

Métodos empleados en agrimensura y nivelación simple

1. MÉTODOS DE TRABAJO EN AGRIMENSURA

Durante mucho tiempo se consideró la agrimensura como una especialización o una división de la topografía. Con los años, sin embargo, comenzó a reconocerse a la agrimensura como una disciplina con autonomía centrada en el estudio de elementos territoriales y en el establecimiento de límites.

- Métodos de trabajo en agrimensura
- Métodos de trabajo en nivelación simple
- Factores condicionantes de los trabajos
- Selección de métodos según las características del terreno

OBJETIVOS:

- Elegir el método de trabajo más idóneo, entre los diferentes métodos empleados en agrimensura y nivelación simple, teniendo en cuenta las características del terreno.
- Enumerar los métodos de trabajo empleados en agrimensura y nivelación simple.
- Explicar los métodos de radiación, itinerario e intersección utilizados en agrimensura.
- Explicar los métodos del punto medio, punto extremo, estaciones recíprocas y estaciones equidistantes empleados en nivelación simple.
- En un caso y/o supuesto práctico de un trabajo de agrimensura o nivelación simple.





- Identificar los accidentes del terreno, obstáculos y elementos singulares que podrían condicionar la realización del trabajo.
- Elegir el método de trabajo a emplear en función de los factores condicionantes detectados.

Gracias a la agrimensura es posible desarrollar documentos propios de la cartografía, fijar los límites de un terreno y producir mapas y planos. En el desarrollo de sus actividades, la agrimensura apela a nociones de la arquitectura, la ingeniería, la geometría, la física, la matemática y otras ciencias.

La agrimensura es esencial para establecer los límites de la tierra y, de este modo, determinar la propiedad de la misma. Para esto se miden las distancias, los ángulos y las alturas con diferentes instrumentos. Estas actividades pueden ayudar a delimitar la propiedad privada y las divisiones políticas de un terreno.

La construcción de puentes, represas y caminos también requiere de la aplicación de la agrimensura. Por eso los agrimensores son profesionales que se necesitan en diferentes ámbitos y que pueden trabajar para distintos tipos de corporaciones.

Se definen como **métodos topográficos** al conjunto de técnicas de instrumentación y operación en la toma de medidas tanto lineales como angulares y, asimismo, la gestión o tratamiento de estos datos en el proceso de la realización de un trabajo topográfico.

La **modelización del terreno** es la representación obtenida del relieve del terreno como consecuencia de una medición realizada sobre él y que permite conocer la forma sinuosa o quebrada de dicha superficie.

La división más usual de los métodos topográficos es:

- **Métodos altimétricos.** Tratan de la determinación o estudio de la distancia vertical entre los puntos. Tratan de determinar y representar la altura o cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia.
- **Métodos planimétricos.** Tratan del estudio y de la posición relativa de los puntos sobre el plano horizontal, prescindiendo de la relación en alturas. Tienden a conseguir la representación a escala, sobre una superficie plana, de todos los detalles interesantes del terreno prescindiendo de su relieve.
- **Métodos taquimétricos.** Aquellos que tratan a la vez altimetría y planimetría mediante la determinación polar de la posición de los puntos.
- **Métodos de triangulación.** Son los métodos que localizan o determinan posiciones relativas de los puntos mediante mediciones angulares a partir de una base.

1.1 Métodos altimétricos

Los trabajos altimétricos, o de nivelación de un terreno, tienen por objeto determinar la altura de sus puntos característicos sobre una superficie de nivel que se toma como superficie de comparación; puede ser esta cualquiera, elegida arbitrariamente, sin más condición que la de estar más baja que el punto de menor altura de todos los que hayan de levantarse.

Las alturas de estos puntos sobre la superficie de comparación se denominan cotas que, con la condición antes indicada, serán todas positivas.

La elección arbitraria de la superficie de comparación tiene el inconveniente de no podemos relacionar entre sí trabajos diferentes y por eso se prefiere utilizar siempre una misma superficie de referencia a la que se asigna la cota cero. Es esta la superficie de medida de los mares en calma, prolongada por debajo de los continentes; superficie de nivel a la que hemos dado el nombre de geoide. La cota de un punto referido al nivel del mar la llamaremos altitud.

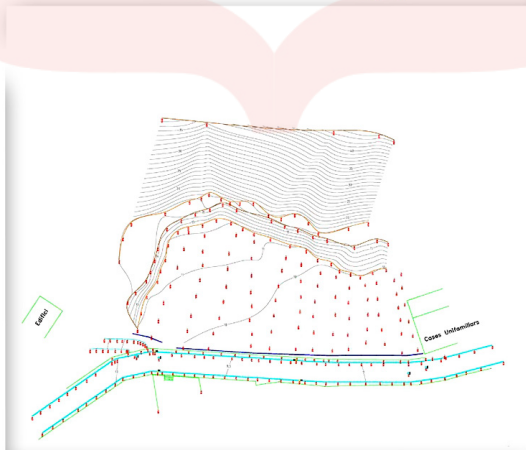
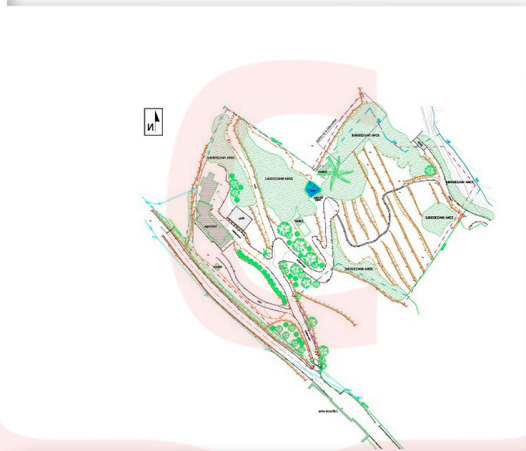
En España se ha dado la altitud cero al nivel medio del mar en Alicante, estableciéndose una señal en las gradas del Ayuntamiento que ha servido de origen para toda la red altimétrica nacional. En todo trabajo ha de partirse de un punto de origen de altitud conocida, o al que se le asigne, en su caso, cota arbitraria, y para hallar la de todos los demás puntos del levantamiento se determinan los desniveles entre cada dos puntos, denominándose **desnivel** la cota, positiva o negativa, de uno de ellos con respecto a la superficie de comparación que pasa por el otro.

El desnivel, sumado algebraicamente a la altitud del primer punto, nos dará la del segundo; este servirá a su vez de origen al tercero, y así sucesivamente; operación que se designa con el nombre de **arrastrar o correr las cotas a todos los puntos**, una vez conocidos sus desniveles parciales. Todo el problema altimétrico se reduce, por tanto, al cálculo de desniveles entre dos puntos.

1.2 Métodos planimétricos

De la misma forma que se registran y calculan los datos correspondientes a altimetría, en cuanto a la planimetría también podemos registrarlos en un cuadrante en el que señalar las operaciones que se realizan, una vez calculadas las coordenadas parciales, en los itinerarios cerrados y encuadrados analizar el error de cierre y, si procede, compensarlos. En este caso se realiza un reparto proporcional al valor de cada ordenada o abscisa. Una vez compensados se les lleva a su valor al origen tanto de estaciones como de puntos radiados.

Si bien este procedimiento no es el más exacto matemáticamente, sí es el más usado cuando se realizan los cálculos de forma manual. Hoy día, apenas si se realizan estos cálculos manualmente, pues los procedimientos informáticos que suelen emplearse para el procesamiento y cálculo de los datos de campo los suelen resolver por ajustes de mínimos cuadrados. No obstante, no hay que perder de vista que es inútil emplear procesos matemáticos complejos y precisos si no se ha realizado una actuación y toma de datos de campo precisa. Dado que en topografía son modelos aproximados los que se manejan, es más acertado una actuación de campo metodológica y exacta que utilizar “a posteriori” modelos matemáticos complejos que no pueden eliminar los desaciertos cometidos en el campo.



Planimétricos y altimétricos de diferentes terrenos, según el autor Antonio Castrillo Rey.

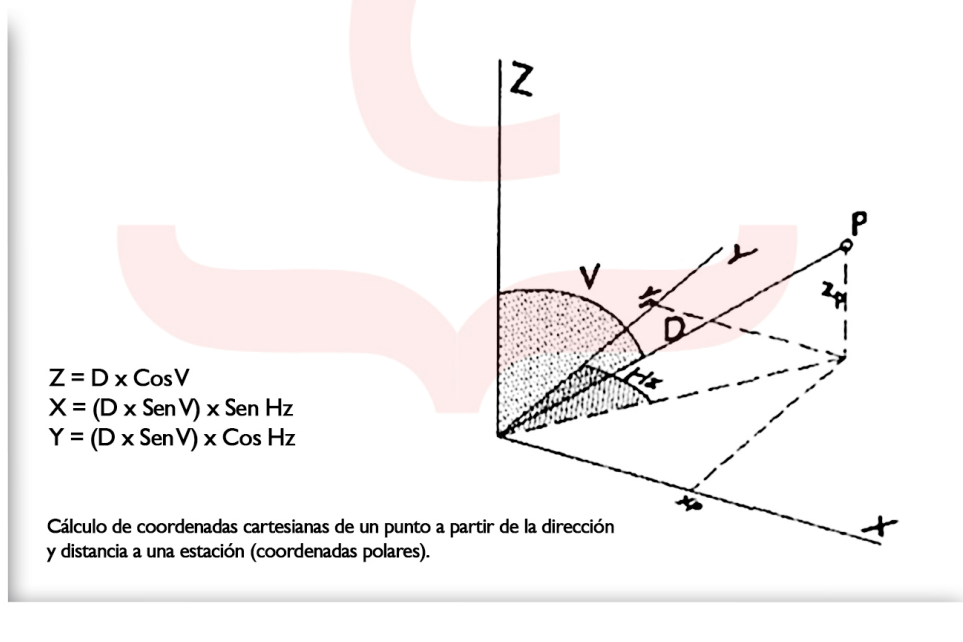
Las principales metodologías planimétricas son:

A. Radiación

Es el método más sencillo, que consiste en la determinación de las coordenadas de puntos, x , y y z , seleccionados por el observador, desde una estación o localización, normalmente de coordenadas conocidas. En este método se estaciona, nivela y centra un aparato topográfico en una localización, que permanece invariable durante las mediciones, para determinación de puntos alrededor de las estaciones. Los instrumentos usados son:

- Taquímetro y mira.
- Teodolito y mira.
- Distanciómetro y prisma.

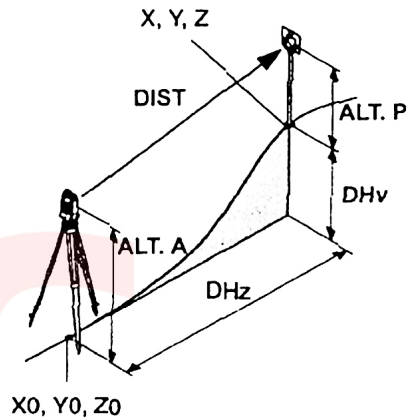
Con este método, se determina la posición en el espacio gracias al conocimiento de la dirección y la distancia a la que se encuentra con respecto al punto desde donde realizamos la medición. Con estos datos obtenemos las coordenadas polares de los diferentes puntos, fácilmente transformables a coordenadas cartesianas.



Como hemos mencionado, con este método necesitamos conocer la distancia a la que se encuentran los puntos de la estación. Si el punto es accesible, esto no reviste problema; un operador se colocará en el punto deseado con un prisma reflectante y realizamos la medición sobre este. La estación total calculará la

distancia geométrica (menor distancia que separa dos puntos) y conociendo la altura del aparato (ALT.A) y del prisma (ALT.P), datos que debemos indicarle, obtendrá la proyección de esta distancia en el plano horizontal, también llamada **distancia reducida** (DH_z), y en el vertical, conocida como **desnivel** (DH_v). Con estos datos y los ángulos obtenemos las coordenadas de los puntos.

DIST: Distancia geométrica.
ALT. A: Altura del aparato.
ALT. P: Altura del prisma.
DH_z: Distancia reducida.
DH_v: Densivel.



Si el prisma va colocado sobre un jalón, debemos tener la precaución de situarlo en el vertical del punto. De no ser así, no obtendríamos el resultado deseado. Para conseguir esto, los jalones van provistos de un nivel esférico que debemos calar para asegurar su verticalidad.

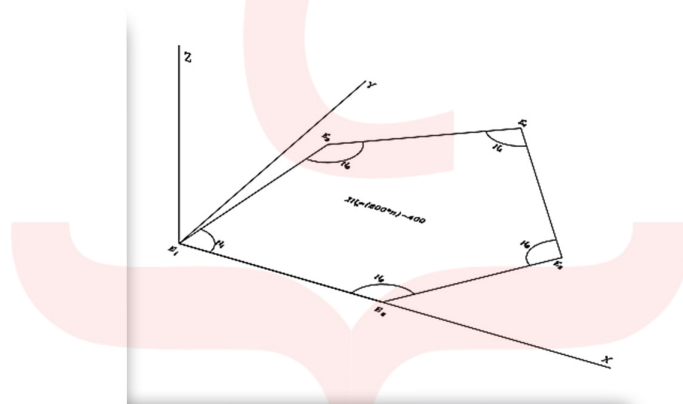


Si el punto no es accesible no podrá colocarse ningún elemento en este para realizar la medición de distancia. En estos casos podremos recurrir a la medición con láser, si el aparato nos lo permite, con lo cual solucionamos el problema. Si no contamos con un instrumento que permita realizar de esta forma la medición, deberemos recurrir a otro procedimiento topográfico denominado **intersección directa**.

B. Itinerarios o poligonales

Es un método planimétrico empleado para la obtención de ciertos puntos (estaciones) que sirven de base para el levantamiento de los puntos deseados mediante radiación o intersección directa. Este método surge por la imposibilidad de levantar todos los puntos deseados desde tan solo una estación. Gracias a él, obtenemos las coordenadas de los puntos de estación con respecto a un sistema de referencia elegido, pudiendo a continuación relacionar entre sí todos los puntos conseguidos desde las diferentes estaciones.

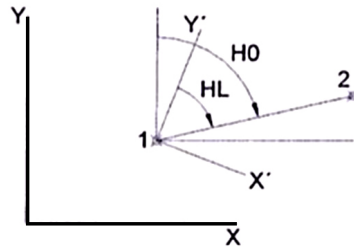
El método de poligonales consiste en definir una serie de puntos de estación dispuestas en recorrido, de tal manera que, desde cada una de ellas, podamos ver la estación anterior y posterior. A este conjunto de estaciones se le denomina **poligonal**. Mediremos desde cada estación las direcciones y distancias con las adyacentes. Este recorrido deberá arrancar y terminar en la misma estación (poligonal cerrada) o en dos estaciones con coordenadas conocidas (poligonal en cuadrada).



Partiendo de la primera estación, se calcula la posición de la siguiente por simple paso de coordenadas polares y cartesianas, y giro y traslación del sistema de coordenadas local de cada estación unificándolo con el general. Conocidas las coordenadas de la estación segunda, se opera de forma sucesiva en cada una de las siguientes hasta llegar a la estación final. Las coordenadas obtenidas para esta diferirán normalmente de las previamente conocidas, dándonos una idea del error cometido en la medición. Si el error resulta tolerable según unos criterios preestablecidos, se compensa distribuyéndolo entre todas las estaciones.

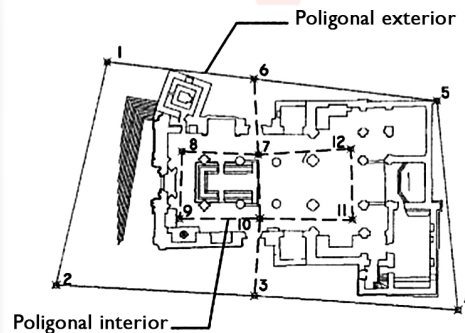
Para poder unificar los sistemas relativos de cada estación, debemos realizar la medición de lo que se denomina **lecturas de referencias** (HL): ángulo horizontal entre una estación y un punto de coordenadas conocidas, normalmente otra estación de la poligonal. Esto nos permitirá conocer el giro necesario que debemos aplicar al sistema de coordenadas de esa estación para que coincida con el sistema de coordenadas absoluto o general. Este giro se define como **azimut de referencia** (HZ).

X - Y: Sistema absoluto.
 X' - Y': Sistema relativo de la estación I.
 ML: Lectura de referencia.
 H0: Azimut do referencia.



A partir de una poligonal primaria podremos medir otras secundarias o auxiliares que arranquen y terminen en estaciones de la primaria, obteniendo el número de estaciones suficientes desde los que poder observar cualquier punto del edificio. La poligonal primaria debe establecerse de tal modo que envuelva, si es posible, todo el edificio, y que tenga el menor número de vértices o estaciones. Estas normas nos permitirán limitar los errores y evitar su acumulación.

En edificios de grandes dimensiones o de planta muy complicada y con escasas comunicaciones entre exterior e interior y en los que, por tanto, al utilizar la cinta métrica en mediciones cortas y sucesivas vamos forzosamente a acumular grandes errores, es muy conveniente acudir a métodos topográficos estableciendo una o varias poligonales cuyos vértices medidos con gran precisión nos sirvan como puntos de referencias, a partir de los cuales podamos tomar medidas con cinta o utilizar los métodos de radiación o intersección directa. De esta forma, tendremos siempre un control de los errores generales que quedarán limitados a los errores de la poligonal. Ampliaremos la clasificación de los itinerarios de nivelación más adelante.



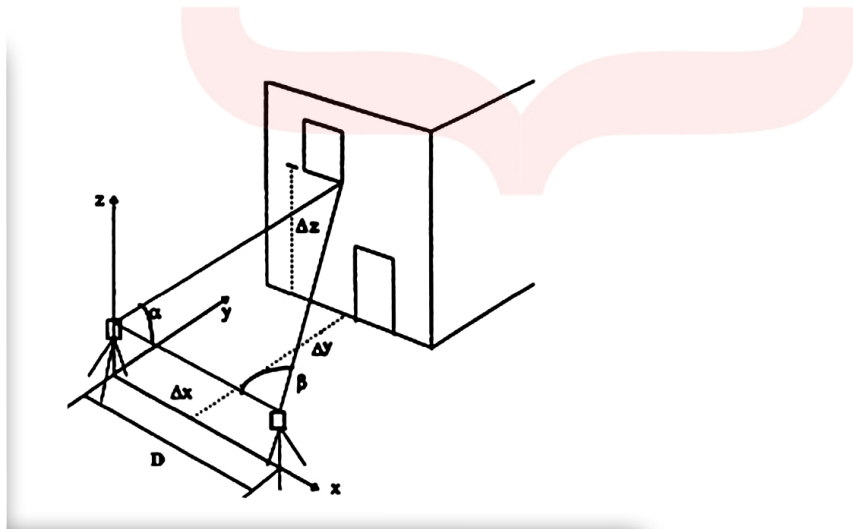
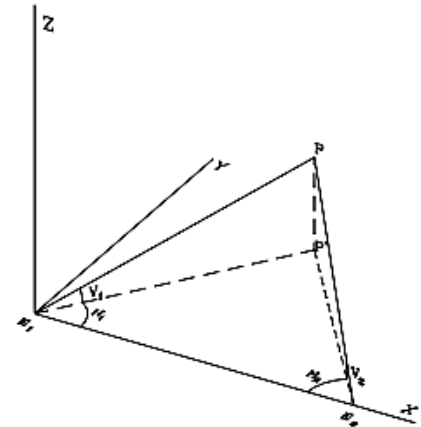
Los instrumentos empleados son:

- Taquímetro y mira.
- Teodolito y distanciómetro.

C. Intersección

Si observamos un punto desde dos posiciones distintas, este forma con las dos estaciones un triángulo en el espacio, el cual queda determinado por la posición de uno de sus lados (por ejemplo, el que une las dos estaciones) y los ángulos adyacentes, definidos a partir de las direcciones en que se encuentra el punto a medir desde ambas estaciones. Gracias a estos datos podemos conocer la posición de puntos en el espacio.

Normalmente, la intersección de visuales no se produce debido a los pequeños errores cometidos. Podemos solucionar este problema determinando la distancia mínima entre las dos rectas, lo cual nos proporciona también la magnitud del error. A veces ocurre que la lectura de una de las visuales no se hace de manera correcta, por lo que, aun teniendo una bien realizada, no podemos obtener la posición del punto deseado. Para evitar el problema, y sobre todo si se requiere alta precisión, puede visarse el punto desde una tercera estación o incluso más, aumentando la posibilidad de la medición.



Es el método más utilizado cuando se pretende buscar precisión. Son dos:

- **Intersección de ángulos:**
 - Directa: se estaciona sobre puntos de coordenadas conocidas.
 - Inversa: solamente se conocen las coordenadas del punto visado, a calcular
 - Mixta: se conocen las coordenadas del punto visado, a calcular. El instrumento es el teodolito
- **Intersección de distancias:** solo se miden distancias. Puntos de coordenadas conocidas o estaciones de coordenadas conocidas. Los instrumentos son el teodolito y el distanciómetro.

1.3 Métodos taquimétricos

Consiste en la determinación de la posición relativa de puntos del terreno mediante la observación, al mismo tiempo, de distancias y ángulos.

Su aplicación más cercana es el desarrollo topográfico en el ámbito de la ingeniería civil y obra de construcción de arquitectura. Complementa los trabajos topográficos de primer orden y alcanza el detalle sensible preciso para el desarrollo del proceso constructivo.

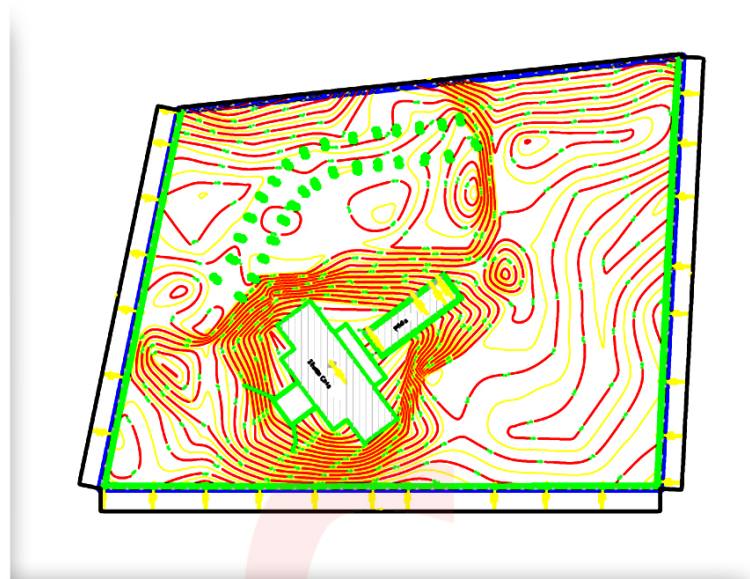
La característica principal del sistema es el uso del aparato denominado **taquímetro**, un goniómetro de limbo horizontal y vertical, con capacidad para medir la distancia entre el eje de giro del anteojo y el punto observado. Esta medición de distancia se realiza en el proceso indirecto por un procedimiento estadimétrico, infrarrojos o láser, mientras que en el directo sería con el empleo de una cinta métrica.

La puesta en estación y los sistemas de referencia y orientación de un taquímetro se explican en el siguiente tema.



IMPORTANTE

Taquimetría procede del griego "taqui" (rápido) y "metría" (medida), es decir, medida rápida para agilizar el tiempo de ejecución de un levantamiento topográfico, combinando métodos planimétricos con altimétricos.



Taquimetría Club de Campo "La Cortesana", en Buenos Aires.

1.4 Métodos de triangulación: intersección directa e inversa

Estos métodos tratan de la determinación de coordenadas de un punto mediante observaciones angulares. Algunos autores los llaman **métodos de intersección**. Estos métodos consisten en el levantamiento de punto mediante observaciones acimutales, distinguiendo fundamentalmente dos tipos:

- **Intersección directa**, que hace estación en puntos conocidos para deducir los observados.
- **Intersección inversa**, que es el procedimiento en el que se estaciona en el punto cuyas coordenadas queremos determinar.

Dada la característica del método, lectura angular, el aparato preciso es el **teodolito**, siendo preciso utilizar aparatos con lectura mínima de segundos, pues resultan inadmisibles las dispersiones y ambigüedades en la precisión de la determinación del posicionamiento de los puntos.

2. MÉTODOS DE TRABAJO EN NIVELACIÓN SIMPLE

Existen varios métodos, pero antes definiremos qué es la nivelación simple. La **nivelación simple** consiste en **saber la diferencia de altura entre dos puntos** o zonas o plataformas.

La **nivelación geométrica** es un método de obtención de desniveles entre dos puntos o dos plataformas, que utiliza visuales horizontales.