

Encargado de obra.
Parte común

Topografía

José Ignacio Romero Trillo

M^a Luisa Soriano Sanz




1ª edición: marzo 2009

© José Ignacio Romero Trillo
© Mª Luisa Soriano Sanz
© Fundación Laboral de la Construcción
© Tornapunta Ediciones, S.L.U.
ESPAÑA

Av. Alberto Alcocer, 46 B Pª 7
28016 Madrid
Tél.: 91 398 45 00 Fax: 91 398 45 03
www.fundacionlaboral.org

ISBN: 978-84-96510-86-9
Depósito Legal: LU 71-2009

ÍNDICE

	Introducción	5
	Objetivos generales del curso	7
	Terminología básica	9
UD1	Instrumentos topográficos	11
UD2	Estación total	37
UD3	GPS	63
UD4	Señalización	87
UD5	El proyecto de obra y los levantamientos topográficos	105
UD6	Métodos de replanteo en obra	155
	Anexo. Unidades y sistemas de coordenadas	191
	Índice de figuras	207



INTRODUCCIÓN

La tierra tiene una complicada configuración geométrica, es un geode. Al ser ésta una figura matemática compleja, se utilizan otras superficies de referencia más sencillas, que se aproximan a la forma que tiene el planeta Tierra, como la esfera y el elipsoide de revolución. La ciencia que se encarga del estudio de la geometría y la curvatura terrestre es la Geodesia.

Sin embargo, cuando trabajamos en zonas pequeñas, no se considera la curvatura terrestre, sino que se supone la superficie del terreno que se va a representar plana, ya que dicha aproximación no repercute en una pérdida de exactitud en estos casos. Todo ello compete a la Topografía, que se define como la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos y técnicas para determinar la forma y las dimensiones de un terreno, representándolo gráficamente en un mapa o plano.

Para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, se realiza con mediciones de ángulos y distancias utilizando el sistema métrico decimal; para las direcciones se emplean las unidades de arco en el sistema centesimal.

En este Manual se pretende abordar los trabajos de topografía y **replanteo** en las obras de construcción.

Los replanteos constituyen la operación inversa del **levantamiento** topográfico. Los replanteos pueden ser motivados por causas puramente topográficas, como la desaparición de alguna señal, necesaria para trabajos posteriores, pero, por lo general, se usan para señalar en el terreno la geometría básica representada en los planos del proyecto.

Encargado de obra. Parte común

Topografía

En otras ocasiones, cuando se trata de parcelaciones de fincas, es preciso replantear las lindes de las parcelas que se hayan estudiado sobre el plano, apoyándose para ello en hitos o señales previamente fijados en el terreno y referidos en el levantamiento.

Cualquiera de todos los casos que puedan presentarse se reducen, en último término, a resolver alguno de los tres problemas siguientes:

- Replanteo de puntos.
- Replanteo de alineaciones rectas.
- Trazado de alineaciones curvas.

Todo lo que se trata en este Manual pretende servir de apoyo a los conocimientos adquiridos a pie de obra por el encargado; debe consultarse cualquier duda sobre el desarrollo de los trabajos de topografía o de replanteo al ingeniero técnico en Topografía.



OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO

Al finalizar el curso el alumno será capaz de:

- Conocer los métodos topográficos y saber emplear el más adecuado en cada caso.
- Analizar los planos y la documentación necesarios para la ejecución del replanteo.
- Manejar los instrumentos topográficos más adecuados para cada trabajo.
- Conocer los principales métodos de levantamiento topográfico.
- Conocer los principales métodos de replanteo.
- Aprender a detectar y prevenir los riesgos laborales que se pueden derivar de los trabajos de topografía.



TERMINOLOGÍA BÁSICA

Antes de iniciar el estudio de este Manual conviene introducir o recordar algunos conceptos básicos relacionados con la materia:

Geodesia:

Ciencia que se encarga del estudio de la representación y forma de la superficie de la Tierra, de forma global y parcial, teniendo en cuenta su curvatura.

Geoide:

Etimológicamente significa "forma que tiene la Tierra". Se define como una superficie equipotencial, coincidente aproximadamente con el nivel medio de las aguas de los océanos; esta forma es asimilable a prolongar la superficie de los mares por debajo de los continentes. Para definir el geoide se adopta el valor de potencial cuyo geoide asociado se aproxima más a la superficie de los océanos (superficie media del mar, prescindiendo de oleaje, mareas, corrientes y rotación terrestre, que coincide con una superficie equipotencial). El geoide no coincide exactamente con la superficie real del mar, ya que los océanos están sujetos a corrientes y mareas; sin embargo, al ser una superficie equipotencial, el potencial en cualquier punto será el mismo y la dirección de la gravedad perpendicular a la superficie del mismo. La forma del geoide no coincide tampoco con la topografía terrestre, modelada por fuerzas tectónicas. Geométricamente el geoide es parecido a un elipsoide de revolución (esfera achatada por los polos).

Encargado de obra. Parte común

Topografía

Levantamiento:

Conjunto de operaciones topográficas que sirven para determinar las posiciones de puntos en el espacio para ser representados en los planos.

Obra civil:

Rama de la ingeniería que se encarga del estudio y la realización de las distintas infraestructuras, hidráulicas y de transporte, como carreteras, ferrocarriles, etc.

Replanteo:





Consiste en plasmar en el terreno los detalles representados en los planos; es el proceso inverso de la toma de datos y el paso previo para la realización de una obra.

Topografía:

De "topo", que significa lugar, y "grafos", descripción. Ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas y se limita a pequeñas extensiones de terreno; se utiliza la denominación "geodesia" para áreas mayores.

UD1

ÍNDICE

		Objetivos	12
		Mapa conceptual	13
1.1		Introducción	14
1.2		Representación del relieve. Planos acotados	15
1.3		La brújula	19
1.4		La estación total y el GPS	19
1.5		El nivel	20
1.6		El teodolito	25
1.7		Instrumentos para la medición de distancias	26
1.8		Clasificación de los aparatos topográficos	29
1.9		Prevención de riesgos laborales de los trabajos topográficos	30
		Resumen	33
		Terminología	35



OBJETIVOS

Al finalizar esta Unidad Didáctica, el alumno será capaz de:

- Reconocer los instrumentos topográficos que se utilizan en las obras de construcción.
- Saber para qué se usa cada instrumento topográfico actual.
- Saber con qué aparatos se realizan las medidas de ángulos y distancias horizontales.
- Saber con qué aparatos se hacen las medidas de ángulos y distancias verticales.
- Conocer los distintos niveles existentes en el mercado y saber elegir el más adecuado en función del tipo de trabajo que se vaya a realizar.

MAPA CONCEPTUAL

Representación del relieve: planos acotados

Brújula

Estación total y GPS

Nivel	- De agua o de manguera
	- De mano
	- Topográfico

Teodolito: medición de ángulos	- Acimutales
	- Cenitales

Instr. para medir distancias	- Rueda de medir
	- Distanciómetro

Clasificación de aparatos topográficos	- Instr. planimétricos
	- Instr. altimétricos

Prevención de riesgos laborales de los trabajos topográficos



1.1 INTRODUCCIÓN

Esta primera Unidad Didáctica se destina al estudio de los aparatos que se utilizan en topografía.

Antes de comenzar el estudio de los distintos aparatos topográficos, se hace un repaso sobre cómo se interpretan los planos topográficos.

Además de los aparatos tradicionales, el teodolito o el nivel, se ven los instrumentos modernos, como la estación total o el GPS.

En esta Unidad se estudian, además, los instrumentos destinados a la medición de ángulos y distancias: la brújula y el teodolito para la medición de ángulos y la cinta métrica, la rueda de medir y el distanciómetro para la medición de distancias.

Por último, se indica la agrupación de dichos instrumentos según su función. De este modo, dentro de los instrumentos tradicionales se distingue entre altimétricos y planimétricos, según sirvan para medir **desniveles**, como el nivel, o ángulos y distancias en el plano horizontal, como el teodolito o el distanciómetro.

La estación total, al ser uno de los instrumentos más utilizados y complejos, se explica en detalle en la Unidad Didáctica 2.

1.2 REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE. PLANOS ACOTADOS

En el Manual titulado "Interpretación de planos" perteneciente a la parte común del itinerario de Encargado de obra se hizo una introducción a la interpretación de los planos que se manejan en obra civil, cuya simbología es muy similar a la utilizada en los planos topográficos. Asimismo, se estudiaron los planos de perfiles transversales y la interpretación de los datos que se obtienen de los mismos.

En este apartado se indican brevemente los aspectos fundamentales relacionados con el sistema de planos acotados, que es el que generalmente se utiliza para representar el relieve del terreno, sea natural o esté modificado por el ser humano.

El sistema de planos acotados se basa en la proyección ortogonal de los puntos significativos a la hora de representar el terreno sobre un plano horizontal. Este plano horizontal de proyección se supone tangente a la curvatura terrestre en el punto en el que se está representando.

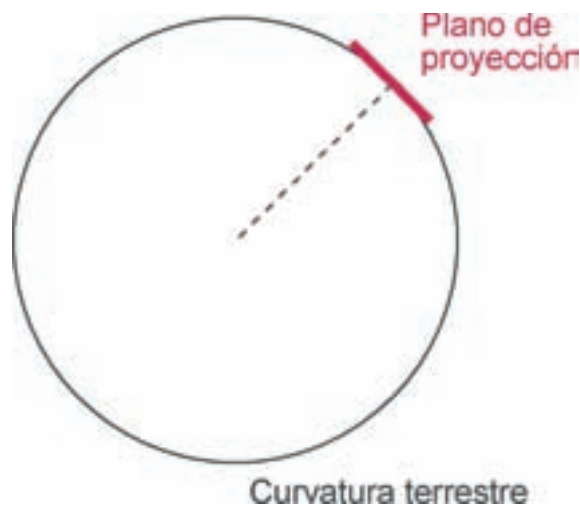


Figura 1. El plano de proyección del terreno se supone perpendicular a la curvatura terrestre

Como se mencionó en la introducción general de este Manual, a los efectos de los planos utilizados en construcción no se considera la curvatura terrestre, sino que se supone que la fracción del terreno que se va a representar es plana, ya que dicha aproximación no repercute en una pérdida de exactitud. Dicho de otra forma, el plano horizontal de proyección de los planos acotados es el mismo para todos los puntos del terreno que se van a representar.



Figura 2. La superficie terrestre que se va a representar se aproxima a un plano

En los sistemas de representación ortogonal, entre los que se encuentran los planos acotados, se pueden tomar medidas sobre el plano con una regla graduada según la escala del mismo. Esto es posible gracias a que todos los puntos se localizan en el espacio mediante coordenadas relativas a los ejes (X, Y, Z) de un triedro compuesto por tres planos perpendiculares entre sí. Al ser el triedro ortogonal, las figuras tales como rectas, curvas y superficies se proyectan en los planos del triedro sin deformación alguna.

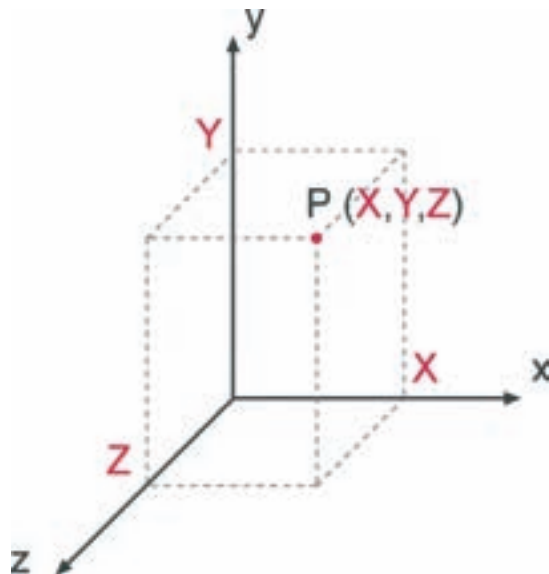
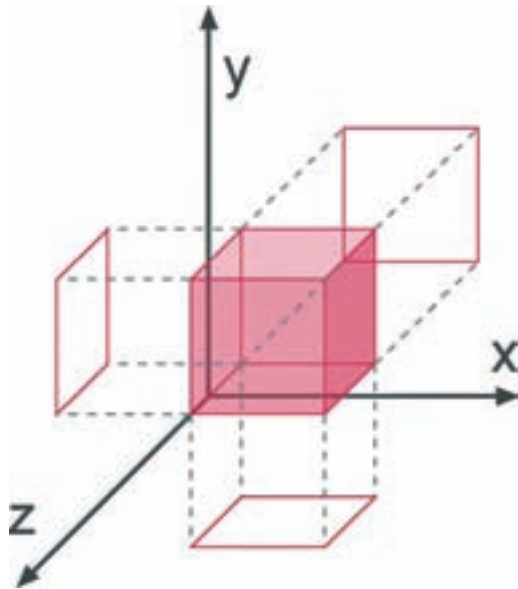
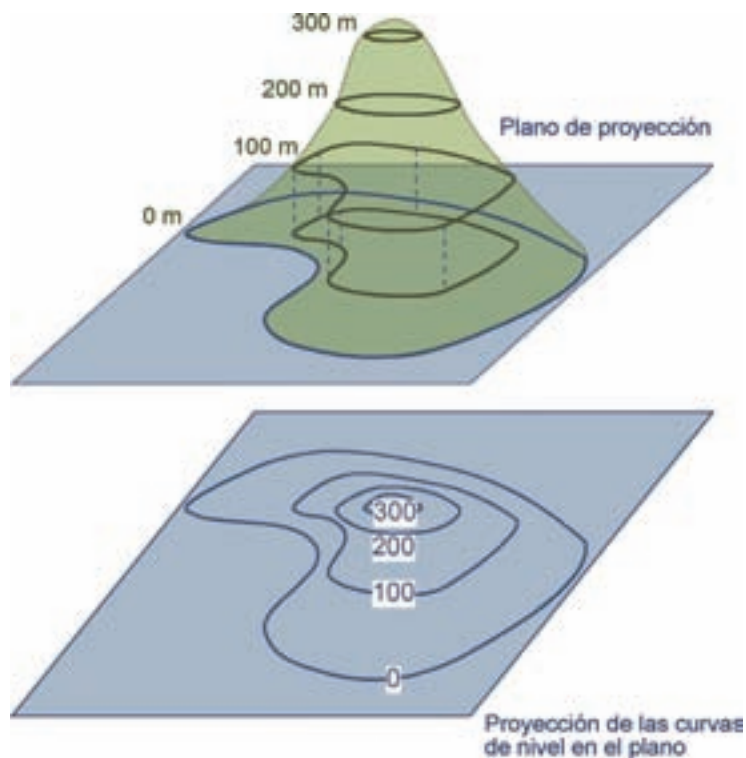


Figura 3.
Representación de un punto P
en el espacio por sus
coordenadas X, Y, Z

**Figura 4.**

Proyección de una recta en los planos del triedro

En el sistema de planos acotados, cuando representamos el relieve del terreno, por ejemplo una colina o un montículo, lo hacemos gracias a la intersección de unos planos imaginarios, paralelos al plano horizontal de representación, equidistantes entre sí, cuya intersección con la figura que se va a representar da unas curvas llamadas "de nivel".

**Figura 5.** *Curvas de nivel del terreno y sus cotas asociadas*

Las curvas de nivel son, por lo tanto, curvas de puntos que tienen la misma altura o **cota** (coordenada Z) contenidas en planos paralelos al de proyección. Así, de un punto perteneciente a una curva de nivel, se conocen sus coordenadas X e Y, ya que se proyectan sobre el plano conservando su **verdadera magnitud**, sin deformación alguna, y su coordenada Z, o su cota, que se corresponde con la altura de la curva.

Recuerda



Las curvas de nivel son curvas de puntos que tienen la misma altura o cota (coordenada Z) que se proyectan sobre el plano de proyección sin deformación alguna.

De este modo se representa la superficie de la tierra, colinas, vaguadas y el resto de accidentes del terreno. No obstante, hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las curvas de nivel son cerradas, aunque pueden aparecer representadas parcialmente en el plano, con lo que no se apreciará la curva completa. Siempre será un número par en el corte con el límite del plano.
- Cuando el número de cota de la curva que engloba crece, se está representando una protuberancia, montaña o colina.
- Cuando el número de la cota de la curva que se engloba decrece, se está representando una vaguada.
- Las curvas de nivel nunca se cortan entre sí.

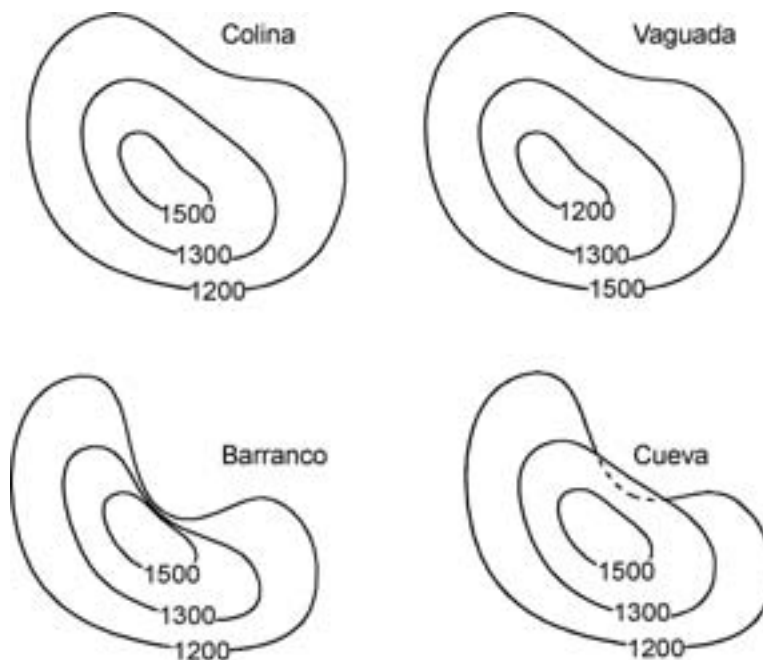


Figura 6. Representación de diversos accidentes del terreno en un plano topográfico

1.3 LA BRÚJULA

A la hora de representar la superficie de la Tierra en un mapa o plano necesitamos valernos de instrumentos que permitan tomar los datos imprescindibles.

Una vez realizada la toma de datos en el campo en un segundo proceso, el de gabinete, se obtienen los cálculos y se operan para representar el terreno, la carretera, la calle o la estructura.

Haciendo un pequeño recorrido histórico de los instrumentos utilizados, podemos encontrarnos con la **brújula**. Dicho aparato se orienta al Norte magnético teniendo que tomar las distintas direcciones que se van a representar referidas a dicho ángulo que formaba el punto requerido respecto al Norte.

La brújula topográfica se emplea en trabajos que no necesitan demasiada precisión.

Como incunables quedan todas las campañas que el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha realizado por toda la península y sus desarrollos matemáticos para cartografiar toda la superficie de nuestro Estado.

La brújula siempre orienta al norte magnético.

Recuerda

1.4 LA ESTACIÓN TOTAL Y EL GPS

Dando un gran salto en la historia de la Topografía nos encontramos con la estación total, aparato que ha supuesto un antes y un después en el trabajo cotidiano de campo. Gracias de la medida electromagnética de distancia (MED) permite a los ingenieros técnicos en Topografía reducir mucho tiempo de campo en la toma de datos y aumentar la precisión de sus trabajos. Por tanto, en el trabajo diario se tiene mayor agilidad y eficacia, lo que disminuye, como podemos imaginar, muchos costes.

La estación total se utiliza para medir ángulos horizontales, verticales y distancias.

Recuerda

Siguiendo con el avance tecnológico de nuestros días, llegamos al **GPS** (Sistema de Posicionamiento Global). Todo el desarrollo técnico de dicho sistema se concibió en su origen para uso exclusivamente militar y era muy preciso en las distintas guerras. Este empleo militar se fue extendiendo para trabajos civiles; de ahí que en nuestros días sea imprescindible como instrumento propio de las labores topográficas.

Independientemente del sistema GPS, inventado en EE.UU., en la actualidad existen dos proyectos, GLONASS y GALILEO, soviético y europeo, respectivamente, que permiten acceder a otras constelaciones de satélites dispuestos a emitir su información en un futuro cercano.

Recuerda

Las siglas GPS corresponden en inglés a "*Global Position System*", lo que significa: Sistema de Posicionamiento Global.

1.5 EL NIVEL

En topografía es muy importante la **cota** o la altura de los puntos para todo tipo de obras, sean un viaductos, casas, etc.

Además, para la ejecución de los proyectos de obra civil y de edificación es necesario conocer con mucha precisión la cota de los distintos puntos que se van a replantear. Es decir, un punto estará bien replantado cuando se halle situado en su verdadera posición, tanto en sus coordenadas X e Y como en su cota Z. Esto nos lleva a realizar una toma de datos y un replanteo minucioso respecto a la altura del punto. Dependiendo de los proyectos, arrastraremos cotas absolutas (medidas a partir del nivel medio del mar en Alicante) o relativas (creadas para cada proyecto).

La **altimetría** es la parte de la Topografía que representa la altura o cota de los distintos puntos de terreno, es decir, es la representación del relieve.

Los instrumentos alimétricos, como el **nivel**, determinan la diferencia de elevación entre dos puntos tomando como referencia el plano horizontal.

Esto nos lleva a que una parte de este Manual preste especial atención tanto al nivel, como instrumento, como a los distintos métodos de nivelación que podemos emplear, teniendo en cuenta la precisión con la que realizaremos nuestro trabajo.

Recuerda

El nivel es un aparato que utilizamos en topografía para calcular los desniveles entre puntos.



RESUMEN

- Las curvas de nivel son curvas de puntos que tienen la misma altura o **cota** (coordenada Z) que se proyectan sobre el plano de proyección sin deformación alguna.
- La brújula siempre orienta al Norte magnético.
- La estación total se utiliza para medir ángulos horizontales, verticales y distancias.
- Las siglas GPS corresponden en inglés a "Global Position System", lo que significa Sistema de Posicionamiento Global.
- El nivel es un aparato que utilizamos en topografía para calcular los desniveles entre puntos.
- Para obtener diferencia de cota entre puntos el instrumento que garantiza mayor precisión es el nivel topográfico.
- Para medir ángulos horizontales podemos utilizar el teodolito, aunque actualmente se usa más la estación total.
- El distanciómetro es el dispositivo con mayor exactitud a la hora de medir distancias entre puntos.

- Uno de los riesgos más característicos es el de atropello cuando se desarrollan labores en los arcenes de calzadas con tránsito de vehículos. A fin de minimizar este riesgo es necesario señalar la presencia de trabajadores en las vías y éstos deben emplear ropa de alta visibilidad.
- También pueden ocurrir atropellos durante la ejecución del movimiento de tierras. En esta fase de la obra es muy habitual la presencia de topógrafos en las inmediaciones de las zonas de influencia de las máquinas. Por ello es preciso delimitar los espacios de trabajo de dichas máquinas y no transitar, en la medida de lo posible, por ellos.
- Ante la existencia de una tormenta con aparato eléctrico es preciso suspender los trabajos topográficos y resguardarse en un lugar seguro.
- La presencia de líneas eléctricas, tanto enterradas como aéreas, en las proximidades conlleva un riesgo de contacto con las mismas. Para reducirlo, se señalará, si es posible, el trazado de las líneas eléctricas enterradas, se evitará trabajar en su proximidad y se reconocerá previamente la ubicación de las líneas eléctricas aéreas. En estos casos deben emplearse equipos topográficos conformados por material dieléctrico y los trabajadores estarán dotados de guantes y calzado aislantes de la electricidad.



TERMINOLOGÍA

Brújula:

Instrumento que sirve para determinar cualquier dirección de la superficie terrestre por medio de una aguja imantada que siempre marca los polos magnéticos Norte y Sur.

Cota:

Suma del desnivel a una altura de referencia; puede ser cota relativa (respecto a un plano arbitrario) o absoluta (en España, respecto al nivel medio del mar en Alicante).

Desnivel:

Diferencia de nivel entre dos puntos.

Distanciómetro:

Dispositivo electrónico para la medición de distancias que funciona emitiendo un haz luminoso, sea infrarrojo, láser o ambos, que rebota en un prisma o directamente sobre la superficie y, dependiendo del tiempo que tarda el haz en recorrer la distancia, se determina ésta.

Estación total:

Instrumento electroóptico utilizado en topografía cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Genéricamente se denomina así porque tiene la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, lo cual requería previamente diversos instrumentos.

GPS:

Sistema de Posicionamiento Global (más conocido con las siglas GPS; su nombre más correcto es NAVSTAR GPS). Es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave con una precisión hasta de centímetros usando GPS diferencial, aunque lo habitual es que se trate de unos pocos metros. El sistema fue desarrollado e instalado y actualmente es operado por el Departamento de Defensa de EE.UU.

Mira:

Regla graduada, normalmente en centímetros, que se utiliza como instrumento auxiliar para medir desniveles con el nivel.

Nivel:

Instrumento de medición utilizado para determinar la horizontalidad o verticalidad de un elemento.

El nivel topográfico es un instrumento usado en topografía y agrimensura que, de manera análoga a un teodolito, permite medir niveles y realizar nivelaciones con precisión elevada.

Teodolito:

Instrumento de medición mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y, sobre todo, horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada. Con otras herramientas auxiliares puede medir distancias y desniveles.

Verdadera magnitud:

Se dice que una recta o una curva están representadas en verdadera magnitud cuando se pueden medir directamente sobre el plano de proyección, ya que conservan sus dimensiones reales. Las rectas y curvas contenidas en planos paralelos al de proyección están representadas en verdadera magnitud debido a que la proyección ortogonal de sus puntos no implica una deformación de sus dimensiones en el plano.