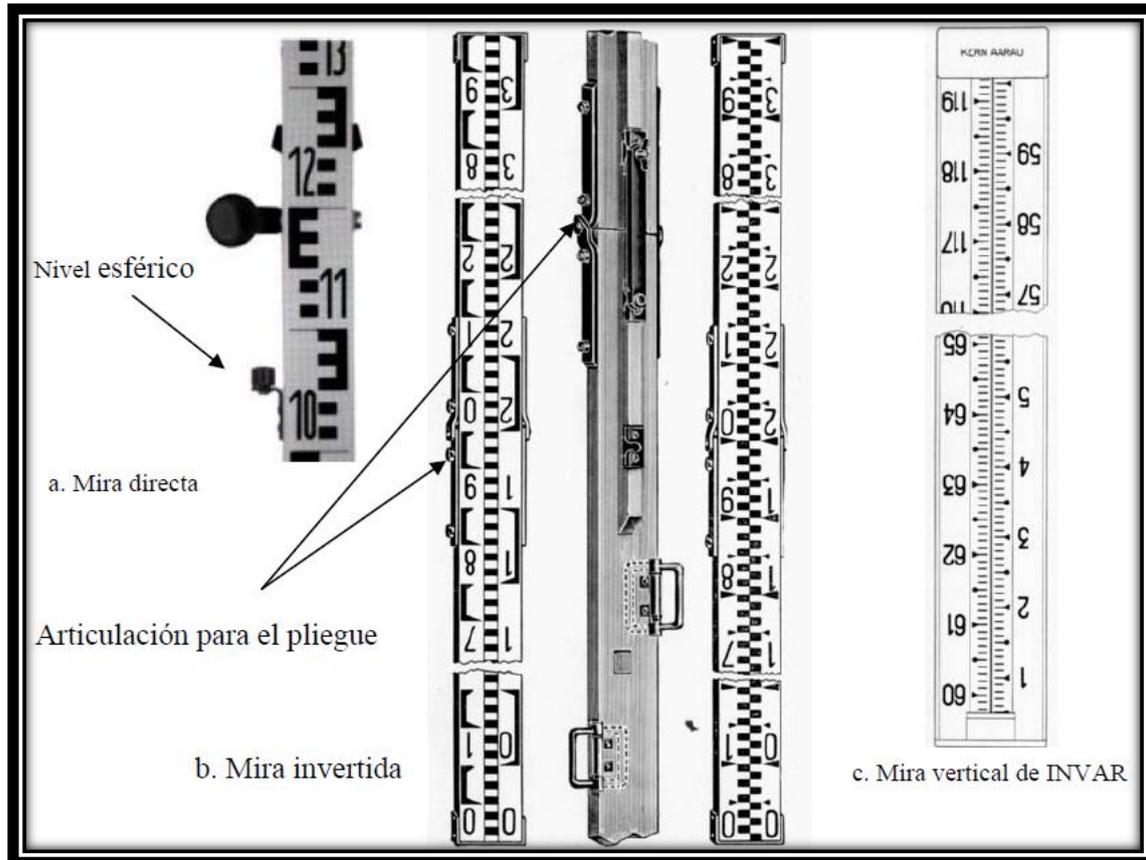


Figura 2.25: Mira directa - invertida - INVAR

Barómetros

Los instrumentos medidores de la presión atmosférica se clasifican en:

- Barómetro de Mercurio
- Termobarómetro o hipsómetro
- Barómetro metálico anerode.

Los barómetros de mercurio se utilizan para la determinación de las constantes en el gabinete y el hipsómetro para el contralor de los aneroides.

Según la construcción del equipo entre los barómetros metálicos anerode se distinguen dos tipos:

- Anerode Naudet o Bohne.
- Anerode Goldschmid.



Figura 2.26: Barómetro metálico anerode



Figura 2.27: Barómetro de mercurio

Niveles

En toda obra de construcción es necesario tomar niveles o medir desniveles, ya sea para una vivienda, un edificio o la apertura de una calle. Estos niveles se miden a través de elementos topográficos que permiten determinar la horizontalidad o verticalidad de un elemento: y entre los más utilizados en topografía son los siguientes:

- Nivel de antejo
- Nivel de mano
- Nivel laser
- Nivel de burbuja o de aire

Niveles de aire o de burbuja

Un nivel de aire o de burbuja consiste en una ampolla de vidrio llena casi totalmente con un líquido de escasa viscosidad (éter o alcohol), contenido en una armadura metálica protectora. La parte no ocupada por el líquido es una burbuja de aire mezclada con los vapores del líquido, que siempre tiende a ocupar la parte más alta de la ampolla.

Se utilizan niveles para obtener o verificar planos o líneas perfectamente horizontales; son parte de instrumentos topográficos que requieren referirse a planos o líneas horizontales.

Existen dos tipos de niveles de burbuja: el *tórico* y el *esférico*.

- **Nivel tórico**

El nivel tórico o tubular está constituido por un tubo de vidrio de forma tórica de muy pequeña curvatura, cerrado en sus extremos, y lleno, como ya se dijo, con un líquido de escasa viscosidad, dejando una burbuja en su interior (Figura 2.28).

Para conocer la posición de la burbuja, el nivel se divide con trazos en el vidrio, separados cada 2 mm. El tubo va alojado dentro de una caja metálica llamada *armadura*, a la que se fija mediante los tornillos *t*, denominados "tornillos propios del nivel" o "tornillos de corrección del nivel", que permiten corregir e inclinar el nivel y, por lo tanto, desplazar la burbuja. En algunos casos, en lugar de dos tornillos, en los extremos se colocan una rótula y un tornillo.

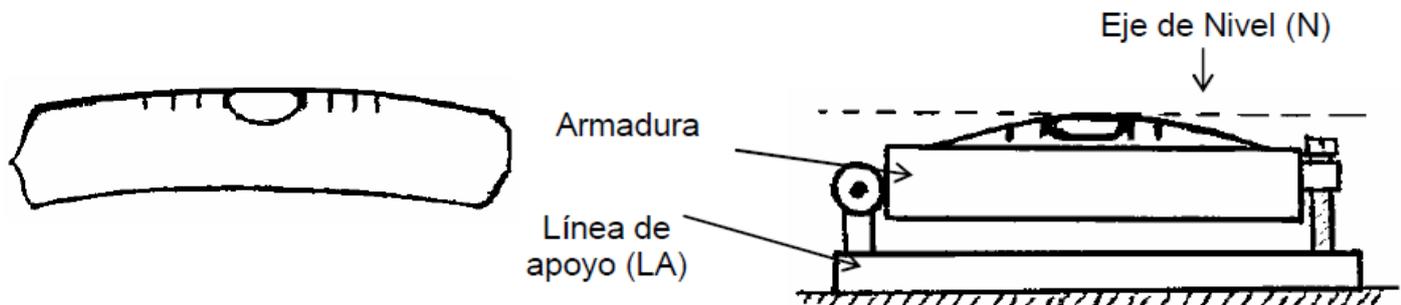


Figura 2.28: Nivel tórico

Algunos instrumentos de nivelación llevan un dispositivo de prismas ópticos mediante los cuales se ve la imagen de la burbuja y se centra la misma en forma más rápida y exacta que observando su posición sobre las divisiones del tubo.

Un nivel reversible o de doble graduación es aquel que cuenta con graduación tanto en la parte superior como en la inferior, montado de tal modo que puede leerse tanto en su posición normal como en la invertida.

Se llama *eje del nivel* a la recta imaginaria tangente al nivel en su punto medio (N).

Se dice que un nivel tórico está *centrado* cuando el centro de la burbuja coincide con el centro del nivel; si no es así, se encuentra descentrado.

Un nivel tórico está *corregido* cuando el eje del nivel es paralelo a la línea de apoyo (LA), y *descorregido* en caso contrario.

La *sensibilidad de un nivel* es el ángulo vertical que debe inclinarse un nivel para que la burbuja se desplace una división (2 mm); en los niveles tóricos de los teodolitos (instrumento de topografía) la sensibilidad es de unos 15" a 30".

Estos niveles son utilizados generalmente para horizontalizar una alineación o una visual aunque si el mismo es giratorio se puede realizar la horizontalización de un plano o una superficie.

- *Horizontalización de un plano*

Consideramos en este caso que el nivel se encuentra corregido; de no ser así, se siguen los pasos ya enumerados para lograr esta condición, trabajando sobre una línea paralela a un par de tornillos calantes.

Para la horizontalización de un plano el nivel se encuentra sobre una base con tres tornillos calantes, dispuestos según la figura 2.29.

1. Se coloca el nivel paralelo a un par de tornillos calantes y se centra la burbuja mediante los tornillos calantes como se describe en el párrafo siguiente. De esta forma se ha horizontalizado una línea del plano en cuestión.

El sentido del movimiento que quiere darse a la burbuja viene dado por el movimiento del dedo índice de la mano derecha al girar el tornillo calante correspondiente; si se accionan dos calantes a la vez, deben girarse en sentido contrario para no compensar con uno el movimiento del otro como lo muestra la figura 2.29.

2. Se gira el nivel 90° y se centra la burbuja tan sólo con el movimiento del tornillo que se encuentra en la dirección del eje del nivel, puesto que si se accionase cualquiera de los otros dos se estaría perdiendo la horizontalidad de la línea centrada en 1. De esta forma, dos líneas no paralelas de un mismo plano son efectivamente horizontales, lo que implica que el plano también lo es.

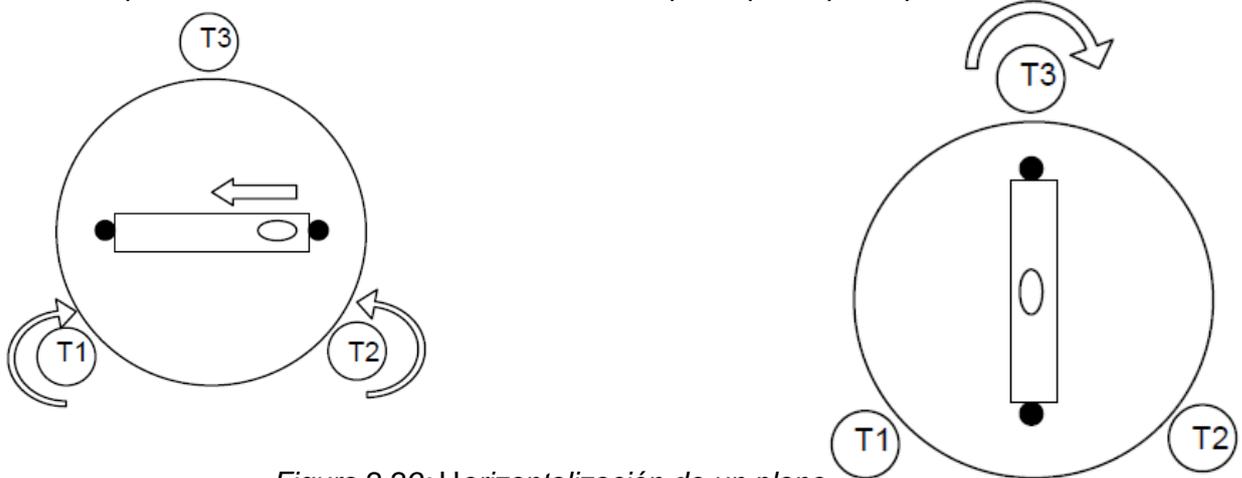


Figura 2.29: Horizontalización de un plano

• **Nivel esférico**

El nivel esférico está constituido por una caja cilíndrica de vidrio cerrada superiormente por una cubierta de cristal como el nivel tórico, que tiene la forma de un casquete esférico. El recipiente está lleno del líquido apropiado, dejando la burbuja. La caja de vidrio se encuentra dentro de una armadura metálica que permite que se asome la parte superior del casquete; éste cuenta con un círculo grabado en el cristal. Para su fijación en el plano en que se apoya se encuentran los tornillos calantes o de corrección del nivel (T). Se lo utiliza para horizontalizar planos.

Un nivel esférico está centrado cuando la burbuja se ubica en el centro del nivel, y descentrado cuando no ocupa el círculo grabado en el vidrio.

Se denomina plano axial al plano imaginario tangente al nivel esférico en su centro (PA). De esta forma, un nivel esférico se encuentra corregido mientras el plano axial sea paralelo al plano de apoyo (A); de no ser así, está descorregido.

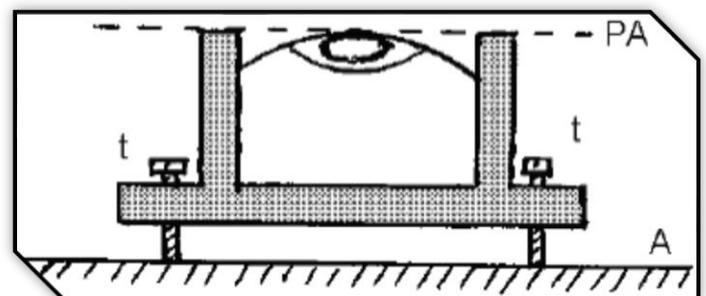


Figura 2.30: Nivel esférico

Este tipo de niveles es menos preciso que el anterior, puesto que su curvatura es mayor (menor radio de curvatura) y, en general, cuentan con una sola marca en el centro, de tamaño tal que la burbuja suele ser mucho menor que ésta. Generalmente tienen una sensibilidad de minutos.

Verificación y corrección del nivel esférico

- *Corrección y horizontalización del plano de apoyo*

Consideremos el nivel descorregido. Se centra la burbuja en los siguientes pasos:

1. Con dos de los tornillos calantes (*T*) se mueve la burbuja en dirección paralela a ellos, hacia el centro del nivel.
2. Con el tornillo restante, se desplaza la burbuja en la dirección perpendicular a la anterior hasta que se ubique en el centro del círculo grabado.
3. Se gira 180° el plano de apoyo del nivel: si la burbuja no se mueve de su posición (centrada) el nivel está corregido y el plano de apoyo es horizontal; en cambio, si la burbuja se ha movido, el nivel se encuentra descorregido y el plano no está horizontal.
4. Si el nivel está descorregido, con los tornillos de corrección se lleva la burbuja a mitad de camino del centro del nivel, con lo cual quedará corregido. Después de esto, se accionan los calantes para horizontalizar el plano. Es preciso verificar nuevamente, girando el nivel, que la burbuja no se desplace en ninguna dirección.

En el caso de que el nivel se encuentre corregido, simplemente realizan los pasos 1 y 2, pero sin dejar de verificar girando horizontalmente el nivel.

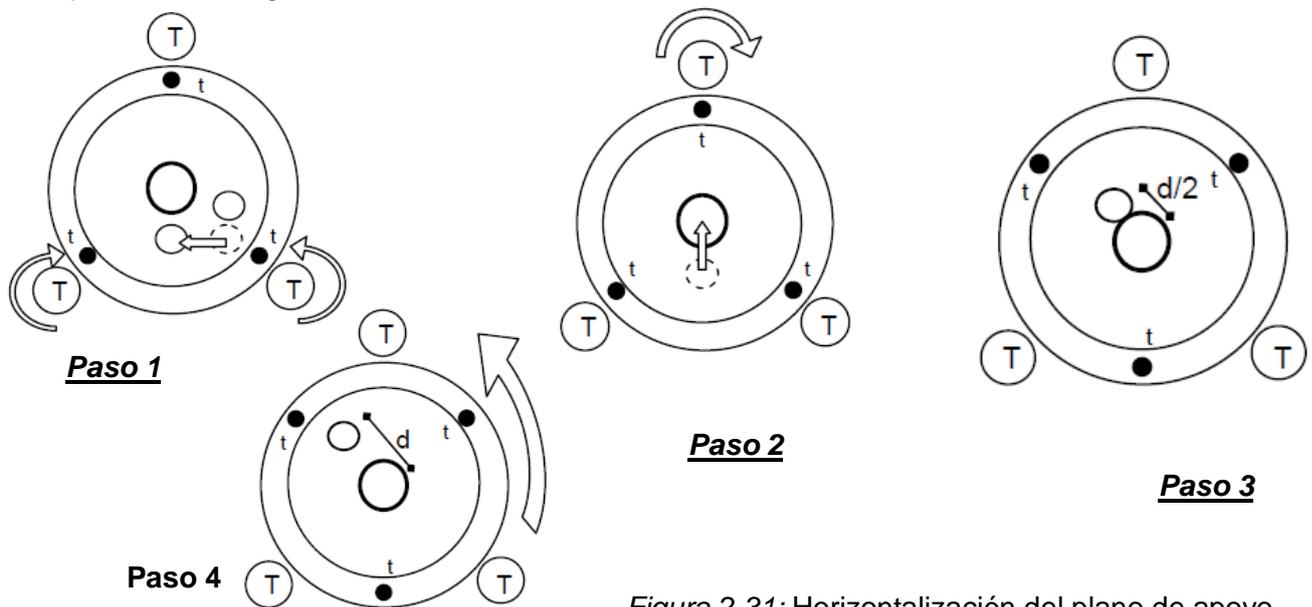


Figura 2.31: Horizontalización del plano de apoyo

Niveles de mano

Es un instrumento óptico que se sostiene con una sola mano y se usa en trabajos de poca precisión y para fines de verificación rápida. Su anteojo es un tubo de latón de unas 6 pulgadas de largo, con un objetivo de vidrio simple y un ocular. Tiene además un pequeño nivel de burbuja montado sobre una ranura en la parte superior del tubo, y se ve a través del ocular utilizando un prisma o un espejo inclinado a 45°. Tiene un hilo horizontal que cruza el centro del tubo.

El instrumento se nivela levantando o bajando el extremo del objetivo, hasta que el hilo horizontal corte en la mitad la burbuja.

El nivel de mano (Figura 2.32) con clinómetro permite efectuar medidas aproximadas de ángulos verticales y pendientes.



Figura 2.32: Nivel de mano

Niveles de anteojo y nivel laser

Estos tipos de **niveles** son utilizados en la construcción para poder calcular diferencias de niveles o de alturas, ya sea para una vivienda, un edificio o la apertura de una calle mediante un método sencillo que se compone de un *plano horizontal* generado por estos instrumentos y generalmente una *mira* (regla vertical graduada).

El procedimiento consta de apoyar este instrumento sobre un *trípode* o una base aproximadamente plana y, con la ayuda de 2 *tornillos nivelantes* poder generar un plano horizontal. En el caso del **nivel de anteojo** el plano es generado por el operador al centrar un nivel de burbuja que posee el instrumento, en cambio, en el **nivel laser**, el plano es generado a través de un sistema de luces, en donde el mismo le indica al operador con color verde que se encuentra horizontal y con color rojo que se encuentra inclinado y hacia donde se debe girar cada tornillo calante para poder posicionar el mismo de manera correcta y generar el plano horizontal buscado.

El plano nos genera en la mira las *lecturas*, es decir, la distancia desde el plano visual horizontal generado por el nivel hasta en terreno. De esta manera si tenemos una medida grande indica que el punto se encuentra muy por debajo del plano visual y si tenemos una medida chica el punto se encuentra cercano al plano visual (ver figura 2.33). Con estos datos podremos calcular las diferencias de nivel o de altura que existe entre un punto y otro.



Figura 2.34: Nivel de anteojo

El **nivel laser** (ver figura 2.35) posee en su parte superior un láser que gira 360° sobre un eje vertical y la ventaja de éste radica en que un solo operador (ubicado en la mira) puede realizar la nivelación, mientras que, con un nivel de anteojo, se necesitan 2 (Uno ubicado en la mira y otro en el nivel de anteojo). A diferencia del nivel de anteojo, este último no puede incrementar la visual del observador, por lo tanto, un día de mucho sol, en donde el láser no puede ser visualizado fácilmente complicará la medición propuesta.



Figura 2.35 B: Nivel laser

Este método sigue siendo utilizado en la actualidad en la construcción para calcular la profundidad a la que hay que ubicar las bases de un edificio, el comienzo de las columnas, para obtener donde existe mayor o menor pendiente, hacia dónde se va a dirigir el agua en el caso de una lluvia o hasta incluso para realizar modelos en 3 dimensiones del terreno.



Figura 2.35 A: Nivel laser

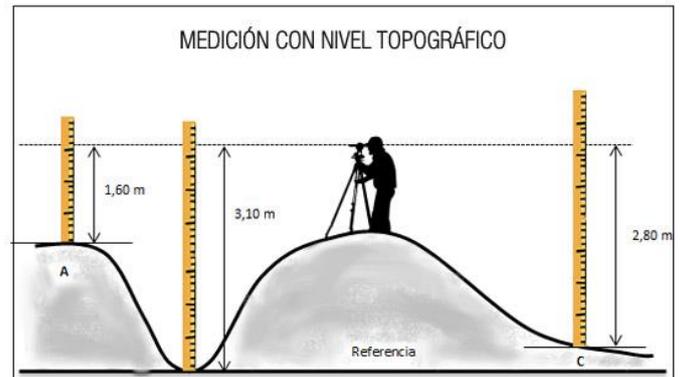


Figura 2.33: Medición con nivel de anteojo o láser

Distanciómetros

Los distanciómetros (ver figura 2.36) son instrumentos topográficos electrónicos que permiten medir la distancia desde un punto a otro mediante un sistema de ondas o un sistema láser. Generalmente se utiliza este último ya que permite la medición de una distancia mayor que el anterior. Una desventaja de los mismos es que en distancias largas su utilización se dificulta por la baja visión del láser, especialmente en los días de mucho sol y otra desventaja se visualiza en los terrenos que poseen vegetación ya que el láser no alcanza el objetivo deseado como lo realiza la cinta.

Los últimos 3 instrumentos topográficos que se muestran a continuación serán estudiados en topografía aplicada:

Figura 2.36: Distanciómetros



Teodolitos

Los teodolitos (ver figura 2.37) son instrumentos topográficos que permiten al observador conocer los ángulos verticales y horizontales entre 2 puntos específicos.



Figura 2.37: Teodolito

Estación Total

Las estaciones totales (ver figura 2.38) son instrumentos topográficos que permiten al observador conocer obtener las coordenadas de un punto con respecto a uno conocido.



Figura 2.38: Estación total

GPS

Los GPS (ver figura 2.39) son instrumentos topográficos que permiten al observador conocer las coordenadas geodésicas de un punto mediante la utilización de satélites.



Figura 2.39: GPS