

TOPOGRAFÍA



ETSIA de Sevilla
Dpto. de Ingeniería Gráfica

Profesor: A.M. Pérez-Romero

Esta obra está
bajo Licencia de
Creative Commons



TEMA 1

NOCIONES BÁSICAS DE TOPOGRAFÍA

TEMA 1 Nociones básicas de Topografía

- Definiciones de Topografía 4
- ¿Cuáles son sus límites de actuación 6
- Planteamiento simplificado de una realidad bastante más compleja 9
- Tipos de levantamientos topográficos 12
- Distancias que se pueden medir 13
- Tipos de ángulos que se pueden medir ... 14
- Declinación y ángulos horizontales 15
- Tipos de ángulos verticales 17
- Tipos de coordenadas 19
- Tipos de señalización de puntos 20
- Unidades de medida 27



Definiciones de Topografía

Definiciones de la RAE:

Arte de describir y delinear detalladamente la **superficie** de un terreno.

Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración **superficial**.

Definiciones de Topografía

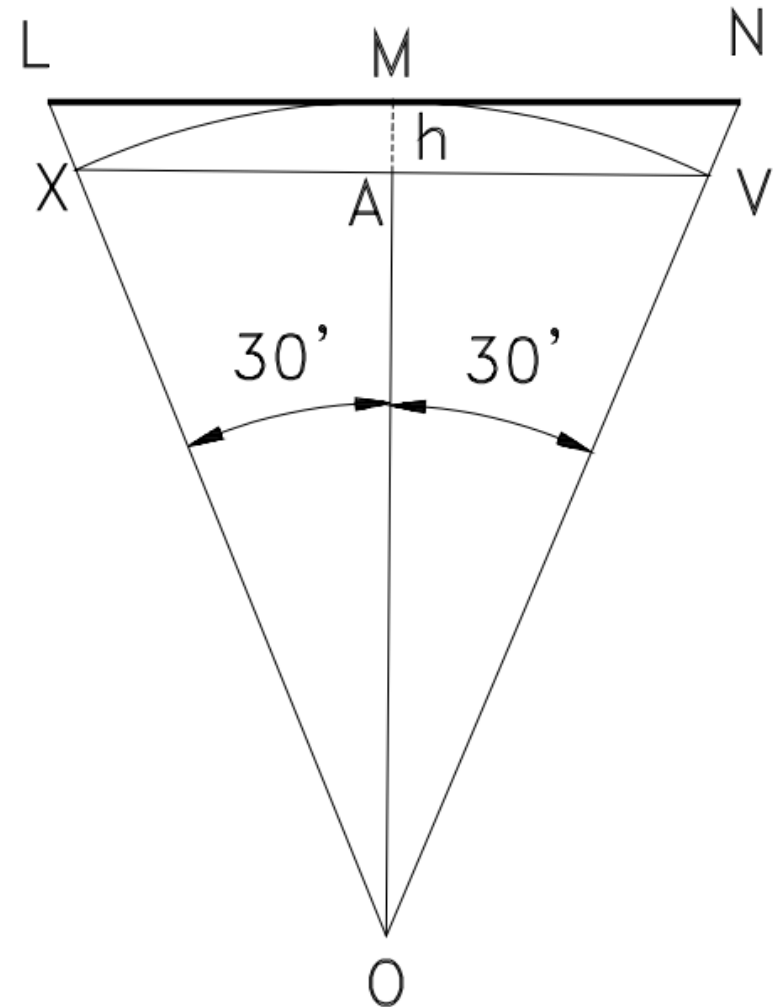
Es la ciencia que se ocupa de la medición y representación de partes de La Tierra, relativamente pequeñas, de tal modo que en su representación se pueda **prescindir de la esfericidad terrestre**, porque dada tal pequeñez, comparadas con las verdaderas dimensiones del Globo, podemos tomar el arco por su cuerda o su tangente, y el casquete esférico correspondiente, podemos representarlo sobre un plano tangente al mismo, sin grave error en la medición efectuada.

Martín Sánchez, Sixto
Topografía para carreras técnicas

¿Cuáles son sus límites de actuación?

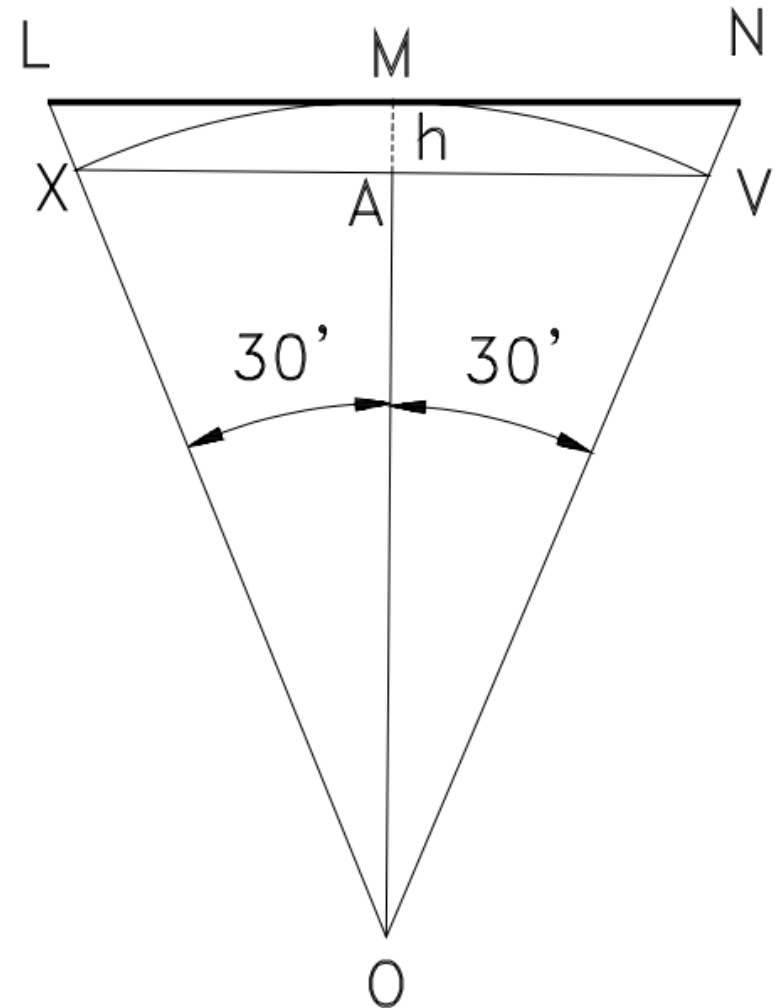
Buscaremos que la diferencia de longitud entre el arco y la tangente, sea tan pequeña que en la práctica puedan considerarse iguales.

Por lo que respecta al límite superficial, se hará lo mismo, comparando la superficie del casquete esférico con la de un círculo tangente al mismo.



¿Cuáles son sus límites de actuación?

Tradicionalmente, se admite como límite la tangente al arco abarcado por **un grado sexagesimal** para las distancias, y el círculo (de diámetro LN) tangente al casquete esférico de misma amplitud, para las superficies.



¿Cuáles son sus límites de actuación?

Límite lineal

Suponiendo un radio medio para La Tierra de **6.367.650 m**:

Longitud de la tangente (LN)= 111.139,28 m.

Longitud del arco de 1° = 111.136,46 m.

Límite superficial

Área del círculo tangente= 9.701.190.535 m²

Área del casquete esférico= 9.700.636.451 m²

En la práctica:

Nos limitaremos a la superficie delimitada por un triángulo geodésico de la **ROI** cuyos lados no superen los **25 Km.**

[DESCARGAS DEL CNIG](#)

Planteamiento simplificado de una realidad bastante más compleja

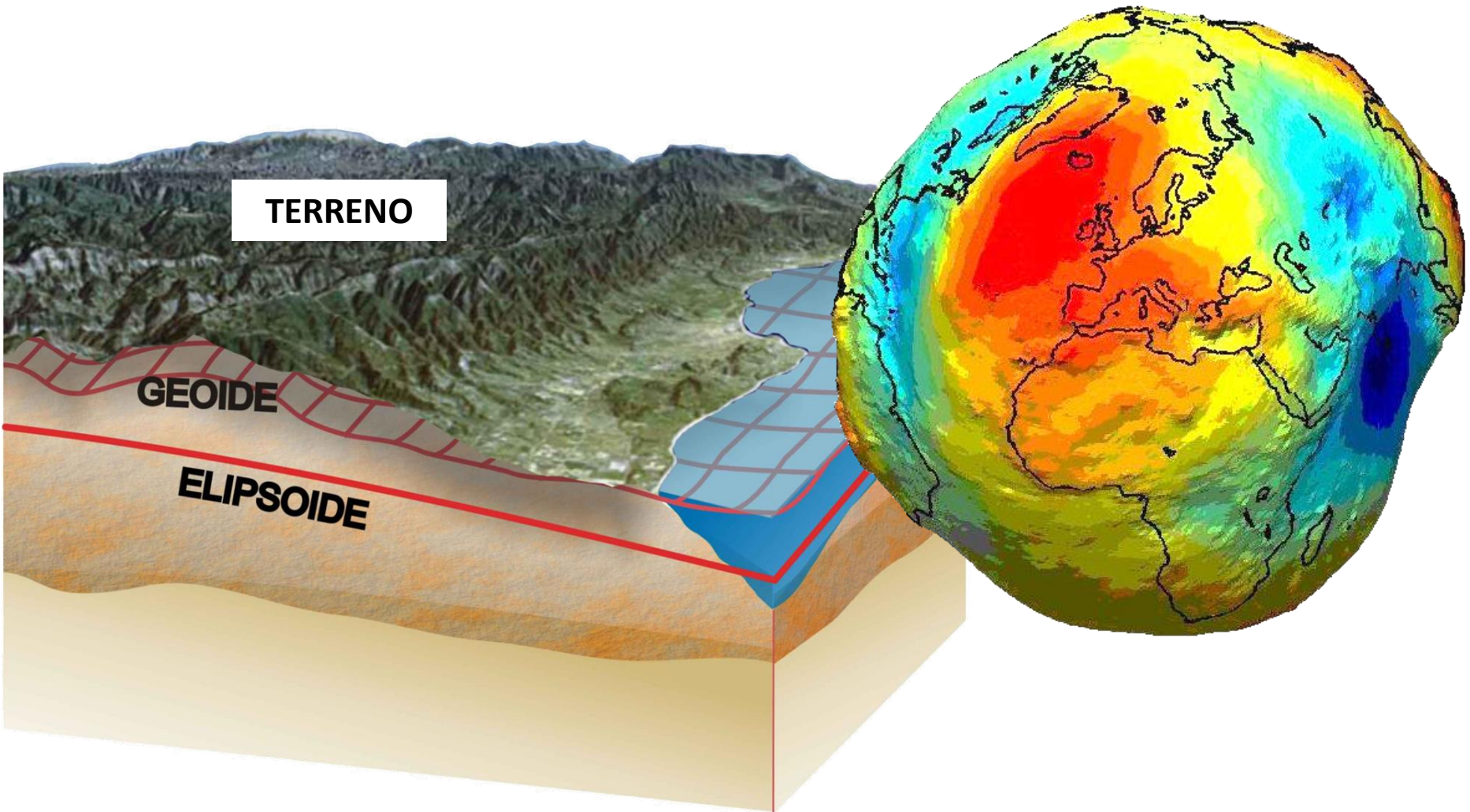
Newton 1687:

La forma de equilibrio de una masa fluida homogénea sometida a las leyes de la gravitación, y girando alrededor de un eje es un **elipsoide** de revolución aplastado por los polos.

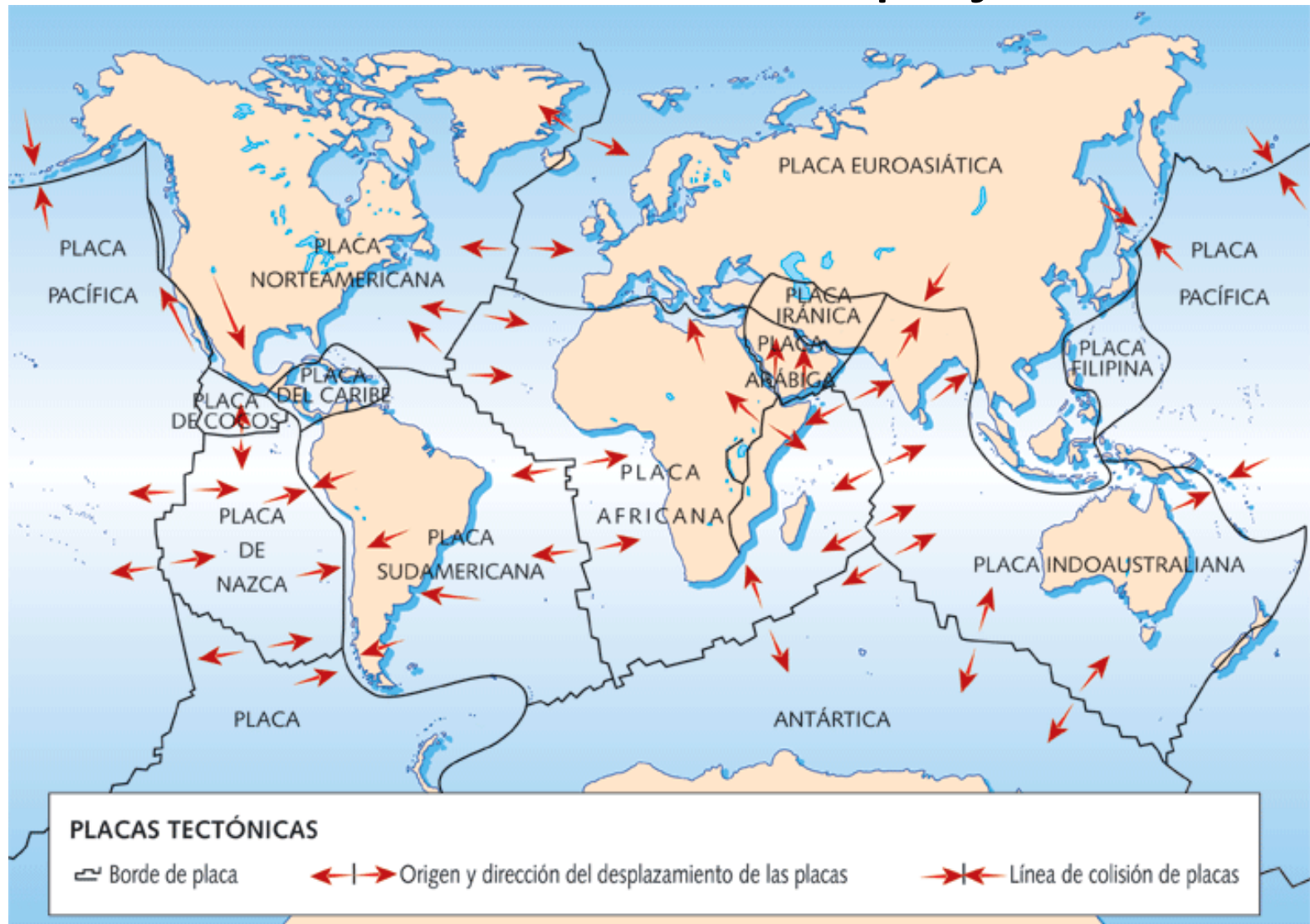
Esto solo es válido si las masas internas del planeta fueran homogéneas, de este modo se admite como forma de La Tierra la superficie de equilibrio materializada por los mares en calma, dicha superficie se denomina **geoide**: Superficie de nivel que mejor se ajusta el nivel medio del mar, local o globalmente.

NOTA: “Superficie de nivel” significa una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que es perpendicular en todos sus puntos a la dirección de la gravedad.

Planteamiento simplificado de una realidad bastante más compleja



Planteamiento simplificado de una realidad bastante más compleja



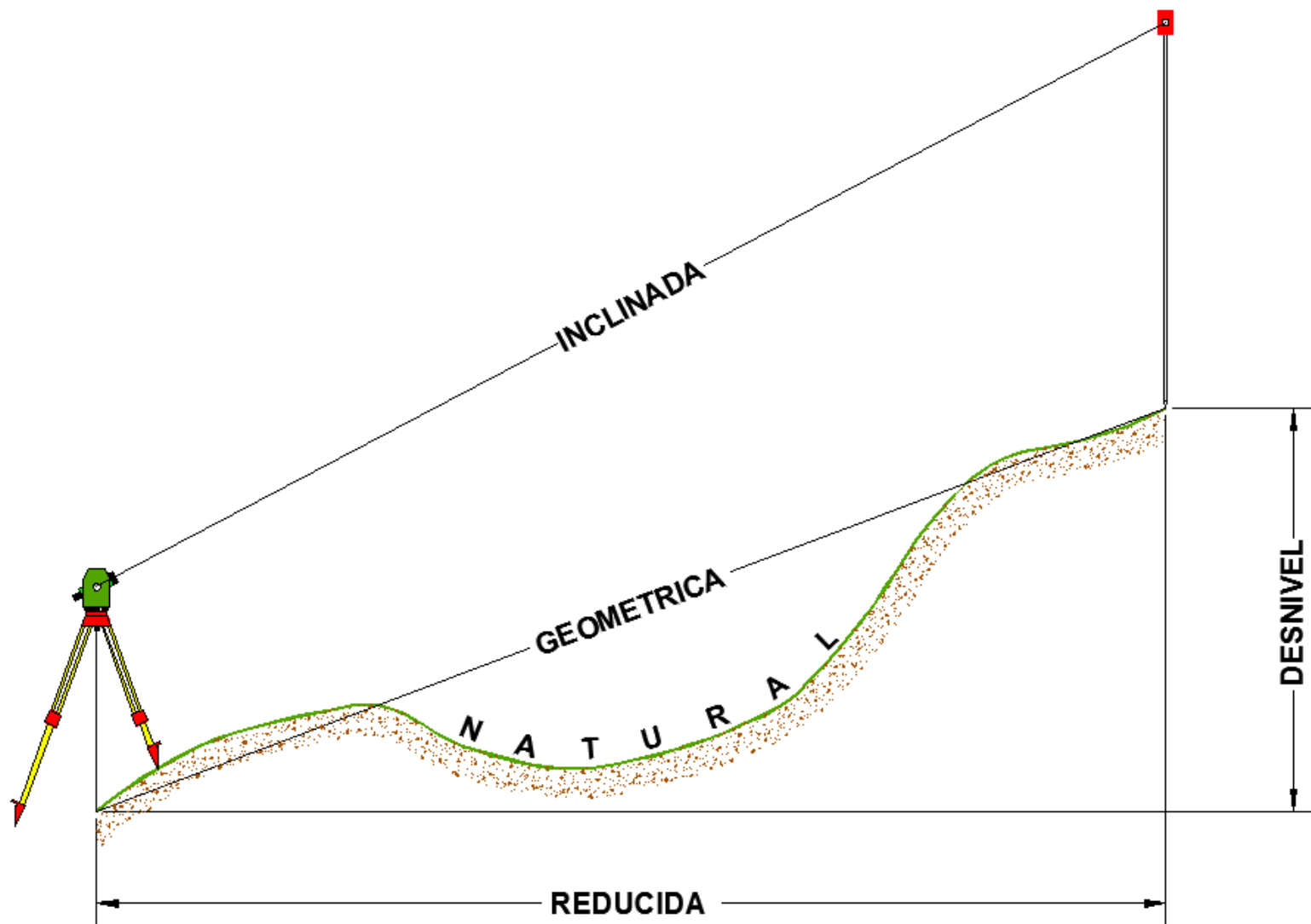
Tipos de levantamientos topográficos

La Altimetría o Nivelación Geométrica o por alturas estudia los métodos y procedimientos para medir la **distancia vertical** entre dos o más puntos del espacio o bien determinar la distancia vertical entre un plano de comparación (**Cota**) que puede ser o no el nivel medio del mar (**Altitud**) y puntos del espacio.

La Planimetría estudia los métodos y procedimientos para representar la superficie terrestre sobre plano horizontal. Las distancias que interesan son las que median entre los elementos de la proyección (**distancia reducida al horizonte**).

La Taquimetría estudia los procedimientos y métodos para determinar las **distancias horizontal y vertical** (nivelación trigonométrica) de forma simultánea en una sola observación al relacionar dos puntos del espacio. El de estación y el observado.

Distancias que se pueden medir



Tipos de ángulos que se pueden medir

Por su graduación: sexagesimales (círculo completo 360°) y centesimales (círculo completo 400^g).

Por su plano: horizontales y verticales.

Por lo que respecta a los horizontales, si su origen es el **norte magnético** se llaman **rumbos** y si es el **norte verdadero** se denominan **acimutes**.

En cuanto a los verticales, si su origen es el cenit se llaman **cenitales**, si es el nadir son **nadirales** y si su origen es una visual horizontal se denominan **de pendiente** (ascendentes + y descendentes -).

Declinación y ángulos horizontales

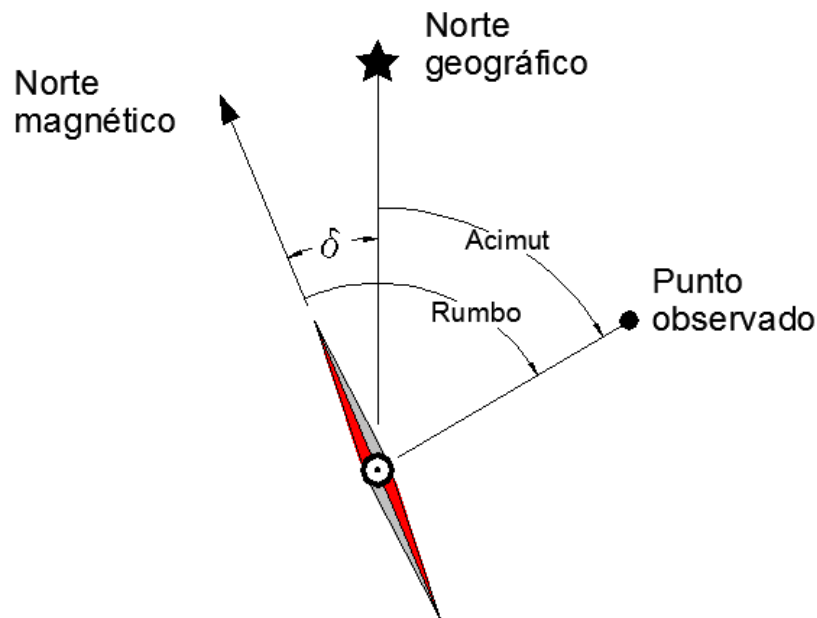
La **declinación magnética** es el ángulo formado entre la meridiana geográfica (o norte geográfico) y la meridiana magnética (o norte magnético). Cuando ese ángulo se presenta al oeste del norte geográfico, se habla de declinación occidental u oeste y en el caso opuesto se habla de declinación oriental o este.

Dado el carácter dinámico del campo magnético terrestre, la declinación también es cambiante, y para un mismo lugar la declinación medida en una fecha es distinta a la medida en otra fecha distinta, pese a tratarse del mismo punto de la superficie terrestre. Esta variación se mide en una tasa anual, que establece en qué magnitud angular la declinación variará y en qué sentido será el giro (hacia el este o el oeste).

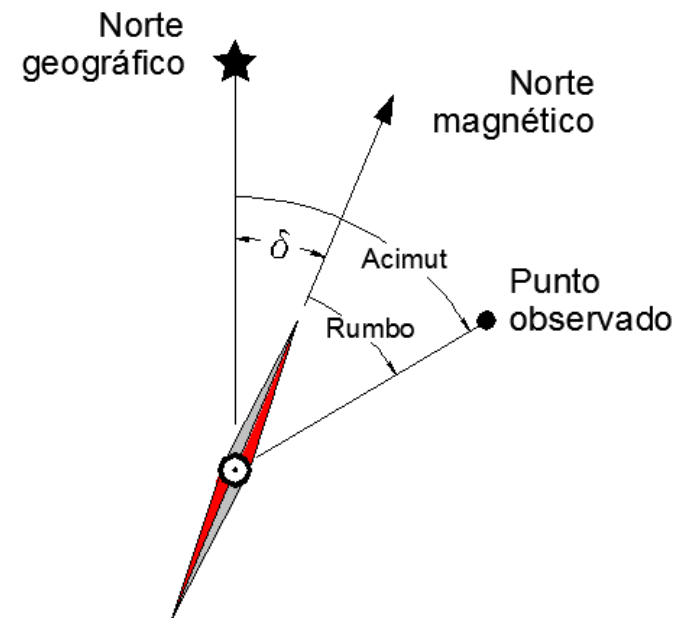
Gabriel Ortíz (www.gabrielortiz.com)

<http://www.ign.es/web/gmt-declinacion-magnetica>

Declinación y ángulos horizontales

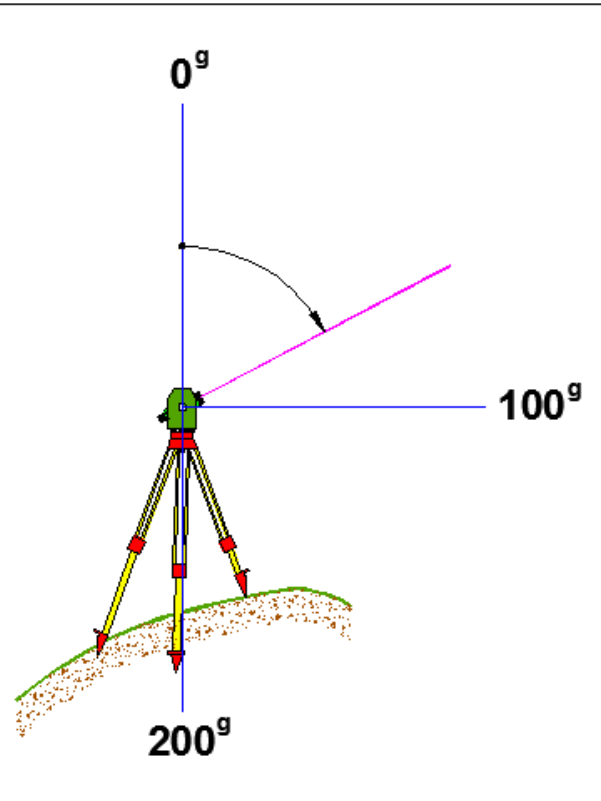


Declinación Occidental

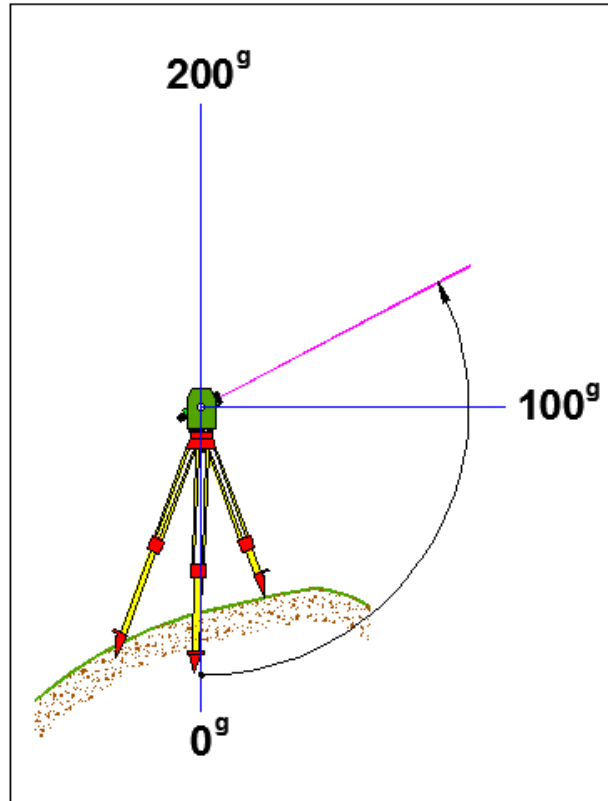


Declinación Oriental

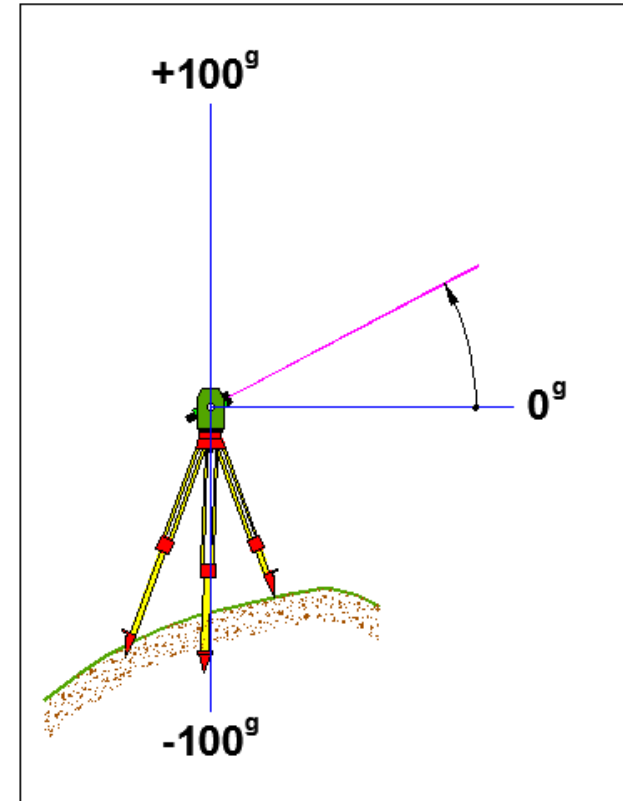
Tipos de ángulos verticales



CENITALES

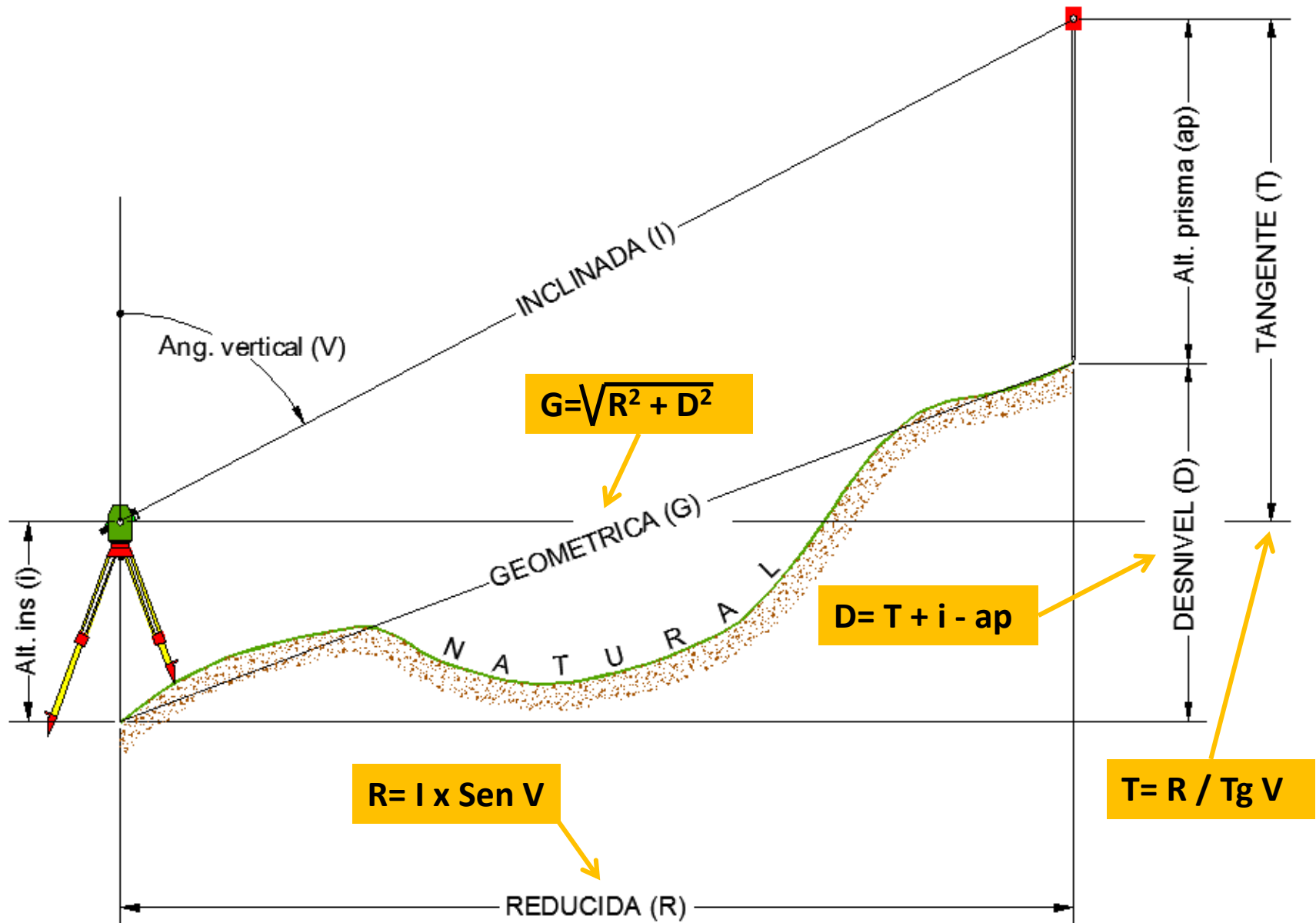


NADIRALES

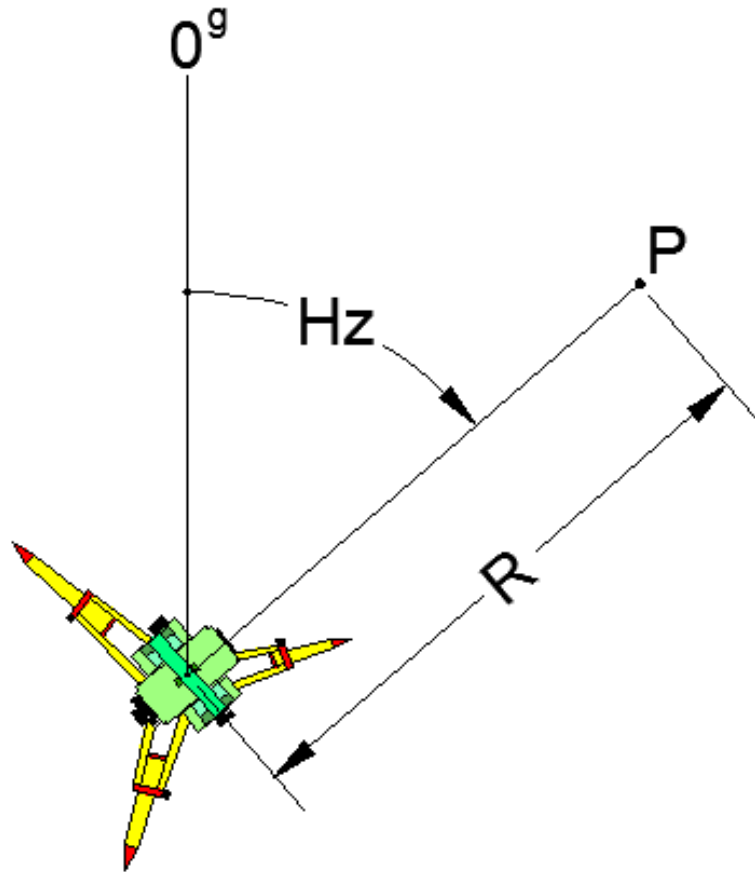


DE PENDIENTE

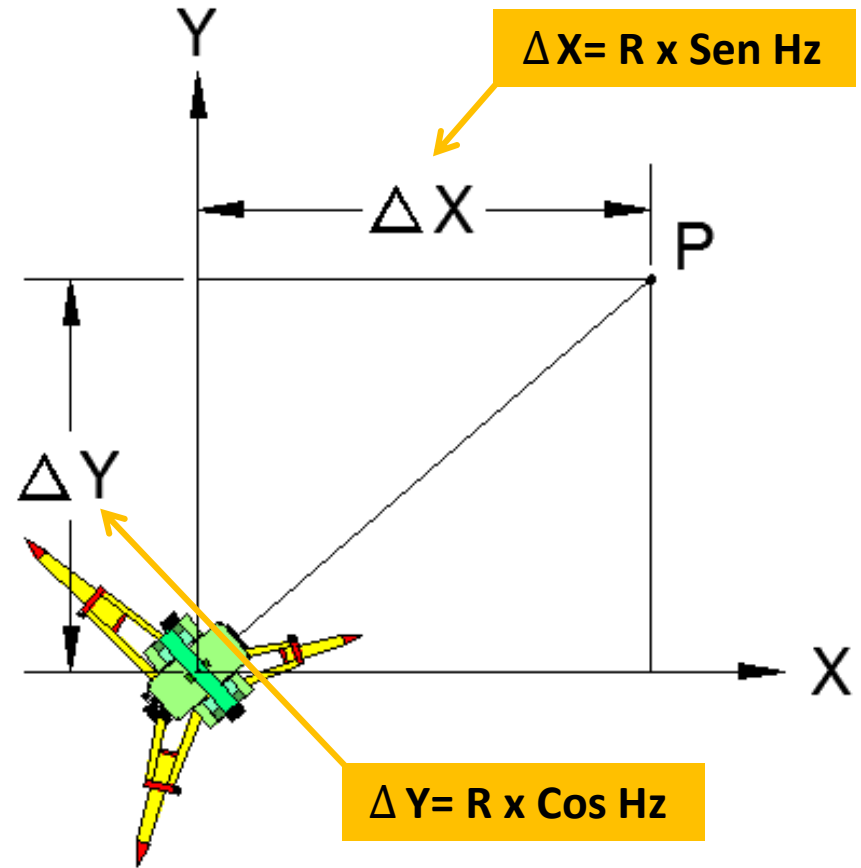
Tipos de distancias que se pueden medir



Tipos de coordenadas



COORDENADAS
POLARES



COORDENADAS
CARTESIANAS

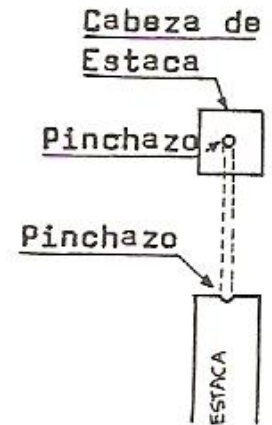
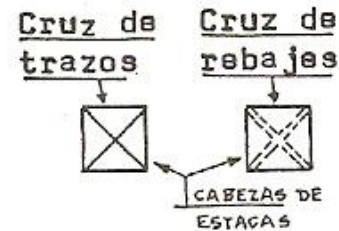
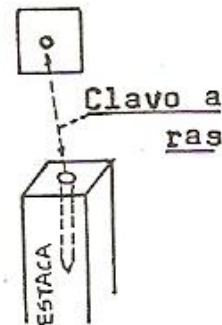
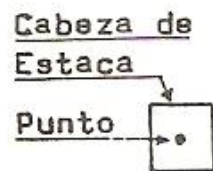
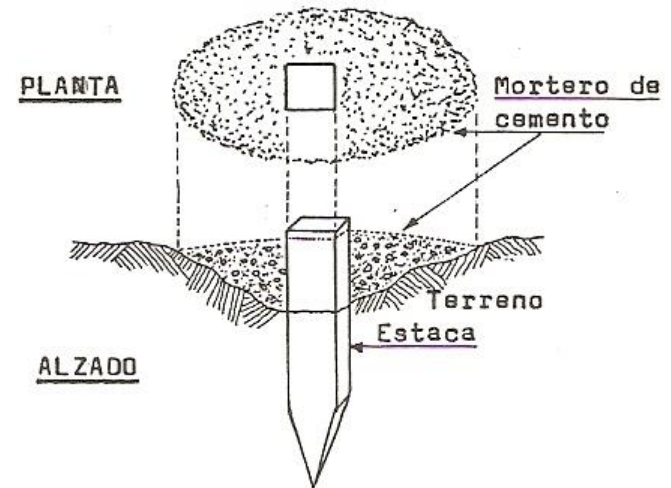
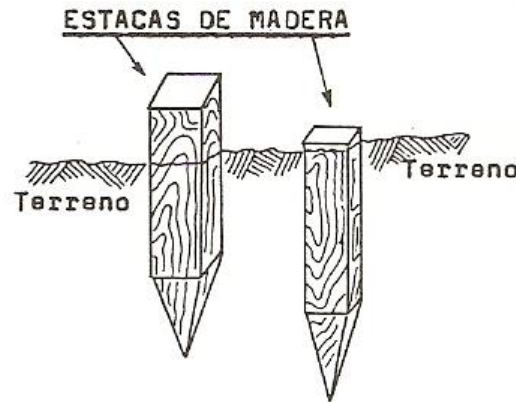
Tipos de señalización de puntos

La forma de señalar puntos estará en función de las características del trabajo, de las condiciones del terreno y de la durabilidad que pretendamos lograr. Las opciones más generalizadas son:

- Estacas
- Clavos y tochos
- Placas de señalización
- Marcas en rocas o materiales resistentes
- Hitos
- Pilares especiales
- Mojones y señales especiales (prefabricados)

Tipos de señalización de puntos

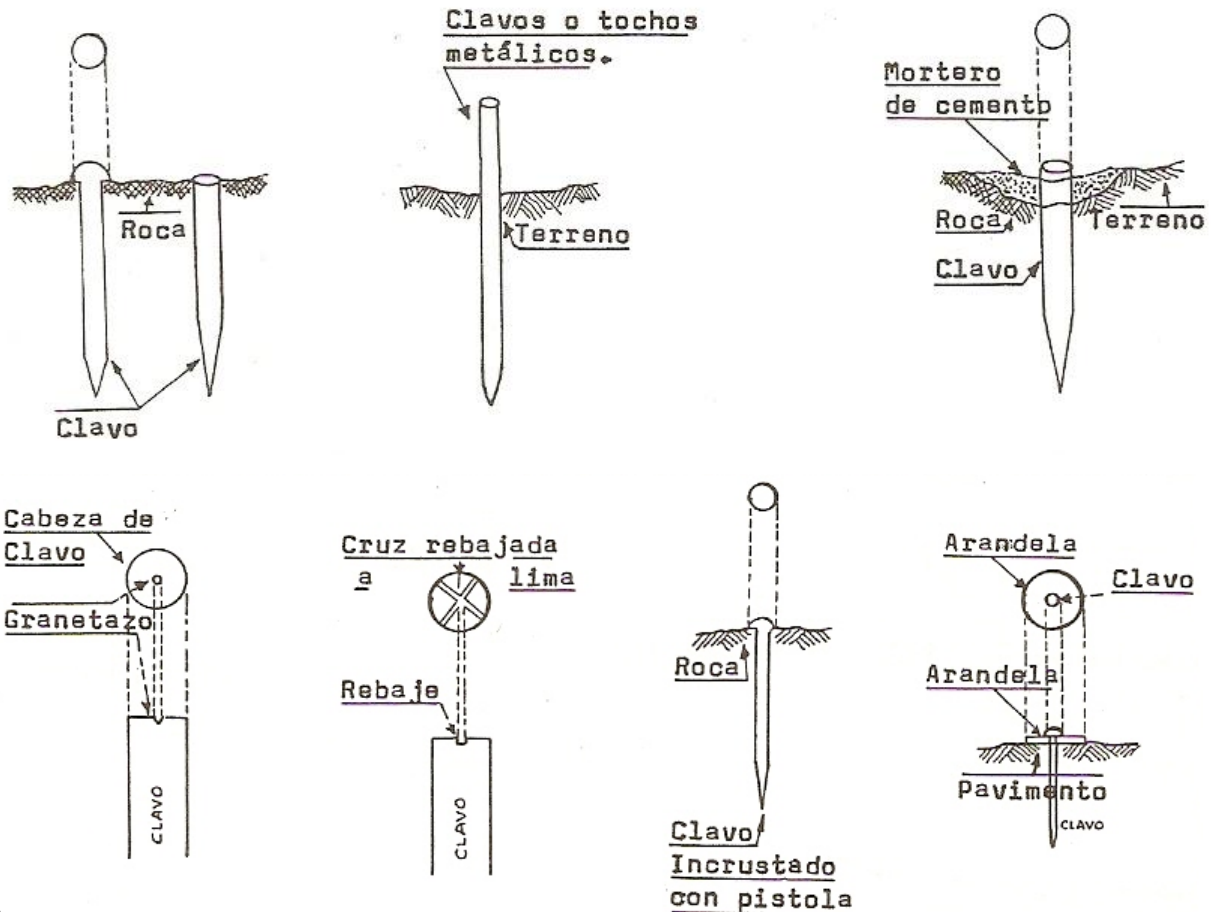
ESTACAS



Fuente: Santos Mora, A.
Topografía y replanteo
de obras de ingeniería

Tipos de señalización de puntos

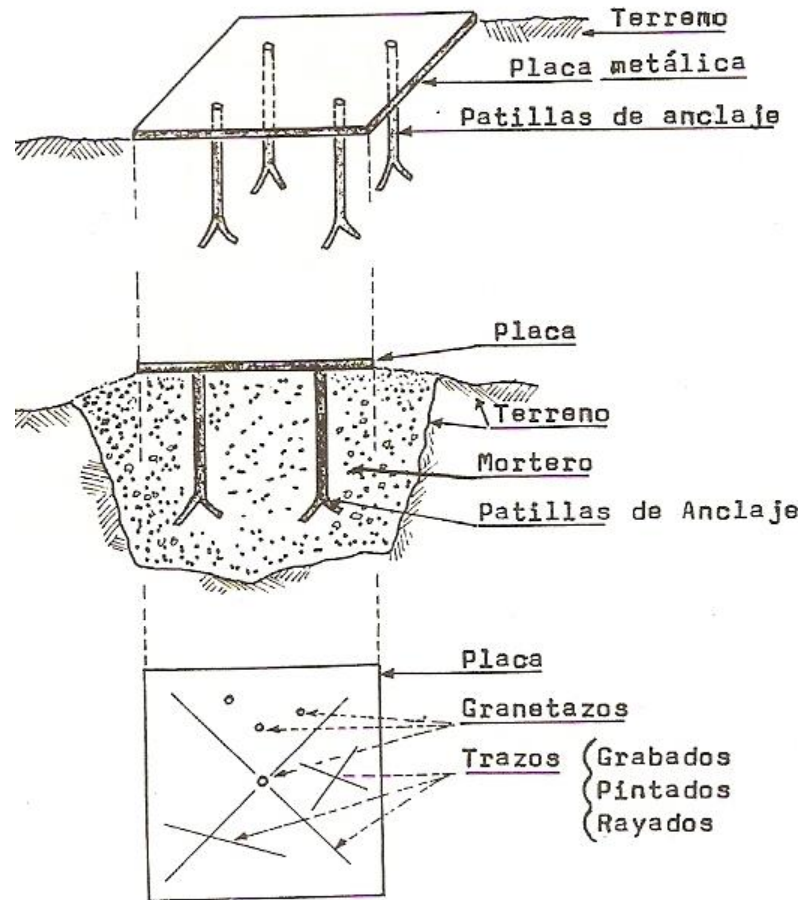
CLAVOS y TOCHOS



Fuente: Santos Mora, A.
Topografía y replanteo
de obras de ingeniería

Tipos de señalización de puntos

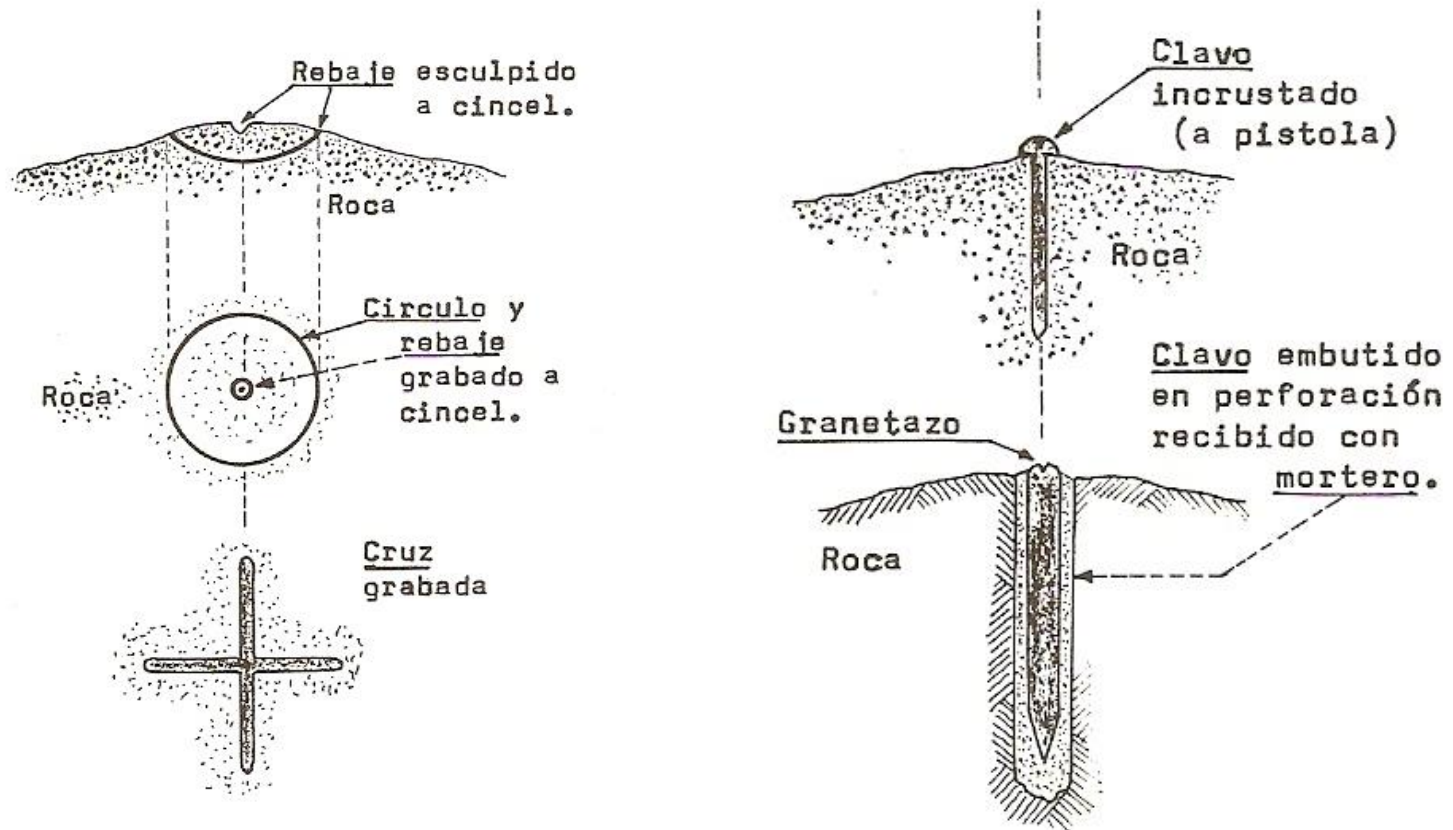
PLACAS de SEÑALIZACIÓN



Fuente: Santos Mora, A.
Topografía y replanteo
de obras de ingeniería

Tipos de señalización de puntos

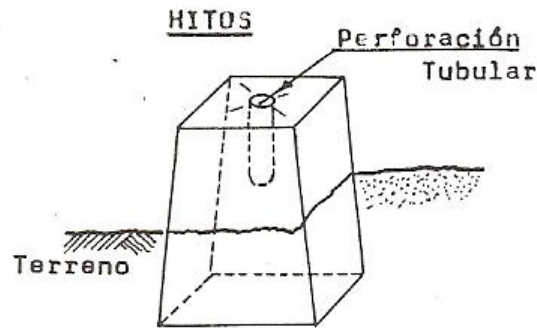
MARCAS en ROCAS o MATERIALES RESISTENTES



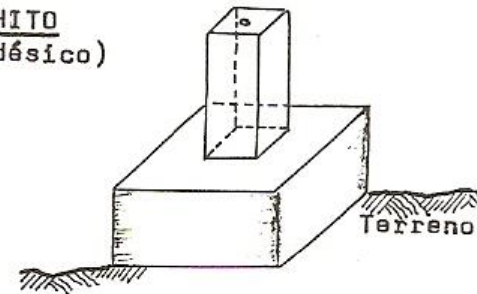
Fuente: Santos Mora, A.
Topografía y replanteo
de obras de ingeniería

Tipos de señalización de puntos

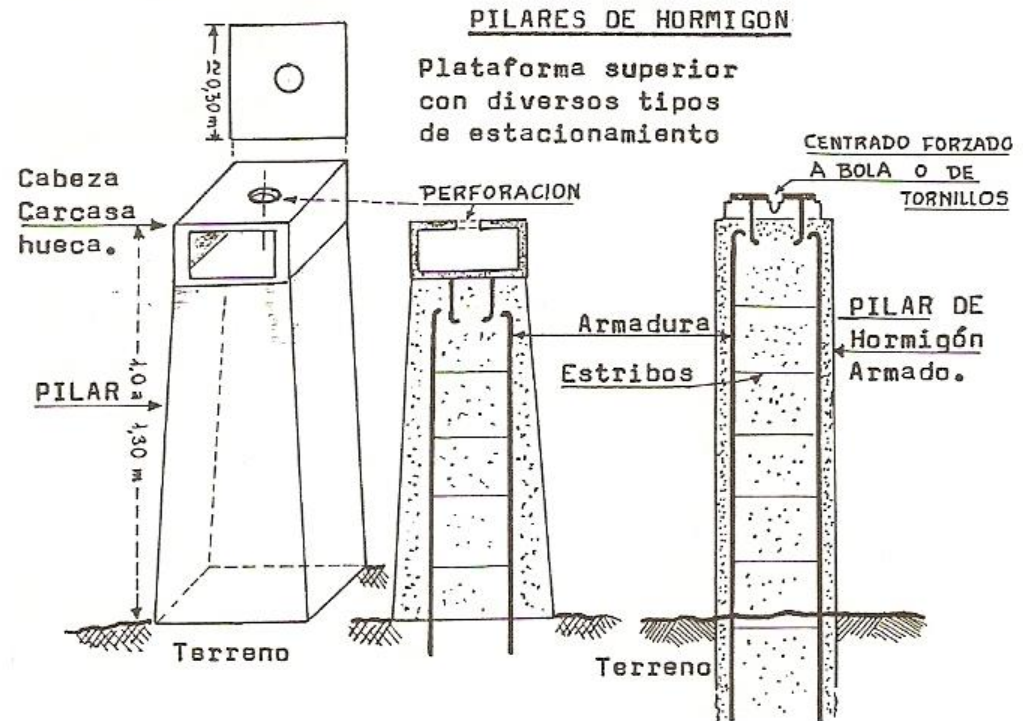
HITOS



HITO
(Geodésico)



PILARES ESPECIALES



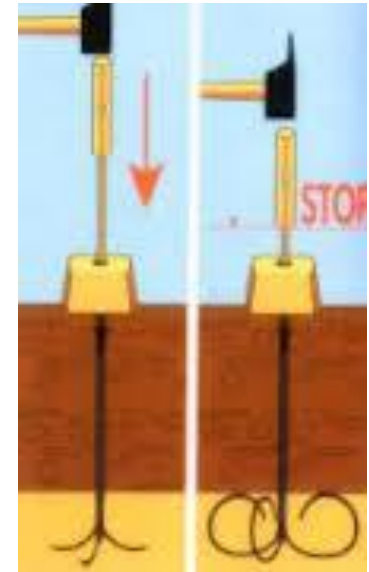
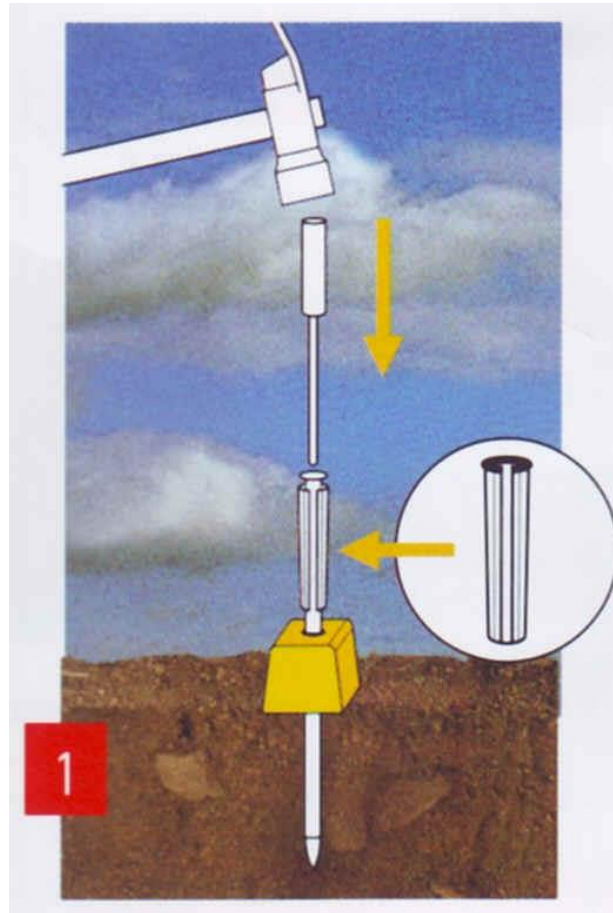
Fuente: Santos Mora, A.
Topografía y replanteo
de obras de ingeniería

Tipos de señalización de puntos

MOJONES y SEÑALES ESPECIALES (PREFABRICADOS)



Hito feno



Unidades de medida

Longitud: El **metro**, con sus múltiplos y submúltiplos (Km, Hm, Dm, **m**, dm, cm, mm).

Superficie: Las correspondientes a las de longitud (**m²**, Dm² ...) y las agrarias. La unidad típicamente agraria es el **área (a)** que equivale a 100 m², su múltiplo la **hectárea (ha)** que equivale a 10000 m² y su submúltiplo la **centiárea (ca)** que equivale a 1 m².

De modo local, se utilizan las fanegas, aranzadas, marjales ...

Angulares: **radianes** (un radián es el ángulo cuyo arco es igual al radio. El círculo completo es 2π), **sexagesimales** (círculo completo 360°) y **centesimales** (círculo completo 400^g).

TEMA 2

INSTRUMENTAL DE TOPOGRAFÍA CLÁSICA

TEMA 2 Instrumental de Topografía clásica

- Instrumentos simples 30
- Niveles topográficos o equialtímetros... 31
- Estaciones totales 35



Instrumentos simples



Niveles topográficos o equaltímetros

Óptico mecánicos

De plano

De línea

Automáticos

Láser

Electrónicos

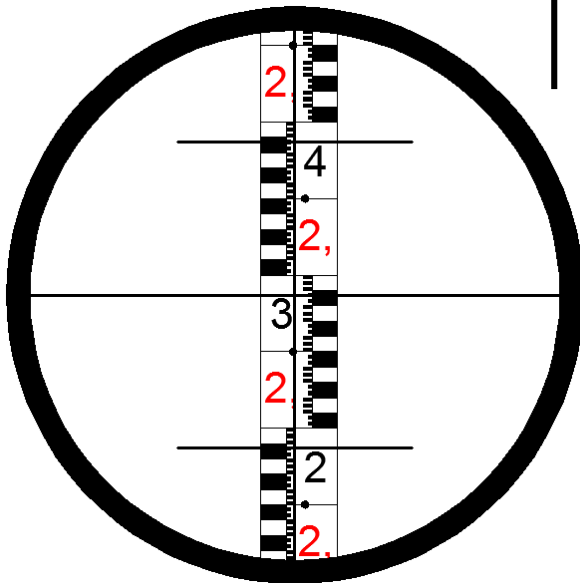
Niveles topográficos o equialtímetros

ÓPTICO MECÁNICOS

De plano

De línea

Automáticos



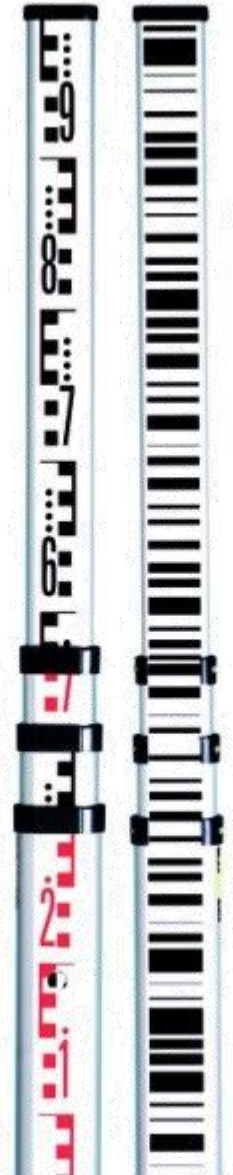
Niveles topográficos o equialtímetros

LÁSER



Niveles topográficos o equialtímetros

ELECTRÓNICOS



Estaciones totales

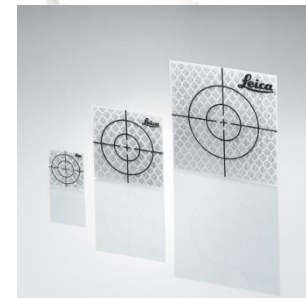
Precusores

Teodolito

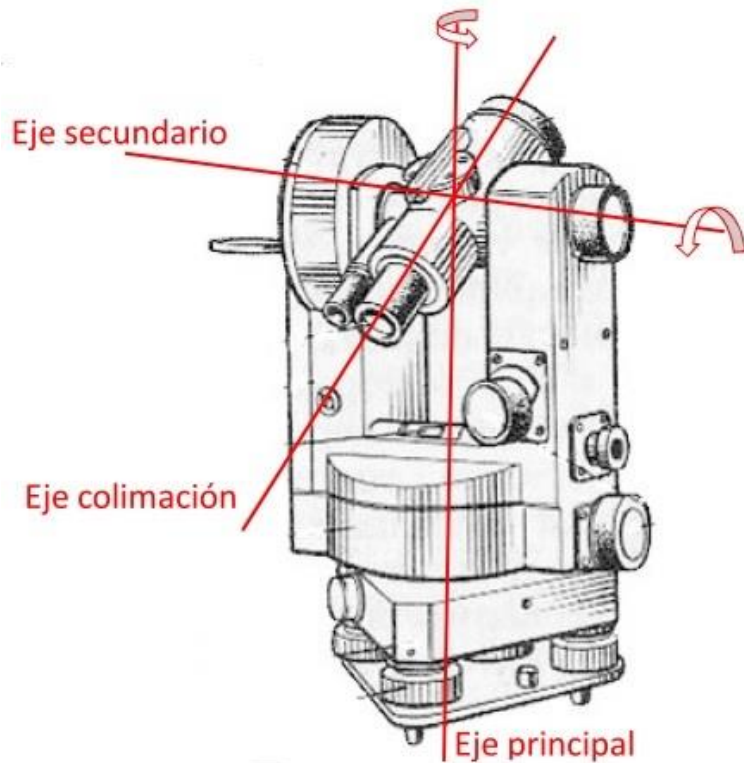
Taquímetro



MS 50



Estaciones totales



EJES

Eje principal: eje vertical sobre el que gira el aparato en el plano horizontal. Estacionado coincide con la plomada y pasa por el punto de estación.

Eje secundario: eje horizontal, perpendicular al anterior y sobre el que bascula el anteojo.

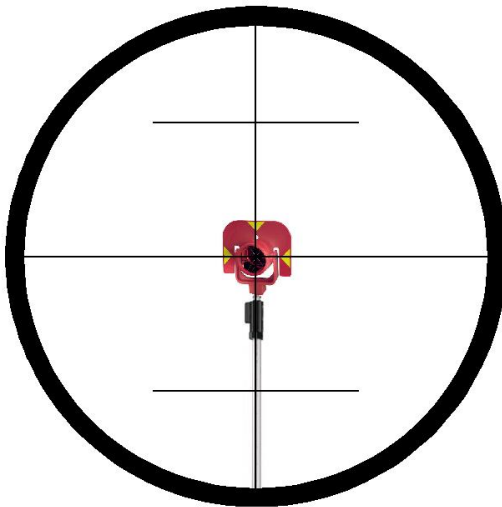
Eje de colimación: perpendicular al secundario. Atraviesa el anteojo.

Estaciones totales

¿QUÉ ES COLIMAR?

Fijar la **cruz filar** del retículo sobre el objeto que vamos a medir (el centro de un prisma óptico de reflexión total, una mira, un punto de referencia...).

Se debe tener especial cuidado en eliminar el **error de paralaje**, enfocando bien el anteojo y la cruz filar.



TEMA 3

ERRORES EN TOPOGRAFÍA

TEMA 3 Errores en Topografía

-	Introducción	40
-	Clasificación de los errores	41
-	Precisión y exactitud	43
-	Cálculos	44
-	Sobre la tolerancia	46
-	Ejemplo	47



Introducción

“Por la imperfección de nuestros sentidos y la imprecisión de los instrumentos que utilizamos para medir, los resultados que obtenemos, no son más que aproximaciones a la realidad”

Carl Fiedrich Gauss (1777-1855)

Definición de error según la RAE

Diferencia entre el valor medido o calculado y el **real**.

Clasificación de los errores

Atendiendo a sus **causas**, los errores pueden ser:

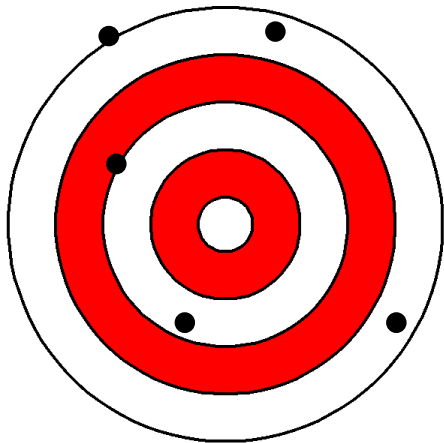
- **Naturales** (modificaciones producidas por las variaciones de presión, temperatura ..).
- **Instrumentales** (originados en el proceso de construcción o por desajustes de las herramientas de medición).
- **Personales** (debidos a las limitaciones de los sentidos humanos, nivel de conocimientos y estado psicológico).

Clasificación de los errores

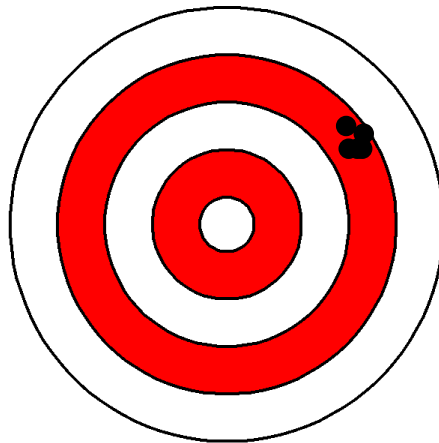
Atendiendo a las leyes que los gobiernan, los errores pueden ser:

- **Sistemáticos:** para iguales condiciones de trabajo son constantes **y/o** acumulativos. Pueden ser calculados y corregidos.
- **Groseros o equivocaciones:** corresponden a falsas medidas originadas por descuido en la lectura de un valor, una incorrecta anotación o un incorrecto manejo del instrumental. No pueden controlarse pero se pueden prevenir con correctos protocolos de trabajo.
- **Accidentales o aleatorios:** sus causas están fuera del control del observador por lo que son inevitables. La probabilidad de que sean positivos o negativos es la misma. Al ser aleatorios, se rigen por las leyes de probabilidad.

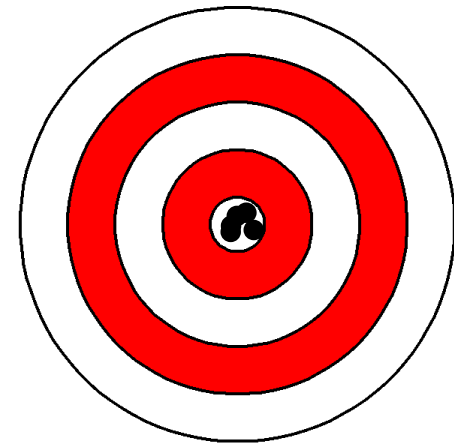
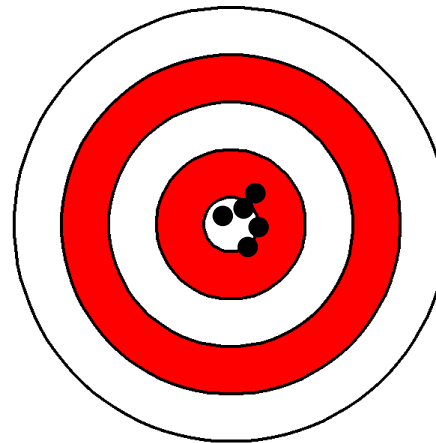
Precisión y exactitud



Poco preciso
Poco exacto



Muy preciso
Poco exacto



Muy preciso
Muy exacto

Cálculos

M= Media aritmética= Valor medio= Valor más probable

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} = \frac{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}{n}$$

m_i = valor medido n = número de medidas realizadas

**Residuos o errores
aparentes:**

$$e_1 = M - m_1$$

$$e_2 = M - m_2$$

.....

$$e_n = M - m_n$$

**Error medio cuadrático de las
observaciones:**

$$emc = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-1}}$$

Cálculos

**Error medio cuadrático
de las observaciones:**

$$emc = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-1}}$$

**Error medio cuadrático
del valor más probable:**

$$emcp = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n * (n-1)}}$$

Tolerancia:

$$T = 2.5 * emc$$

Valor a emplear:

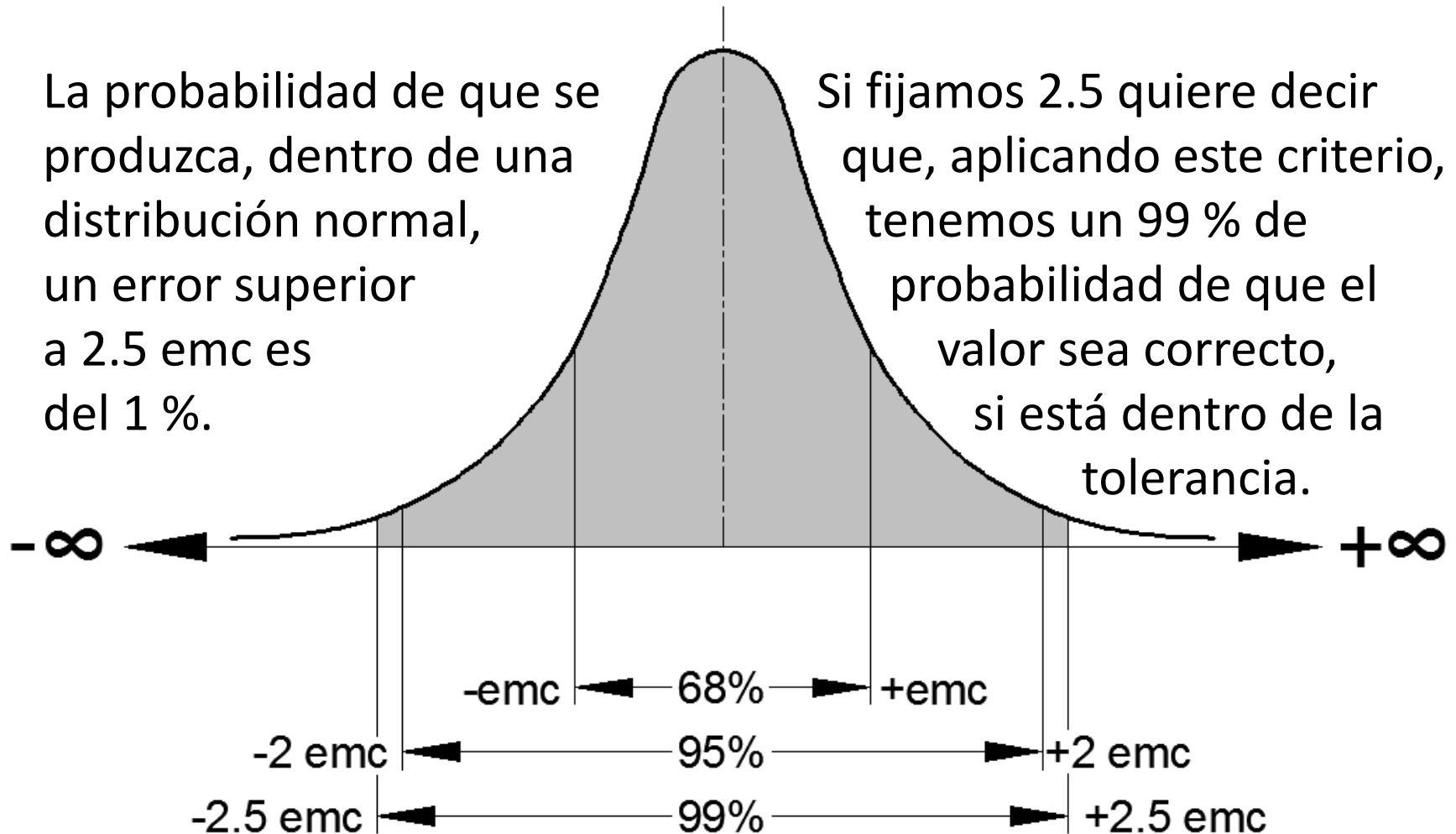
$$V_e = M \pm emcp$$

Sobre la tolerancia

Campana de Gauss

La probabilidad de que se produzca, dentro de una distribución normal, un error superior a 2.5 emc es del 1 %.

Si fijamos 2.5 quiere decir que, aplicando este criterio, tenemos un 99 % de probabilidad de que el valor sea correcto, si está dentro de la tolerancia.



Ejemplo

Cálculo de errores para una medida

Medidas	Nº datos	Media	Desviación	Desviación ²	Suma D ²	emc	emcp	Valor a emplear
431.421	11	431.421	0.000	2.07E-07	5.79E-04	0.0076	0.0023	431.421 ± 0.002
431.409			-0.012	1.55E-04				
431.426			0.005	2.07E-05				
431.420			-0.001	2.12E-06				K 2.5
431.419			-0.002	6.02E-06				Tolerancia 0.019
431.421			0.000	2.07E-07				
431.420			-0.001	2.12E-06				
431.420			-0.001	2.12E-06				
431.441			0.020	3.82E-04				
431.420			-0.001	2.12E-06				
431.419			-0.002	6.02E-06				

Ejemplo

Cálculo de errores para una medida

Medidas	Nº datos	Media	Desviación	Desviación ²	Suma D ²	emc	emcp	Valor a emplear
431.421	10	431.420	0.002	2.25E-06	1.59E-04	0.0042	0.0013	431.420 ± 0.001
431.409			-0.010	1.10E-04				
431.426			0.007	4.23E-05				
431.420			0.001	2.50E-07				K 2.5
431.419			0.000	2.50E-07				Tolerancia 0.010
431.421			0.002	2.25E-06				
431.420			0.001	2.50E-07				
431.420			0.001	2.50E-07				
431.420			0.001	2.50E-07				
431.419			0.000	2.50E-07				

Errores en Topografía

Ejemplo

Cálculo de errores para una medida

Medidas	Nº datos	Media	Desviación	Desviación ²	Suma D ²	emc	emcp	Valor a emplear
431.421	9	431.421	0.000	1.11E-07	3.60E-05	0.0021	0.0007	431.421 ± 0.001
431.426			0.005	2.84E-05				
431.420			-0.001	4.44E-07				K 2.5
431.419			-0.002	2.78E-06				Tolerancia 0.005
431.421			0.000	1.11E-07				
431.420			-0.001	4.44E-07				
431.420			-0.001	4.44E-07				
431.420			-0.001	4.44E-07				
431.419			-0.002	2.78E-06				

Ejemplo

Cálculo de errores para una medida

Medidas	Nº datos	Media	Desviación	Desviación ²	Suma D ²	emc	emcp	Valor a emplear
431.421	8	431.420	0.001	1.00E-06	4.00E-06	0.0008	0.0003	431.420 ± 0.000
431.420			0.000	0.00E+00				K 2.5
431.419			-0.001	1.00E-06				Tolerancia 0.002
431.421			0.001	1.00E-06				
431.420			0.000	0.00E+00				
431.420			0.000	0.00E+00				
431.420			0.000	0.00E+00				
431.420			0.000	0.00E+00				
431.419			-0.001	1.00E-06				

Temas 1, 2 y 3.

Fuentes consultadas

LIBROS

- **Santos Mora, A. (1988)**
Topografía y replanteo de obras de ingeniería
- **Martín Sánchez, S. (1977)**
Topografía para carreras técnicas

APUNTES y PRESENTACIONES

- **Mesas Carrascosa, J. (Universidad de Córdoba)**
Curso de experto SIG-Topografía. EGMASA (2011)
- **Calderón Pedrero, A. (Universidad de Sevilla)**
Apuntes de Topografía (2011)
- **Hernández Saucejo, F.R. (Univ. Autónoma de Chapingo)**
Conceptos de error y tolerancia

INTERNET

- <https://centrodedescargas.cnig.es>
- <http://detopografia.blogspot.com.es>
- <http://www.ign.es/web/gmt-declinacion-magnetica>
- www.gabrielortiz.com
- www.inegi.org.mx
- www.intotopografia.com
- www.leica-geosystems.es
- www.topcon.com
- www.yalosabes.com

Equivalencias con el programa oficial de la asignatura de Topografía del Grado en Ingeniería Agronómica

Bloque 1: CONCEPTOS BÁSICOS

Tema 1: Generalidades

Tema 2: Estudio de los errores en Topografía

Bloque 2: INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

Tema 3: Elementos de que constan los aparatos topográficos

Tema 4: Medida de distancias

Tema 5: Medida de ángulos

Tema 1:

Nociones básicas de Topografía

Tema 2:

Instrumental de Topografía clásica

Tema 3:

Errores en Topografía