

Monografías ceac de la Construcción

Las **Monografías Ceac de la Construcción** constituyen la más completa colección sobre temas constructivos, ya que cada uno de los libros trata de una materia específica, expuesta con la mayor claridad.

Desde el proyecto al acabado definitivo de una obra, las **Monografías Ceac de la Construcción** contienen una serie de orientaciones prácticas que las convierten en un verdadero instrumento de consulta y trabajo; asimismo, su ordenación, sencilla y útil, permite la fácil localización de cada tema.

Topografía Práctica

Mediciones planimétricas.

Altimetría.

Taquimetría.

Movimiento de tierras.

Replanteos.

Mediciones de obras.

Nomenclator de Topografía.

Resolución de triángulos rectángulos y oblicuángulos.

Tablas para el trazado de curvas, arcos y segmentos de círculo.

Tablas Taquimétricas centesimales.

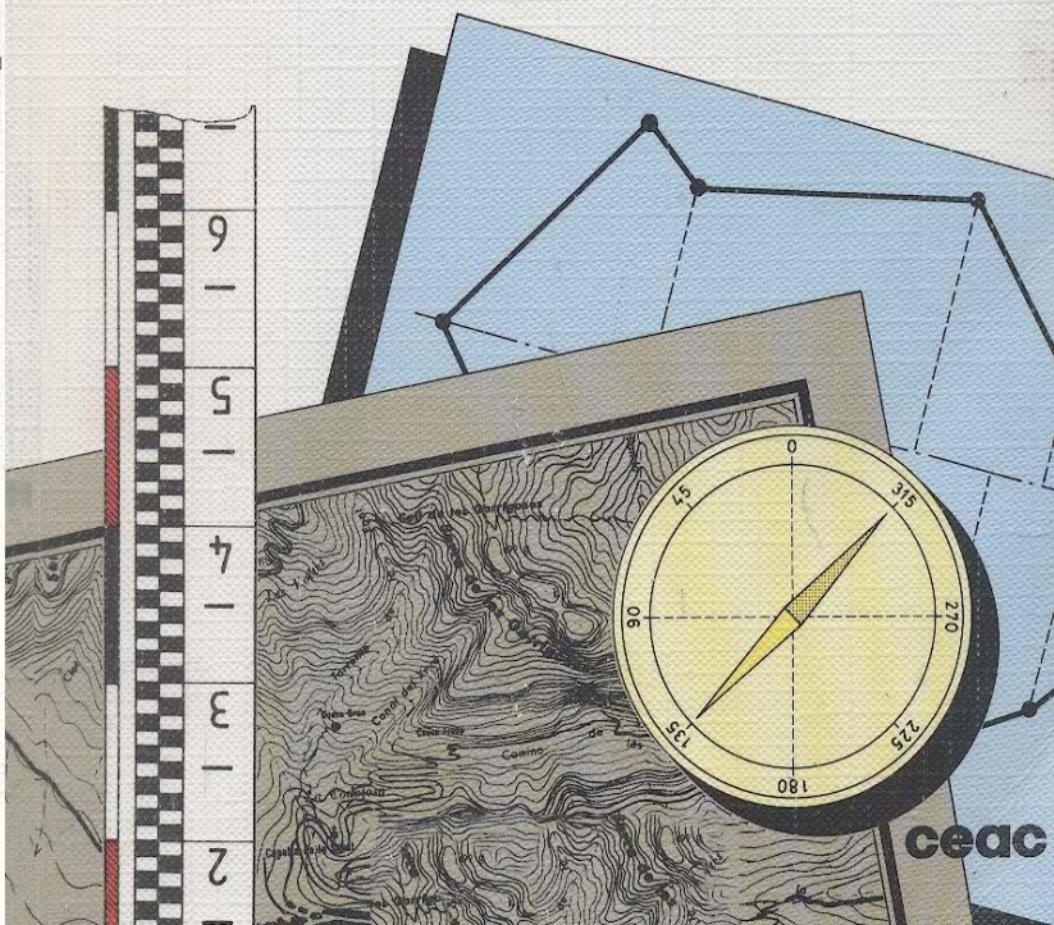
Tablas para el cálculo de líneas trigonométricas centesimales.

Topografía Práctica

José Zurita Ruiz

Topografía

Práctica



CONCEPTO DE TOPOGRAFIA, AGRIMENSURA Y GEODESIA

Se denomina Topografía de todos los terrenos y lugares existentes en la tierra que se ocupan de su medida y representación gráfica de su forma y situación entre ciertas distancias, alturas y elevaciones de los terrenos de acuerdo con las necesidades.

Agrimensura es la medida y representación de los terrenos y lugares.

Topografía Práctica

EDICIÓN DE 1970

Este libro es una introducción a las magnitudes de la misma clase, que constituyen la base de todo formación de planteo y determinación de los puntos del espacio.

José Zurita Ruiz

COLABORACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS A LA TOPOGRAFIA

Las matemáticas en general son asimiladas corollarias de la Topografía, ya que prestar una esencial ayuda y que sin ellas, aquella no podría realizarse. La matemática en el campo de la Topografía es una ciencia que sirve de desarrollo a la Topografía, siendo sus resultados útiles para su desarrollo.

PRINCIPIOS DE MEDIDA

La medida es la operación que consiste en establecer la medida de una magnitud en función de la medida de otra magnitud tomada como medida de comparación. La medida es la operación que consiste en establecer la medida de una magnitud en función de la medida de otra magnitud tomada como medida de comparación.

Los múltiplos del metro son:

El Decímetro

El Hectómetro

El Kilómetro

ediciones
ceac

I. Preliminares

II. Topografía

CONCEPTO DE TOPOGRAFIA, AGRIMENSURA Y GEODESIA

Se denomina Topografía, de topos, lugar, y **graphos**, escribir a la ciencia que se ocupa de la medida y representación gráfica de una porción de tierra más o menos extensa, ocupándose de detalles de Planimetría y Altitud.

La Agrimensura, hermanada con aquélla, se ocupa solamente de la planimetría, pero converge con bastante frecuencia en muchos puntos, haciendo imposible la exacta identificación de cada uno. Si bien, actualmente, ambas se encuentran unidas hasta el punto de constituir la Agrimensura un capítulo de la Topografía.

La Geodesia, que pudiera llamarse Topografía en gran escala, se ocupa del estudio y medida de grandes extensiones de la Tierra, y de la Tierra misma en su totalidad, por lo que es colaboradora de la Geografía.

CONCEPTO DE MEDIDA

Se llama medir a la acción de comparar entre sí dos magnitudes de la misma clase, siendo en topografía las mediciones lineales y angulares las que constituyen la base de toda formación de planos o determinación de los puntos del mismo.

COLABORACION DE LAS MATEMATICAS A LA TOPOGRAFIA

Las matemáticas en general son asiduas colaboradoras de la Topografía, a la que prestan una esencial ayuda, y que sin ellas, aquéllas no podrían existir.

UNIDADES DE MEDIDA

La unidad lineal de medida, el metro, es igual a la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre. Es decir, la unidad está referida a la tierra, y es un submúltiplo de ella.

Los múltiplos del metro son:

El Decámetro	(Dm) = 10 metros
El Hectómetro	(Hm) = 100 metros
El Kilómetro	(Km) = 1.000 metros

Los submúltiplos son:

El Decímetro	(dc) = 0,100 metros
El Centímetro	(cm) = 0,010 metros
El Milímetro	(mm) = 0,001 metros

La Topografía se vale, para expresar una superficie, de las unidades siguientes:

Centíarea	(ca) = 1,00 m ²
Área	(a) = 100,00 m ²
Hectárea	(Ha) = 10.000,00 m ²
Kilómetro cuadrado	(Km ²) = 100 Has. = 1.000.000 m ²

CONCEPTO DE LINEAS, PLANOS Y VOLUMENES

Línea. — Se define diciendo que es una serie de puntos. O bien, la extensión considerada en una sola magnitud. La línea puede ser recta o curva, siendo la primera la que tiene todos sus puntos siguiendo una sola dirección, y curva la que no cumple con esta condición.

Plano o superficie. — Es toda extensión considerada en dos dimensiones: largo y ancho. Puede ser regular o irregular, y según su disposición respecto al espacio, horizontal o inclinada.

Volumen. — Es la extensión considerada en tres dimensiones: largo ancho y alto. Puede ser también regular o irregular.

PLANO HORIZONTAL E INCLINADO

El primero como su nombre indica, es todo aquél que sea paralelo al horizonte, e inclinado todo aquél que no guarda este paralelismo.

CONCEPTO DE PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA

Como ya dejamos anotado, la Topografía se divide en dos partes esenciales: Planimetría y Altimetría.

La primera se refiere a la representación gráfica de un terreno sin tener en cuenta las distintas alturas que el citado terreno pueda tener, pero sin olvidar por eso el reducir a la horizontal las medidas inclinadas que hayan de intervenir en la determinación del plano.

La altimetría tiene en cuenta las aludidas alturas o diferencias de altitud o nivel, y las representa por medio de las llamadas curvas de nivel.

II. MEDICIONES PLANIMÉTRICAS

ALINEACIONES DE RECTAS

Una alineación recta queda determinada por dos puntos. Para fijarlos se clavan en ambos puntos extremos jalones o banderolas. Como generalmente los instrumentos de medida, cinta o cadena de agrimensor, son de longitudes menores a la distancia de medir, será necesario proceder a intercalar una serie de puntos que formen línea recta con los extremos ya marcados.

Para efectuar esta operación pueden emplearse dos sistemas, los cuales detallamos:

Primer sistema. — Un observador dirigirá una visual que enrase con los bordes de dos jalones colocados verticalmente en los extremos, y un ayudante colocará el tercer jalón, según las indicaciones del observador, a derecha o izquierda, hasta que éste vea que el borde del nuevo jalón A, enrasa con los anteriores.

De igual forma se procederá hasta que haya una serie de puntos intermedios que permitan hacer la medición (fig. 1).

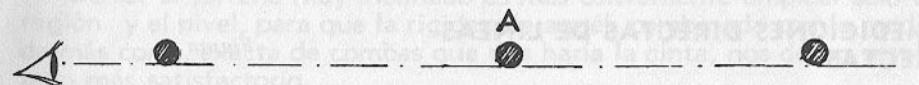


Figura 1

Segundo sistema. — Este, de igual eficacia y con los mismos elementales instrumentos, ayudándose sólo de una alidada, consiste en, apartándose algo de la alidada para que el ángulo visual sea lo suficiente cerrado para ver solamente el jalón extremo, el observador indicará al ayudante la situación a derecha o izquierda hasta que el segundo jalón B, cubra por completo al primero A, quedando así establecida la línea recta (fig. 2).



Figura 2

La alidada consiste en una regla horizontal, giratoria alrededor de un punto fijo, que lleva en sus dos extremos dos salientes que en ángulo recto con aquélla, y los cuales poseen ranuras provistas de píñulas por las que se dirigen las visuales (fig. 3).

La alidada, de fácil construcción y uso, es un instrumento muy útil para todo trabajo de alineaciones, e incluso para auxiliares en levantamientos de planos de solares o terrenos de cierta extensión.

Claro está que no puede dar un resultado con la precisión de un aparato, como el teodolito o taquímetro, que, por otra parte, precisa de más práctica y conocimientos para su uso y que, además, el objeto práctico de esta monografía no abarca.

No obstante, es aceptable el rendimiento de la alidada y siempre recomendable su uso para trabajos como el que nos ocupa.

MEDICIONES DIRECTAS DE LINEAS RECTAS

Para efectuar mediciones directas será necesario tener en cuenta si es, o no, horizontal, ya que no pueden realizarse estas operaciones de igual forma para ambos casos.

Si el terreno fuese horizontal, las mediciones se limitan al empleo de la cinta, teniendo como única precaución que ésta permanezca tirante, siendo conveniente dejarla que roce el suelo para evitar que se forme comba.

Es muy frecuente que la longitud de la cinta sea menor que la distancia que se trata de medir. En tal caso se procede a intercalar puntos (alineaciones), y luego se toman medidas parciales de cintadas completas, que irán contando, y al final se multiplica el número de ellas por el de metros que tenga la cinta, sumándole al producto la última fracción de cintada incompleta si la ha habido.

Igualmente se haría con la cadena de agrimensor, aunque actualmente este instrumento, si bien es más exacto debido a que no se alarga con el tiempo y uso, es más pesado e incómodo, por lo que casi está en desuso.

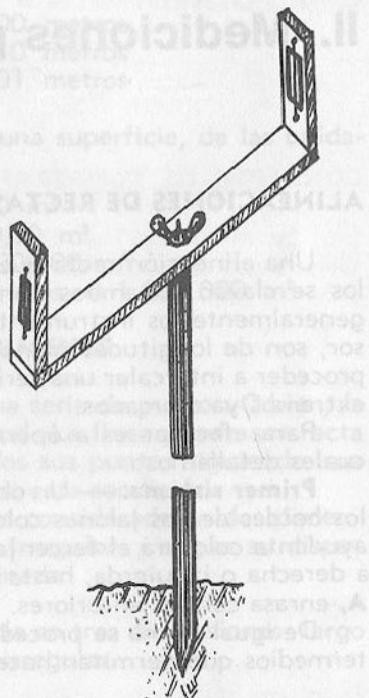


Figura 3

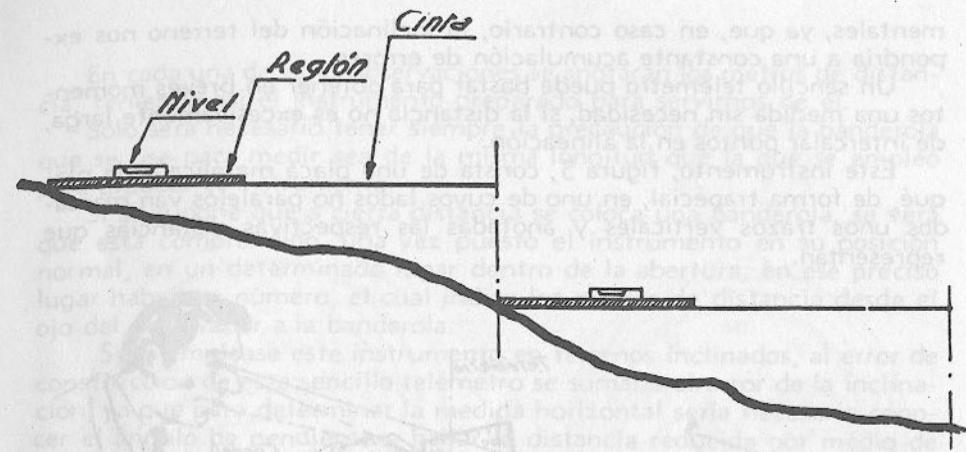


Figura 4

De tratarse de mediciones en terrenos inclinados, sería indispensable procurar que en cada medida parcial se mantuviese la cinta métrica en posición horizontal, escalonando las cintadas.

Para ello puede recurrirse a la ayuda de un nivel de aire o de albañil y un reglón operando tal como se representa en la figura 4, sumando las distintas medidas parciales.

De ser el terreno muy inclinado es más conveniente emplear sólo el reglón y el nivel, para que la rigidez de aquél, combinada con la medida más corta, exacta de combas que nos haría la cinta, nos dé un resultado más satisfactorio.

MEDICIONES INDIRECTAS DE LINEAS RECTAS

Sólo en el caso de que la alineación esté en un plano horizontal, podrá procederse a efectuar medidas indirectas con instrumentos ele-

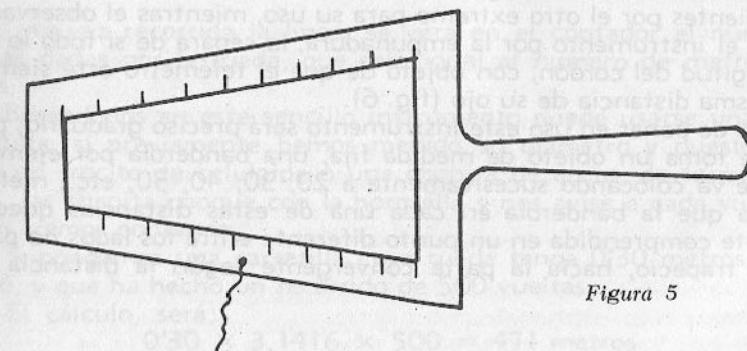


Figura 5

mentales, ya que, en caso contrario, la inclinación del terreno nos expondría a una constante acumulación de errores.

Un sencillo telémetro puede bastar para obtener en breves momentos una medida sin necesidad, si la distancia no es excesivamente larga, de intercalar puntos en la alineación.

Este instrumento, figura 5, consta de una placa metálica o de plástico, de forma trapezoidal, en uno de cuyos lados no paralelos van marcados unos trazos verticales y anotadas las respectivas distancias que representan.

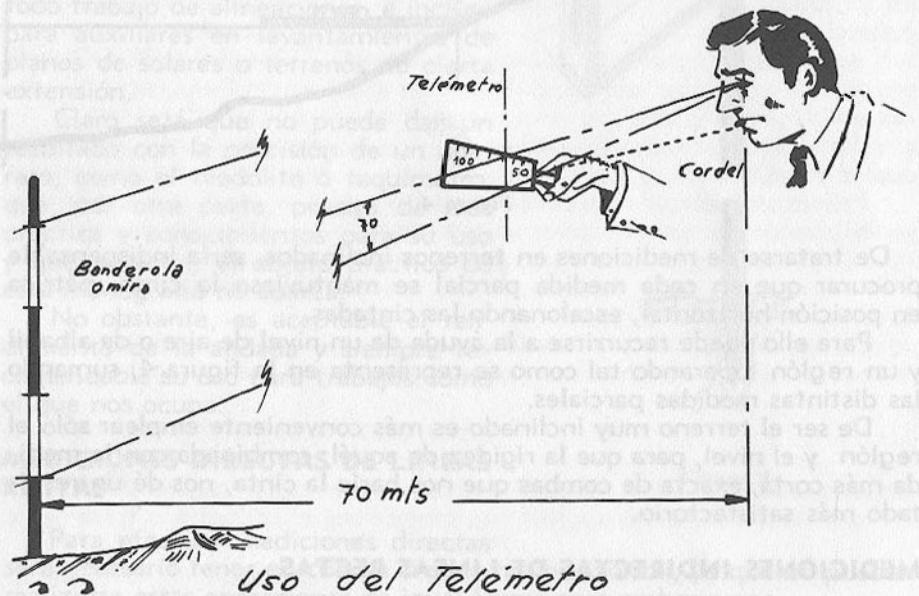


Figura 6

Del otro extremo se cuelga un cordón de longitud fija, que se sujetá con los dientes por el otro extremo para su uso, mientras el observador, tomando el instrumento por la empuñadura, lo separa de sí todo lo que da la longitud del cordón, con objeto de que el telémetro esté siempre a una misma distancia de su ojo (fig. 6).

Antes de poner en uso este instrumento será preciso graduarlo, para lo que se toma un objeto de medida fija, una banderola por ejemplo, la cual se va colocando sucesivamente a 20, 30, 40, 50, etc., metros, y se verá que la banderola en cada una de estas distancias quedará totalmente comprendida en un punto diferente entre los lados no paralelos del trapecio, hacia la parte convergente según la distancia sea mayor.

En cada una de estas observaciones se anotarán los metros de distancia, teniendo así el instrumento preparado para servirnos de él.

Sólo será necesario tener siempre la precaución de que la banderola que se use para medir sea de la misma longitud que la que se empleó para graduar el instrumento.

Si se supone que a cierta distancia se coloca una banderola, se verá que está comprendido, una vez puesto el instrumento en su posición normal, en un determinado lugar dentro de la abertura, en ese preciso lugar habrá un número, el cual indica los metros de distancia desde el ojo del observador a la banderola.

Si se emplease este instrumento en terrenos inclinados, al error de construcción de este sencillo telémetro se sumaría el error de la inclinación, ya que para determinar la medida horizontal sería necesario conocer el ángulo de pendiente y hallar la distancia reducida por medio de cálculo trigonométrico, o bien gráficamente, y para esto se necesitaría un aparato de precisión, el taquímetro, por ejemplo.

MEDICIONES DE LINEAS PREVIAMENTE TRAZADAS EN EL TERRENO

Ya sea camino, acequia, o cualquier otra línea curva o irregular, el procedimiento a emplear para hallar la longitud puede basarse en la rueda de Wittmann o Pernambutador (Fig. 7), el cual consta de una rueda de un metro de circunferencia, y sujetá a una horquilla con mango, y en éste un contador automático que funciona mediante un pequeño juego de engranajes.

Una vez recorrida la línea, se verá en el contador el número de vueltas dadas por la rueda, que será igual al número de metros recorridos.

Basándonos en este sencillo instrumento puede usarse una simple carretilla, si previamente hemos medido su diámetro y puesto en un radio un trocito de celuloide o una chapita de acero, de forma que al rodar, las chapita choque con la horquilla y nos avise a cada vuelta, las cuales iremos contando.

Supongamos una carretilla cuya rueda tenga 0'30 metros de diámetro, y que ha hecho un recorrido de 500 vueltas.

El cálculo, será:

$$0'30 \times 3,1416 \times 500 = 471 \text{ metros}$$

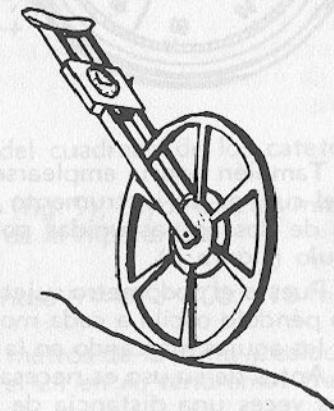


Figura 7

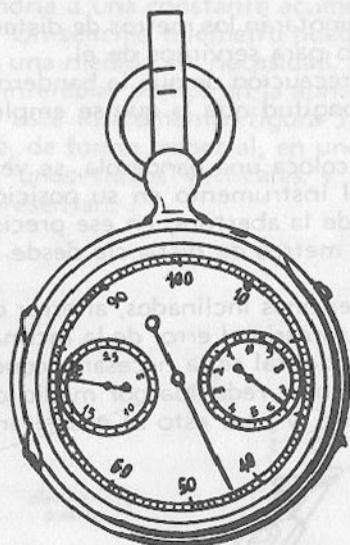


Figura 8

También podría emplearse para esta clase de medidas el podómetro, el cual es un instrumento parecido a un reloj de bolsillo. Está provisto de dos agujas unidas por un mecanismo interior y un pequeño péndulo (figura 8).

Puesto el podómetro sujetado a la parte delantera del muslo, el balancín o péndulo oscila a cada movimiento de la pierna al andar, haciendo girar las agujas marcando en la esfera el número de oscilaciones o pasos.

Antes de su uso es necesario talonar el paso, es decir, recorrer dos o tres veces una distancia de cien metros, por ejemplo, contando los pasos necesarios para el recorrido, y de aquí poder fijar la longitud de cada paso hallando la media.

Si se supone que el paso es igual a 0'60 metros, y el podómetro marca 1.000, el recorrido será: $0'60 \times 1.000 = 600$ metros.

Normalmente, en terreno llano, un hombre da 154 pasos cada 100 metros. De no disponerse de podómetro, una vez talonado el paso, se recorrerá la longitud que se trate de medir, y se irán contando los pasos, los cuales se multiplican por la longitud de uno (0,60 en el ejemplo).

TRAZADO DE PERPENDICULARES CON LA CINTA

Con este sencillo instrumento de uso común, puede trazarse en el terreno una línea perpendicular a otra.

Para ello hay que basarse en el teorema de Pitágoras, el cual, tra-

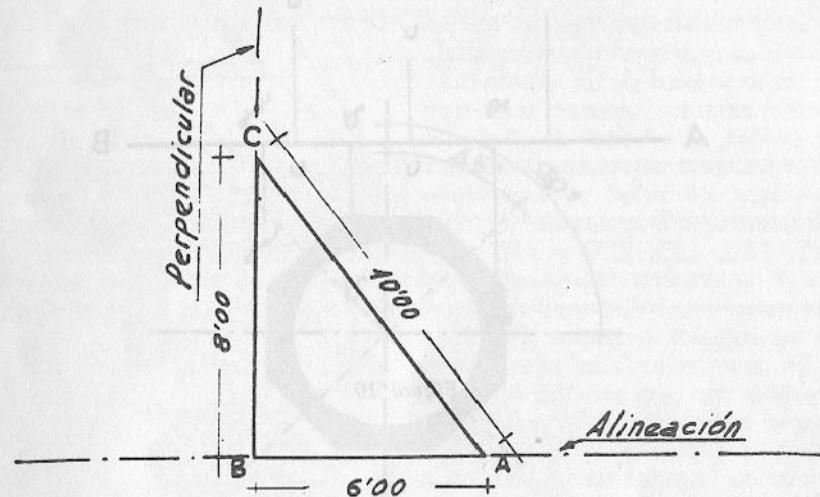


Figura 9

tándose de triángulos, dice: "La suma del cuadrado de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa."

Suponiendo un triángulo rectángulo (fig. 9), cuyos catetos miden 6 y 8 metros, tendremos que el cuadrado de la hipotenusa

$$h^2 = 6^2 + 8^2 = 100 \text{ m}^2; \text{ de donde la hipotenusa } h = \sqrt{100} = 10 \text{ metros}$$

Luego tomando $6 + 8 + 10 = 24$ metros de la cinta y colocando un extremo en **A**, el 6 en **B**, el 8 en **C** y el 24 en **A**, tendremos trazada la perpendicular **BC** a la línea **BA**.

A más longitud de lados mayor precisión habrá en el trazado, pero para ello sería necesaria una cinta de gran longitud, si bien igualmente podría efectuarse esta operación con una cuerda a la que se le marcaran previamente los metros que correspondieran al cálculo preliminar.

ABSCISAS Y ORDENADAS

Si se considera una línea **AB** (fig. 10), y a determinadas distancias se le trazan perpendiculares a ambos lados, sean: **a a**, **b b**, **c c**, etc., habremos trazado la abcisa **Aa**, **Ab**, **Ac**, etc., y las ordenadas **aa**, **bb**, **cc**, etcétera.

Las aplicaciones prácticas de este sencillo sistema son múltiples: levantamientos de planos de pequeña extensión ídem de terrenos cuyos

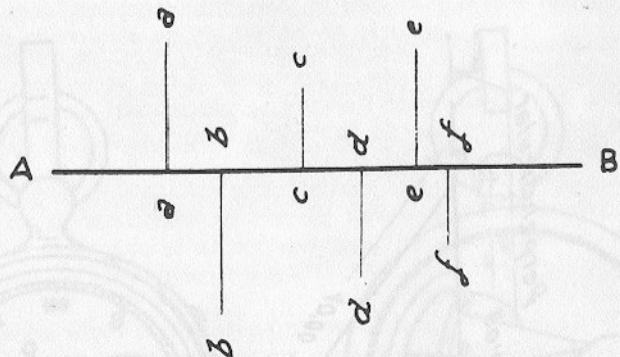


Figura 10

límites son muy irregulares o sinuosos, ríos, planos de detalles de situación de casas, postes, etc., como ya se verá en el apartado correspondiente.

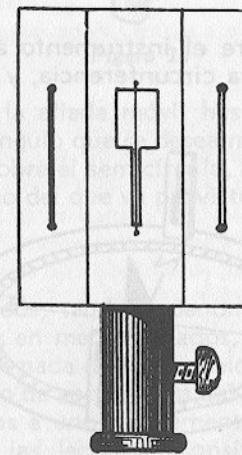
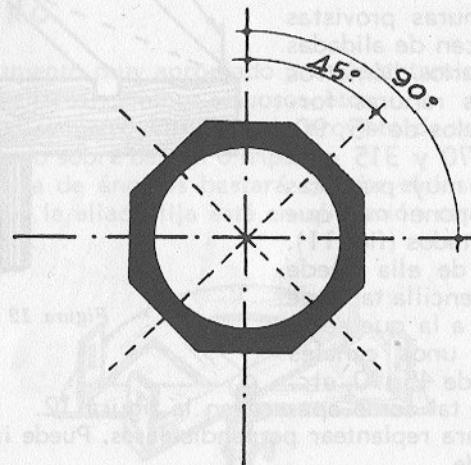
ANGULOS: HORIZONTAL Y VERTICAL

En el terreno, un ángulo queda determinado por tres puntos, donde se habrán clavado estacas o jalones.

Para medirlos podemos valernos de diversos instrumentos, pero todos ellos basados en la división de una circunferencia en un determinado número de partes iguales llamados grados, los cuales, a su vez, se dividen en minutos.

La circunferencia consta de 360 grados (360°) si la división es sexagesimal, o de 400 grados si es centesimal. Cada grado del primer sistema se divide en 60 minutos, y éstos en 60 segundos. Los del segundo sistema o centesimal se dividen en 100 minutos y éstos en 100 segundos. Para la altimetría es necesario valerse de los ángulos verticales, que, igual que los horizontales, constan de idénticas divisiones.

Para la medida de ángulos en el terreno podemos valernos de los siguientes instrumentos, de poco coste todos, y algunos de fácil construcción, siempre que el limbo graduado se adquiera en el comercio. Claro está que para trabajos de precisión, o para levantamientos de grandes superficies, se hace imprescindible el taquímetro o el teodolito.



ESCUADRA DE AGRIMENSOR

Es un instrumento de forma cilíndrica o prismática octogonal. En los extremos de un mismo diámetro existen ranuras provistas de cerdas, que hacen de alidadas de píndulas. Los varios diámetros provistos de estas ranuras forman entre sí ángulos de 45, 90, 135, 180, 225, 270 y 315 grados. No resultan muy prácticas por no poderse disponer más que de los ángulos anotados (fig. 11).

En sustitución de ella puede operarse con una sencilla tabla de grueso suficiente, a la que se le hayan practicado unos canales formando ángulos de 45, 90, etc. grados, dispuestos tal como aparece en la figura 12.

Es muy útil para replantar perpendiculares. Puede ir montada sobre un bastón o trípode.

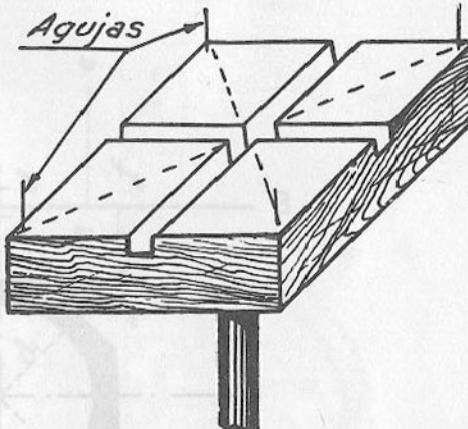


Figura 12

B R U J U L A

Estríba su ventaja sobre el instrumento anterior en que pueden leerse todos los ángulos de la circunferencia, y además nos da el norte magnético (fig. 13).

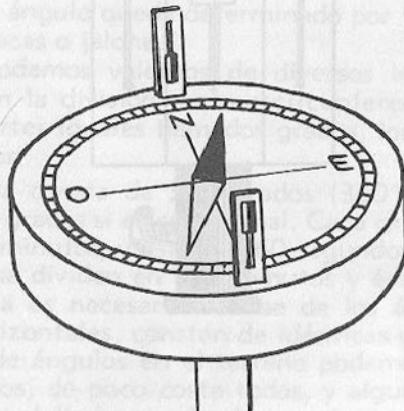


Figura 13

Existen diversos modelos, algunos de ellos provistos de eclímetro para poder determinar las pendientes. Pueden montarse, igual que la escuadra de agrimensor, sobre bastón o trípode, siempre preferible este último.

G R A F O M E T R O

Es un instrumento muy apropiado para levantamientos de poca extensión; solares irregulares, caminos sinuosos, etc.

Consta de un semicírculo graduado provisto de una aliada fija y otra móvil, y va montado sobre bastón o trípode.

Para la lectura de ángulos bastará colocar el instrumento en el vértice, de forma que la aliada fija esté en alineación con uno de los puntos

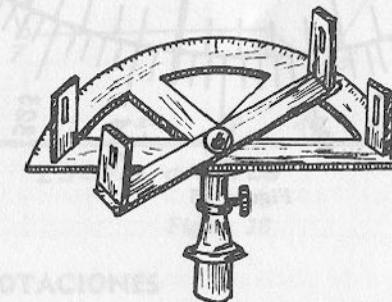


Figura 14

extremos. Se hace girar la aliada móvil hasta que queda alineada con el otro punto extremo del ángulo que se desea medir, y a continuación se hace directamente la lectura sobre el semicírculo, apreciándose las fracciones de grado con ayuda del nonio del que va provisto (fig. 14).

LECTURA DE ANGULOS

Los círculos graduados, también denominados límbos, se dividen en grados, y éstos, a su vez en medios grados, o bien de 20 en 20 minutos, dependiendo ésta más que nada de los modelos adoptados por las diferentes fábricas, y de ello el grado de apreciación del aparato.

Se denominan nonios a unos suplementos del limbo destinados a dar una mayor precisión a las lecturas. Consisten en un arco dividido en tantas partes como tiene una unidad del limbo, menos una, y su uso es como sigue: Sea la figura 15 el limbo provisto de un aparato dividido cada grado en fracciones de 20 en 20 minutos. Vemos que el cero del nonio pasa de los 322 grados y 40 minutos, quedando entre éstos y los 60 minutos. De no existir el nonio sería necesario agregar la fracción

que falta apreciándola a ojo. Pero vemos que el cinco del nonio es la única división que coincide con una de las divisiones del limpio, luego esta fracción de 5 minutos es la que habrá de sumarse a la anterior lectura de 322 grados 40 minutos; dando un total de 322 grados y 45 minutos.

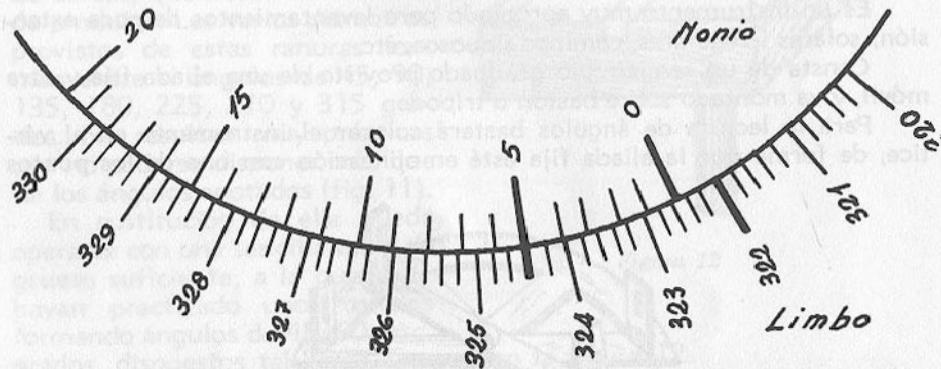


Figura 15

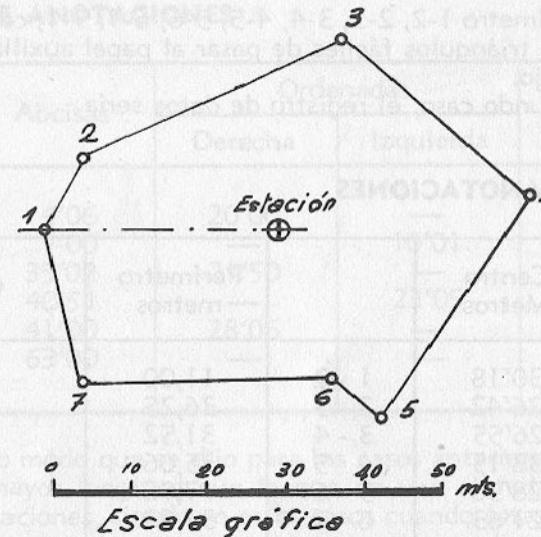


Figura 16

MEDICIONES EN TERRENOS LIMITADOS POR RECTAS

Cuando se trata de levantamientos de planos cuyo perímetro está limitado por líneas rectas, siempre que no sea de gran extensión, puede efectuarse valiéndose del grafómetro antes descrito.

Sea el solar de la figura 16. Se coloca el grafómetro en el punto 0 (estación) aproximadamente centro del solar, haciendo el levantamiento por radiación. Para ello, la alidada fija del instrumento se alineará hasta que quede en alineación con el 2. Leyendo y anotando a continuación los grados correspondientes. De igual forma se opera con el número 3, y así sucesivamente hasta el número 7.

Terminada esta primera operación se procede a medir con la cinta las distancias 0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5, 0-6 y 0-7. Si se diese el caso de que la longitud de la cinta no fuese suficiente para cubrir cualquiera de estas medidas entonces se procede a la aplicación del sistema de alineaciones ya explicado en el apartado correspondiente.

El carnet o libreta de anotaciones, puede ser el cuadro siguiente, donde se han anotado los ángulos y distancias correspondientes a la citada figura 16:

LIBRETA DE ANOTACIONES

N.º	Ángulos Grados	Rumbos	Distancias Metros	Croquis
0-1	0'00	D	30'18	
0-2	20'10	D	26'42	
0-3	105'22	D	26'55	
0-4	172'15	D	32'15	
0-5	62'51	I	28'30	
0-6	72'28	I	21'63	
0-7	141'08	I	32'46	

Las indicaciones D, I, significarán: Directo, Inverso.

Como el semicírculo sólo alcanza 180 grados, y a partir del punto 5 ya no sería posible la medición, se lee el ángulo que marca la alidada en su parte de atrás, pero haciendo la anotación correspondiente I (inverso), para tener en cuenta, al llevar los datos al papel, el sumarle los 180 grados que faltan si se trabaja con un transportador de círculo entero, y si se trabaja con semicírculo, al llevar las medidas, efectuarlas en el sentido contrario al punto que nos da el ángulo tomado con el centro 0.

De no disponerse de un grafómetro (aunque este segundo sistema resulta más lento), además de medir las distancias 0-1, 0-2, etc., se me-

que tal vez apreciarán más a ojo. Yo vería que el vértice 1 es el punto de menor ordenadas y el vértice 7 el de mayor.

dirán las del perímetro 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-1, construyéndose así una serie de triángulos fáciles de pasar al papel auxiliándose de un compás de dibujo.

En este segundo caso, el registro de datos sería:

REGISTRO DE ANOTACIONES

Núm.	Centro Metros		Perímetro metros	Croquis
0 - 1	30'18	1 - 2	11,00	
0 - 2	26'42	2 - 3	36,25	
0 - 3	26'55	3 - 4	31,52	
0 - 4	32'15	4 - 5	35,06	
0 - 5	28'30	5 - 6	7,98	
0 - 6	21'63	6 - 7	31,82	
0 - 7	32'46	7 - 1	20,05	

Volviendo al sistema de abcisas y ordenadas, su aplicación práctica en este caso sería:

Trazar una línea recta A-B, que podría ser desde el punto 1 al 4, y sobre ella (fig. 17), medir las abcisas y ordenadas correspondientes a los demás puntos.

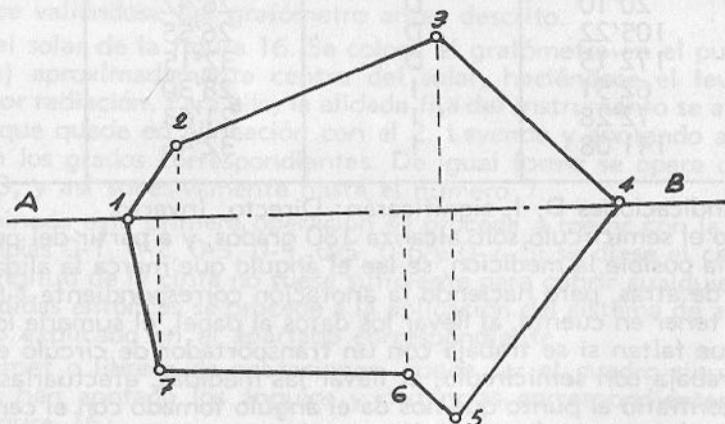


Figura 17

REGISTRO DE ANOTACIONES

Núm.	Abcisas	Ordenadas		Croquis
		Derecha	Izquierda	
7	4'06	20'00	—	
2	7'00	—	10'01	
6	35'02	21'50	—	
3	40'51	—	23'05	
5	41'00	28'06	—	
4	63'00	—	—	

Del mismo modo que se dijo para los casos anteriores, si las distancias son de mayor longitud que lo que da una cintada, se procede a efectuar alineaciones, siendo en estos casos cuando éstas tienen su aplicación práctica. Igualmente encuentran aquí su aplicación práctica el trazado de perpendiculares mediante la cinta.

MEDICIONES EN TERRENOS CUYO PERIMETRO ES MUY IRREGULAR O SINUOSO

En estos casos es cuando más que en cualquier otro está indicado el procedimiento de abcisas y ordenadas.

Para evitar que las ordenadas sean excesivamente largas, lo que ocasionaría una menor exactitud debido a la necesidad de prolongar alineaciones y el trazar perpendiculares, que no siempre con los instrumentos mencionados son tan perfectas como si se trazaran con un teodolito, es conveniente en muchos casos trazar dentro del terreno una figura regular, cuyos lados serían las líneas bases o abcisas.

Por ejemplo, en la figura 18 se muestra prácticamente el sistema a emplear marcando un rectángulo base, donde las abcisas son A-B, B-C, C-D, y D-A, y las ordenadas, de cortas longitudes, podrán trazarse con gran rapidez y sin temor a grandes errores operando con una escuadra de un metro de lado, que será suficiente para garantizar una admisible perpendicular (fig. 19).

Si el terreno a medir fuese una laguna, bosque, o cualquier otro lugar de paso inaccesible, la figura regular (rectángulo en el anterior ejemplo), se trazaría en el exterior, abrazando al terreno en cuestión.

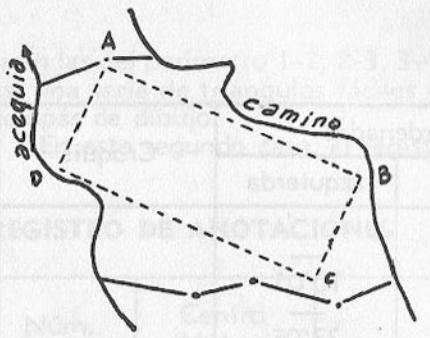


Figura 18

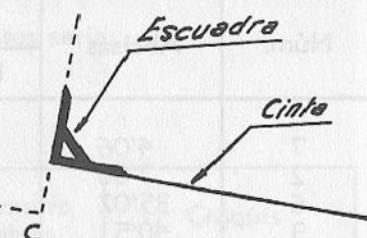


Figura 19

RESOLUCION PRACTICA DE PUNTOS INACCESIBLES

Al efectuar cualquier de las operaciones anteriores puede darse el caso relativamente con cierta frecuencia, de que uno o varios de los puntos que nos interesa medir se halle en un lugar inaccesible.

Siempre tendrá solución este problema si estudiamos detenidamente la circunstancia particular de cada uno de ellos, empleando el sistema más adecuado, de los que se estudian a continuación los más frecuentes a seguir para cada caso:

DISTANCIA INACCESIBLE POR HALLARSE ENTRE LOS DOS PUNTOS UN OBSTACULO

La distancia **A-B**, que tratamos de medir, ofrece como obstáculo un terreno pantanoso que impide su paso. Para su resolución se clava una estaca en un punto cualquiera desde donde se dominen **A** y **B**, el punto **X** por ejemplo, y a continuación se mide **A-X** y **B-X**, prolongándose ambas alineaciones en una distancia igual **X-C** para la primera y **X-D** para la segunda. (fig. 20).

De disponer de un grafómetro, la operación se reduce a medir el ángulo **A-X-B**, puesto el instrumento en **X**, y medir las distancias **X-A** y **X-D**.

Con estos datos se compone, a escala, la figura, midiendo luego sobre el papel la línea **A-B**. Este método sería aconsejable en el caso de el terreno fuese muy accidentado y dificultase mucho la operación de las alineaciones, que podría ocasionar errores demasiado grandes.

Igualmente podría calcularse esta distancia analíticamente, ya que, conociendo el ángulo **A-X-B** y las distancias **X-A** y **X-B**, puede determinarse el otro lado del triángulo **A-B-X** empleando la trigonometría, en contrárnose en el Apéndice las fórmulas necesarias para estas resoluciones.

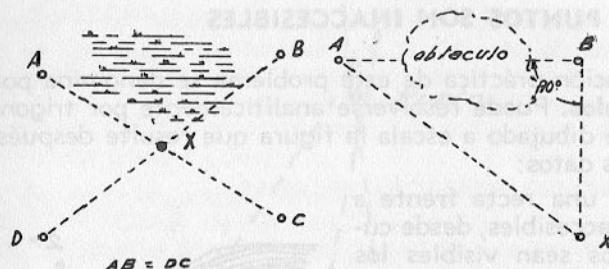


Figura 20

Figura 21

Si se eligiera **X** colocando el grafómetro en **B** y trazando un ángulo recto **A-B-X**, en vez de colocarlo en un lugar cualquiera (fig. 21), midiendo la distancia **B-X** podremos calcular analíticamente la distancia **A-B** por el ya conocido teorema de Pitágoras:

Sea **B-X = 32** metros, y **A-X = 54** metros. La disposición sería:

$$54^2 = 2.916 \text{ m}^2 \quad \text{y} \quad 32^2 = 1.024 \text{ m}^2.$$

$$2.916 - 1.024 = 1.892 \text{ m}^2. \quad AB = \sqrt{1.892} = 43,40 \text{ metros.}$$

UNO DE LOS PUNTOS ES INACCESIBLE (fig. 22)

Un río impide la medida entre **A** y **B**. Sólo con la escuadra o con el grafómetro se puede operar ahora.

Puesto el instrumento en **B** se traza una línea perpendicular a **AB**, prolongándose ésta en una longitud sensiblemente mayor que **AB**. Despues de dejar una marca en **B** se traslada el instrumento a la alineación antes trazada de forma que, por tanteo, quede colocando en un punto que forme un ángulo de 45 grados, y cuyos lados pasen por **A** y por **B**.

Como hemos formado un triángulo isósceles y rectángulo, la distancia **BC** (factible de medir), es igual a **AB**.

Si se tratara de medir la anchura del río, una vez obtenida al anterior, solución restaríamos de la medida hallada la distancia **B-O**, quedando sólo **A-D**, que es la anchura buscada.

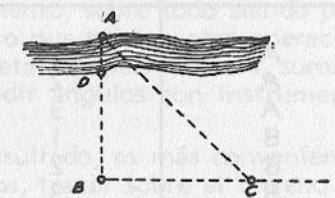


Figura 22

TODOS LOS PUNTOS SON INACCESIBLES

La resolución práctica de este problema se denomina por **intersección de ángulos**. Puede resolverse analíticamente por trigonometría, y gráficamente dibujado a escala la figura que resulte después de tomar los siguientes datos:

Se traza una recta frente a los puntos inaccesibles, desde cuyos extremos sean visibles los puntos del caso. Podría emplearse el sistema expuesto en el apartado anterior, pero tratándose de varios puntos, resultaría operación pesada y desagradable.

Una vez trazada y medida la línea propuesta **A B** (llamada base), se coloca el grafómetro en uno de sus extremos y se dirigen visuales a todos los puntos, anotándose los ángulos correspondientes. Hecho esto se cambia el instrumento al otro extremo de la línea base, cuidando que la indicación del cero grados esté siempre en la línea **A-B**. El registro para esta operación, a fin de evitar confusiones, puede ser:

Extremo recta	Puntos	Ángulos Grados	Croquis
A	1	260	
A	2	309	
A	3	327	
B	1	30'50	
B	2	12	
B	3	108	

Por este mismo sistema puede operarse incluso para el levantamiento de planos, pero no es aconsejable, pues es necesario tener en cuenta que para esto es preciso disponer de un aparato de gran precisión, ya que si bien es admisible operando con el grafómetro en un caso deter-

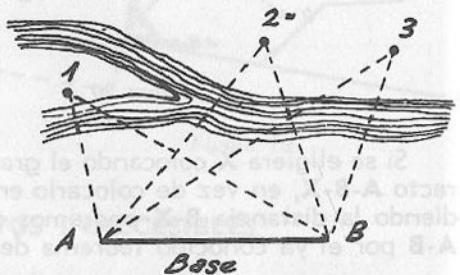


Figura 23

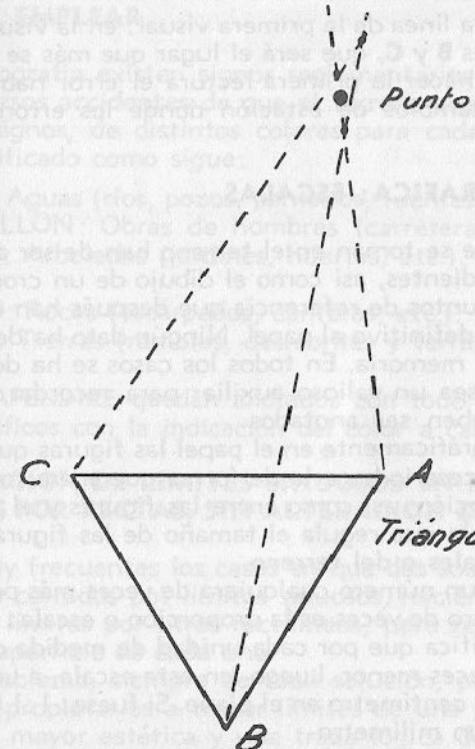


Figura 24

minado, no es recomendable en todo momento, sobre todo siendo preciso dibujar la figura y medir sobre ella, lo que origina otra operación que, como toda obra de hombres, está sujeta a imperfecciones, sumándose éstas a las que ya se cometan al medir ángulos con instrumento tan elemental.

Para que este sistema dé un mejor resultado, es más conveniente, sobre todo si se trata de más de dos puntos, trazar sobre el terreno un triángulo equilátero en lugar de una línea recta, y desde sus tres vértices operar de la forma indicada al hablar de la línea base.

Difícilmente al dibujar sobre el papel la figura irán las tres visuales al mismo punto, lo que demuestra el error de imperfección cometido al medir, acusándose en la figura 24 el error cometido; es decir, tres puntos en lugar de uno. Para corregir este error, el punto definitivo se situará en el punto medio del espacio comprendido entre las dos segundas

visuales, y siempre en la línea de la primera visual: en la visual **A**, punto medio entre las visuales **B** y **C**, que será el lugar que más se aproxime a la realidad, ya que, al hacer la primera lectura el error habrá sido mínimo, siendo en los cambios de estación donde los errores son más comunes.

REPRESENTACION GRAFICA: ESCALAS

Todos los datos que se toman en el terreno han de ser anotados en los registros correspondientes, así como el dibujo de un croquis, donde se anotan los datos y puntos de referencia que después han de servir de ayuda para su traslado definitivo al papel. Ningún dato ha de dejarse de anotar confiando en la memoria. En todos los casos se ha de prescindir de ella aunque luego sea un valioso auxiliar para recordar detalles, si bien éstos también deben ser anotados.

Para representar gráficamente en el papel las figuras que se obtengan de los datos, es necesario hacerlo de forma que entre todas las medidas exista una proporción, así como entre las figuras y el terreno.

La escala es, pues, la que regula el tamaño de las figuras y nos las da semejantes a las reales o del terreno.

El plano puede ser un número cualquiera de veces más pequeño que el terreno, y éste número de veces es la proporción o escala: sea la escala 1:100 o 1/100, significa que por cada unidad de medida del terreno, en el plano lo es 100 veces menor. Luego, en esta escala, a un metro del terreno corresponde un centímetro en el plano. Si fuese: 1:1.000, a cada metro correspondería un milímetro.

En cualquier caso, una medida tomada de un plano habrá de ser multiplicada por el número que indica la escala para conocer la medida real; por 100 o 1.000 en los dos ejemplos antes citados.

La escala, aunque de número infinito, se somete siempre a tamaños que den planos manejables, siendo las más usuales:

Para planos de edificios	1 : 50 y 1 : 100
" " " terrenos, hasta 5 Ha	1 : 500
" " " 5 a 100 Ha	1 : 1.000
" " " 100 a 1.000 Ha	1 : 5.000
" mapas	1 : 20.000 o más

Variando también para el uso que vaya a darse a estos planos. Por ejemplo, en los puntos inaccesibles antes estudiados, se habrán de usar escalas que den un dibujo más grande, con objeto de poder medir con más precisión sobre él las líneas cuyas medidas interesaban.

Los ángulos se pasan al papel mediante el transportador, que es un círculo o semicírculo graduado, igual al de la brújula, pantómetro, gráfómetro, etc., que se haya utilizado para la toma de datos en el campo.

REPRESENTACION GRAFICA DE ACCIDENTES DEL TERRENO; SIGNOS A EMPLEAR

En topografía existen signos reglamentarios para la representación de los diversos accidentes de que el terreno puede estar afectado.

Estos signos, de distintos colores para cada grupo de accidentes, queda clasificado como sigue:

AZUL: Aguas (ríos, pozos, pantanos, fuentes, etc.).

BERMELLON: Obras de hombres (carreteras, poblaciones, presas,

VERDE: Arboledas (jardines, huertas, etc.).
etcétera).

NEGRO: Rocas (escarpados, canteras, etc.).

SIENA: Tierras (ramblas, desmontes y terraplenes, curvas de nivel etcétera).

En el APENDICE quedan anotados con todo detalle las distintos signos topográficos con la indicación del color a cada uno.

RECTIFICACION DE LIMITES SINUOSOS EN PERIMETROS CERRADOS POR RECTAS, SIN ALTERACION DE SUPERFICIES

Son muy frecuentes los casos en que dos solares, o bien fincas rústicas, están cerrados por límites sinuosos, haciéndose preciso rectificar los citados límites por otros rectilíneos, pero respetando en todo momento la superficie de cada uno.

Este problema, siempre de fácil solución, puede llevarnos, a petición de los propietarios a trazar límites de una figura casi regular, logrando una mayor estética y una traza lógica de solares, que al construir se avendarán mejor a las necesidades de las trazas clásicas y rectilíneas de los edificios.

RECTIFICAR UN LIMITE SINUOSO EN DOS LINEAS RECTAS

Supongamos que se trata del límite sinuoso **A B C D** de la figura 25 el que se quiere rectificar.

Se unen los puntos extremos **A D** por una línea recta, y acto seguido se calcula la superficie comprendida en la figura resultante.



Figura 25

Si consideramos que la línea **A D** ha de ser la base de un triángulo cuya superficie sea igual a la de la figura formada por la recta **A D** y el límite sinuoso, la altura de tal triángulo sería:

$$\text{Altura} = \frac{\text{Superficie} \times 2}{\text{Longitud } \mathbf{A} \mathbf{D}}$$
, es decir, que si la superficie fuese de

60 m², y la longitud de la base 40 metros, la realización del problema sería:

$$H = \frac{60 \times 2}{40} = \frac{120}{40} = 3 \text{ metros}$$

Si levantamos una perpendicular **D E** en el punto **D**, cuya longitud sea igual a la altura **H** hallada (3 m), y desde **E** una paralela a **A D**, cualquier punto tomado en esta paralela y unido a **A** y **D**, nos formará un triángulo de igual superficie a la primitiva hallada entre **A D** y el límite sinuoso, por lo que el nuevo límite podría ser **A F D**.

Esta operación ha de ser resuelta primero en el plano, y luego, se procede al replanteo en el terreno del nuevo límite.

CALCULO DE SUPERFICIES

Son diversos los métodos existentes para el cálculo de la superficie de un plano cualquiera, si bien todos ellos están basados en la Geometría, utilizando siempre el sistema de descomposición de la figura del plano en figuras regulares: triángulos, cuadrados, etc., sumando luego todas las superficies parciales. Este mismo sistema puede utilizarse de dos formas distintas:

POR DESCOMPOSICION DE LA FIGURA

Sea el ejemplo de la figura 26, la cual se divide primero en el cuadrado **ABCD**, lo mayor posible, con objeto de abarcar el máximo de superficie y que las restantes operaciones sean mínimas, luego se divide el resto en triángulos: **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, es decir seis operaciones.

POR RODEO DE LA FIGURA

A veces, preferible al sistema anterior, es el de rodear la figura por otra regular, a la cual se calcula la superficie, restándole luego los espacios comprendidos entre ésta y la figura del plano que se trata de calcular. Sea la figura 27, la cual rodeamos con el cuadrado **A B C D**, y a

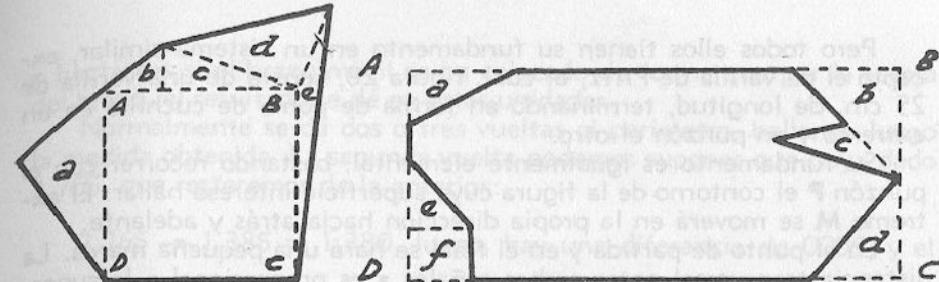


Figura 26

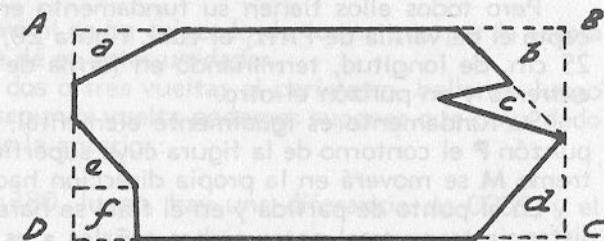


Figura 27

su superficie se le resta la suma de los triángulos **a**, **b**, **c**, **d**, y el rectángulo **f** (podría unificarse el triángulo **e** y el rectángulo **f** para formar un trapecio, pero no nos ahorraríamos casi nada).

CALCULO TRIGONOMETRICO

Para utilizar este sistema será siempre necesario descomponer la figura en triángulos, aplicando luego, a cada uno de ellos, el teorema siguiente:

"El área de un triángulo cualquiera es igual al semi producto de dos de sus lados por el seno del ángulo que forman."

PLANIMETRO

El planímetro es un ingenioso instrumento destinado a determinar la superficie de los planos. Existen diversos modelos según patentes de marcas, y entre ellos podemos citar como más usuales:

Planímetro de Wanes
" polar de Amsler
" de rodillos de Coradi

Planímetro de discos y rodillos
" esférico de rodillos
" de varilla de Pritz.

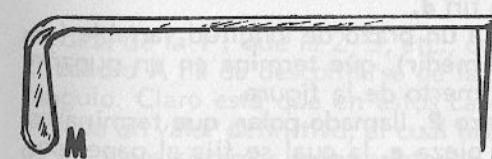
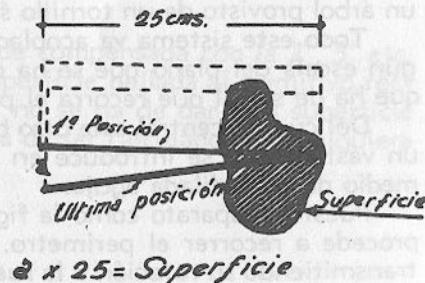


Figura 28



$$a \times 25 = \text{Superficie}$$

Figura 29

Pero todos ellos tienen su fundamento en un sistema similar, excepto el de varilla de Pritz, el cual, figura 28, consta de una varilla de 25 cm. de longitud, terminando en forma de pomo de cuchillo en un extremo y en punzón el otro.

Su fundamento es igualmente elemental, bastando recorrer con el punzón **P** el contorno de la figura cuya superficie interesa hallar. El extremo **M** se moverá en la propia dirección hacia atrás y adelante.

En el punto de partida y en el final se hará una pequeña marca. La distancia transversal entre ambas señales a es proporcional a la superficie de la figura cuyo contorno se ha recorrido con el punzón. Si esta superficie es pequeña, se obtiene como primera aproximación para el valor del área el producto de a por la longitud de la varilla (fig. 29).

PLANIMETRO POLAR

Este instrumento es el de más uso para determinar superficies, y consta, figura 30, de las siguientes piezas esenciales:

Montada sobre un cuerpo central, una rueda contadora **a**, graduada de 0 a 9 y otra **b**, de igual graduación, y a su vez con 10 divisiones entre cada número. Junto a ella un nonio para apreciar las fracciones.

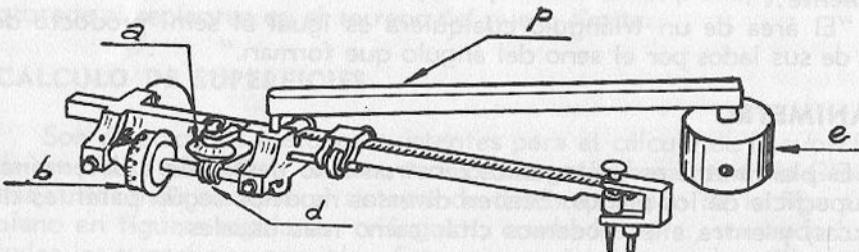


Figura 30

La primera rueda recibe el movimiento de la segunda por medio de un árbol provisto de un tornillo sin fin **d**.

Todo este sistema va acoplado a un brazo de longitud variable (según escala del plano que se ha de medir), que termina en un punzón, que ha de ser el que recorra el perímetro de la figura.

Del cuerpo central sale otro brazo **P**, llamado polar, que termina en un vástago que se introduce en la pieza **e**, la cual se fija al papel por medio de una afilada aguja.

Puesto el aparato como la figura indica, y con las ruedas a cero, se procede a recorrer el perímetro. La rueda **b** se desliza sobre el papel transmitiendo su rotación a la rueda **a**. Hecho el recorrido, y suponiendo que la lectura de la rueda **b** fuese 1, la de la rueda **a** 3,8 y el nonio marcase 5, la lectura total sería: 1.385, que serán los metros cuadrados

o hectáreas si el brazo móvil se ha colocado de forma que por la escala del brazo, el resultado se dé en estas unidades.

Normalmente se da dos o tres vueltas al perímetro, hallando luego la medida obtenida. La segunda vuelta podemos suponer que haya dado 2.765, que restaremos de la anterior:

$$2.765 - 1.385 = 1.380, \text{ luego, hay una diferencia de } 0005, \text{ y el}$$

$$\frac{1.385 + 1.380}{2} = 1.382,50.$$

POR COMPENSACION

En aquellos casos en que no es necesaria gran precisión y sí rapidez, puede hallarse la superficie del siguiente modo: Sea el plano de la figura 31. Sobre él se va construyendo un rectángulo, u otra figura regular, según los casos, de forma que, a ojo, el exceso de la zona 1 compense la

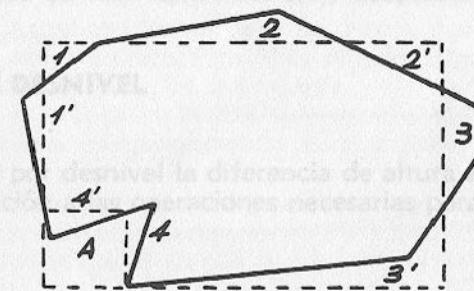


Figura 31

pérdida de la 1'; que la 2, 3, etc., quede compensada con la 2', 3' etc. El cuadro A ha de descontarse de la superficie hallada al primitivo rectángulo. Claro está que en estos casos no se ha de dar a la superficie hallada un valor definitivo, el cual habrá de ser calculado por cualquiera de los otros sistemas antes anotados.

III. Altimetría

III. Altimetría mira de tabilla en un punto A y midieron la altura del suelo hasta el punto donde caeza la visión. Si queremos la referencia necesaria en este punto, lo haremos a 60 metros.

NIVELACIONES

Al efectuar las medidas de Planimetría no nos hemos ocupado del relieve que pudiera presentar el terreno, que por otra parte hemos considerado plano.

Pero como en la mayoría de los casos se presenta el terreno con alturas y depresiones que originan una serie de accidentes que afectan a las medidas, estudiaremos en este capítulo lo referente a la nivelación, completando así el levantamiento del plano topográfico, pero utilizando siempre sencillos instrumentos que, como en los del capítulo anterior, serán susceptibles de fácil construcción y aceptable rendimiento.

CONCEPTO DE DESNIVEL

Se entiende por desnivel la diferencia de altura existente entre dos puntos, y nivelación a las operaciones necesarias para calcular la citada diferencia.

DIVERSOS MÉTODOS DE NIVELACIÓN

Aunque nuestro propósito no es hacer una enumeración completa de los diversos métodos empleados en las nivelaciones, sí estimamos útil dar a conocer los más usuales, estudiando detenidamente los más prácticos por su sencillez.

En distancias cortas, el más indicado es el explicado ya al hablar en el capítulo anterior de mediciones de líneas rectas, y representado en la figura 4.

Para distancias mayores es más aconsejable utilizar el nivel de agua, auxiliándose en una o dos miras.

El nivel de agua está basado en los vasos comunicantes. Consta de un tubo de metal en cuyos extremos se acoplan sendos tubos de cristal,

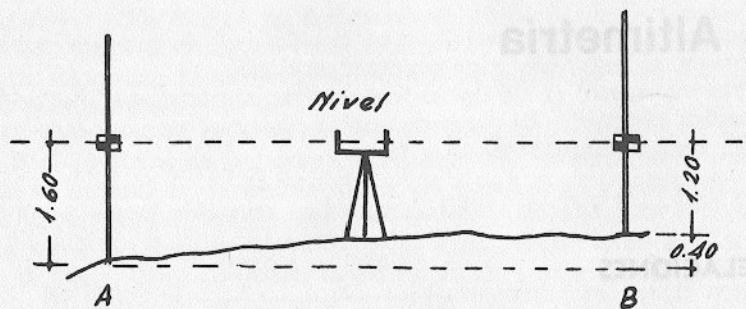


Figura 32

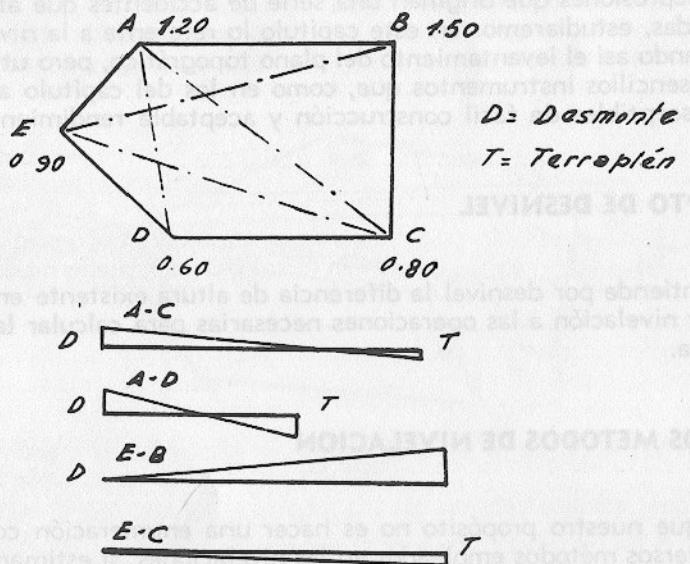


Figura 33

llenándose luego de agua. Este instrumento va unido, en su parte metálica, a un trípode, lo que le da la suficiente rigidez y estabilidad.

Puesto un observador de forma que dirigiendo una visual a la superficie del líquido de un extremo, entrase con la del otro, habrá determinado una línea horizontal.

Si se dispone de una mira de tablilla en un punto A, y medimos la altura que existe desde el suelo hasta el punto donde enrasta la visual horizontal, habremos tomado la referencia necesaria a este punto, la cual supondremos sea 1,60 metros.

Luego, se hace igual operación en otro punto B, suponiendo ahora una altura de 1,20 m esto nos indica que el punto A está 0,40 m más bajo que B (fig. 32).

Igualmente podríamos calcular el desnivel correspondiente o todos los vértices que forman el polígono del plano A, B, C, D, E, Fig. 33, pudiendo establecerse luego el perfil AC-AD-EB-EC para determinar el correspondiente movimiento de tierras según la rasante que al solar haya de darse (supongamos de 0,90 m con respecto a las cotas de los puntos).

MIRAS DE TABLILLA

Como ya se ha indicado, para operar con el nivel de agua se necesita el auxilio, como mínimo, de una mira de tablilla.

Las hay de sección rectangular y circular, estas últimas susceptibles de alabeo, por lo que son menos recomendables. Tanto unas como otras están divididas en centímetros, estando dotados algunos modelos de un nonio que permite apreciar los milímetros.

La tablilla es una placa susceptible de efectuar un recorrido completo de abajo arriba o viceversa de la mira, y de ser fijada mediante un tornillo.

Está dividido en cuatro partes iguales por dos líneas perpendiculares entre sí, estando pintadas dos partes de encarnado y las otras dos en blanco con objeto de que destaque mejor la línea de nivel, llamada línea de fe.

Obedeciendo a las indicaciones del observador, el ayudante o portamirillas irá elevando o bajando la tablilla, hasta fijarla en el lugar que el observador haya indicado. Entonces el portamirillas podrá leer y anotar la altura correspondiente.

NIVELACION INDIRECTA

Esta se efectuará por medio de eclipímetros o clisímetros, y su función consiste en dar los ángulos de pendiente en cada dirección, y por medio de éste y de la proyección horizontal, poder determinar la diferencia de altura o nivel de dos o más puntos.

ECLIMETRO

El eclímetro es un instrumento que se compone de un limbo vertical provisto de un nivel de aire.

Alrededor del centro del limbo gira una alidada de anteojos, o bien de visión directa, y provista del correspondiente nonio para poder apreciar las fracciones.

Para su uso es necesario cuidar que la altura de mira donde se enrase la visual sea la misma que la que tenga el instrumento, es decir, que la visual será paralela al terreno (fig. 34).

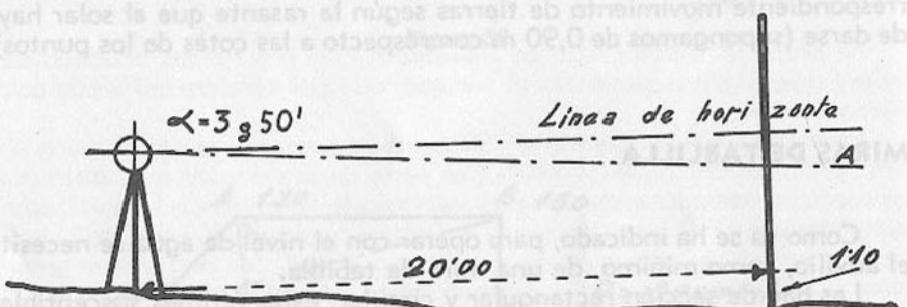


Figura 34

El ángulo α se reduce al tanto por ciento de inclinación por medio de la tabla de la página siguiente.

Por medio de una sencilla operación, conocida la distancia, quedará determinado el desnivel.

Un ejemplo aclarará lo que antecede: Si suponemos que en la figura 34 el ángulo de pendiente leído en la visual A es de 3 g 50', el tanto por ciento de inclinación correspondiente es 5,50. Teniendo una longitud de 20 metros, el cálculo será:

Pendiente en grados sexagesimales	% de inclinación	Pendiente en grados centesimales
0° 17'	0,50	0g 32'
0° 34'	1,00	0g 64'
0° 52'	1,50	0g 95'
1° 09'	2,00	1g 27'
1° 26'	2,50	1g 59'
1° 43'	3,00	1g 91'
2° 00'	3,50	2g 23'
2° 18'	4,00	2g 55'
2° 35'	4,50	2g 86'
2° 52'	5,00	3g 18'
3° 09'	5,50	3g 50'
3° 26'	6,00	3g 81'
3° 43'	6,50	4g 13'
4° 00'	7,00	4g 44'
4° 17'	7,50	4g 77'
4° 34'	8,00	5g 08'
4° 52'	8,50	5g 40'
5° 09'	9,00	5g 72'
5° 26'	9,50	6g 03'
5° 43'	10,00	6g 31'
6° 17'	11,00	6g 97'
6° 51'	12,00	7g 60'
7° 24'	13,00	8g 23'
7° 58'	14,00	8g 85'
8° 32'	15,00	9g 48'
9° 05'	16,00	10g 10'
9° 39'	17,00	10g 72'
10° 12'	18,00	11g 34'
10° 46'	19,00	11g 95'
11° 19'	20,00	12g 51'

Si a 100 corresponden 5.50

20 corresponden x

$$x = \frac{5,50 \times 20}{100} = 1,10 \text{ metros.}$$

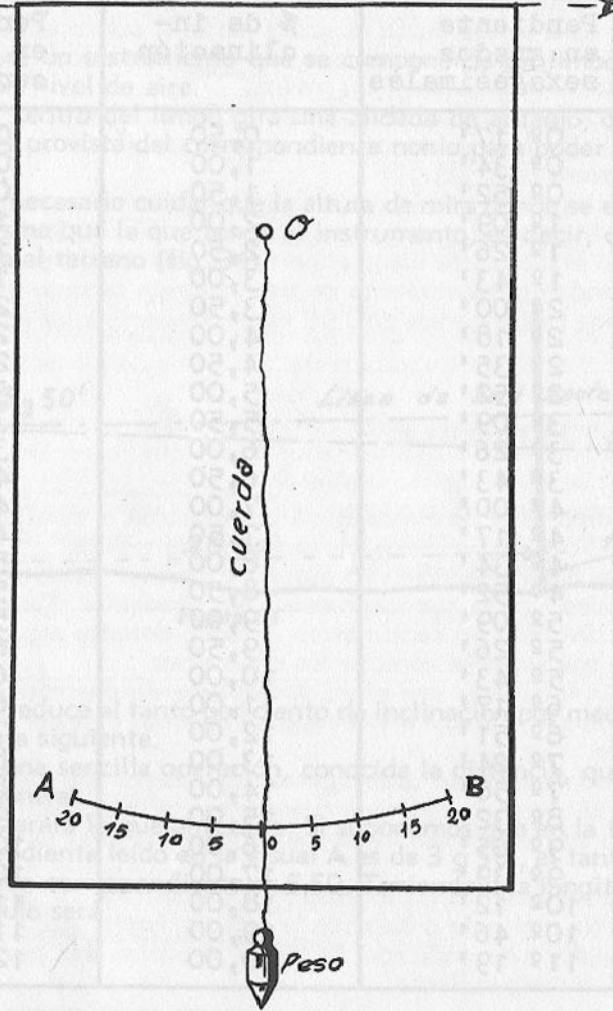


Figura 35

COMO SE CONSTRUYE UN ECLIMETRO SENCILLO

Hágase un dibujo similar al de la fig. 35, marcándose en él grados que oscilen de 0 a 20. Talárdese el punto O, centro del arco AB. Pásele un cordel por el taladro, anudándole a éste un pequeño peso, de forma que el conjunto sea una plomada. Anúdese el extremo del cordel por la parte posterior para evitar que se caiga.

Si con este sencillo instrumento se tiende una visual que enrase con

el borde superior, y de forma que el objeto (mira, jalón, etc.), sea de la misma altura que la del ojo del operador se habrá trazado una línea paralela al terreno, la plomada, al tomar su posición vertical, habrá logrado que la cuerda marque el ángulo de pendiente.

Con la ayuda de la tabla de la página anterior, se tendrá el tanto por ciento de inclinación buscado.

NIVELACION SIMPLE

Se denomina así a la nivelación en la cual, desde un solo punto o estación, se toman todos los puntos cuyas alturas interesan.

En este caso bastará restar cada una de las lecturas de los diferentes puntos, de la altura total del aparato.

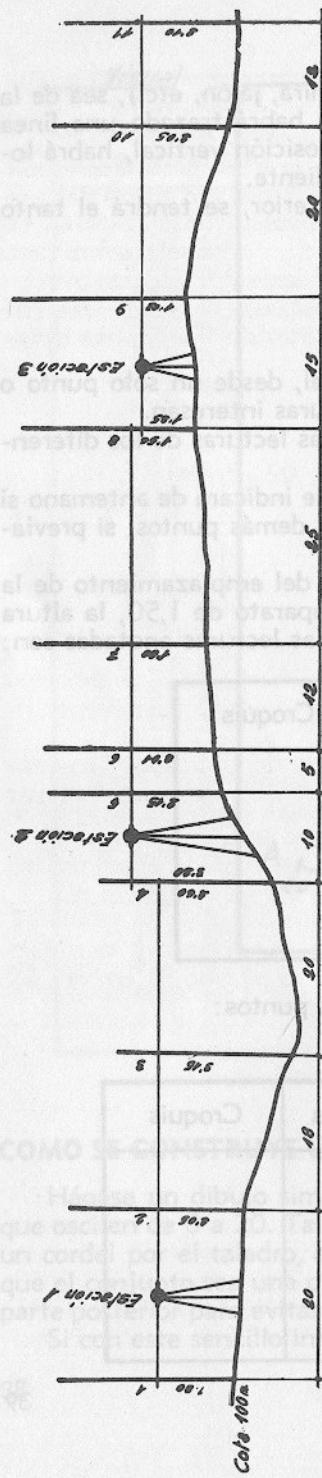
Precisamente la lectura efectuada es la que indicará de antemano si la estación está a más o menos altura que los demás puntos, si previamente se mide la altura del aparato.

Suponiendo una altura o cota en el lugar del emplazamiento de la estación de 80 metros, y una altura para el aparato de 1,50, la altura total sería de 81,50. Si en la libreta registro las lecturas anotadas son:

N.º punto	Lecturas	Croquis
1	1,90	
2	3,50	
3	0,25	
4	0,82	
5	1,50	

Tendremos para el cálculo de los distintos puntos:
(Estación: 81,50 m).

N.º	Lecturas		Alturas	Croquis
	Subiendo	Bajando		
1		1,90	79'10	
2		3,50	79,60	
3	0,25		81,26	
4	0,82		80,68	
5	1,50		80,00	



NIVELACION COMPUSTA

La nivelación compuesta se caracteriza por la necesidad de cambiar de estación, lo que origina un frecuente cambio de cota de origen, los cuales, a su vez, vienen calculados por los datos tomados de la estación anterior.

Todo ello implica la necesidad de una mayor precisión en la forma de lecturas, ya que, el error cometido en una estación, se uniría a los siguientes, ocasionando el consiguiente error final que puede llegar a ser de consideración.

La nivelación es una operación fácil, pero de realización delicada que exige el máximo de cuidado.

De igual modo que en la nivelación simple, para la nivelación compuesta se hacen las lecturas correspondientes a los distintos puntos y cambiándose el aparato a la segunda estación, se hará como primera lectura la del último punto de la estación anterior, continuándose las siguientes lecturas hasta que sea necesario el nuevo cambio.

Normalmente, esta nivelación se hace necesaria para itinerarios, bien de caminos o canales, o para cualquiera otra obra en la que los desniveles jueguen un papel importante, por lo que en las libretas de registro se hacen constar siempre las distancias horizontales entre cada punto.

La primera lectura de cada estación se anota en el apartado que indica: "atrás", los intermedios en el lugar correspondiente, y la última en el apartado: "adelante". Restándose de la primera las demás lecturas si el terreno sube, lo que será acusado por la misma lectura si es de número menor que el origen, o restando la primera de la del número mayor, la cual se indica

Figura 36

que el terreno baje, anotándose estas diferencias en los correspondientes apartados + o —, respectivamente.

Una vez se haya fijado la altura del terreno en el lugar correspondiente a primer punto, y sin tener en cuenta para nada la altura del aparato, se procede a sumar o restar de aquélla las distintas diferencias + ó — hasta llegar al cambio de estación, de cuya cota será ahora de la que habrá de sumar o restar.

En la página siguiente se incluye el cálculo de la libreta de registro correspondiente a la figura 36, cuya cota inicial es de 100 metros de altitud.

COMPROBACION DE LIBRETAS

Para comprobar las operaciones efectuadas en el cálculo de la libreta de registro, llevan éstas, al pie de cada página, las anotaciones de "sumas" y "diferencias".

En lo que se refiere a las distancias el total de las denominadas "al origen", ha de ser igual a la suma de las "parciales", por lo que la diferencia entre ambas ha de ser de cero. De no ser así es que ha habido un error.

Para las "niveladas", se suman las denominadas "atrás", e independientemente de ellas las denominadas "adelante", restándose luego ambas.

Hay libretas en que se omite el encasillado denominado "intermedias", y en tal caso, estas niveladas se anotan en el encasillado "adelante", teniendo en cuenta al hacer la comprobación de sumar solamente el último número de cada estación de este encasillado, que es el que en realidad corresponde a tal columna.

Para las diferencias subiendo (+) y bajando (—) se procede de igual modo: es decir, que en el ejemplo que tratamos se suman, para el signo +, todas las diferencias del punto final de cada estación (en este caso 1,64 metros solamente), y para el signo — las finales de cada estación (0,80 + 0,85).

En las ordenadas se resta de la cota de origen (en este caso 100,00) la final que haya resultado al terminar la nivelación.

Las diferencias de cada grupo de sumas han de ser igual: en nuestro ejemplo 0,01 metros, caso contrario, es evidente que ha habido error en el cálculo.

Suponiendo que el primero y último punto nivelado sea el mismo (caso de itinerario cerrado) entonces las diferencias han de ser de cero teóricamente.

Claro está que debido a las imperfecciones de los aparatos y a nuestro propio sentido de la vista, este cero ideal se alcanzará rara vez, y esto más que nada debido a los errores en + ó — que se van cometiendo, y que pueden ir compensándose accidentalmente.

Puntos nivelados	Distancias		Niveladas			Diferencias		Ordenadas provisionales	
	parciales	al origen	atrás	inter- medias	ade- lante	subiendo +	bajando —		
1		0 -	1'80					100 00	
2	20 -	20 -		2'05			0'25	99 75	
3	18 -							98 65	
4	38 -	38 -		3'45			1'35		
5	20 -						0'80	99 20	
6	10 -	320						99 20	
7	58 -								
8	5 -	68 -	2'15		1'95			100 95	
9	73 -		3'01		1'49			100 39	
10	12 -	85 -	1'80		1'40			100 60	
11	26 -							100 84	
12	110 -			1'56	1'64				
13	15 -		1'25					100 84	
14	125 -		1'03		0'22			101 06	
15	20 -	145 -	2'05				0'80	100 04	
16	12 -								
17	157 -		2'40		0'85	99 99			
Sumas.	157 -	157 -	6'95	6'26	1'64	1'65			
Diferencias..			0'00	0'01	0'01	0'01			

Para cerrar a cero una nivelación será necesaria la debida compensación en cada tramo nivelado.

Para conocer el error de nivelación en un itinerario abierto, se procede a nivelar en sentido inverso el mismo itinerario, haciendo, con esta doble nivelación, un itinerario cerrado, procediéndose entonces a la operación de compensar el error final entre los distintos tramos de forma proporcional a la longitud de cada uno de ellos.

COMPENSACION

Sea una nivelación de 5 tramos con un total de 150 metros, integrados por:

A = — metros

B = 10 " 10 metros

C = 50 " 60 "

D = 30 " 90 "

E = 20 " 110 "

F = 40 " 150 "

y el error final de 0,015 metros, es decir, un error de 15 mm en los 150 m. Para compensar este error, repartiéndolo proporcionalmente a los cinco tramos, tendremos:

Punto A = misma altura.

$$\text{Punto B} = \left\{ \begin{array}{l} 150 : 0,015 : 10 : x \\ x = \frac{0,015 \times 10}{150} = 0,001 \text{ metros.} \end{array} \right.$$

es decir, que a la cota obtenida para el punto B se le aumentará 1 mm.

$$\text{Punto C} = \left\{ \begin{array}{l} 150 : 0,015 : 10 : x \\ x = \frac{0,015 \times 50}{150} = 0,005 \text{ metros.} \end{array} \right.$$

a la cota obtenida para el punto C se le aumentarán cinco milímetros. Esto, claro está, en el caso de que el error haya sido en menos, caso contrario, en lugar de aumentar los milímetros hallados en el cálculo, se restarán de la cota obtenida en la primera nivelación.

De igual forma que se han calculado los puntos B y C, se procedería con los restantes D, E y F, con lo que se habría logrado un mayor ajuste con la realidad del desnivel del terreno.

NIVELACION TAQUIMETRICA

Para proceder a esta nivelación es imprescindible la utilización del taquímetro, cuyo detalle se estudiará en el apartado correspondiente, ciñéndonos en este sólo al sistema o procedimiento de nivelación del enunciado.

Esta nivelación, de menos exactitud que la realizada con nivel, tiene como principal ventaja que pueden hacerse las lecturas desde gran distancia, aunque el terreno sea accidentado, ya que las visuales no son horizontales y, por lo tanto, no son necesarios efectuar cambios de estación, a veces hasta de 500 metros o más de longitud.

El taquímetro tiene disposiciones que le permiten ser utilizado como nivel, pero la utilización de esta propiedad sólo sería aprovechable en terreno de desnivel escaso, exactamente igual que ocurre con el aparato denominado nivel, y en tal caso, la nivelación no sería taquimétrica aunque se realizará con taquímetro.

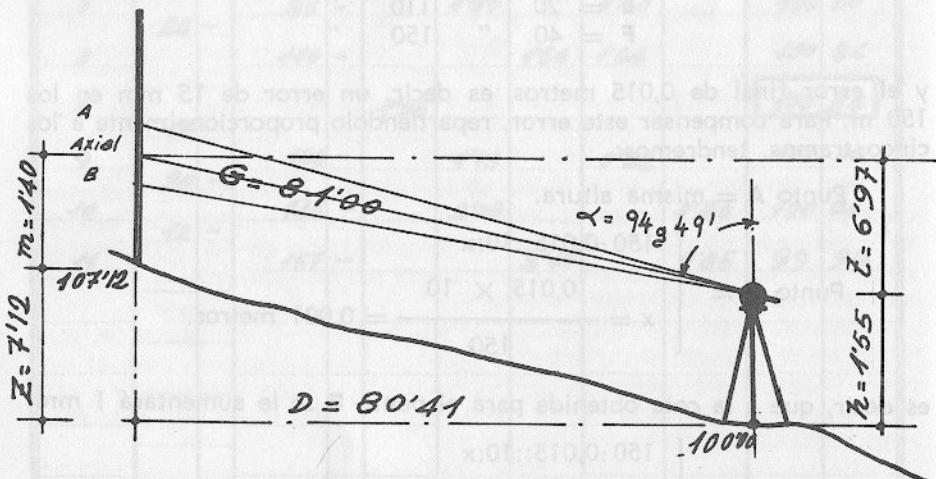


Figura 37

La nivelación taquimétrica se funda en el cálculo trigonométrico, para lo que es necesario medir un lado y un ángulo del triángulo a resolver en cada punto que se trata de nivelar.

Sea la figura 37. Puesto el taquímetro en estación, se dirige una visual al punto correspondiente, donde se habrá colocado una mira perfectamente vertical.

Si se supone que la altura del ángulo vertical es de 94 grados 49 minutos (centesimales) y la distancia es de 81 metros, se tendrá como primera consecuencia que el punto que se trata de nivelar está más alto

que el punto de estación del aparato. Esta consecuencia se obtiene directamente basándose en la disposición del limbo del aparato, el cual tiene arriba el cero y abajo el 200, por lo que todo ángulo menor de 100 grados nos da una visual subiendo (+) y mayor de 100 grados bajando (-).

Otro dato necesario es la altura del hilo axial sobre la mira, para lo que, o bien se lee directamente sobre ella, o bien se calcula con la lectura de los otros dos extremos **A** **B**, cuya lectura es imprescindible para el cálculo de la distancia.

$$\text{altura hilo axial} = \frac{\text{altura de } A + \text{altura de } B}{2}$$

Si en el ejemplo las alturas de los hilos son: para **A** 100 cm y para **B** 181 cm, el cálculo $\frac{100 + 181}{2} = 140 \text{ cm.} = 1,40 \text{ metros}$

Con estos datos han de realizarse el resto de operaciones, de las cuales la primera es hallar la distancia horizontal, y su fórmula es la distancia o generador **G** por el seno del cuadrado del ángulo:

$$D = G \times \operatorname{sen}^2$$

Normalmente se emplean las tablas taquimétricas para estas operaciones, pero en su defecto pueden hacerse las oportunas operaciones deducidas de las fórmulas, siendo en este caso $D = 80,41$ metros.

La segunda operación es el cálculo de la tangente, cuyo resultado da las tablas, y su cálculo directo es:

$$t = D \times \operatorname{cotg.}$$

Siendo en este caso de + 6,97.

La fórmula general para la nivelación taquimétrica, una vez calculados los anteriores datos, es:

$$t - m + h$$

donde **t** es la tangente, **m** la altura del hilo axial sobre la mira, y **h** la altura del aparato tomada verticalmente desde el suelo hasta el centro del muñón que soporta el anteojos.

El + ó — depende, como ya se ha indicado, de que el ángulo sea menor o mayor 100 grados, respectivamente.

Aplicando ahora estas fórmulas, se tendrá para el ejemplo de la figura 37:

$$+ t - m + h = + 6,97 - 1,40 + 1,55 = + 7,12$$

Si la altura del terreno en el lugar del emplazamiento del taquímetro es de 100 metros, tendremos que la altura del punto calculado será

de: $100 + 7,12 = 107,12$ metros, denominada **Z**, habiéndose hallado un desnivel, subiendo, de 7,12 metros, en una longitud horizontal de 80,41 metros.

Nótese que las operaciones de la fórmula general son algebraicas, por lo que se suman los de igual signo y se restan los del contrario, dominando el signo mayor:

$$\begin{array}{r} + 6,97 \\ + 1,55 \\ \hline + 8,52 - (-1,40) = (+ 7,12) \end{array}$$

Al efectuar un cambio de estación, se hace la lectura correspondiente al punto en que haya de emplazarse el aparato, y los puntos desde aquí tomados, se restarán o sumarán de la altura hallada por esta 2.^a estación.

NIVELACION BAROMETRICA

El barómetro es un instrumento destinado a medir la presión atmosférica. Los hay de diversas formas y sistemas, empleándose para esta clase de nivelación los llamados aneroides, cuya forma y tamaño es similar a un reloj de bolsillo.

En la figura 38 se representa un barómetro Aneroides "Orométrico" o "Altímetro", el cual tiene de ventaja sobre los barómetros corrientes en que nos da directamente la diferencia de nivel entre dos puntos sin necesidad de usar simultáneamente el termómetro para la toma de temperaturas, ni las tablas.

Las anotaciones de 0 - 500-1.000, etcétera, indican las alturas. Haciendo girar esta numeración de forma que la aguja marque una cota conocida (la del punto en que se hace este giro), queda el instrumento en condiciones de marcar por sí solo las cotas de otros puntos donde el instrumento se haya trasladado, siempre que se hagan estas operaciones con rapidez para que los cambios atmosféricos hayan sido débiles, pues cambian de una hora a otra.

Igualmente, sin necesidad de efectuar el ya citado giro, se pueden conocer las diferencias de nivel de varios puntos efectuando las restas

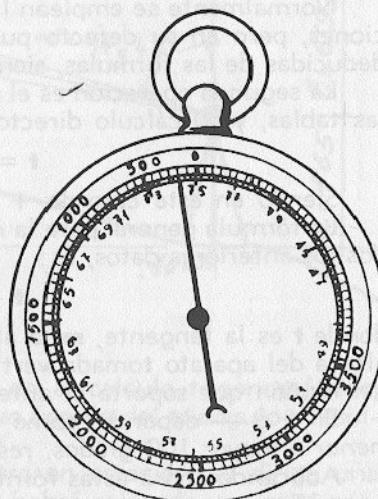


Figura 38

correspondientes entre las lecturas de cada uno de ellos, pero sin conocerse en este caso la cota o altitud de cada cual.

Si se efectúan las medidas con ambos sistemas veremos que siempre habrá una diferencia entre ellos. Esto es debido a que el sistema de nivelación por medio del barómetro no puede ser ajustado exactamente a la realidad, pues influyen datos atmosféricos que no son posibles de reducir a fórmulas invariables.

La presión atmosférica queda equilibrada por el peso de una columna de mercurio de 76 cm de altura y de 4 mm de diámetro, el peso del aire resulta, pues, igual a 1,35 Kg sobre cada cm² de superficie.

La nivelación barométrica sólo es válida para grandes desniveles, dando un resultado solamente aproximado a la realidad.

Su utilidad estriba en la facilidad del cálculo y la rapidez del mismo, y sirve para una primera idea o para nivelaciones en las que no interese precisión.

Se procede para hallar el desnivel existente entre dos puntos tomando en ambos la presión atmosférica y la temperatura en el momento de efectuar la lectura anterior.

A continuación se dan las tablas necesarias para el empleo del barómetro.

Para su uso se multiplica la diferencia en milímetros entre las lecturas barométricas de cada punto, por el número de metros que corresponde a la semisuma de estas lecturas, siendo **A** y **B** los puntos $\left(\frac{A+B}{2}\right)$

y la semisuma de las temperaturas $\left(\frac{t_A + t_B}{2}\right)$ de estos puntos.

E J E M P L O

Sea la lectura del punto **A** = 700
y la lectura del punto **B** = 680

$$700 + 680 \\ \text{semisuma} = \frac{2}{2} = 690; \text{diferencia} = 20$$

la temperatura de **A** (**tA**) = 18 grados
y la temperatura de **B** (**tB**) = 15 grados

$$25 + 15 \\ \text{semisuma} = \frac{2}{2} = 20 \text{ grados}$$

Para 690 dan las tablas para una temperatura de 20 grados, 12,50. Número que se ha de multiplicar por la diferencia de presiones:

$$12,50 \times 20 = 250 \text{ metros de desnivel}$$

Valores en metros de altura por cada milímetro de presión barométrica, según la temperatura media

$$\frac{tA + tB}{2}$$

$\frac{A + B'}{2}$

$\frac{tA + tB}{2}$	$\frac{A + B'}{2}$														
- 5	760	750	740	730	720	710	700	690	680	670	660	650	640	630	620
0	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,1	11,3	11,4	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,7
+ 5	10,6	10,7	10,9	11,0	11,2	11,3	11,5	11,6	11,8	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0
+ 10	10,8	11,0	11,1	11,2	11,4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2
+ 15	11,0	11,1	11,3	11,4	11,6	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4
+ 20	11,2	11,3	11,5	11,6	11,8	11,9	12,1	12,3	12,5	12,7	12,9	13,1	13,3	13,5	13,7
+ 25	11,4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,2	12,3	12,5	12,7	12,9	13,1	13,3	13,5	13,7	13,9
+ 30	11,6	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,5	12,7	12,9	13,1	13,3	13,5	13,7	13,9	14,1
+ 35	11,8	12,1	12,3	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4	14,6

$\frac{tA + tB}{2}$	$\frac{A + B'}{2}$														
- 5	630	620	610	600	590	580	570	560	550	540	530	520	510	500	490
0	12,5	12,7	12,9	13,2	13,4	13,6	13,9	14,1	14,4	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1
+ 5	12,8	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4
+ 10	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8	14,1	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7
+ 15	13,2	13,4	13,6	13,9	14,1	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0
+ 20	13,4	13,7	13,9	14,1	14,3	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2
+ 25	13,6	13,9	14,1	14,4	14,6	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5
+ 30	13,8	14,1	14,4	14,6	14,9	15,1	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7
+ 35	14,0	14,4	14,6	14,8	15,1	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,1

MEDICIONES DE ALTURA POR MÉTODOS PRACTICOS

De entre los varios métodos susceptibles de ser empleados para el cálculo de alturas inaccesibles, pueden destacarse:

POR LA SOMBRA:

Este método sólo factible cuando el pie es accesible, y se funda en la proporcionalidad entre la altura del punto y un palo, jaón o banderola, clavado junto a él.

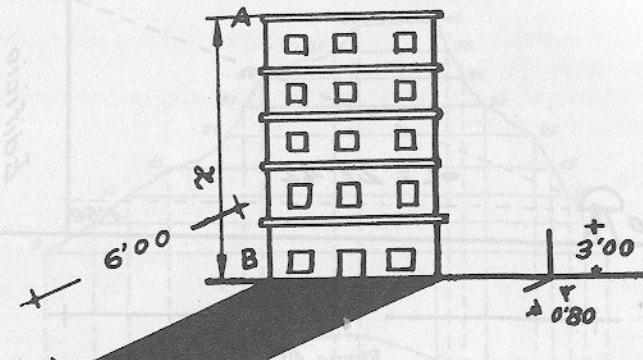


Figura 39

Sea la figura 39, donde se busca la medida AB del edificio, y se observa que la sombra proyectada alcanza una longitud de 6 metros.

Si junto a este edificio se clava un jalón, y queda al aire 3 metros de éste y la sombra proyectada es de 0,80 metros, tendremos la proporción siguiente:

Si a 0,80 metros de sombra corresponden 3 metros de altura, a 6,00 metros de sombra corresponderán x metros.

$$0,8 : 3 :: 6 : x \quad x = \frac{3 \times 6}{0,8} = 22,50 \text{ metros.}$$

CON EL GRAFOMETRO

Puesto el limbo del grafómetro en posición vertical, podrá ser utilizado el instrumento para medir los ángulos de altura.

Para determinar la altura del ejemplo anterior por este método será necesario colocar el grafómetro a cierta distancia del edificio, procediéndose luego a medir

- 1.º la distancia del grafómetro al edificio.
- 2.º el ángulo vertical correspondiente.
- 3.º la altura desde el pie del edificio hasta la altura donde la visual horizontal corta el paramento.

Con los dos primeros datos se dibuja el triángulo rectángulo correspondiente, sumándose luego a la altura el tercer dato y midiéndose sobre el papel la medida total, dibujada a escala (fig. 40).

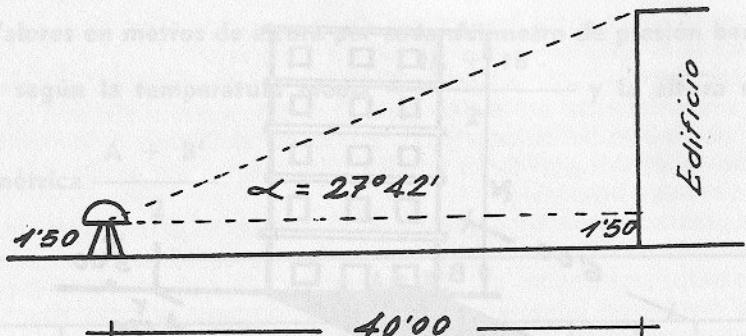


Figura 40

Siendo en este caso concreto, suponiendo una altura de aparato de 1,50 metros, un $\angle = 27$ grados 42 minutos, por una base de 40 metros.

Este problema puede ser resuelto analíticamente empleando la Trigonometría sabiendo que: "cada cateto es igual al producto de otro cateto por la tangente del ángulo agudo continuo".

En este caso, y para $27^{\circ} 42'$ de apertura de ángulo, tendremos:

$$\begin{aligned} \text{Dato dado por las tablas, tangente . . .} &= 0,5250 \\ \text{Cateto conocido . . .} &= 40 \text{ metros} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 40 \times 0,5250 &= 21,00 \text{ metros} \\ 21,00 + 1,50 &= 22,50 \text{ metros} \end{aligned}$$

CONCEPTO DE CURVAS DE NIVEL

Al estudiar la Altimetría, se hace imprescindible el exacto conocimiento de las denominadas curvas de nivel.

Si suponemos que el mar va bajando repentinamente, formando escalonamientos de un número determinado y constante de metros, llegaría un momento en que empezaría a verse un monte antes sumergido, naciendo una isla. Si al descender escalonadamente se detiene en cada tramo el tiempo suficiente para que quede marcada una línea en todo el perímetro de la nueva isla, cada marca perfectamente horizontal, representaría una curva de nivel, adoptando el dibujo de las líneas el representado en la figura 41. Es decir, una curva de nivel es la proyección horizontal del contorno de una figura (generalmente irregular por tratarse de terrenos) en un punto de altura determinado.

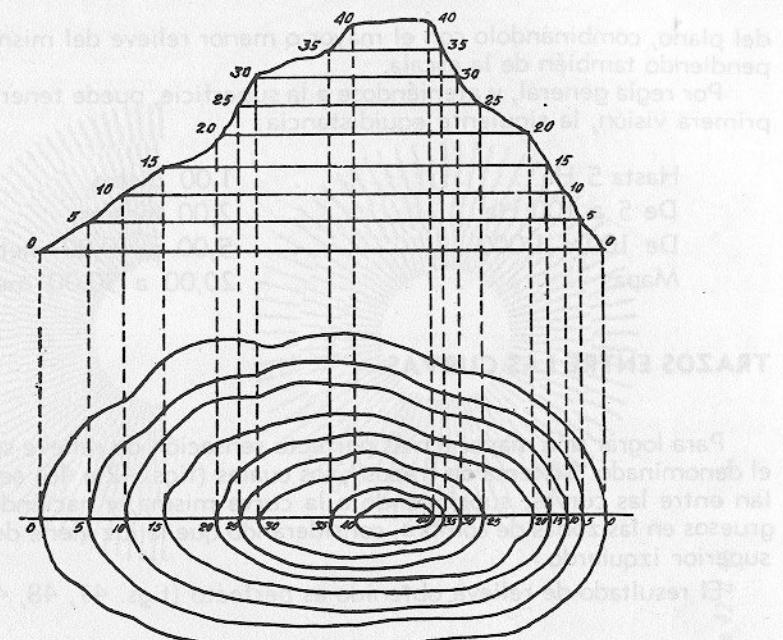


Figura 41

Se comprende que el número de curvas es infinito para la representación de una figura, ya que, como se dijo en el apartado correspondiente, la línea es sólo longitud, por lo que no ocupa anchura.

Prácticamente, los gruesos de tintas limitarían el número. Sin embargo, la representación gráfica no representa problema por lo expuesto antes: a los escalones que antes se aludían (de altura constante), se les denomina **equidistancia** (en el caso de la figura 41 la equidistancia es de 5 metros), y son las proyecciones correspondientes a estos puntos las únicas que se dibujan, por lo que entre dos curvas queda un espacio más o menos ancho, según sea el terreno menos o más pendiente.

El conjunto de curvas de nivel de un plano, no solamente da la sensación de relieve, sino que se presta en cualquier momento a determinar las pendientes y alturas o cotas.

Como ya se ha anotado, cuando las curvas se presenten más juntas, la pendiente es mayor, e inversamente, a más separación menor pendiente.

Para determinar la equidistancia que habrá de darse a las curvas de nivel en un plano es necesario tener en cuenta, ante todo, el objeto

del plano, combinándolo con el mayor o menor relieve del mismo, y dependiendo también de la escala.

Por regla general, y ateniéndose a la superficie, puede tenerse, como primera visión, la siguiente equidistancia:

Hasta 5 Ha.	1,00 metro.
De 5 a 100 Ha.	2,00 metros.
De 100 a 1.000	5,00 a 10,00 metros.
Mapas	20,00 a 50,00 metros.

TRAZOS ENTRE LAS CURVAS

Para lograr una mayor o más perfecta sensación de relieve se emplea el denominado "sistema de trazos", los cuales (figs. 42 a 46) se intercalan entre las curvas, suprimiendo a la curva misma, y haciéndolos más gruesos en las zonas de sombra, considerando que la luz viene del ángulo superior izquierdo.

El resultado de relieve obtenido es perfecto (figs. 47, 48, 49 y 50).

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE AMBOS SISTEMAS

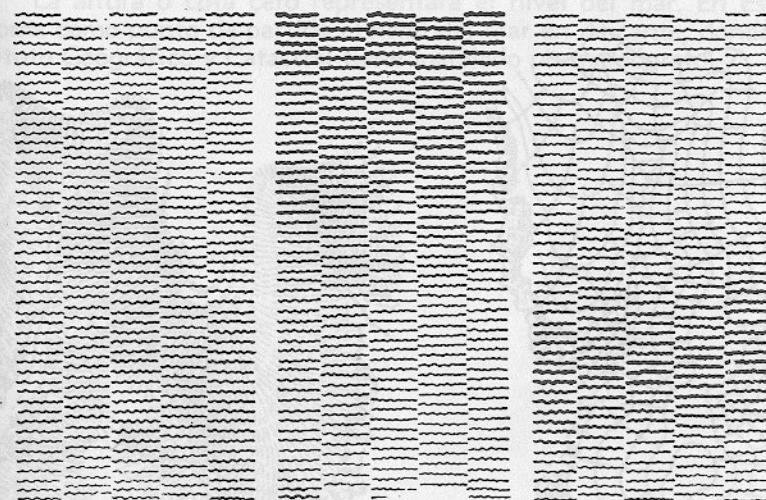
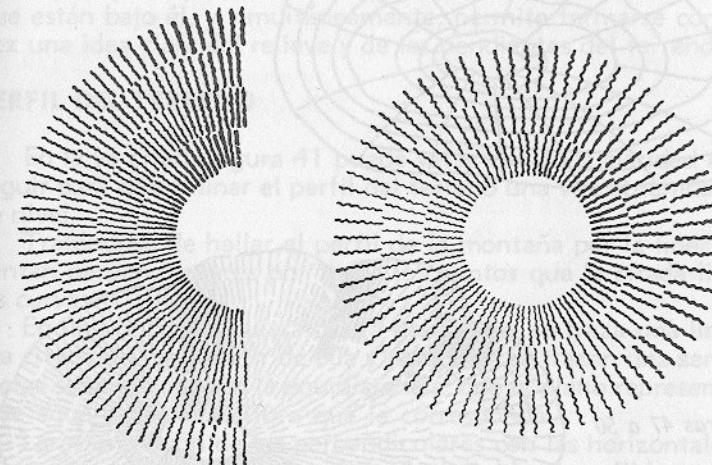
Las ventajas que ofrece el dibujo de curvas de nivel son, ante todas, la claridad. El plano ofrece una serie de líneas que en nada estorbarán la visión de conjunto del dibujo, si bien es necesario para "ver el relieve" estudiar atentamente el sistema de entrantes y salientes, llamadas vanguardias y divisorias, respectivamente, y poseer práctica en formarse una idea rápida de las montañas o desniveles que representan.

El sistema de trazos aventaja la visual de relieve. Cualquier profano puede formarse una idea perfecta del relieve del conjunto. Pero tiene como inconveniente principal que hace casi imposible distinguir otros detalles, como son caseríos, carreteras, caminos, etc., por lo que este método está casi en desuso.

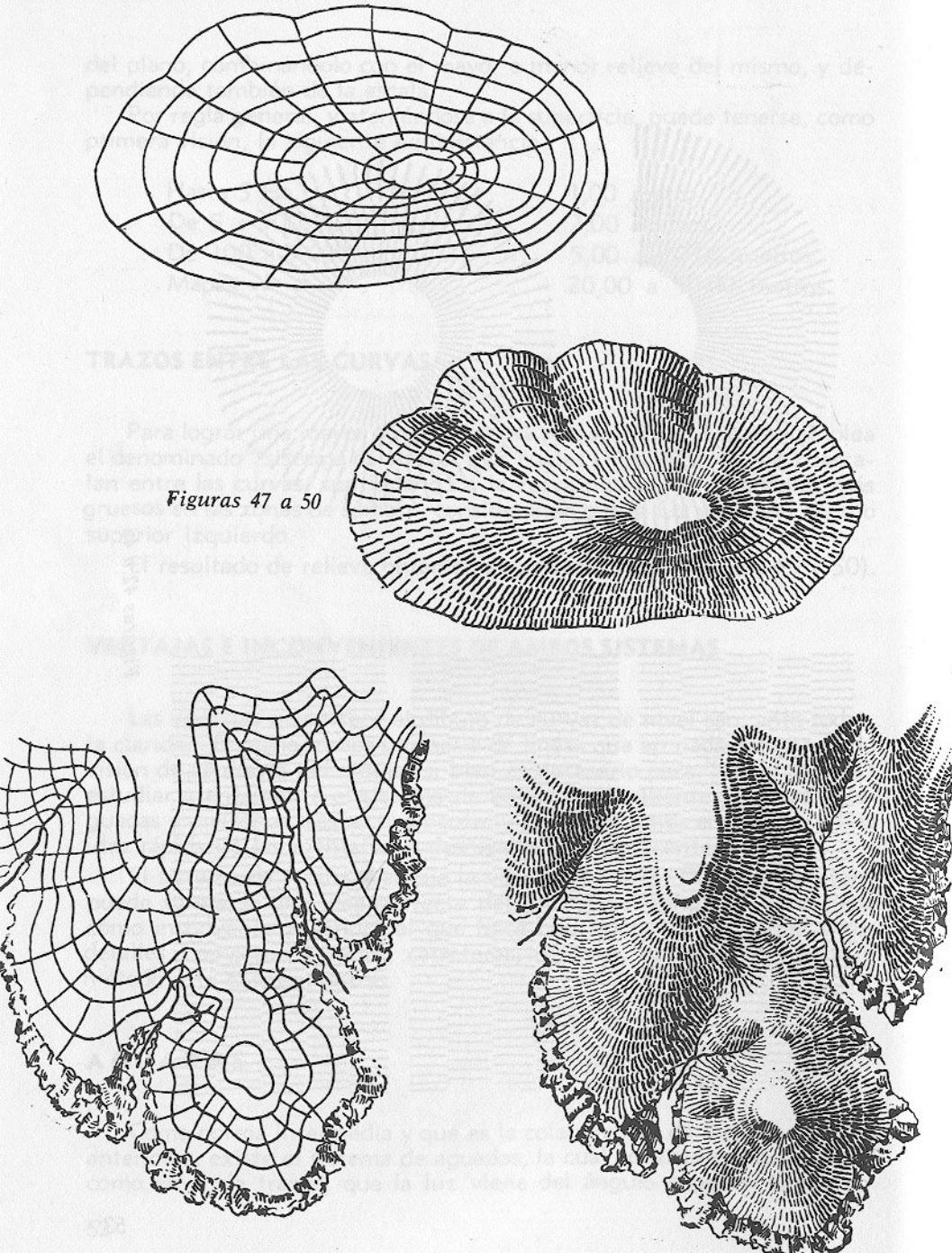
AGUADAS

Como norma intermedia y que es la colaboración de los dos métodos anteriores, existe el sistema de aguadas, la cual consiste en, suponiendo como en el de trazos, que la luz viene del ángulo superior izquierdo

El resultado de la socialización, lo que uno aprende y lo que se transmite, es lo que está en el centro de la teoría social. La socialización es un proceso continuo y constante, que se produce a lo largo de la vida.



Figuras 42 a 46



Figuras 47 a 50

efectuar lavados de forma que lo que se supone en la sombra, sea más oscuro que lo expuesto al sol.

El lavado, más suave que el sistema de trazos (y de más fácil realización, lo que supone otra ventaja) no oculta los detalles ni los rótulos que están bajo él, y simultáneamente, permite formarse con gran rapidez una idea clara del relieve y de las pendientes del terreno.

PERFIL DEL TERRENO

En la ya citada figura 41 puede verse con toda claridad el método a seguir para determinar el perfil del terreno una vez obtenidas las curvas de nivel.

Tratándose de hallar el perfil de la montaña por la línea 0-0, se levantan perpendiculares por todos los puntos que la citada línea corta a las curvas.

En un punto cualquiera, fuera del dibujo, se traza una línea paralela a la citada 0-0, y a partir de ella y paralelas, se trazan una serie de líneas rectas separadas según la equidistancia que el plano represente, iniciándose aquellas con la altura que le corresponda.

La intersección de las perpendiculares con las horizontales determinará el punto, y uniendo éstos queda definido el perfil buscado.

Al trazar las líneas paralelas horizontales puede efectuarse a igual escala que la escala horizontal del plano, o a una escala mayor, resultando el perfil, respectivamente: normal o realzado.

La altura o cota cero representará el nivel del mar. En España se toma como punto de partida el nivel del mar en Alicante, donde el Instituto Geográfico y Catastral tiene instalado un mareógrafo.

IV. Taquimetría

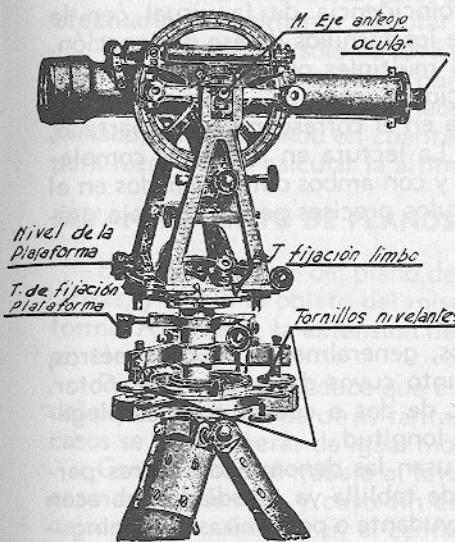


Figura 51

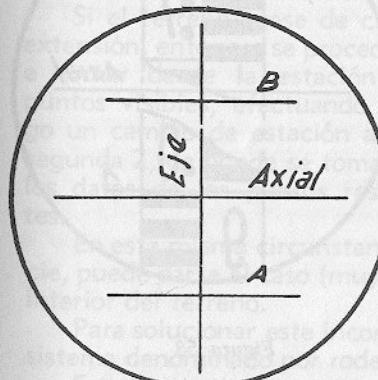


Figura 52

EL TAQUIMETRO: DESCRIPCION Y USO

El taquímetro (fig. 51), del griego **tachys** (pronto) y **metron** (medida), es el aparato por excelencia para los levantamientos topográficos. Su utilidad radica, ante todo, en la rapidez con que resuelve todos los problemas que en el campo pueden presentarse.

Consta esencialmente de los siguientes elementos: anteojos astronómico. Limbos horizontal y vertical, con los nonios correspondientes. Tornillos nivelantes. Niveles. Tornillos de fijación y de coincidencia. Pequeñas lentes para efectuar la lectura en los límbos. Brújula o declinadorio.

Dentro del anteojos se halla el retículo, que es una combinación de hilos dispuestos según la figura 52, los cuales toman los nombres de extremos (**A B**), y axial el del centro, así como el vertical, que ha de servir de eje al instrumento y que ha de hacerse coincidir con el eje vertical de la mira al hacer las lecturas.

Respecto a los límbos, tienen como característica principal el ser de graduación centesimal, es decir, que en lugar de estar divididos en 360 grados como los sexagesimales, lo están en 400, siendo el ángulo recto de 100 grados.

Los nonios permiten apreciar fracciones de grados hasta de minuto en minuto, si bien esta característica depende de cada modelo o marca.

Los tornillos nivelantes tienen por misión lograr una perfecta horizontalidad del aparato, accionando en los niveles.

Los de fijación, como indica su propio nombre, es fijar los límbos horizontales y verticales una vez la coincidencia de la visual con la mira, la cual se efectúa auxiliándose de los tornillos de esa designación.

El uso del taquímetro se adapta a múltiples operaciones: levantamientos de planos, replanteos, niveling, etc.

La lectura de ángulos, explicada ya en el correspondiente apartado, es operación inherente al taquímetro. La lectura en las miras complementa la función de este instrumento, y con ambos datos tomados en el terreno se tendrá la base para los cálculos precisos para el trabajo gráfico o dibujo del plano.

MIRAS

Las miras son renglones graduados, generalmente en centímetros, que se colocan verticalmente en el punto cuyos datos interesa anotar. Existen de varios cuerpos eschufables, de dos o cuatro cuerpos plegables, y todas ellas de cuatro metros de longitud.

Para operar con el taquímetro se usan las denominadas miras parantes, las cuales, a diferencia de las de tablilla ya estudiadas, carecen de este accesorio y no precisan que el ayudante o portamiras haga ninguna anotación, ya que el operador realiza directamente las distintas lecturas.

LECTURAS SOBRE LAS MIRAS

Como ya se ha anotado, las miras están divididas en centímetros, siendo la unidad comprendida en los hilos "A" y "B" del retículo de un metro de mira para cada cien metros de distancia, es decir, $1 \text{ cm} = 1 \text{ m} = 1:100$.

Se deduce de lo expuesto que si en un punto se hace coincidir el hilo "A" y "B" del retículo en los 100 cm. de la mira, y el hilo "B" en los 275 cm. (figura 53), la diferencia:

$275 - 100 = 175 \text{ cm}$ será igual a 175 m de longitud desde el aparato a la mira pero considerada como distancia natural o generador, la cual será necesario reducir a distancia horizontal o proyección teniendo en cuenta el ángulo vertical que nos dé la referida lectura.

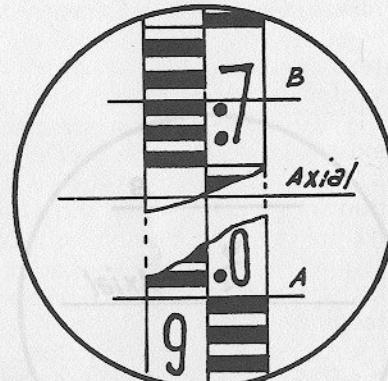


Figura 53

Siempre es conveniente, cuando esto es posible por no impedir la visual algún árbol u otro objeto cualquiera, hacer coincidir el hilo "A" con los 100, 200 ó 300 cm de la mira; esto nos evitará un considerable trabajo al hacer las restas, pues a la sola vista de los números podremos efectuarla mentalmente y anotar en el campo el número generador "G".

En ocasiones, no sólo no será posible esto, sino que habremos de leer con un hilo extremo y el axial, por no impedir la lectura normal cualquier obstáculo. En este caso será necesario multiplicar por dos el generador hallado; pero teniendo en cuenta a qué lectura corresponde el hilo axial para luego poder calcular la altimetría.

LEVANTAMIENTO DE PLANOS

El levantamiento del plano de un terreno puede obedecer a múltiples causas, y según el objeto del mismo, podrá efectuarse éste de diferente forma. Asimismo, la extensión del terreno es factor que también influye en el sistema.

De todo ello se deduce que el sistema a emplear para levantamiento del plano depende de otras tantas circunstancias, y que no en todos los casos se ha de operar de igual modo.

Concretando el trabajo al levantamiento del plano de un terreno escaso de accidentes, y cuyo fin es conocer la superficie, será suficiente colocar el taquímetro en el centro y tomar los datos correspondientes a los distintos vértices.

Sea el caso de la figura 54, cuyos puntos A B C D E determinan el perímetro.

Colocando el aparato en 1 (estación única) se hace el levantamiento por radiación.

Si el terreno fuese de cierta extensión, entonces se procedería a tomar desde la estación los puntos visibles, efectuando luego un cambio de estación a una segunda 2, de donde se tomarían los datos de los puntos restantes.

En esta misma circunstancia, en que sólo interesa conocer la superficie, puede darse el caso (muy frecuente) de que no pueda operarse en el interior del terreno.

Para solucionar este inconveniente se realiza el levantamiento por el sistema denominado por rodeo.

Este sistema exige varios cambios de estación, y se colocan, siempre que es posible, en los mismos vértices que cierran el perímetro. De no

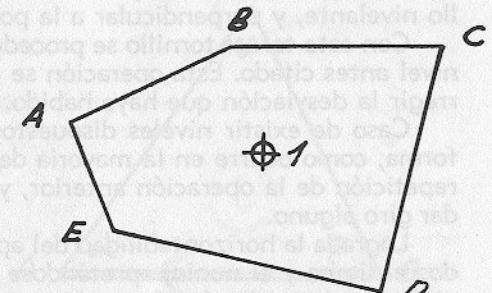


Figura 54

ser factible esto, entonces el aparato se coloca en cualquier punto, pero teniendo en cuenta que desde el lugar elegido se domine la mayor cantidad posible de puntos para evitar en lo posible la repetición de cambio de estaciones.

El objeto del plano puede ser también tener a la mano en cualquier momento los detalles del terreno que representa. En este caso entra de lleno la Taquimetría en sus varias formas: terrenos pequeños, terrenos de grandes extensiones, altimetría o planimetría.

De tratarse de pequeñas extensiones de terreno, con una o dos estaciones pueden tomarse casi siempre todos los datos interesantes del terreno si no existen muchos obstáculos. De haberlos será necesario ampliar el número de estaciones.

En las grandes extensiones será preciso efectuar previamente el amonjamiento de los vértices para una triangulación que ha de servir de base para todo el levantamiento.

PUESTA DEL APARATO EN ESTACION

Ante todo se procede a nivelar la plataforma del mismo, para lo que se colocará el anteojito paralelo a la línea que pasa por dos tornillos nivellantes, accionando en ellos hasta lograr la horizontabilidad, la cual será acusada por el nivel de la plataforma.

Una vez hecho esto se da al anteojito un giro de 100 grados (ángulo recto centesimal), con lo que el anteojito quedará encima del tercer tornillo nivellante, y perpendicular a la posición anterior.

Con este tercer tornillo se procede a buscar la horizontabilidad en el nivel antes citado. Esta operación se efectuará dos o tres veces para corregir la desviación que haya habido.

Caso de existir niveles dispuestos perpendicularmente en la plataforma, como ocurre en la mayoría de los aparatos modernos, es nula la repetición de la operación anterior, ya que se nivelará sin necesidad de dar giro alguno.

Lograda la horizontabilidad del aparato, se hará coincidir a cero grados el limbo y el nonio, apretándose el tornillo de fijación del limbo, y girándose luego la plataforma hasta que la brújula o declinatoria señale perfectamente el norte. Entonces se aprieta el tornillo de fijación de la plataforma y se suelta el de fijación limbononio.

Se mide a continuación la altura del aparato y se anota en la libreta registro, quedando así el taquímetro en condiciones de empezar a trabajar.

LOS CAMBIOS DE ESTACION

Una vez observados todos los puntos visibles desde una estación, se hace necesario cambiar el aparato de lugar, originándose el llamado cambio de estación.

En muchas ocasiones, los lugares destinados para el emplazamiento del taquímetro se tienen fijados de antemano, habiéndose clavado previamente una estaca en el citado lugar.

Otras veces, por exigirlo así las condiciones del terreno, las estaciones se van buscando según se va levantando el plano.

Para efectuar estos cambios se coloca una mira en el lugar de la futura estación, leyéndose y anotándose los datos de distancia y ángulos correspondientes.

Acto seguido se traslada el aparato al lugar destinado a nueva estación, colocándose allí y efectuando la nivelación de la plataforma.

Se afloja luego el tornillo de fijación de la plataforma y se orienta al norte. Hecho esto se fija el tornillo anterior y se da una vuelta de campana al anteojito, o bien se le hace un giro de 200 grados (más aconsejable lo primero).

Puesta la mira en la estación anterior, la visual actual ha de coincidir con la mira. Caso contrario habrá error, el cual será preciso corregir.

La lectura de distancia, lógicamente, ha de ser igual a la que se leyó hasta la nueva estación desde la anterior.

TRIANGULACION

Conociendo en un triángulo **A B C**, un solo lado **A B**, y los ángulos α β γ (figura 55), o solamente dos de estos ángulos, es susceptible de calcularse trigonométricamente los otros dos lados **AC** y **BC**.

Sobre cada uno de los lados de este triángulo, haciendo éstos de base, se construyen igualmente otros triángulos, las bases propuestas serán lados comunes a una red de triángulos denominada triangulación.

Bastará medir sólo un lado, llamado base, y los ángulos, para ir calculando las demás longitudes.

La fórmula para el cálculo de las otras dos longitudes son en el ejemplo de la figura:

$$A B = \frac{\text{lado } A B}{\sin \gamma} \quad \text{sen } \alpha$$

$$A C = \frac{\text{lado } A B}{\sin \gamma} \quad \text{sen } \beta$$

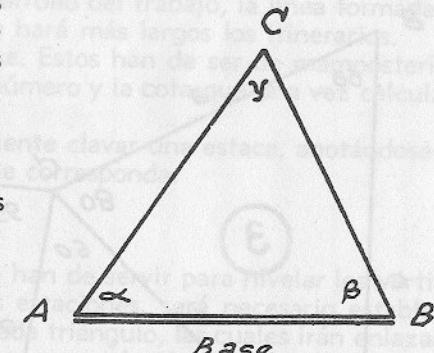


Figura 55

La triangulación puede ser geodésica o topográfica, según que los lados de la triangulación sea mayor o menor de 5 Km.

Al llevar a efecto el amojonamiento de los vértices, se estiman como normas fundamentales que la base se halle en un lugar lo más horizontal posible, que los vértices de cada triángulo sean visibles desde los otros. Asimismo será muy conveniente que los ángulos formados no sean inferiores a 30 grados, y que los vértices se encuentren en sitios elevados y despejados de todo obstáculo.

La base ha de ser medida cuidadosamente, repitiéndose tantas veces la medida como se estime necesario, a fin de que sea lo más perfecta posible.

Igualmente la nivelación de ambos extremos de esta base, referidos entre sí, ha de repetirse hasta comprobar su exactitud.

De ambas operaciones dependerá el resultado de los cálculos que se efectúen en las demás longitudes de lados, las cuales, como queda indicado, no se miden directamente.

Los ángulos se leen desde cada uno de los vértices, corrigiendo, si hay lugar, los errores que se observen para la formación de cada uno de los triángulos.

Para hacer la comprobación se suman los ángulos leídos $\alpha + \beta + \gamma$, lo que ha de ser igual a 200 grados (centesimal), y caso de no dar este re-

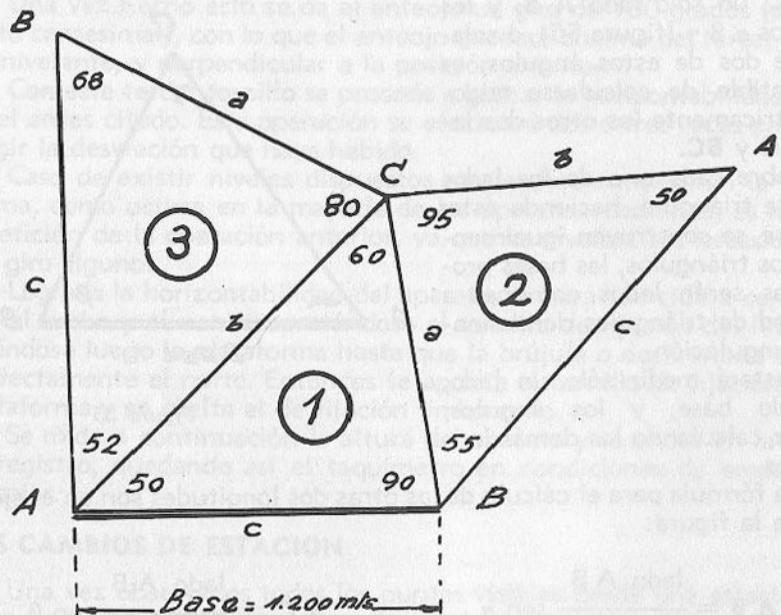


Figura 56

sultado se reparte la diferencia entre los tres triángulos, siempre que la citada diferencia no exceda de cierto límite. Caso contrario, será necesario repetir la medición.

Los cálculos previos para determinar las longitudes de los lados se llevan a efecto por medio del sistema logarítmico.

Como ejemplo práctico para el cálculo de una triangulación, se representa en la figura 56 una red compuesta de tres triángulos, cuya base "c" es de 1.200 metros, siendo los ángulos medidos los que figuran en las hojas de cálculos (páginas 72, 73 y 74), haciendo notar que éstos son centesimales.

NIVELACION DE VERTICES

Una vez efectuados los anteriores cálculos se procede a una perfecta nivelación de los vértices de cada triángulo, con lo que se obtendrán las cotas correspondientes.

Esta nivelación puede realizarse de dos distintas formas:

- 1.º Marchando en línea recta por el lado de cada triángulo.
- 2.º Marcando previamente las futuras estaciones en los lugares convenientes y nivelándolas hasta llegar al otro vértice.

Más aconsejable la segunda, ya que el trabajo aventaja, puesto que las estaciones han de ser necesariamente niveladas, si bien, al colocarlas en sitios claves para el futuro desarrollo del trabajo, la línea formada no será recta, sino quebrada, lo que hará más largos los itinerarios.

Los vértices han de numerarse. Estos han de ser de mampostería y en su superficie ha de figurar el número y la cota que una vez calculada le haya correspondido.

Para las estaciones será suficiente clavar una estaca, anotándose en una de sus caras el número que le corresponda.

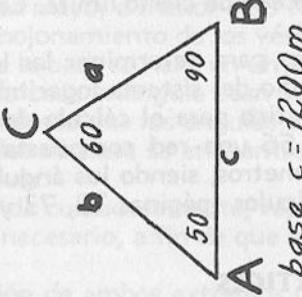
ITINERARIO Y ESTACIONES

Además de los itinerarios que han de servir para nivelar los vértices pasando por las correspondientes estaciones, será necesario establecer una red de estaciones dentro de cada triángulo, las cuales irán enlazadas entre sí, de forma que todas ellas tengan relación con los vértices.

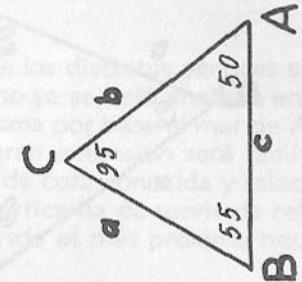
Aunque depende más que nada de los accidentes del terreno, se estima como más conveniente que las estaciones no estén unas de otras a más de 300 metros, incluso en terrenos en que se domine una longitud mucho mayor. Ello es debido a que a esta distancia las lecturas son mucho más claras y por lo tanto menos expuestas a errores.

Un itinerario de otro podrá tener una separación, si el terreno lo permite, hasta de 600 metros, siendo éstos, en su recorrido, de forma más o menos quebrada según los accidentes del terreno aconsejen el emplazamiento de cada estación, llamándose también a esta línea quebrada poligonal.

TRIANGULO N.^o 1

DATOS	Incógnitas	RESOLUCION	CROQUIS
$A = 50^{\circ}$ $B = 90^{\circ}$ $C = 60^{\circ}$ $c = 1.200 \text{ m.}$	b a	<p>logaritmo de $a = \log \sin C + \log \sin B - \log \sin A$</p> <p>Logaritmo de $c = 3'07918$</p> <p>logaritmo seno de $A = \frac{1'84949}{2'92867}$</p> <p>logaritmo seno de $C = 1'90796$</p> <p>logaritmo de $a = \frac{3'02071}{1'048'83}$</p> <p>$a = 1.048'83$ metros</p>	 <p>base $c = 1200 \text{ m}$</p>

TRIANGULO N.^o 2

DATOS	Incógnitas	RESOLUCION	CROQUIS
$A = 50^{\circ}$ $B = 55^{\circ}$ $C = 95^{\circ}$ $a = 1.048 \text{ m.}$	b c	<p>logaritmo $c = \log \sin a + \log \sin b - \log \sin A$</p> <p>logaritmo de $a = 3'02071$</p> <p>logaritmo seno de $C = \frac{1'99866}{3'01937}$</p> <p>logaritmo seno de $A = \frac{1'84949}{3'16988}$</p> <p>logaritmo de $c = \frac{1.478'00}{1.478'00}$ metros</p>	 <p>$a = 1.048'83 \text{ m}$</p>

DATOS	INCÓGNITAS	RESOLUCION	CROQUIS
$A = 52^{\circ}$ $B = 68^{\circ}$ $C = 80^{\circ}$ $b = 1.465,05 \text{ m.}$	b c	<p>Logaritmo $c = \log_{10} b + \log_{10} \operatorname{sen} C - \log_{10} \operatorname{sen} B$</p> <p>logaritmo de $b = 2'16584$</p> <p>logaritmo seno de $C = +$</p> $\log_{10} \operatorname{sen} C = \frac{1'97821}{3'14405}$ <p>logaritmo seno de $B = 1'94266$</p> <p>logaritmo de $c = \frac{3'20139}{1.58995}$ metros</p> $c = \frac{1'86271}{3'02855} \text{ metros}$ <p>Logaritmo $b = \log_{10} c + \log_{10} \operatorname{sen} B - \log_{10} \operatorname{sen} A$</p> <p>logaritmo de $b = 3'16584$</p> <p>logaritmo seno de $A = +$</p> $\log_{10} \operatorname{sen} A = \frac{1'86271}{3'02855}$ <p>logaritmo seno de $B = 1'94266$</p> <p>logaritmo de $b = \frac{3'08589}{1.21765}$ metros</p> $b = \frac{1'86271}{3'02855} \text{ metros}$	<p>$b = 1.465'05 \text{ m}$</p>

ALTURAS O COTAS

Las alturas o cotas de los distintos vértices se han de relacionar con el nivel del mar, que como ya se dejó anotado en el apartado "Perfil del terreno", en España se toma por base el mar de Alicante.

En todo trabajo de gran extensión será fácil encontrar dentro de la triangulación un vértice de cota conocida y relacionada con la cota cero oficial de España. Este vértice ha de servir de referencia. De no haberlo será necesario nivelar desde el más próximo hasta uno de la triangulación.

Normalmente se encuentran cotas fijas en las estaciones de ferrocarril, y todas ellas tienen su origen en la oficial de Alicante.

PUNTOS SECUNDARIOS O DE RELLENO

Con lo expuesto tenemos determinados los puntos principales de un levantamiento.

Los puntos secundarios o de relleno son aquellos que se toman de cada una de las estaciones. Estos serán tantos como aconsejen las características del terreno, pero procurando siempre que no escape detalle sin tomar.

Para estos puntos de relleno, por cada taquímetro es conveniente un equipo de 4 a 6 miras, de forma que, mientras una recorre un camino, otra siga el curso de un arroyo o barranco, otro vaya recorriendo la ladera de una colina, etc., con objeto de lograr en cada uno de estos accidentes, los cambios más notables, pues de otra forma siempre quedarían sin ser observados muchos de ellos.

ERROR DE CIERRE DE ITINERARIOS

Al finalizar un itinerario o poligonal puede darse el caso, bastante frecuente, de que la línea quebrada del mismo sea tal que, una vez orientada respecto a la orientación fija de los dos vértices que han de servir de apoyo, no coincidan los extremos de aquélla con éstos. A esto se le denomina **error de cierre**.

Depende ello de la imperfección de los aparatos y de los defectos de la visión humana, factores que jamás podrán llegar a eliminarse, puesto que el humano no es perfecto ni tampoco sus obras.

Es necesario tener siempre presente que se dice "**errores**" y no "**equivocaciones**", ya que éstas no son admisibles en Topografía.

No obstante ser un error natural, éste tiene legislado un límite del que no se permitirá pasar.

En España el error límite es de 0,0002 m y se denomina "**E**".

Al hacer la representación gráfica el coeficiente "**E**" se verá afectado por la escala que se haya elegido para la representación del plano.

Si llamamos "m" al denominador de la escala, y ésta es 1:500, tendremos que $0,0002 \times 500 = 0,10$ metros, de donde se deduce que sólo pasarán inadvertidos los errores inferiores a 10 cm. Si la escala fuese de 1:50.000, pasaría inadvertido todo error inferior a los 10 metros.

De esto se desprende que, si bien al hacer el cálculo analítico del cierre se encuentra un error, será admisible o no según la escala, ya que al hacer la representación gráfica del plano sería de igual perfección que si el error fuese nulo por haber logrado un cierre perfecto.

CALCULO DE LIBRETAS TAQUIMETRICAS

En el apartado correspondiente a la nivelación taquimétrica se hizo ver la diferencia de cota de dos puntos. No obstante, aunque no se trata

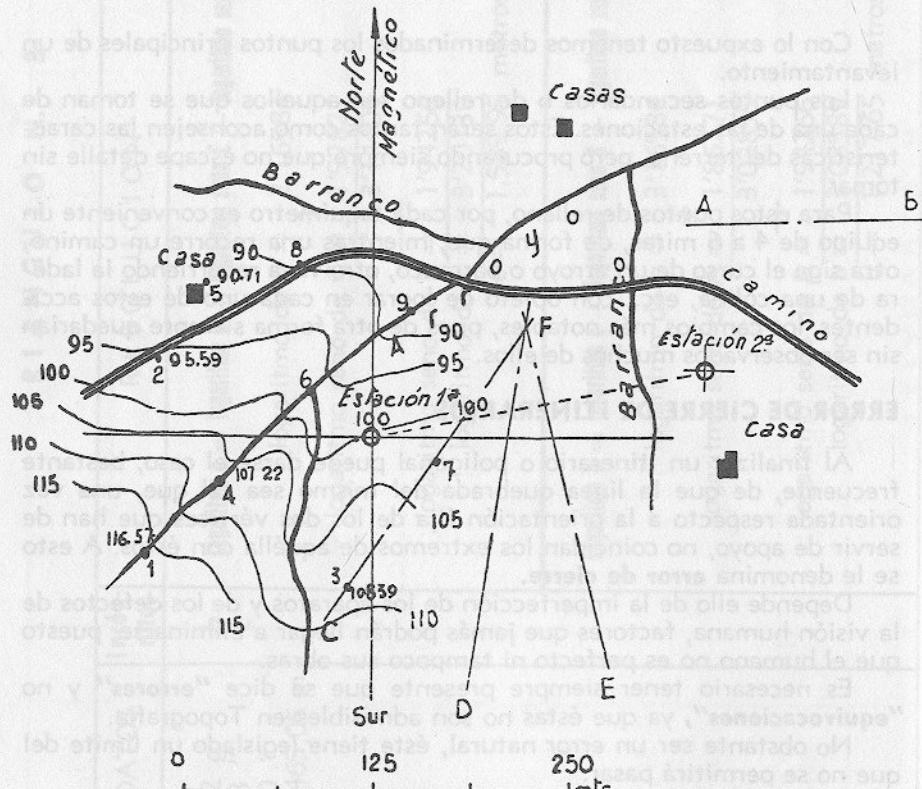


Figura 57

de repetir las explicaciones allí dadas, si será conveniente hacer ver el cálculo completo de varios puntos que luego han de servir para otros ejemplos.

Suponiendo la figura 57, tendremos un terreno accidentado en el que se opera con tres miras: una estudia el arroyo, otra el camino, la tercera una línea CF, útil para examinar los desniveles de la ladera.

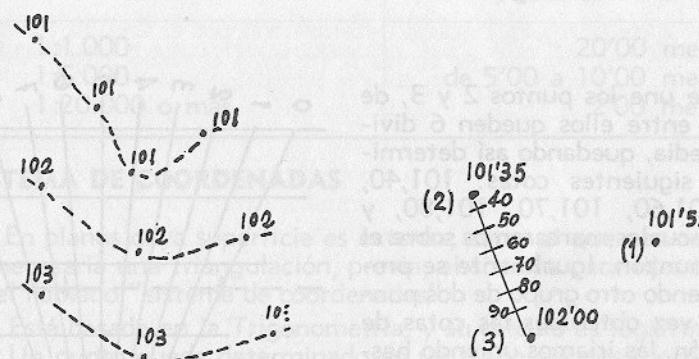
Todas ellas cuidarán de los accidentes más notables de su recorrido: confluencia de barrancos, escarpados, etc.

Suponiendo para la estación I una altura de 100 metros, queda reflejada en la libreta de cálculo los datos obtenidos directamente en el terreno y los resultados obtenidos para los cinco primeros puntos:

Para el cambio de estación en este caso en que la altitud o cota de cada una de ellas se ha obtenido directamente por nivelación, no será necesario hacer el citado cálculo, pero sí leer el ángulo vertical "V" para efectuar la correspondiente reducida al horizonte.

TRAZADO DE CURVAS DE NIVEL

Si los puntos observados diesen las cotas con números enteros, como en la figura 58, no habría problema, ya que todo quedaría reducido a unir los puntos de igual cota, pero esto no ocurre nunca, siempre las cotas llevan una fracción decimal, y para el cálculo o trazado de las curvas será necesario tenerla en cuenta



INDICACION de las estaciones	Altura del Instrumen- to h	Puntos observa- dos	ANGULOS		Lectura de los hilos	Números genera- dores G	Altura del axial sobre la mita según sus di- visiones	En metros ~m
			Horizontal	Vertical				
				100				
1.50	1	271'20	93.80	275	175	187'5	1.87	
				100				
	2	322'45	101.70	255	155	177'7	1.77	
				100				
	3	212'60	94.87	205	105	152'5	1.52	
				100				
	4	283'61	96.78	210	110	155-	1.55	
				100				
	5	341'08	103.85	250	150	175-	1.75	

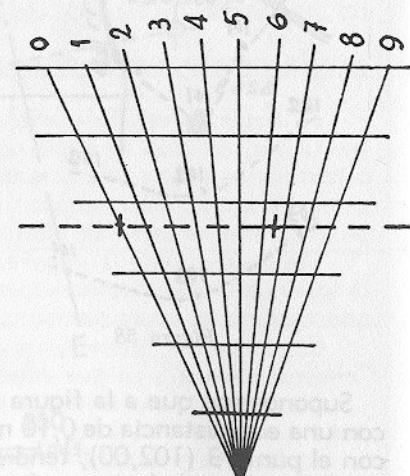


Figura 60

la línea que une los puntos 2 y 3, de forma que entre ellos queden 6 divisiones y media, quedando así determinadas las siguientes cotas: 101,40, 101,50, 101,60, 101,70, 101,80, y 101,90, las cuales marcaremos sobre el plano con punzón. Igualmente se procedería uniendo otro grupo de dos puntos, y una vez obtenidas las cotas de interpolación, las iríamos uniendo hasta terminar.

Para el trazado de las curvas de nivel es necesario tener en cuenta la escala adoptada para el plano, resultando, según esto, la equidistancia de la adjunta tabla, si bien puede cambiarse según el terreno sea excesivamente llano, o bien muy pendiente.

Distancia horizontal g. sen. ² v D	TANGENTE $t = D \cot g$		ALTURA del nivel sobre el punto observado + - m	COTAS		OBSERVACIONES Y CALCULO DEL DESNIVEL MEDIO
	Visual subiendo +	Visual bajando -		del eje de giro del anteojo	Finales	
173'34	16.94	/	15'07	100'00 + 1.50 = 101'50	116.57	Arroyo
154.89	/	4.14	5'91	95.59	Camino	
104.34	8.41	/	6'89	108.39	Línea C.F.	
109.54	7.27	/	5'72	107.22	Arroyo	
149.46	/	9.04	10'79	90.71	Casa	

ESCALA	EQUIDISTANCIA
1:1.000	20'00 metros
1:5.000	de 5'00 a 10'00 metros
1:20.000 o más	2'00 metros

SISTEMA DE COORDENADAS

En planos cuya superficie es extensa, como el que nos ocupa, donde es necesaria una triangulación, previa, el sistema para fijar los vértices, es el llamado "sistema de coordenadas".

Está basado en la Trigonometría, y su cálculo es logarítmico.

Un punto queda determinado en un plano por sus coordenadas rectangulares llamadas X Y, ejes perpendiculares entre sí, y a los que se les asigna las propiedades básicas siguientes:

Las coordenadas dividen al círculo en 4 partes iguales denominadas cuadrantes. Las coordenadas afectan el signo + o — (positivo o negativo) para indicar el sentido de los ejes sobre los que se miden.

Las X positivas se dirigen al norte, y al sur las negativas.

Las Y positivas se dirigen hacia el este, y al oeste las negativas.

La intersección de ambas líneas en el punto O, forma el nombre de "origen de coordenadas" (fig. 61).

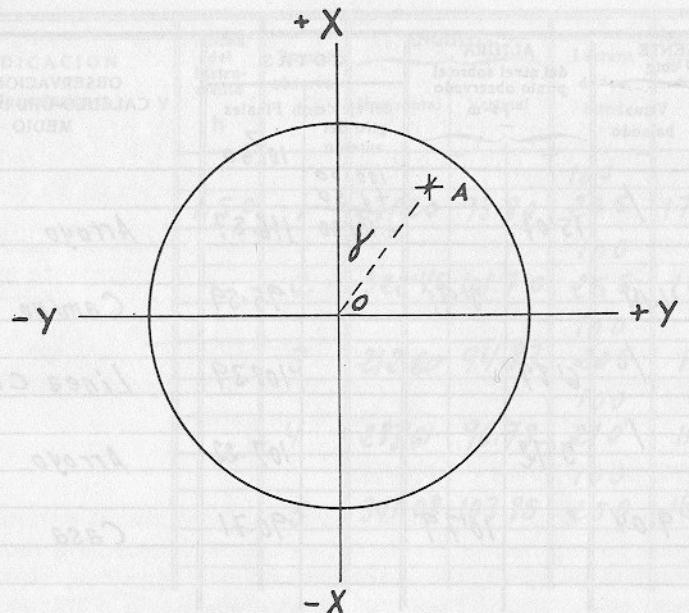


Figura 61

El punto A de la figura I queda determinado por el ángulo formado por la dirección positiva del eje de las X (+X), y el radio vector OA, y las coordenadas que según su longitud le corresponda.

Para trasladar este punto al papel por el sistema ordinario, una vez medido el ángulo α que le correspondiese, se transportaría la medida D (distancia reducida al horizonte) y quedará resuelto el problema. Pero esto es sólo admitido en planos de pequeña extensión, donde el error gráfico, debido a su pequeñez, será siempre inapreciable.

Para trasladar el mismo punto por el sistema de coordenadas, será necesario tener siempre en cuenta las siguientes anotaciones que corresponden a la posición positiva o negativa de los senos y cosenos de los ángulos, según el cuadrante que corresponda (grados centesimales).

	I	II	III	IV
Ángulos-grado	0 a 100	100 a 200	200 a 300	300 a 400
Senos	+	+	-	-
Cosenos	+	-	-	+

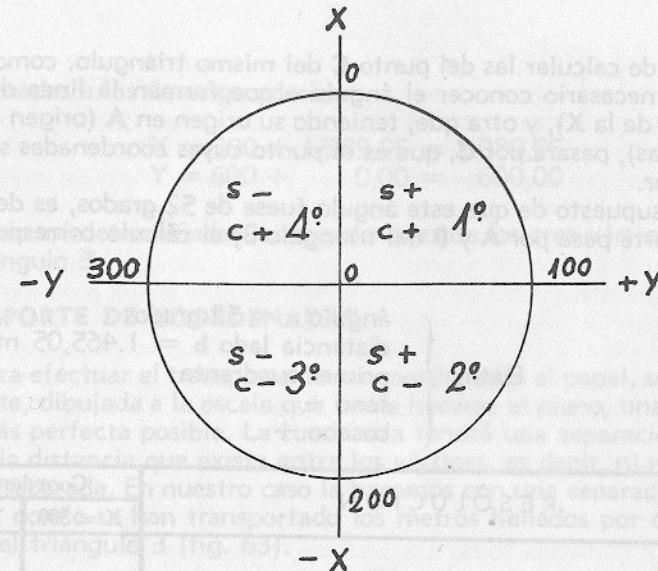


Figura 62

Un ángulo α de 132 grados pertenecerá al II cuadrante, y sus coordenadas serán de seno +, y coseno —, lo que es igual —y + Y.

Igual que se dijo para la cota inicial de la nivelación era necesario partir de la de un vértice conocido, para fijar las coordenadas de un punto, será necesario basarse en las que correspondan a otro vértice fijo cuyas coordenadas estén ya establecidas de modo permanente.

Hay veces en que se ponen arbitrariamente coordenadas de tipo local sin guardar relación con la red oficial, pero esto sólo es permitido para trabajos en los que su objeto no sea relacionar los puntos obtenidos con los del mapa, siendo la misión de las coordenadas en estos casos puramente objeto de cálculo para la confección del plano.

Siempre será conveniente, si bien no es necesario si se posee práctica, tener a la vista, al efectuar el cálculo de coordenadas, el gráfico correspondiente al cuadro anterior, el cual queda plasmado en la figura 62. Esto ayudará mucho para la determinación de los signos que correspondan a las X y las Y.

CALCULO DE COORDENADAS

Si admitimos que las coordenadas del punto A del triángulo 3 de la figura 56 (triangulación) son:

$$X = 500 \quad Y = 600$$

y se trata de calcular las del punto **C** del mismo triángulo, como primer dato será necesario conocer el ángulo α que forman la línea del norte (dirección de la **X**), y otra que, teniendo su origen en **A** (origen de estas coordenadas), pasará por **C**, que es el punto cuyas coordenadas se tratan de calcular.

En el supuesto de que este ángulo fuese de 52 grados, es decir, que la línea norte pasa por **A** y **B** del triángulo 3, el cálculo correspondiente sería:

Datos {
 ángulo α = 52 grados.
 distancia lado **b** = 1.465,05 metros.
 primer cuadrante
 seno +
 coseno +

RESOLUCION		Coordenadas	
		X = 500	Y = 600
	Punto C.— 52 grados.— 1. ^{er} Cuadrante.		
+ X	logaritmo de 1.465'05 metros = 3'16584 » del seno de 52 grados = + 1'86271 logaritmo de + X = 3'02855 + X = 1.067'95		
+ Y	logaritmo de 1.465'05 metros = 3'16584 » del coseno de 52 grados = + 1'83540 logaritmo de + Y = 3'00124 + Y = 1.002 87 TOTALES	1.567'95	1.602'87

Las coordenadas del punto **B** del triángulo 3 serían:

$$+ x = (\text{distancia } c) = 1.589,95 \\ Y = (0^{\circ}0'0'') = 0,00$$

que sumadas a las de origen darían:

$$X = 500 + 1.589,95 = 2.089,95 \\ Y = 600 + 0,00 = 600,00$$

quedando así determinadas las coordenadas de los tres vértices **A**, **B**, **C**, del triángulo 3.

TRANSPORTE DE COORDENADAS

Para efectuar el transporte de las coordenadas al papel, se hará previamente, dibujada a la escala que ha de hacerse el plano, una cuadrícula lo más perfecta posible. La cuadrícula tendrá una separación relacionada a la distancia que exista entre los vértices, es decir, ni muy tupida ni muy separada. En nuestro caso la hacemos con una separación de 500 metros, donde se han transportado los metros hallados por cálculo: **A**, **B**, **C**, del triángulo 3 (fig. 63).

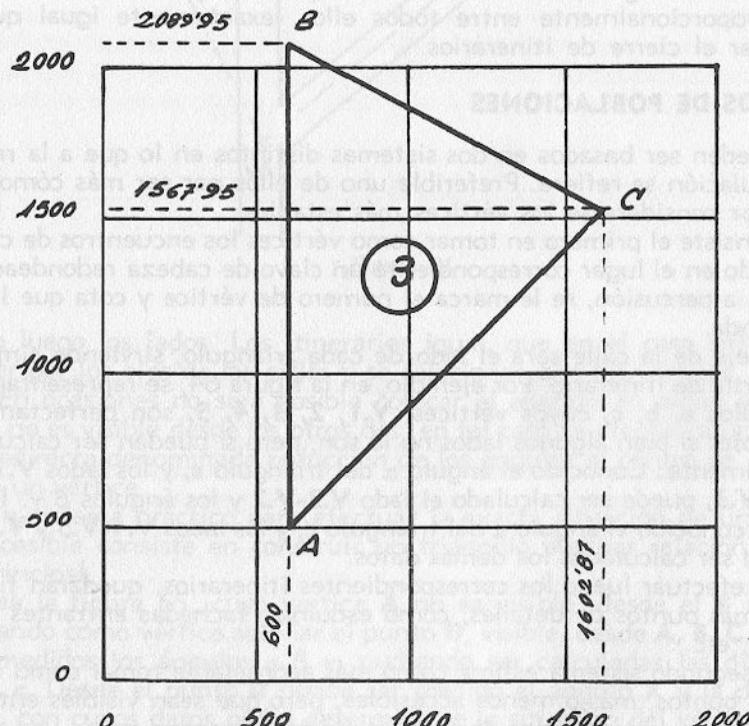


Figura 63

La numeración de la cuadrícula se hace de abajo hacia arriba para las X, y de izquierda a derecha para las Y, de forma que el cero de ambas, u origen de coordenadas, quede en el ángulo inferior izquierdo.

No es necesario empezar la numeración por el cero de ambas, sino que se hará según el origen que de cada una de ellas se tenga.

Al hacer el cálculo de coordenadas de número arbitrario por no haber interés en relacionar los puntos con el mapa o coordenadas oficiales, es muy conveniente dar número base al vértice más abajo, para evitar que, al ir sumando y restando según el signo sea positivo (+) o negativo (-), no se dé el caso de que se llegue a números inferiores a cero, lo que ocasionaría tener que aumentar a todos los calculados lo suficiente para que el más bajo fuese superior a cero.

REPARTO PROPORCIONAL DEL ERROR DE CIERRE

Al ser calculados todos los vértices, habremos de llegar necesariamente al de origen para cerrar. El error que se haya obtenido se repartirá proporcionalmente entre todos ellos, exactamente igual que al efectuar el cierre de itinerarios.

PLANOS DE POBLACIONES

Pueden ser basados en dos sistemas distintos en lo que a la red de triangulación se refiere. Preferible uno de ellos por ser más cómodo, y otro por considerarse los vértices más estables.

Consiste el primero en tomar como vértices los encuentros de calles, clavando en el lugar correspondiente un clavo de cabeza redondeada en la que, a percusión, se le marca el número de vértice y cota que le corresponda.

El eje de la calle será el lado de cada triángulo, sirviendo simultáneamente de itinerario. Por ejemplo, en la figura 64, se representan tres triángulos **a**, **b**, **c**, cuyos vértices, **V.1**, **2**, **3**, **4**, **5**, son perfectamente accesibles si bien algunos lados no lo son, pero sí pueden ser calculados directamente: Conocido el ángulo α del triángulo **a**, y los lados **V.1-V.2** y **V.1-V.3**, puede ser calculado el lado **V.3-V.2** y los ángulos β γ . Igualmente conocido el ángulo α del triángulo **c**, y los lados **V.4-V.5** y **V.4-V.3** pueden ser calculados los demás datos.

Al efectuar luego los correspondientes itinerarios, quedarán fijados los demás puntos de detalles, como esquinas, fachadas entrantes o salientes, etc.

El segundo sistema estima como más aconsejable tomar como vértices los puntos, más o menos accesibles, pero que sean visibles entre sí, por ejemplo, campanarios de iglesias, torres, terrazas, etc.

La medida de ángulos es completa en casi todos los casos, calculán-

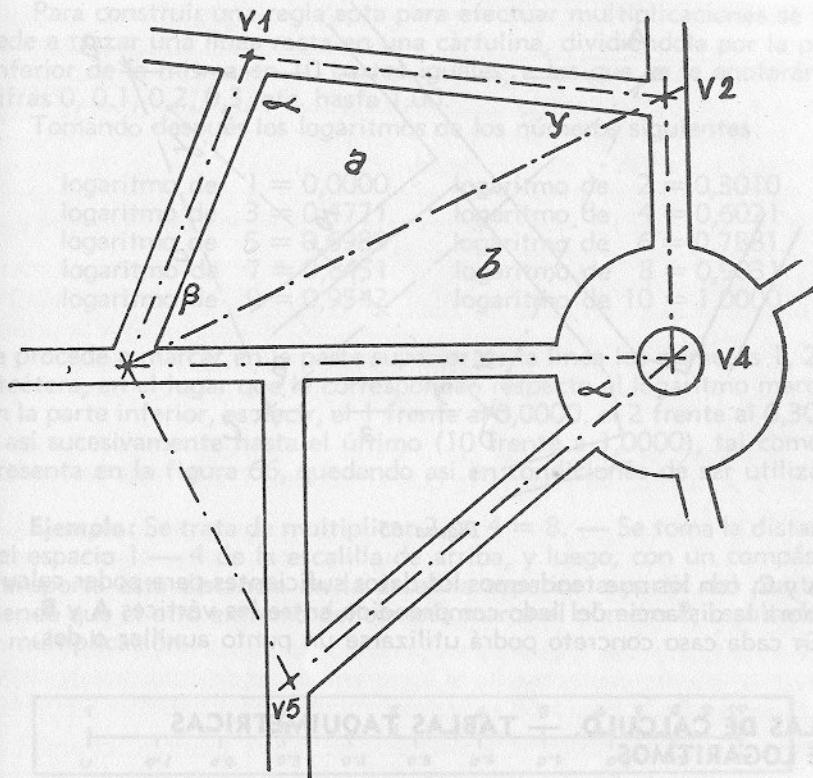


Figura 64

dose luego los lados. Los itinerarios igual, que en el caso anterior, al hacer por los ejes de las calles y se relacionan con los vértices.

En ocasiones no será posible colocar el aparato en algún vértice y éste no es visible desde los otros dos, en tal caso se efectuará una medida indirecta denominada reducción de los ángulos al centro de estación o de un vértice.

Un sistema práctico para efectuar la exacta situación de un vértice inaccesible consiste en construir un triángulo auxiliar relacionado con el principal.

Sea la figura 65, cuyo vértice **A** no es visible, desde el **B** ni el **C**, tomando como vértice auxiliar el punto **D**, visible, desde **A**, **B**, **C**, podrán ser medidos los ángulos α β γ , pudiendo ser calculadas las distancias **a**, **b**, **c**. Desde el punto **D** puede ser medido el ángulo **X** y la distancia **A-D**, con cuyos datos podrá determinarse la situación del vértice **A** con relación a los **B** y **C**, calculándose asimismo la distancia entre los vérti-

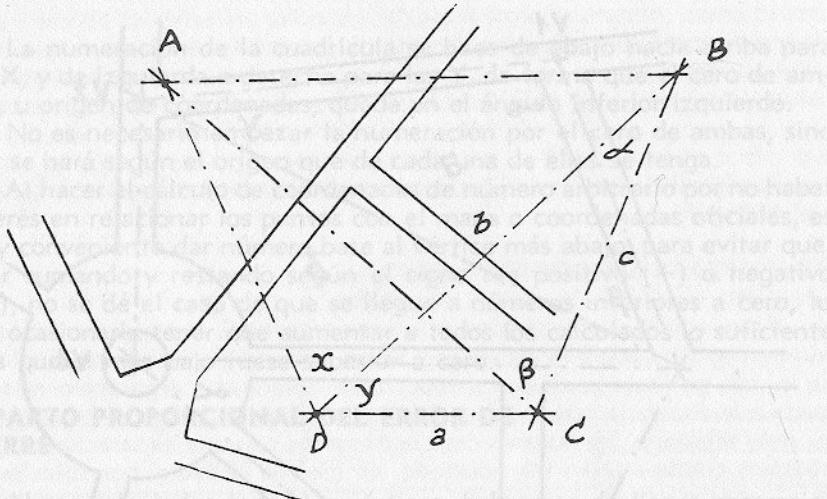


Figura 65

ces **A** y **C**, con los que tendremos los datos suficientes para poder calcular ahora la distancia del lado comprendido entre los vértices **A** y **B**.

En cada caso concreto podrá utilizarse un punto auxiliar o dos.

REGLAS DE CALCULO. — TABLAS TAQUIMETRICAS Y DE LOGARITMOS

Reglas de cálculo

Las reglas de cálculo están basadas en los logaritmos de los números. Para su manejo se precisa ante todo práctica, siendo entonces un buen auxiliar para múltiples cálculos.

El fundamento de las reglas estriba en que el producto de dos números es igual al logaritmo de la suma de los logaritmos de dichos números, por lo que cada multiplicación puede ser transformada en una suma de dos sumandos, con el consiguiente ahorro de tiempo y cálculo:

$$\begin{array}{r} \text{Sea } 125 \times 83 = 10.375 \\ \text{logaritmo de } 125 = 2,096910 \\ " " 83 = 1,919078 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{logaritmo de } X = 4,015988$$

$X = 10.375$, número que directamente da la regla.

Para construir una regla apta para efectuar multiplicaciones se procede a trazar una línea recta en una cartulina, dividiéndola por la parte inferior de la misma en 10 partes iguales, a las que se le anotarán las cifras 0, 0,1, 0,2, 0,3, etc. hasta 1.00.

Tomando después los logaritmos de los números siguientes:

logaritmo de 1 = 0,0000	logaritmo de 2 = 0,3010
logaritmo de 3 = 0,4771	logaritmo de 4 = 0,6021
logaritmo de 5 = 0,6989	logaritmo de 6 = 0,7881
logaritmo de 7 = 0,8451	logaritmo de 8 = 0,9031
logaritmo de 9 = 0,9542	logaritmo de 10 = 1.0000

se procede a marcar en la parte superior de la línea los números 1, 2, 3, etcétera, en el lugar que le correspondan respecto al logaritmo marcado en la parte inferior, es decir, el 1 frente al 0,0000, el 2 frente al 0,3010, y así sucesivamente hasta el último (10 frente a 1,0000), tal como se presenta en la figura 66, quedando así en condiciones de ser utilizada.

Ejemplo: Se trata de multiplicar $2 \times 4 = 8$. — Se toma la distancia del espacio 1 — 4 de la escalilla de arriba, y luego, con un compás, se transporta esta distancia en la escalilla superior a partir del punto 2, viéndose que el otro extremo del compás marca el número 8, resultado de la multiplicación.

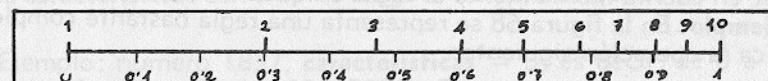


Figura 66

Otro ejemplo: Se trata de multiplicar $3 \times 3 = 9$. — Se toma la distancia del espacio 1 — 3 de la escalilla de arriba, y luego con el compás se transporta esta distancia, a partir del número tres, viéndose que el otro extremo del compás marca el número nueve.

Como se observa, la escalilla de la parte inferior desempeña un papel nulo, habiendo servido sólo para el cálculo de colocación de los números de la escalilla de la parte superior, luego puede ser eliminada una vez cumplió su cometido.

Las distancias tomadas con el compás pueden ser eliminadas también efectuando lo que sigue:

Se corta la cartulina por la línea que separa las dos escalillas, y puesta otra cartulina nueva en su lugar, se marca en ésta la misma numeración 1, 2, 3, 4, etc., que la de arriba, haciendo coincidir estos números. Tenemos ahora dos escalillas iguales e independientes o móviles.

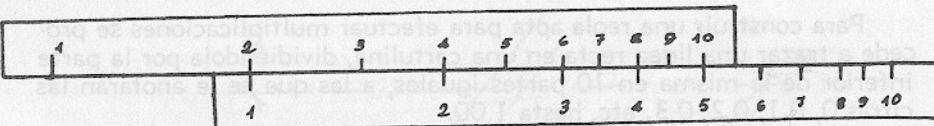


Figura 67

Si se observan los movimientos que se hicieron con el compás, se verá que es igual correr una de las escalillas.

Ejemplo: multiplicar $2 \times 4 = 8$.

Puesto el extremo de la de abajo en coincidencia con el número 2 de la de arriba se observa que el multiplicando 4 coincide con el número 8, que es el resultado, igualmente, con este solo movimiento se multiplican por 2 los números 3, 4, 5, coincidiendo este último con el 10 (figura 67).

Si se tratara de multiplicar por 3 haríamos coincidir el uno de abajo con el 3 de arriba, se observaría que el número 2 coincidía con el 6 y el 3 con el 9.

Este simple sistema sólo aplicable a números bajos puede ser ampliado de forma que, hacia la izquierda, cada una de las reglillas repite su propia numeración. Asimismo los espacios comprendidos entre el 1 y el 2, en ambas reglillas y sus repeticiones, se dividen en 10 partes iguales, con lo que puede proceder a operar con decimales si bien habrá de tenerse en cuenta mentalmente el lugar en que ha de colocarse la coma.

Ejemplo: En la figura 68 se representa una regla bastante completa, e indica la operación siguiente:

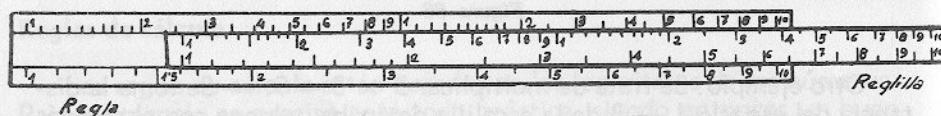


Figura 68

La regla móvil marca 2,60, dando como resultado directo, si la multiplicación es por 2 = 5,20, si es por 3 = 7,80, por 4 = 10,40, por 20 = 52, etc.

Existen reglas para obtener el cuadrado y logaritmos de los números, senos y cosenos de ángulos, etc.

Tablas taquimétricas:

Las tablas taquimétricas, como puede apreciarse por la página que se reproduce a continuación, constan de varias columnas. Encabezando

la página se ve el ángulo vertical correspondiente, y debajo de éste los minutos.

La primera columna da las distancias naturales o generadores G, le siguen la reducidas al horizonte de cada una, e igual para los minutos, por ser tan mínima la diferencia de unos a otros que no influye en el coeficiente "E" de error. Haciendo la intercepción de la distancia G y la columna de minutos, da la tangente que corresponde al ángulo y una distancia determinada.

En la página que se reproduce se hace notar la reducida $D = 80,15$ metros para su generador 81,00 metros con un ángulo de $106^\circ 54'$, y para la tangente 8,26 metros.

Puede apreciarse lo sencillo de su manejo, y lo rápido de la obtención de resultados.

Tablas de logaritmos:

Hay que distinguir los logaritmos de los números, y los logaritmos de las funciones circulares.

Para el logaritmo de los números dan las tablas solamente la **mantisa**, o sea los decimales, ya que la **características** o parte entera queda determinada por el mismo número, de forma que se escriben tantas unidades **características** como cifras tenga el número de que se trata, menos una.

Ejemplo: número 1837, **características** = 3, es decir, de 0 a 9, es cero; de 10 a 99 es 1; de 100 a 999 es 2; etc.

En la página que reproducimos puede apreciarse fácilmente el manejo de las tablas.

Sea el número 727, **características** = 2; **mantisa** = 86153; total 2,86153, si se tratase de 7278 sería: **características** = 3; **mantisa** = 86201; total = 3,86201.

Inversamente conocido un logaritmo, sea 3,87052, tendremos, según las tablas, 7422.

Para las funciones circulares el manejo es similar, incluyéndose una columna "d", que significa diferencia entre los dos números consecutivos entre los cuales está. Se emplea para interpolaciones, y su utilidad estriba en ahorrar una recta en cada operación en que las tablas no den el número exacto que se busca.

Las columnas senos y cosenos se utilizan según el ángulo sea el de la parte superior o inferior de la página, e igualmente la tangente y la cotangente.

TABLA TAQUIMETRICA
106 g

G	D	48'	50'	52'	54'	56'	57'	59'	61'	63'	65'
51	50'47	5'15	5'17	5'19	5'20	5'22	5'22	5'24	5'25	5'27	5'28
52	51'45	25	27	29	30	32	33	34	36	37	39
53	52'44	36	37	39	41	42	43	44	46	47	49
54	53'43	46	47	49	51	52	53	55	56	58	59
55	54'42	56	57	60	61	63	63	65	66	68	70
56	55'41	66	67	70	71	73	74	75	77	78	80
57	56'40	76	78	80	81	83	84	85	87	89	90
58	57'39	86	88	90	92	93	94	95	97	99	6'01
59	58'38	96	98	6'00	6'02	6'04	6'04	6'06	6'08	6'09	11
60	59'37	6'06	6'08	6'10	6'12	6'11	6'14	6'16	6'18	6'20	6'21
61	60'36	16	18	21	22	24	25	26	28	30	32
62	61'35	26	28	31	33	34	35	37	39	40	42
63	62'34	37	38	41	43	45	45	47	49	51	52
64	63'33	47	49	51	53	55	55	57	59	61	63
65	64'32	57	59	61	63	65	66	68	69	71	73
66	65'31	67	69	71	73	75	76	78	80	82	83
67	66'30	77	79	82	84	85	86	88	90	92	94
68	67'29	87	89	92	94	96	96	98	7'00	7'02	7'04
69	68'28	97	99	7'02	7'04	7'06	7'07	7'09	11	13	15
70	69'27	7'07	7'09	7'12	7'14	7'16	7'17	7'19	7'21	7'23	7'25
71	70'25	17	19	22	24	26	27	29	31	33	35
72	71'24	28	29	32	35	37	37	39	42	44	46
73	72'23	38	39	43	45	47	48	50	52	54	56
74	73'22	48	50	53	55	57	58	60	62	64	66
75	74'21	58	60	63	65	67	68	70	72	75	77
76	75'20	7'68	7'70	7'73	7'75	7'78	7'78	7'81	7'83	7'85	7'87
77	76'19	78	80	83	86	88	89	91	93	95	97
78	77'18	88	90	94	96	98	99	8'01	8'03	8'06	8'08
79	78'17	98	8'01	8'04	8'06	8'08	8'09	11	14	16	18
80	79'15	8'08	8'11	8'14	8'16	8'18	8'19	8'22	8'24	8'26	8'28
81	80'15	18	21	24	[26]	29	30	32	34	37	39
82	81'14	29	31	34	37	39	40	42	44	47	49
83	82'13	39	41	44	47	49	50	52	55	57	60
84	83'12	49	51	55	57	59	60	63	65	67	70
85	84'11	59	61	65	67	70	71	73	75	78	80
86	85'10	69	71	75	77	80	81	83	86	88	91
87	86'09	79	82	85	88	90	91	93	96	98	9'01
88	87'08	69	92	95	98	9'00	9'01	9'04	9'06	9'09	11
89	88'07	99	9'02	9'05	9'08	11	11	14	17	19	22
90	89'06	9'09	9'12	9'16	9'18	9'21	9'22	9'24	9'27	9'29	9'32
91	90'04	20	22	26	28	31	32	35	37	40	42
92	91'03	30	32	36	39	41	42	45	47	50	53
93	92'02	40	42	46	49	51	52	55	58	60	63
94	93'01	50	53	56	59	62	63	65	68	71	73
95	94'00	60	63	66	69	72	73	76	78	81	84
96	94'99	70	73	77	79	82	83	86	89	91	94
97	95'98	80	83	87	90	92	93	96	99	10'02	10'04
98	96'97	90	93	97	10'00	10'03	10'04	10'06	10'09	12	15
99	97'96	10'00	10'03	10'07	10	13	14	17	20	22	25
G	D	52'	50'	48'	46'	44'	43'	41'	39'	37'	35'

LOGARITMOS DE LOS NUMEROS

Nº	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
720	85	733	739	745	751	757	763	769	775	781	788
721		794	800	806	812	818	824	830	836	842	848
722		854	860	866	872	878	884	890	896	902	908
723		914	920	926	932	938	944	950	956	962	968
724		974	980	936	992	998	004	010	016	022	028
725	86	034	040	046	052	058	064	070	076	082	088
726		094	100	106	112	118	124	130	136	141	147
727		153	159	165	171	177	183	189	195	201	207
728		213	219	225	231	237	243	249	255	261	267
729		273	279	285	291	297	303	308	314	320	326
730		332	338	344	350	356	362	368	374	380	386
731		392	398	404	410	415	421	427	433	439	445
732		451	457	463	469	475	481	487	493	499	504
733		510	516	522	528	534	540	546	552	558	564
734		570	576	581	587	593	599	605	611	617	623
735		629	635	641	646	652	658	664	670	676	682
736		688	694	700	705	711	717	723	729	735	741
737		747	753	759	764	770	776	782	788	794	800
738		806	812	817	823	829	835	841	847	853	859
739		864	870	876	882	888	894	900	906	911	917
740		923	929	935	941	947	953	958	964	970	976
741		982	988	994	999	005	011	017	023	029	035
742	87	040	046	052	058	064	070	075	081	087	093
743		099	105	111	116	122	128	134	140	146	151
744		157	163	169	175	181	186	192	198	204	210
745		216	221	227	233	239	245	251	256	262	268
746		274	280	286	291	297	303	309	315	320	326
747		332	338	344	349	355	361	367	373	379	384
748		390	396	402	408	413	419	425	431	437	442
749		448	454	460	466	471	477	483	489	495	500
750		506	512	518	523	529	535	541	547	552	558
751		564	570	576	581	587	593	599	604	610	616
752		622	628	633	639	645	651	656	662	668	674
753		679	685	691	697	703	708	714	720	726	731
754		737	743	749	754	760	766	772	777	783	789
755		795	800	806	812	818	823	829	835	841	846
756		852	858	864	869	875	881	887	892	894	904
757		910	915	921	927	933	938	944	950	955	961
758		967	973	978	984	990	996	001	007	013	018
759	88	024	030	036	041	047	053	058	064	070	076
760		081	087	093	098	104	110	116	121	127	133
761		138	144	150	156	161	167	173	178	184	190
762		195	201	207	213	218	224	230	235	241	247
763		252	258	264	270	275	281	287	292	298	304
764		309	315	321	326	332	338	343	349	355	360
765		366	372	377	383	389	395	400	406	412	417
766		423	429	434	440	446	451	457	463	468	474
767		480	485	491	497	502	508	513	519	525	530
768		536	542	547	553	559	564	570	576	581	587
769		593	598	604	610	615	621	627	632	638	643
770		649	655	660	666	672	677	683	694	700	700
771		705	711	717	722	728	734	739	745	750	756
772		762	767	773	779	784	790	795	801	807	812
773		818	824	829	835	840	846	852	857	863	868
774		874	880	885	891	897	902	908	913	919	925
775		930	936	941	947	953	958	964	969	975	981
776	89	986	992	997	003	009	014	020	025	031	037
777	89	042	048	053	059	064	070	076	081	087	092
778		098	104	109	115	120	126	131	137	143	148
779		154	159	165	170	176	182	187	193	198	204
780		209	215	221	226	232	237	243	248	254	260

En la página que se reproduce, correspondiente a 13 grados y hasta 50 minutos, de uno en uno, equivalente a 113 y a los inversos 86 y 186, podemos observar para 13 grados 19 minutos.

$$\begin{aligned}\text{Logaritmo seno} &= 1,31325 \\ \text{" coseno} &= 1,99061\end{aligned}$$

inverso de 86 grados, 81 minutos, los cuales son:

$$\begin{aligned}\text{seno} &= 1,31325 \\ \text{coseno} &= 1,99061\end{aligned}$$

Operándose de igual modo de tratarse de la tangente o de la cotangente.

El signo — encima de la característica la hace negativa, por lo que es muy necesario tener en cuenta los signos al realizar las operaciones de sumas y restas para los cálculos que haya lugar en los distintos casos.

DESARROLLO DEL CONJUNTO DE UN LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO

Hasta aquí hemos ido viendo parte por parte los distintos trabajos que integran un levantamiento taquimétrico, tanto en terrenos de poca extensión como para grandes superficies. No obstante, interesa ahora ver progresivamente el desarrollo normal de los distintos trabajos para hacerse una perfecta idea de la marcha de los mismos. La idea fundamental ya la tenemos, veamos ahora la aplicación práctica de la misma.

Ya se dejó anotado y ahora repetimos que la primera operación a realizar antes de empezar el trabajo en firme, es estudiar el terreno y ver los puntos más apropiados para la fijación de vértices y estaciones para los itinerarios.

Elegidos éstos se procede a dibujar un croquis de conjunto donde se haga notar los puntos más importantes.

Observando la figura 69, croquis a que se alude, vemos los vértices 1, 2 y 3 colocados en los puntos más altos. Se insinúan las curvas de nivel para mejor hacerse cargo del relieve y se marcan las futuras estaciones que también han de servir para la nivelación entre vértices, si bien éstas no pueden darse como puntos fijos hasta el momento de adentrarse en el trabajo.

La primera fase queda con esto terminada, pudiendo empezarse ya el trabajo en firme.

Puesto el aparato en el Vértice 1 se lee el ángulo α , puesto en el Vértice 2 se lee el ángulo β , y puesto en el Vértice 3 se lee el γ .

A continuación se procede a medir uno de los lados, que ha de ser la base de toda la triangulación.

LOGARITMOS DE LAS FUNCIONES CIRCULARES

13°	sen	d	cos	d	tang	d	cotg		
							sen	cotg	
0'	9'30 704	33	9'99 088	1	9'31 616	34	0.68 384	100	
1	737	33	087	2	650	35	350	99	
2	770	33	085	2	685	35	315	98	
3	803	33	084	1	719	34	281	97	
4	836	33	082	2	753	34	247	96	
5	868	32	081	1	787	34	213	95	
6	901	33	080	1	822	35	178	94	
7	934	33	078	2	856	34	144	93	
8	967	33	077	1	890	34	110	92	
9	9'30 999	32	075	2	924	34	076	91	
		33		1		34			
10	9'31 032		9'99 074		9'31 958		0.68 042	90	
11	065	33	073	1	992	34	0.68 008	89	
12	098	33	071	2	026	34	0.67 974	88	
13	130	32	070	1	060	34	940	87	
14	163	33	068	2	094	34	906	86	
15	195	32	067	1	128	34	872	85	
16	228	33	065	2	162	34	836	84	
17	260	32	064	1	196	34	804	83	
18	293	33	063	1	230	34	770	82	
19	325	32	061	2	264	34	736	81	
		33		1		34			
20	9'31 358		9'99 060		9'32 298		0.67 702	80	
21	390	32	058	2	332	34	668	79	
22	423	33	057	1	366	34	634	78	
23	455	32	055	2	400	34	600	77	
24	487	32	054	1	433	33	567	76	
25	520	33	052	2	467	34	533	75	
26	552	32	051	1	501	34	499	74	
27	584	32	050	1	535	34	465	73	
28	616	32	048	2	568	33	432	72	
29	649	33	047	1	602	34	398	71	
		32		2		34			
30	9'31 681		9'99 045		9'32 636		0.67 364	70	
31	713	32	044	1	669	33	331	69	
32	745	32	042	2	703	34	297	68	
33	777	32	041	1	736	33	264	67	
34	809	32	039	2	770	34	230	66	
35	841	32	038	1	803	33	197	65	
36	873	32	037	1	837	34	163	64	
37	905	32	035	2	870	33	130	63	
38	937	32	034	1	904	34	096	62	
39	9'31 969	32	032	2	937	33	063	61	
		32		1		34			
40	9'32 001		9'99 031		9'32 971		0.67 029	60	
41	033	32	029	2	9'33 004	33	0.68 996	59	
42	065	32	028	1	037	33	963	58	
43	097	32	026	2	071	34	929	57	
44	129	32	025	1	104	33	896	56	
45	161	32	023	2	137	34	863	55	
46	192	31	022	1	170	34	830	54	
47	224	32	021	1	204	34	796	53	
48	256	32	019	2	237	33	763	52	
49	288	32	018	1	270	33	730	51	
50	9'32 319	31	016	2	9'33 303	33	0.66 697	50'	
		31		2		33			
	sen	d	cos	d	tang	d	cotg	186°	
	cos		sen		cotg		tang	86°	

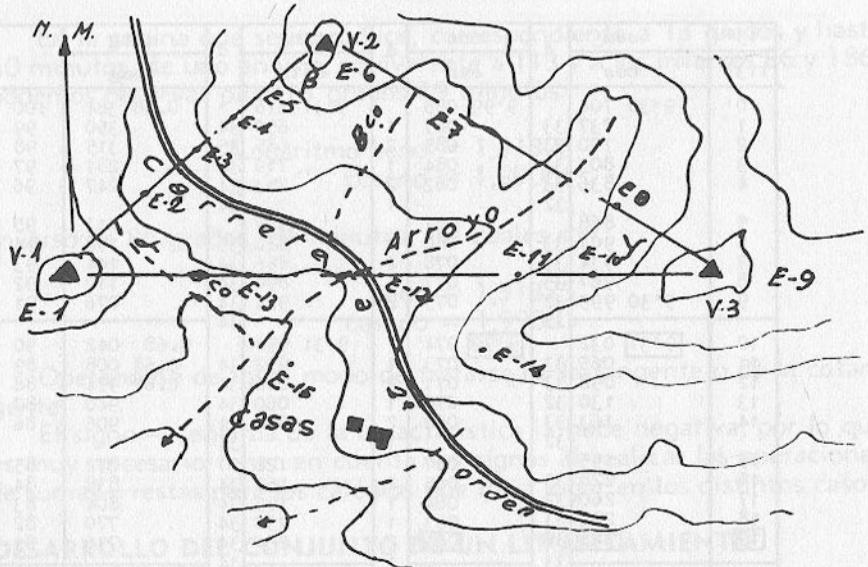


Figura 69

Para el cálculo de las coordenadas se hace estación en el V.1, y orientando el aparato al norte, se lee el ángulo azimutal comprendido entre el norte (cero del limbo del taquímetro) y el V.2.

Fijando previamente el origen de coordenadas XY, bien referidas a un vértice geodésico o de otra triangulación referida a aquél, o bien arbitrariamente si el caso lo permite, pueden ya calcularse las coodenadas de los distintos vértices.

Hecho lo anterior, y bien estudiada la situación de las estaciones, se nivelan los vértices pasando por las mismas estaciones, con lo que ya todas ellas tendrán determinadas sus cotas o alturas.

Transportados todos estos datos al papel se empiezan los itinerarios, tomando desde cada estación tantos puntos como se estimen necesarios para la mejor representación del relieve del terreno, y siempre de acuerdo con la escala que se haya de emplear en el plano, ya que a una escala de 1/50.000 sería trabajo perdido tomar puntos de relleno con una separación de 20 metros por ejemplo, siendo, sin embargo, pocos puntos uno por Hectárea si la escala es a 1/500 aunque también haya de tenerse en cuenta si el terreno presenta desniveles muy acusados o no.

En el croquis parcial de cada estación se harán todas las anotaciones de los puntos observados, los cuales, además de los tomados exclusivamente para efectos de altimetría han de reflejar lo más importante de

la zona que ocupa, como pontones, lechos de río o barrancos, confluencias de los mismos, casas, caminos, canteras, etc., así como colocar las miras en las dos orillas de un río escarpado podrá apreciar la profundidad, etc.

Todos estos datos quedan siempre al buen criterio del operador, y el portaminas, consciente de su deber, ha de tener en cuenta también cualquier detalle que el observador no hubiese advertido por estar situado en algún lugar de donde se lo impide algún obstáculo.

Una vez recorrido un itinerario y calculado, tanto en longitudes como en altimetría, se procede a transportarlo a un papel vegetal. Hecho esto se coloca, orientando al norte, sobre el plano donde anteriormente se fijaron los vértices haciendo ahora coincidir el vegetal con el plano, siempre con la misma orientación. Si no "encaja" se rectifica el error si éste no pasa del valor "E", caso contrario habrá de ser buscado en el campo.

Si coincide se pasan los puntos del vegetal al plano pinchando con un punzón, pero sin taladrar el papel, y en el plano se le pone el número que le corresponda al punto y la cota.

Con estos datos se van pasando las curvas de nivel, se trazan los ríos o barrancos, caminos, etc.

En un plano de gran extensión superficial se alterna el trabajo de campo con el de gabinete. Su finalidad es además del descanso del trabajo de campo, comprobar los resultados. Siguiéndose el trabajo hasta terminar todos los itinerarios.

El plano así realizado, en el que figuran todos los datos, anotaciones y resultados, se denomina minuta, el cual, una vez terminado, queda en expediente junto a todas las libretas de campo y cálculos auxiliares.

De él se sacará una copia en papel vegetal (original) donde sólo figuran los resultados, pudiéndose hacer de él tantas copias como se necesiten en papeles sensibles como el ozalid.

DIBUJO DE PLANOS. — SIGNOS ASOCIADOS

Los trabajos topográficos se complementan con el dibujo, sin el cual los datos nada dirían ni servirían para hacerse cargo del conjunto de terreno de donde se hayan tomado.

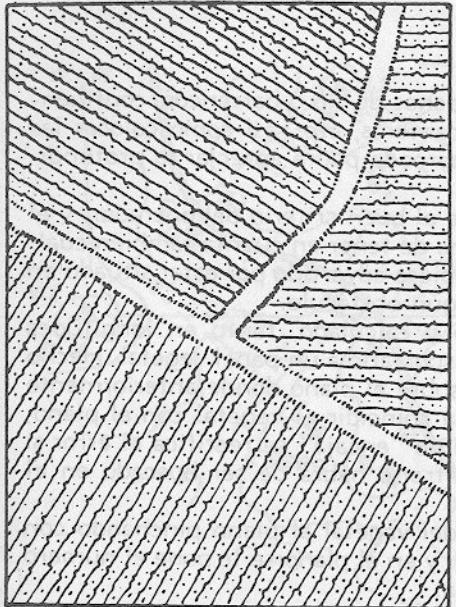
El dibujo de planos exige sobre todo condiciones fundamentales:

- 1.^o Exactitud.
- 2.^o Claridad.
- 3.^o Estar efectuados con arreglo a los signos convencionales tomados como norma, así como el empleo de los colores que a cada detalle le corresponda.

De estas tres condiciones se desprende que el dibujo de planos precisa sobre todo de esmero por una parte, y conocimientos especiales por otra.

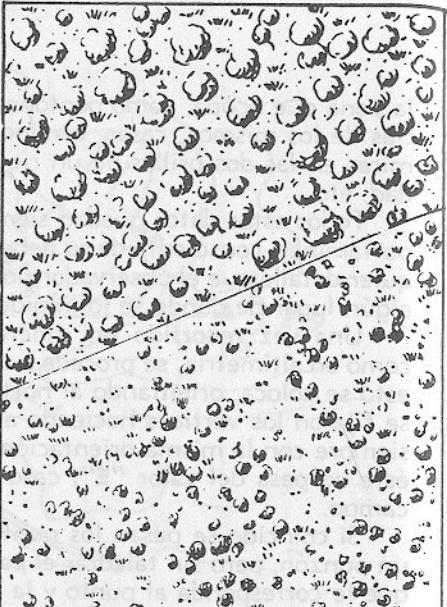
CULTIVOS

Monte alto



Tierra de labor
(En negro)

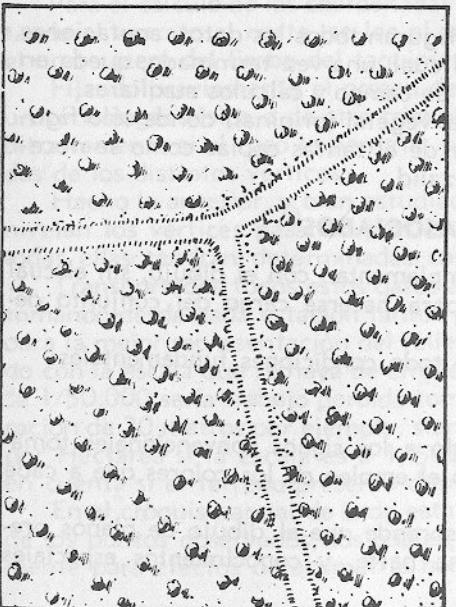
Figura 70



Monte bajo
(Arboles verdes, puntos negros)

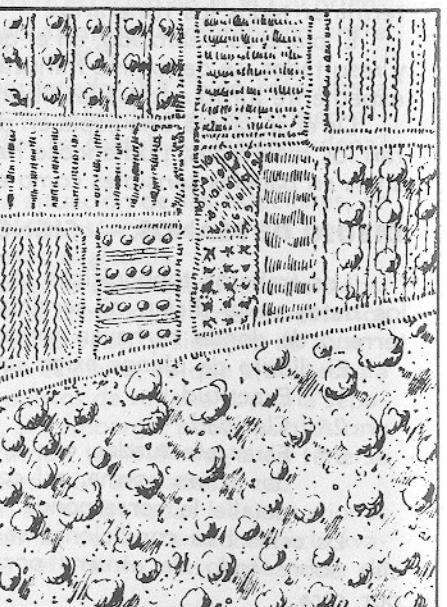
Figura 71

Huerlas



Olivar

Figura 72

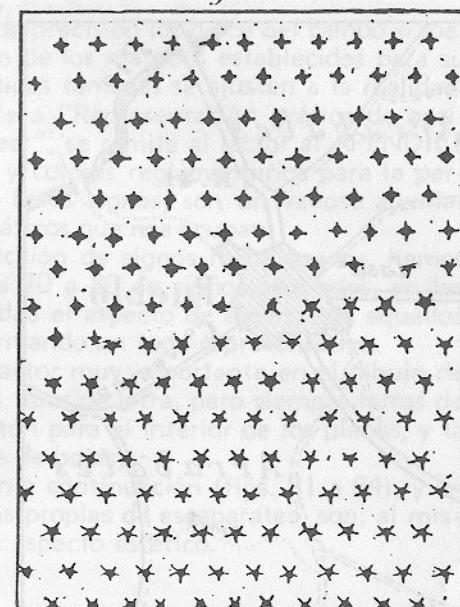


Alameda

Figura 73

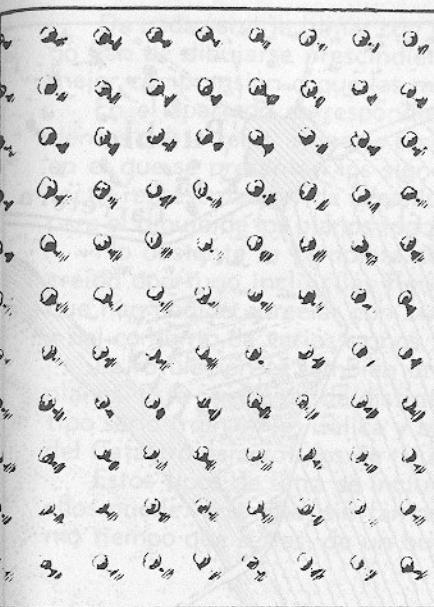
CULTIVOS

Algodón



Caña de Azucar

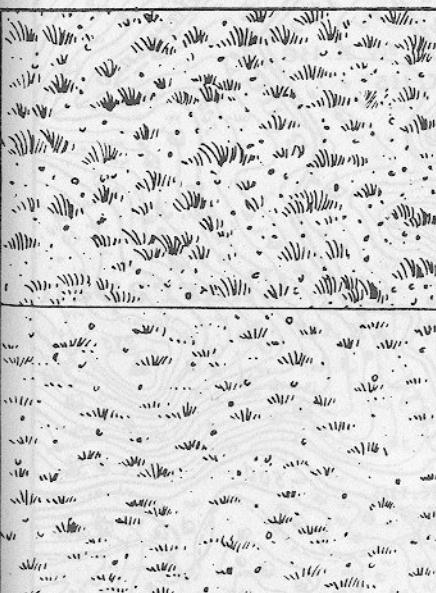
Figura 75



Naranjos-Limoneros

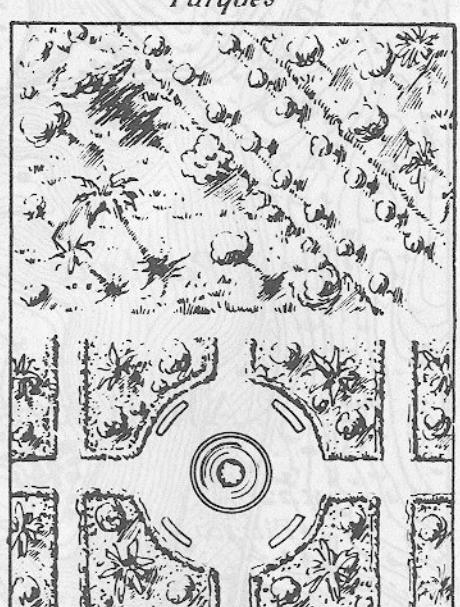
Figura 74

Pastizal



Erial

Figura 76



Jardines

Figura 77

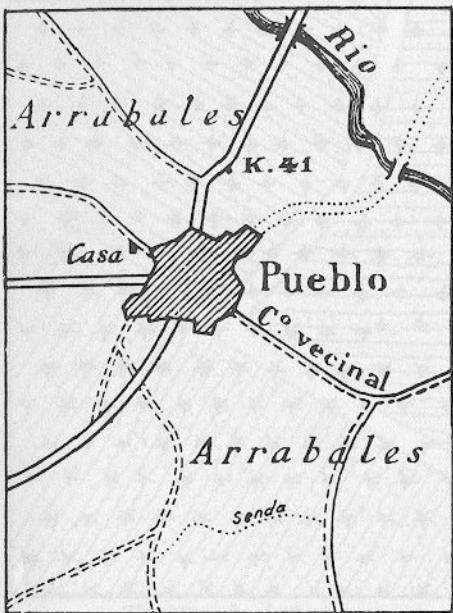


Figura 78

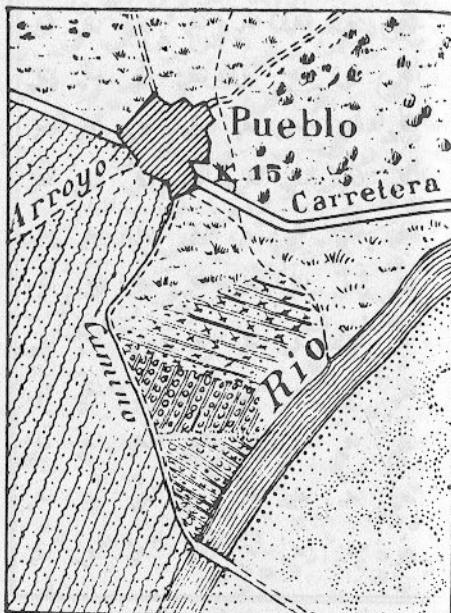


Figura 79

PLANO TOPOGRAFICO

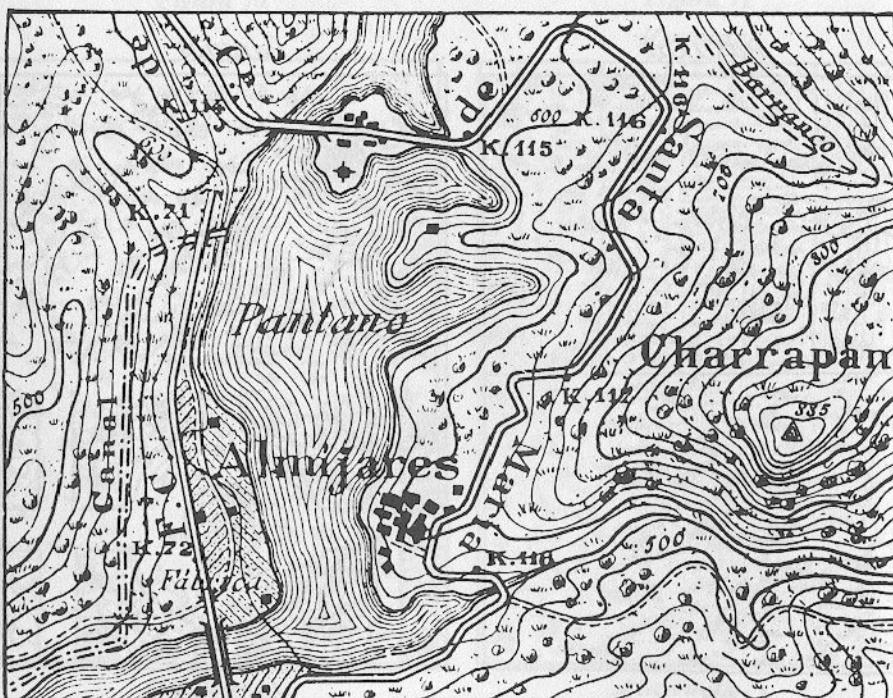


Figura 80

De nada serviría tomar con toda precisión los datos del campo si luego han de dibujarse prescindiendo de los métodos establecidos para su mejor comprensión o que las medidas tomadas se ajusten a la realidad.

En el apartado correspondiente a "Representación gráfica de accidentes del terreno; signos a emplear", se remite al lector al APENDICE en el que se presentan los signos y colores reglamentarios para la perfecta representación de aquéllos. Estos signos, son un valioso auxiliar para el dibujo de los planos topográficos que nos ocupan.

No obstante la completa colección de signos mencionados, hemos creído oportuno incluir las figuras 70 a 80 de signos asociados, en las que han podido apreciar con claridad el aspecto de algunos de aquéllos y del conjunto de varios signos formando un todo representativo.

La rotulación es también un factor muy importante en el dibujo de planos. Esta puede ser de distintos tipos de letra, pero siempre letras de tipo serio (romanilla, itálica y bastón para el interior de los planos, y la del Catastro para rótulos de títulos de hojas).

Estos tipos de letra se incluyen a continuación (figs. 81 a 84), y en ellos puede verse que, sin fantasías propias de escaparates, son, al mismo tiempo que serias, de un buen aspecto estético.

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s
 t u v x y z
 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S
 T U V X Y Z
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Figura 81

a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s
 a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s
 t u v x y z
 A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S
 A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S
 T U V X Y Z
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Figura 82

a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s
 a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s
 t u v x y z

A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S
 A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S
 T U V X Y Z
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Figura 83

A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S
 T U V X Y Z
 a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s
 t u v x y z
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

**A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P
Q R S T U V X Y Z**
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Figura 84

V. Movimiento de tierras

GENERALIDADES

El movimiento de tierras es un capítulo muy importante, tanto en las edificaciones como en el trazado de vías de comunicación y en las conducciones de agua.

Antes de realizar cualquier obra, tanto de arquitectura como de ingeniería, es necesario preparar el terreno; excavaciones, explanaciones, formación de terraplenes del mismo.

Naturalmente, para cada clase de obra se necesitará efectuar un trabajo distinto, o bien varios de ellos, según la extensión del terreno o bien lo accidentado del mismo.

En esencia el movimiento de tierras se reduce a dos polos opuestos: desmonte y terraplén. El desmonte consiste en quitar tierras hasta llegar a un límite previamente establecido. El terraplén, a la inversa, consiste en llenar los huecos o crear explanaciones hasta lograr también una altura determinada.

Esta altura, en cualquier caso, toma el nombre de rasante o cota coja, y se establece estudiando detenidamente el plano, con vistas a que el material procedente de las excavaciones o desmontes sea suficiente para la construcción de los terraplenes.

Este trabajo implica efectuar cálculos o cubicaciones, de los que nos ocuparemos en el correspondiente apartado, aplicando los varios sistemas que han de servir para los distintos casos.

CUBICACIONES POR CUADRÍCULA

En zonas de pendiente uniforme, y cuya superficie objeto del trabajo carece de grandes accidentes, el sistema más lógicamente empleado es el de la cuadrilla.

Supongamos que se trata de un solar que reúna estas condiciones al que se hace necesario desmontar hasta una rasante determinada, cuya cota roja previamente se ha establecido.

El solar puede ser el de la figura 85. En el terreno se trazan los cuadros, cuyos lados serán de más o menos longitud según el terreno sea más o menos uniforme. Los vértices de los cuadros han de ser nivelados, obteniéndose así la diferencia de altura de cada punto entre sí y de entre éstos y la rasante proyectada.

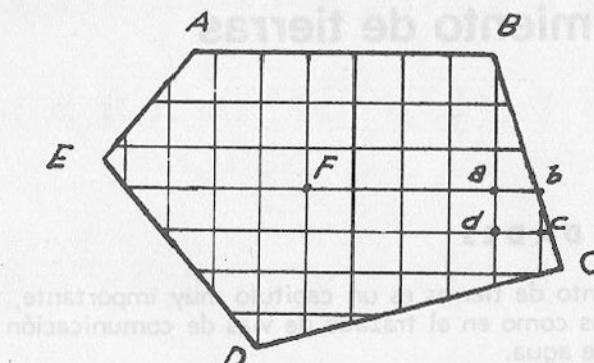


Figura 85

Si desde el punto más bajo **C**, se traza una paralela a la rasante, tendremos que la primera fase de la cubicación queda reducida a multiplicar la superficie del solar por la diferencia entre la rasante y el punto **C**, la cual supondremos que es de 0,60 m, y 400 m.² para la superficie:

$$40 \times 0,60 = 240 \text{ m}^3$$

La segunda fase estriba en cubicar cada cuadro desde su superficie hasta una profundidad localizada en el punto **C**.

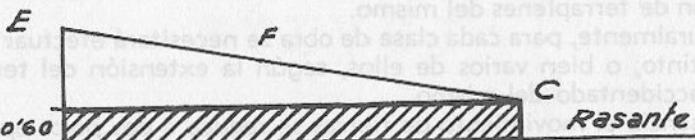
Sea el cuadro **a**, **b**, **c**, **d**, cuyas cotas supondremos de 0,90, 0,70, 0,75 y 1,00 m a las cuales se les deducen los 0,60 m ya cubicados, quedando en 0,30, 0,10, 0,15 y 0,40 m aplicándole ahora la siguiente fórmula:

$$\text{Superficie del cuadro} \times \frac{0,30 + 0,10 + 0,15 + 0,40}{4} = \text{m}^3$$

Si los cuadros son de 5 metros de lado, tendremos: $25 \times 0,2375 = 5,937 \text{ m}^3$.

De igual forma se procedería para los restantes cuadros, sumándose todos ellos y los 240 m³ calculados en la primera fase.

Para los cuadros incompletos será preciso calcular 1/2, 1/3, 1/4, etc. del volumen. Es decir, el volumen que en realidad les corresponda por ser 1/2, 1/3 ó 1/4, etc., del cuadro.



Podría prescindirse del cálculo de la primera fase y efectuar las operaciones considerando la altura desde la rasante hasta la superficie del terreno, pero siendo lo comprendido en esta primera fase una altura uniforme y una superficie total del terreno, el volumen hallado será exacto, quedando los posibles errores en las zonas más pequeñas.

Para un cálculo provisional puede simplificarse el sistema en el sentido de considerar toda la superficie completamente uniforme, nivelándose solamente los puntos del perímetro y algunos del centro. Se suman todos estos valores y se dividen por el número de puntos, multiplicándose el cociente hallado por la superficie del solar:

$$\text{Sp} \times \frac{\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C}+\mathbf{D}+\mathbf{E}+\mathbf{F}}{6} = \text{m}^3$$

No obstante estas normas generales, habrán de tenerse en cuenta los accidentes que haya en el terreno. Por ejemplo: en aquellos lugares que existan montículos, se cubicarán estos aparte, sumándolos luego al total obtenido, e igualmente, de haber huecos de cierta importancia, se cubicarán y se descontarán del total.

Obtenidas las fórmulas generales, queda al buen criterio de quien cubica el establecer un conjunto, apreciando los detalles según su punto de vista, y eliminando los que considere de escaso valor.

POR SECCIONES HORIZONTALES

Cuando el terreno a cubicar afecta la forma de una loma, o bien se trata de llenar un hueco de igual figura, pero a la inversa, el sistema a emplear es el llamado por secciones horizontales o a curvas de nivel.

Sea la figura 86, donde se aprecia la planta y el alzado o perfil del terreno, de lo que se deduce que previamente será preciso levantar un plano del montículo con curvas de nivel a una equidistancia determinada, a la que llamaremos **h**.

Con el planímetro se calculan las superficies comprendidas dentro del perímetro de las curvas 0-1-2-3, etc., y el cálculo se dispone de la siguiente forma:

$$\text{Primera sección} = \frac{\text{Superficie de } 0 + \text{Superficie de } 1}{2} \times h$$

Igualmente se hará con las demás secciones, sumándose luego el valor hallado para cada una.

El sistema estriba en tomar la superficie media de ambos planos, multiplicándose luego por la altura, la cual es la equidistancia entre las curvas.

Si la figura fuese muy regular, semejando un cono, puede, como

primer cálculo para una aproximación, calcularse por medio de la fórmula geométrica de aquella figura:

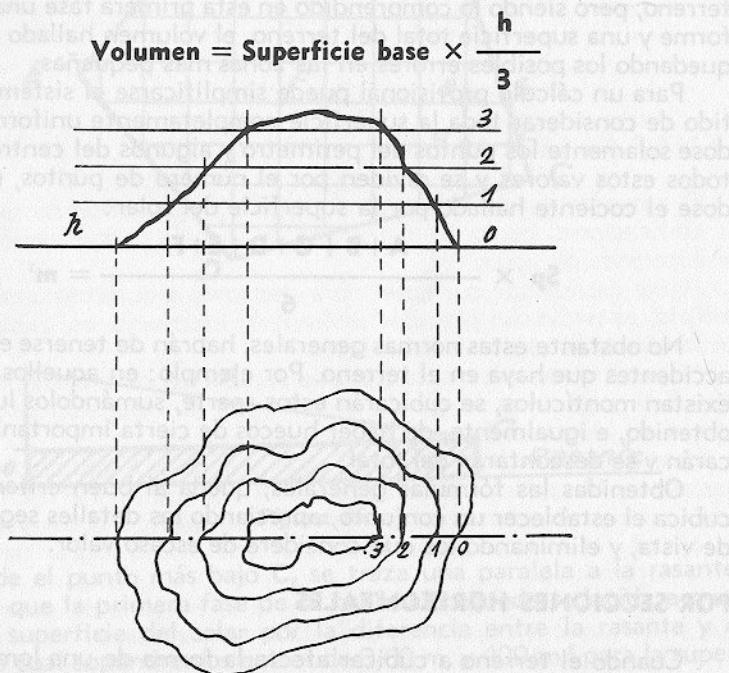


Figura 86

PERFILES :

PERFIL LONGITUDINAL

Para determinar el movimiento de tierras en los proyectos de vías de comunicación, conducciones de aguas, o cualquier otra obra de gran longitud, se emplea el sistema llamado de perfiles, de los que haremos un detenido estudio.

El ejemplo que nos ha de servir de base para los distintos cálculos supondremos que ha de ser el proyecto de una carretera.

Una vez que se han elegido sobre un mapa provisto de curvas de nivel todos aquellos lugares por donde el camino ha de pasar, teniendo especial cuidado de marcar los pasos obligados como son los collados, o bien las ciudades o pueblos por donde interesa el trazado, se procede a replantar sobre el terreno aquella traza, poniendo los vértices que correspondan a las distintas curvas de la carretera.

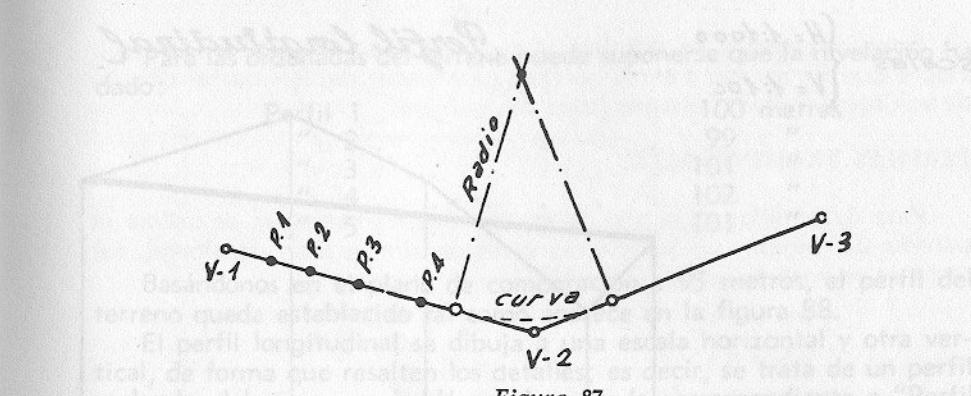


Figura 87

Entre vértices (fig. 87) se colocan estacas a la distancia que aconseje el perfil del terreno, es decir, un punto en cada accidente, numerándose del cero hasta el número que pida el perfil o longitud del trazado.

Para este trabajo se precisa un equipo completo compuesto de técnicos y auxiliares para lograr efectuar un trabajo simultáneo de cada una de las distintas operaciones. Al mismo tiempo que se van colocando las estacas entre los vértices se procede a la medida de las distancias entre ellas y se van nivelando los puntos.

Otro pequeño equipo de auxiliares va simultáneamente haciendo los perfiles transversales de cada uno de los puntos que han de servir de referencia para la cubicación, y que son aquellos en que han ido colocando las estacas ya citadas.

Con estos datos se puede ya dibujar el perfil longitudinal del trazado de la carretera, pero sólo con las cotas del terreno natural o cotas negras.

Prácticamente el trazado del perfil longitudinal se realiza como aparece en la figura 88.

Se trazan en papel milimetrado una serie de líneas paralelas de las que se toman por llaves de dos en dos, indicándoles las anotaciones que pueden verse en la figura 88.

De momento sólo podrán llenarse los apartados de ordenadas del terreno (o cotas negras) y las distancias parciales y al origen, así como los Km y Hm, y los números que corresponden a los distintos perfiles transversales.

El trazado de las curvas, cuyo detalle se verá en el apartado correspondiente, implica tener en cuenta el radio de la misma, el ángulo que forman las dos alineaciones, la tangente y la secante que corresponda según los datos anteriores.

En el supuesto de que se trata de una alineación recta que consta de cinco perfiles y cuyas distancias sean, respectivamente, 0-10-25-30-32, tendremos para las distancias el origen 0-10-35-55-87.

Escalas $H = 1:1000$
 $V = 1:100$

Perfil longitudinal

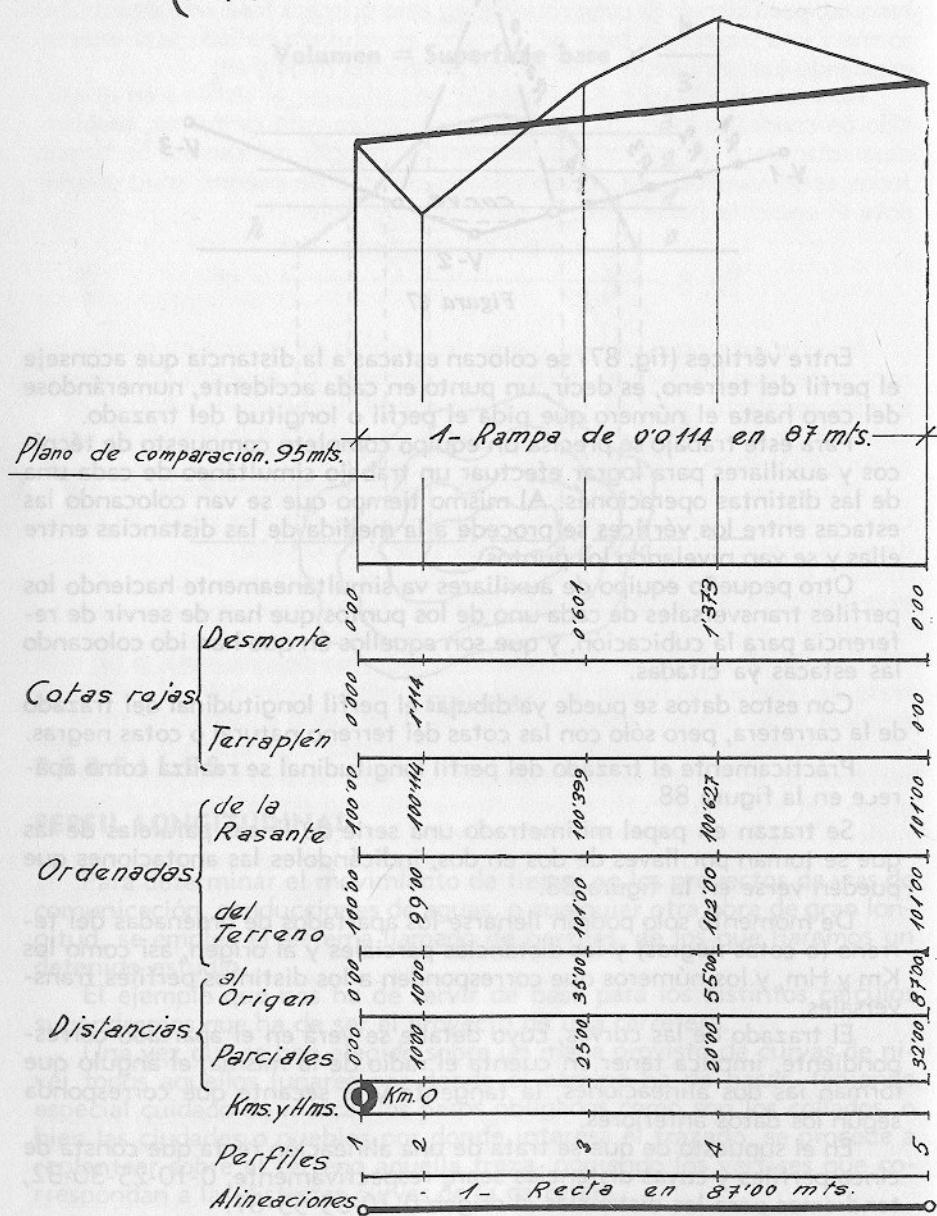


Figura 88

Para las ordenadas del terreno puede suponerse que la nivelación ha dado:

Perfil 1 . . .	100 metros
" 2 . . .	99 "
" 3 . . .	101 "
" 4 . . .	102 "
" 5 . . .	101 "

Basándonos en el plano de comparación a 95 metros, el perfil del terreno queda establecido tal como aparece en la figura 88.

El perfil longitudinal se dibuja a una escala horizontal y otra vertical, de forma que resalten los detalles; es decir, se trata de un perfil realizado, del que ya se habló en el apartado correspondiente a "Perfil del terreno".

A la vista del perfil longitudinal del terreno, el técnico encargado del proyecto traza la rasante, es decir, la línea por donde ha de ir el firme del camino.

En este caso, la rasante tocará en el perfil 1 y 5, con cota igual a la del terreno, de lo que se deduce que las cotas rojas, tanto en desmonte como en terraplén, serán cero en ambos perfiles.

Para calcular la diferencia de cotas en los demás perfiles es preciso determinar la pendiente de la rasante, la cual se halla dividiendo la diferencia de las cotas extremos por la distancia que las separa:

$$\text{Pendiente} = \frac{101 - 100}{87} = 0,0114 = 1,14\%, \text{ dato que se coloca en el lugar que puede verse en la figura, llamándose rampa a las subidas y pendientes a las bajadas.}$$

Obtenida la pendiente se multiplica ésta por cada una de las distancias de origen:

$$\begin{aligned} \text{Pendiente por } & 0,0114 \times 10 = 0,114 \text{ (perfil 2)} \\ \text{distancias al } & 0,0114 \times 35 = 0,399 \text{ (perfil 3)} \\ \text{origen } & 0,0114 \times 55 = 0,627 \text{ (perfil 4)} \end{aligned}$$

las cuales se le suman a la cota de origen del cálculo, 100 en este caso, con lo que se tendrán las ordenadas de la rasante en cada uno de los perfiles transversales.

Cuando la ordenada de la rasante es de número superior a la del terreno, se origina el terraplén, y a la inversa, el desmonte cuando es mayor la del terreno.

En el caso del ejemplo se tiene un terraplén de 1,114 metros en el perfil 2 (diferencia entre 100, 114 y 99), un desmonte de $101 \times 0,399 = 0,601$ metros en el perfil 3, y otro de $102 \times 0,627 = 1,373$ metros en el perfil 4.

Estas diferencias se refieren al centro o eje del perfil transversal. Habrá que tener ahora estos perfiles para poder determinar el cálculo de volúmenes según las superficies de aquéllos.

PERFILES TRANSVERSALES

Para determinar cada uno de los perfiles transversales se utiliza el sistema del reglón, un jalón y un nivel de aire, o bien de albañil, tal como se representa en la figura 89.

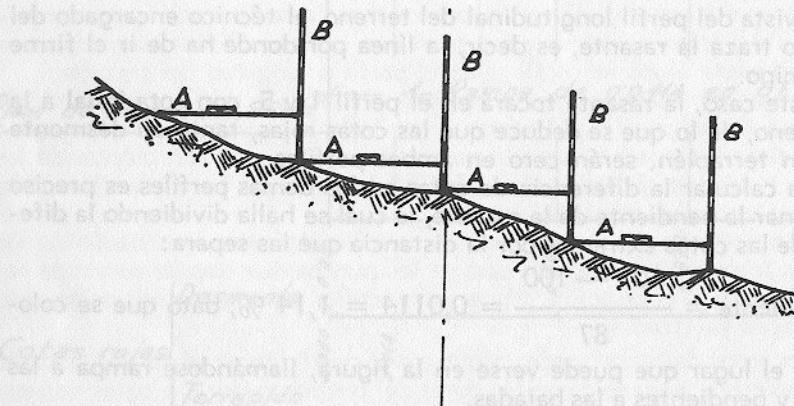


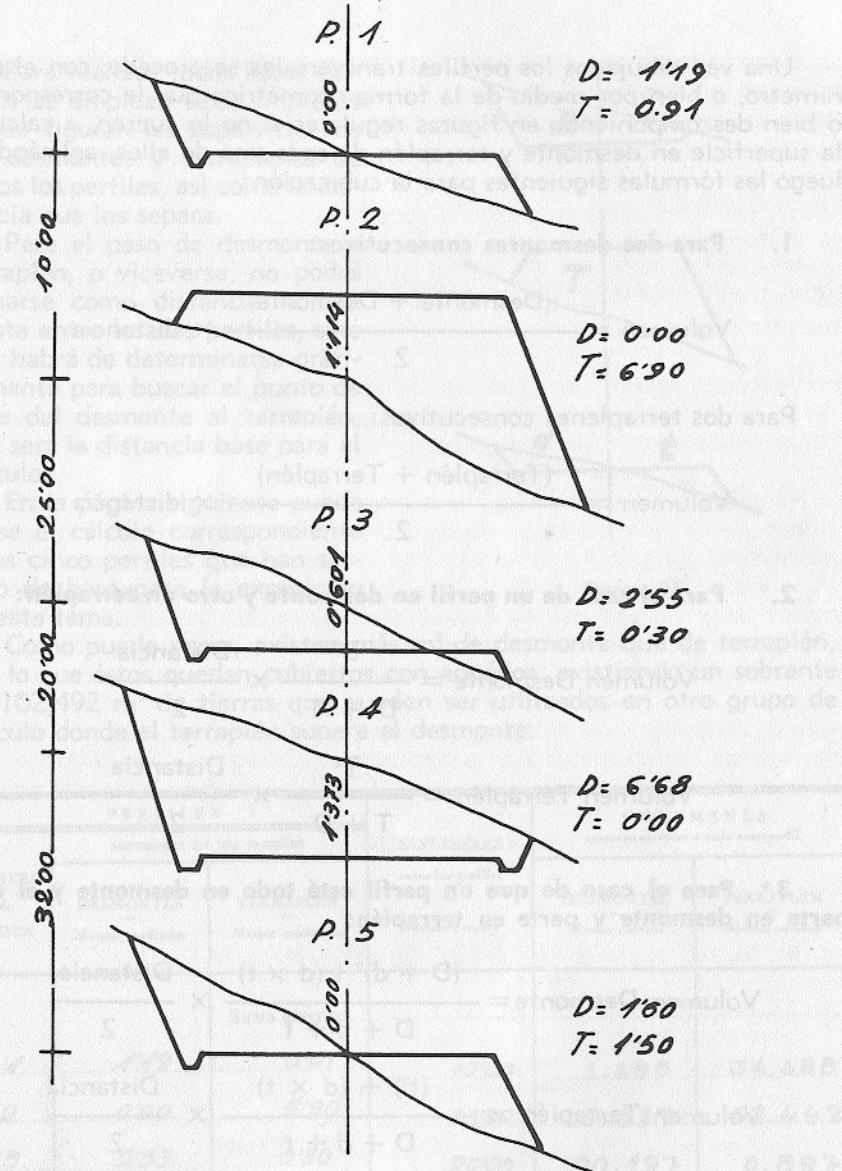
Figura 89

El reglón A es de una longitud conocida, se procede a colocarlo horizontalmente con ayuda del nivel, y el jalón B acusará el desnivel existente.

Se efectúan dos o tres niveladas a cada lado del eje o centro del perfil, dibujándose en el campo directamente, y a la escala fijada de antemano, sobre un papel milimetrado.

Según el desnivel de los perfiles transversales, al colocar la rasante de acuerdo con las cotas rojas calculadas en el perfil longitudinal, quedará toda la explanación en desmonte, terraplén, o a media ladera, es decir, parte en desmonte y parte en terraplén.

Los cinco perfiles, en el supuesto de cuatro metros de firme, y con una pendiente transversal tomada aquí de forma arbitraria, quedan representados en la figura 90. Todos a media ladera, teniéndose en cuenta el trazado de cunetas en la parte que queda en desmonte.



Escala 1:100

Figura 90

Una vez dibujados los perfiles transversales se procede, con el planímetro, o bien por medio de la forma geométrica que le corresponda, o bien descomponiendo en figuras regulares si no lo fueren, a calcular la superficie en desmonte y terraplén de cada uno de ellos, aplicándose luego las fórmulas siguientes para la cubicación:

1.^o Para dos desmontes consecutivos:

$$\text{Volumen} = \frac{(\text{Desmonte} + \text{Desmonte})}{2} \times \text{distancia}$$

Para dos terraplenes consecutivos:

$$\text{Volumen} = \frac{(\text{Terraplén} + \text{Terraplén})}{2} \times \text{distancia}$$

2.^o Para el caso de un perfil en desmonte y otro en terraplén:

$$\text{Volumen Desmonte} = \frac{D^2}{D + T} \times \frac{\text{Distancia}}{2}$$

$$\text{Volumen Terraplén} = \frac{T^2}{T + D} \times \frac{\text{Distancia}}{2}$$

3.^o Para el caso de que un perfil esté todo en desmonte y el otro parte en desmonte y parte en terraplén:

$$\text{Volumen Desmonte} = \frac{(D + d)^2 + (d \times t)}{D + d + t} \times \frac{\text{Distancia}}{2}$$

$$\text{Volumen Terraplén} = \frac{(t^2) + (d \times t)}{D + d + t} \times \frac{\text{Distancia}}{2}$$

En el caso de que un perfil fuese todo en terraplén y el otro parte en desmonte y parte en terraplén, la formula sería la misma, pero teniendo en cuenta que lo que allí representa desmonte aquí sería terraplén.

Las indicaciones **D**, **T**, **d**, **t**, quedan determinadas en los tres perfiles representados en la figura 91.

Para realizar todos estos cálculos se emplean unos impresos donde figuran las superficies de los desmontes y terraplenes de todos los perfiles, así como la distancia que los separa.

Para el paso de desmonte a terraplén, o viceversa, no podrá tomarse como distancia la que existe entre los dos perfiles, sino que habrá de determinarse gráficamente para buscar el punto de pase del desmonte al terraplén, que será la distancia base para el cálculo.

En la página siguiente puede verse el cálculo correspondiente a los cinco perfiles que han servido de base para la exposición de este tema.

Como puede verse, existen más m² de desmonte que de terraplén, por lo que éstos quedan cubiertos con aquéllos, existiendo un sobrante de 102,492 m³ de tierras que pueden ser utilizados en otro grupo de cálculo donde el terraplén supere al desmonte.

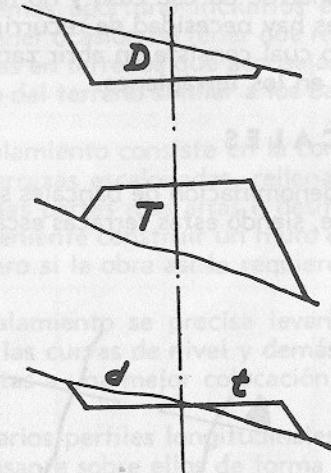


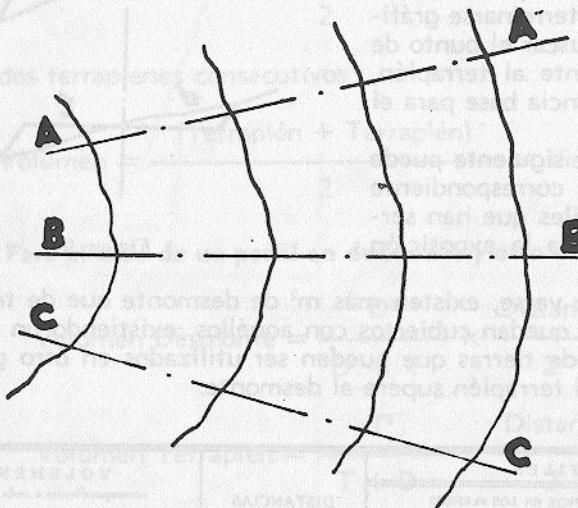
Figura 91

NÚMERO de ORDEN	PERFILES		DISTANCIAS entre los perfiles — Metros lineales	VOLUMENES correspondientes a cada entreperfil		
	SUPERFICIE EN LOS PERFILES			DESMONTES — Metros cuadrados	TERRAPLEN — Metros cuadrados	
		Suma anterior.				
1	1'19	0'91	10'00	1.388	34.488	
2	0'00	6'90	25'00	9.317	67.442	
3	2'55	0'30	20'00	90.197	0.897	
4	6'68	0'00	32'00	116.087	7.607	
5	1'60	1'50				
	Total		87'00	216.989	110.634	

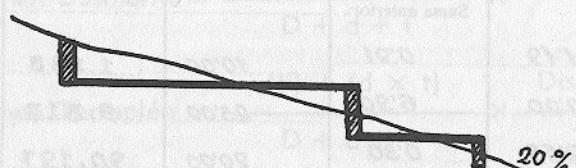
Cuando se da ese caso y no hay tierras procedentes de desmontes, entonces hay necesidad de recurrir a las llamadas procedentes de préstamo, lo cual consiste en abrir zanjas a lo largo de la obra para ser empleadas en los terraplenes.

BANCALES

La denominación de bancales se refiere a los terrenos de cultivo, no obstante, siendo estas terrazas escalonadas que suponen a veces un con-



Perfil B.B.



Escala 1:500
Eqdcia. 2 mts.

Figura 92

siderable movimiento de tierras, creemos oportuno incluirlos en este manual, ya que el constructor puede tener ocasión de tener que realizarlos, aparte de que también existen obras en terrenos que aconsejan establecer previamente un escalonamiento del terreno similar a los bancales destinados a terrenos de labor.

Como ya se ha indicado, el abancalamiento consiste en la construcción de una serie de plataformas o terrazas escalonadas, rellenando el terraplén con las tierras extraídas de las partes más altas o desmontes.

Al borde de cada terraza será conveniente construir un muro de piedra en seco, o bien trabada con mortero si la obra así lo requiere, para evitar desmoronamientos.

Para proyectar la obra de abancalamiento se precisa levantar un plano taquimétrico en el que consten las curvas de nivel y demás detalles que se estimen oportunos con vistas a una mejor colocación de las rasantes.

Para establecer éstas se trazan varios perfiles longitudinales en el sentido de la pendiente, trazando la rasante sobre ellos de forma que se consiga volúmenes iguales para los terraplenes como para los desmontes.

En la figura 92 puede verse el desarrollo de estas operaciones.

Para calcular el movimiento de tierras se procede de igual forma que se hizo para el trazado de caminos, considerando cada bancal (de muro a muro) como un perfil transversal, y la distancia la que haya entre perfil y perfil.

Para un cálculo más rápido, siempre que el terreno no sea accidentado, presentamos una pendiente uniforme, pueden tomarse como base las dos tablas adjuntas:

ALTURA DE MUROS PARA BANCALES

Pendiente por 100	Altura de los muros para una anchura de bancal			
	de 5 mtrs	de 10 mtrs	de 15 mtrs	de 20 mtrs.
5	0'25	0'50	0'75	1'00
10	0'50	1'00	1'50	2'00
15	0'75	1'50	2'25	3'00
20	1'00	2'00	3'00	4'00
25	1'25	2'50	3'75	5'00
30	1'50	3'00	4'50	6'00
35	1'75	3'50	5'25	7'00
40	2'00	4'00	6'00	8'00
45	2'25	4'50	6'75	9'00
50	2'50	5'00	7'50	10'00
55	2'75	5'50	8'25	11'00
60	3'00	6'00	9'00	12'00
70	3'50	7'00	10'50	14'00
80	4'00	8'00	12'00	16'00
90	4'50	9'00	13'50	18'00
100	5'00	10'00	15'00	20'00

MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CUBICACION DE MUROS PARA EL ABANCALAMIENTO. SEGUN PENDIENTES Y ANCHURAS

PENDIENTE DEL TERRENO Tanto por 100	ANCHURA DEL BANCAL					
	5 metros		10 metros		20 metros	
	Movimiento de tierras Met. cúbicos	Muro de piedra. M. cúbic.	Movimiento de tierras Mts. cúbicos	Muro de piedra. M. cúbic.	Movimiento de tierras Mts. cúbic.	Muro de tierra M. Cúbic.
2	125	52	250	52	500	104
4	250	104	500	156	1000	260
6	375	234	750	390	1500	390
8	500	312	1000	520	2000	520
10	625	615	1250	650	2500	650
12	750	780	1500	780	"	"
16	1000	1040	2000	1040	"	"
20	1250	1300	2500	1300	"	"
24	1500	1560	"	"	"	"
32	2000	2080	"	"	"	"
40	2500	2600	"	"	"	"

TALUDES

En los perfiles transversales hemos observado que constan de un tramo horizontal que corresponde a la explanación, firme o emplazamiento del canal si la obra es de esta índole y además de un talud o parte inclinada que soporta aquélla y la une con el resto del terreno natural.

Los taludes se definen por el tanto por ciento de inclinación o por un quebrado que expresa las veces que la parte vertical del mismo contiene a la horizontal. Sea, por ejemplo, talud $1/3$, lo que significa que la línea vertical A es tres veces mayor que la línea horizontal B (fig. 93).

La inclinación necesaria de cada talud depende de la clase de terreno, teniendo en cuenta el deslizamiento. Normalmente esta inclinación queda clasificada según la figura 94.

Cuando se construye un terraplén se va formando un talud natural según la clase de material y que puede servir de pauta para establecer el talud definitivo en cada caso. No obstante, será necesario perfilarlo rellenando huecos y excavando en las irregularidades salientes que se hayan formado.

Para evitar errores (y la cubicación de tierras se adapte a la realidad), lo que daría lugar incluso a grandes variaciones en el presupuesto,

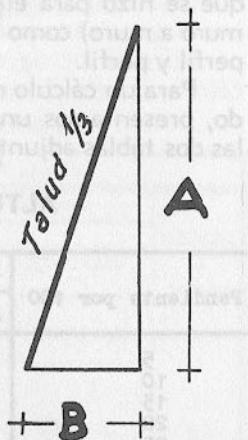


Figura 93

$1/5$ Roca dura.

$2/3$ Roca blanda. Tierras compactas.

$1/1$ Tierra vegetal.

$2/1$ Tierras arcillosas. Talud

muy cargado.

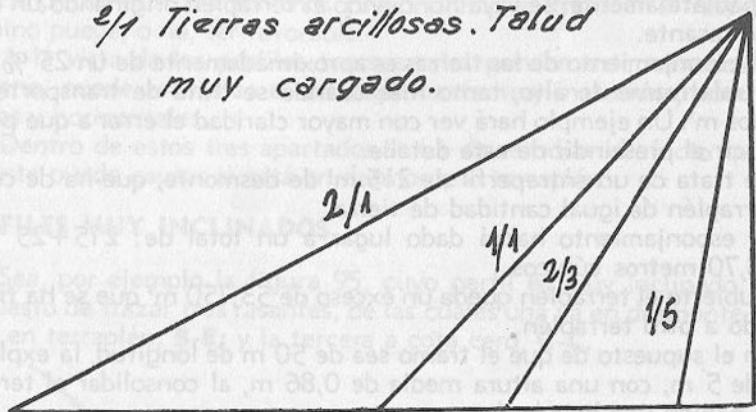


Figura 94

es necesario tomar nota de la clase de terreno por donde se van tomando los datos de los perfiles transversales, y con esta precaución encontraremos que aquellos taludes que forman naturalmente al construir el terraplenado coinciden en líneas generales con los adoptados al trazar la explanación.

Hay veces en que, debido a circunstancias o accidentes naturales del terreno, se precisa dar al talud menos inclinación que aquella que naturalmente le corresponde, y en tal caso es preciso proyectar muros de sosténimiento, en los que se dejan barbacanas, para dar paso a las filtraciones de agua y a los gases que pueden formarse en el interior del terraplén.

CONSIDERACIONES VARIAS

Aunque no entran de lleno en el concepto Topografía ciertas materias relativas a movimientos de tierras, sí creemos oportuno incluir algunos detalles que forzosamente han de surgir al llevar a la práctica la construcción de terraplenes. Se trata del transporte de tierras para la formación de aquéllos.

Se ha indicado que los terraplenes se forman con material procedente de excavación, y así es en efecto. El cálculo de material a extraer queda determinado por la cubicación así como el material a transportar para

el relleno o terraplén. Sin embargo, no hay que perder de vista el esponjamiento que se produce en el material extraído, es decir, que si de un desmonte de 100 m³ hay que transportar otros tantos para un terraplén, será preciso no confiar en que el terraplén se ha formado y queda un exceso más o menos grande: habrá que llevarlo todo y apisonar, para evitar que, paulatinamente, se vaya hundiendo el terraplén originando un cambio de rasante.

El esponjamiento de las tierras es aproximadamente de un 25 %, número relativamente alto, tanto más cuando se trata de transportes de muchos m³. Un ejemplo hará ver con mayor claridad el error a que puede conducir el prescindir de este detalle.

Se trata de un entreperfil de 215 m³ de desmonte, que ha de cubrir un terraplén de igual cantidad de tierra.

El esponjamiento habrá dado lugar a un total de: 215 + 25 % = 268,70 metros cúbicos.

Cubierto el terraplén queda un exceso de 53,750 m³ que se ha transportado a otro terraplén.

En el supuesto de que el tramo sea de 50 m de longitud, la explanación de 5 m, con una altura media de 0,86 m, al consolidar el terreno habrá habido una bajada de:

$$\text{Superficie} = 50 \times 5 = 250 \text{ metros}$$

$$53,75$$

$$\text{bajada rasante} = \frac{53,75}{250} = 0,21 \text{ metros}$$

más que suficiente para formación de grietas en el firme aparte del gasto que supone tomar ahora tierras procedentes de préstamo, transporte y nuevo apisonado y afirmado.

Para el transporte es igualmente de la mayor importancia tener en cuenta el esponjamiento. En el caso concreto del ejemplo anterior puede establecerse que si un camión carga 5 m³ en cada viaje, hecho el cálculo tendríamos:

$$215$$

$$\frac{215}{5} = 43 \text{ viajes, cuando en realidad son:}$$

$$268,75$$

$$\frac{268,75}{5} = 53,75, \text{ o sea } 54 \text{ viajes, con una diferencia de } 11,$$

lo que ya supone un gasto excesivo de gasolina, carga, descarga y entretenimiento de personal.

ESTUDIO PREVIO PARA EL TRATADO DE LA RASANTE

Conocido ya el sistema a emplear para la cubicación correspondiente a un trazado de carretera o similar, creemos oportuno incluir los datos

característicos a tener en cuenta para el trazado de la rasante, ya que de ésta dependerá que el movimiento de tierras sea mayor o menor.

Como ya se dijo, al estudiar la planta será necesario ver los puntos de paso forzoso. Estos pasos pueden determinar por sí solos una pendiente o rampa, dentro, claro está, de posibles cambios de rasante, pero que implican el ir por terrenos cuya inclinación transversal respecto al camino puede, o no, ser favorable.

A la vista de los perfiles transversales previamente tomados en el terreno, puede estimarse el catalogarlos de muy inclinados, poco inclinados y horizontales.

Dentro de estos tres apartados se ha de estudiar el efecto que una rasante puede causar si está en desmonte o terraplén.

PERFILES MUY INCLINADOS

Sea, por ejemplo la figura 95, cuyo perfil es muy inclinado. En el supuesto de trazar tres rasantes, de las cuales una va en desmonte, A-A; otra en terraplén, B-B; y la tercera a cota cero, C-C.

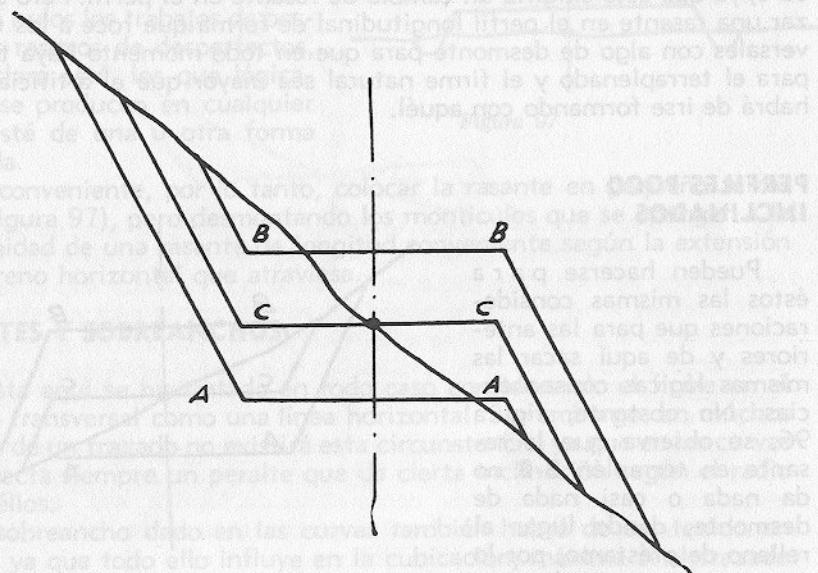


Figura 95

Estudiando la figura se observa a primera vista que la rasante A-A implica un exagerado trabajo de desmonte, cuyas tierras no pueden tal vez utilizarse por quedar muy lejos el posible lugar de empleo, ya que si el camino va en desmonte un tramo largo, lógicamente sobrarán tierras en todos los perfiles.

La segunda rasante **B-B**, de escaso desmonte, no es suficiente para cubrir el terraplén, por lo que exigiría transportar tierras de otros lugares o abrir zanjas de préstamo, lo que encarecería la obra.

La tercera rasante **C-C**, término medio entre las dos anteriores, se clasifica por sí sola como rasante ideal, al tener un volumen de desmonte muy igual al de terraplenado. Las tierras excavadoras son utilizadas, lo que origina que el hacer un desmonte supone un trabajo doblemente aprovechado.

Otro aspecto de las tres rasantes es el que sigue: La rasante **A-A** proporciona un firme natural y rígido en toda su amplitud. La rasante **B-B**, por el contrario, da un firme artificial en toda su anchura, lo que ocasiona el trabajo de apisonado y espera de consolidación por las lluvias, pero originando un descenso de rasante que en un segundo de trabajo habría que reponer.

Se deduce con facilidad que, una vez estudiados los pros y contras de cada una, es preferible siempre la rasante **C-C**.

Naturalmente no será preciso que en todo momento sea de cota cero, ya que esto exigiría un cambio de rasante en el perfil. Pero si trazar una rasante en el perfil longitudinal de forma que roce a los transversales con algo de desmonte para que en todo momento haya tierras para el terraplenado y el firme natural sea mayor que el artificial que habrá de irse formando con aquél.

PERFILES POCO INCLINADOS

Pueden hacerse para éstos las mismas consideraciones que para las anteriores y de aquí sacar las mismas lógicas consecuencias. No obstante, figura 96, se observa que la rasante en terraplén **B-B** no da nada o casi nada de desmonte, dando lugar al relleno de préstamo, por lo que conviene evitarlos con más razón aún que para los anteriores. La rasante **A-A**, en desmonte, origina como único beneficio el firme natural, pero un exceso de trabajo.

La rasante **C-C** compensa las tierras de desmonte con las de terraplén, y si bien el firme natural no es muy grande, el artificial o terraple-

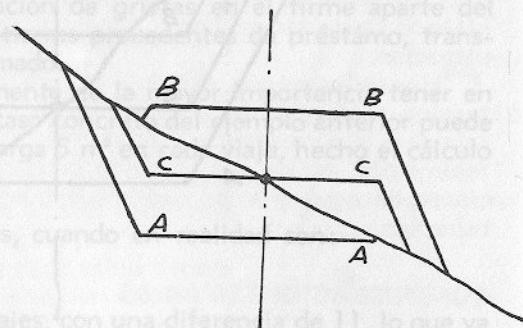


Figura 96

nado no es de gran altura ni está expuesto al deslizamiento de tierras, por lo que conviene utilizarla.

PERFILES HORIZONTALES

En este caso es siempre conveniente que la rasante vaya en terraplén, no obstante constituir un firme artificial y además un trabajo de relleno de préstamo.

El ir en desmonte supone estar siempre llenas de agua, aparte de que si el terreno ya es horizontal naturalmente, no tiene objeto excavar. A cota cero tienen el mismo problema de las aguas aunque esté provista de cunetas, si bien aventaja el hacer nula la excavación. En terraplén salva los inconvenientes de las aguas, pero encarece por la excavación de préstamos.

Para que el camino sea útil, no ha de haber inconveniente en este encarecimiento que, con el tiempo, resulta económico, ya que son nulos los trabajos de posteriores repasos de desperfectos, salvo, claro está, los que lógicamente se producen en cualquier obra, esté de una u otra forma montada.

Es conveniente, por lo tanto, colocar la rasante en pequeño terraplén (figura 97), pero desmontando los montículos que se opongan a la continuidad de una rasante de longitud conveniente según la extensión del terreno horizontal que atraviesa.

PERALTES Y SOBREANCHOS

Hasta aquí se ha tratado en todo caso considerando el firme en el sentido transversal como una línea horizontal. Sin embargo, en muchos perfiles de un trazado no existirá esta circunstancia, ya que en las curvas se proyecta siempre un peralte que da cierta inclinación según el radio de aquéllos.

El sobreancho dado en las curvas también habrá de ser tenido en cuenta, ya que todo ello influye en la cubicación, máxime si el trazado es por lugar accidentado donde las curvas son excesivas.

Las fórmulas, no obstante, siguen siendo las mismas.

PERALTES

La inclinación transversal del perfil de un camino en las curvas, o peralte, disminuye a medida que aumenta el radio de la misma. Esta

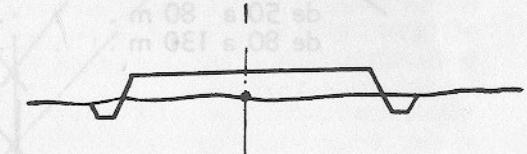


Figura 97

variación puede establecerse, para carreteras generales, como sigue:

Radio de 300 m o menor	12 %
más de 300 hasta 500 m	8 %
más de 500 hasta 800 m	5 %

En caminos comarcales, locales o elementales, si bien la inclinación está fijada del 12 % al 5 %, los radios son menores, siendo los primeros:

Radio de 200 m o menor	12 %
más de 200 hasta 300 m	8 %
más de 300 hasta 500 m	5 %
locales 100 m o menor	12 %
más de 100 hasta 180 m	8 %
más de 180 hasta 300 m	5 %
y elementales 50 m o menor	12 %
de 50 a 80 m	8 %
de 80 a 130 m	5 %

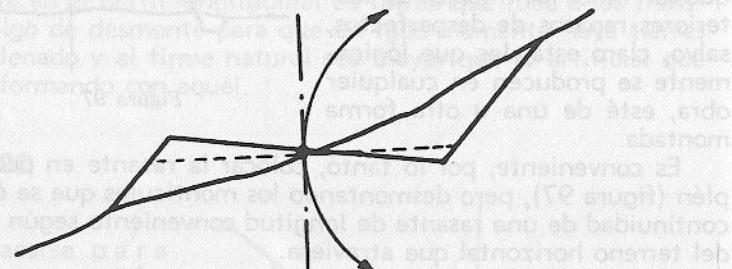


Figura 98

En las zonas de nieve, la pendiente transversal máxima será del 10 por ciento.

Los peralte se realizan subiendo un tanto el borde exterior del camino y bajando el resto el borde inferior, si esto es posible por no haber circunstancia que lo impida, como obras de fábrica, etc., en caso contrario procede a levantar el borde exterior solamente hasta alcanzar la altura que le corresponda (fig. 98).

S O B R E A N C H O S

Estos también varían proporcionalmente al radio, disminuyendo según va aumentando aquél.

El sobreancho afecta solamente al borde interior de la curva, quedando el exterior con el primitivo trazado.

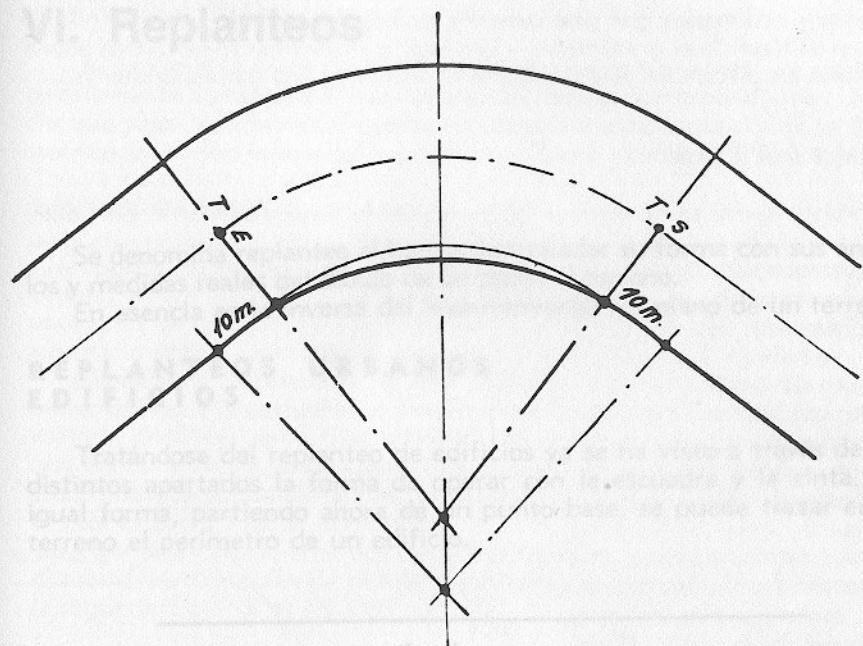


Figura 99

El sobreancho es igual, en cualquier caso, a la ordenada sobre la tangente del arco de 10 metros y su replanteo es como sigue:

Se toma una cuerda o cinta de 80 m cuyos extremos se apoyan en la alineación recta y en los puntos del borde antes de dar el sobreancho, empezando de forma que un extremo caiga en la tangente, y corriéndola a intervalos regulares hasta que coincida el otro extremo. Los puntos medios de la cuerda o cinta irán marcando los puntos de sobreancho (fig. 99).

La unión de la línea que pasa por todos estos puntos hallados se unirá a la alineación recta a 10 metros de ambas tangentes.

variazón puede establecerse, para corredores generales, como sigue:

Radio de 300 m. o menor
más de 300 hasta 500 m.
más de 500 hasta 800 m.

En caminos comerciales, locales o paseantes, si bien la distinción está fijada del 12% al 5%, los radios son menores, salvo los primeros:

Radio de 100 m. o menor
más de 100 hasta 300 m.
más de 300 hasta 500 m.
Incluye el radio menor
más de 100 hasta 180 m.
más de 180 hasta 300 m.
y elementos 50 m. o menor
de 50 a 180 m.
de 180 a 300 m.

El porcentaje se irá en consideración cada vez que sea necesario. Los radios varían dependiendo de cuán difícil sea la obra, y se toma una cifra de 10 metros para los radios de 300 m. o más, y se consideran radios de 180 m. o más para los radios de 100 m. o menor. Una vez determinado el radio, se procede a trazar la curva, y se observa que el radio es menor que la distancia entre el punto base y el vértice, lo que impide trazar la curva en su interior. En este caso, se procede a elevar el borde exterior solamente hasta alcanzar la altura que le corresponde (fig. 98).

SOBREANCHOS

Estos también varían proporcionalmente al radio, disminuyendo según va aumentando aquél.

El sobreancho afecta solamente al borde inferior de la curva, quedando el exterior con el primitivo radio.

VI. Replanteos

Se denomina replanteo al hecho de trasladar su forma con sus ángulos y medidas reales del dibujo de un plano al terreno.

En esencia es la inversa del levantamiento del plano de un terreno.

REPLANTEOS URBANOS EDIFICIOS

Tratándose del replanteo de edificios ya se ha visto a través de los distintos apartados la forma de operar con la escuadra y la cinta. De igual forma, partiendo ahora de un punto base, se puede trazar en el terreno el perímetro de un edificio.

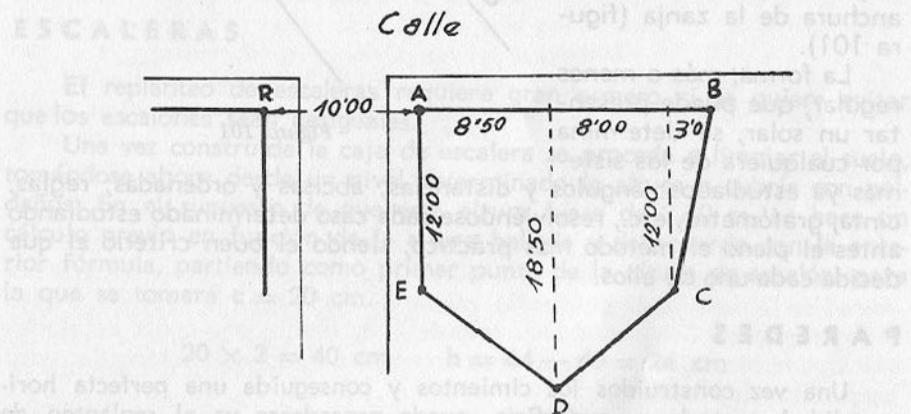


Figura 100

El punto base, sea el A de la figura 100, ha de estar relacionado a otros conocidos, llamados referencias, siendo en este caso el punto R, esquina de otro edificio que se encuentra en la misma alineación, y a una distancia de 10 metros.

Prolongando la alineación en una longitud A-B, se tendrá determinado el punto B, buscándose los E-D-C por el ya estudiado sistema de

abcisas y ordenadas que previamente se habrán trazado sobre el plano, o bien utilizando el grafómetro y la cinta, si previamente se miden sobre el plano las distancias A-B; A-C y A-E y los ángulos correspondientes.

CIMIENTOS

Hasta ahora se ha visto el replanteo de la línea perimetral del solar, pero siendo necesario el replanteo de la anchura de cimientos para proceder a la apertura de zanjas, se precisa de otros medios auxiliares: cordeles y camillas.

En cada vértice A, B, etc., se habrán colocado estacas, clavándose a horca otras, unidas ambas por maderas (camillas), cuya separación sea la anchura del cimiento que se replantea. En las cabezas de las estacas se atan los cordeles que marcarán las líneas, paralelas, correspondientes a la anchura de la zanja (figura 101).

La forma, más o menos regular, que puede presentar un solar, se determina por cualquiera de los sistemas ya estudiados: ángulos y distancias; abcisas y ordenadas; reglas, cinta, grafómetro, etc., resolviéndose cada caso determinado estudiando antes el plano el método más práctico, siendo el buen criterio el que decida cada uno de ellos.

PAREDES

Una vez construidos los cimientos y conseguida una perfecta horizontalidad en toda su superficie, puede procederse ya al replanteo de esta importante parte de obra.

Se fijan antes que nada los puntos principales, como son esquinas, uniones de paredes, etc., colocando tientos de obra, los cuales son trozos de ladrillos que se forman con mortero.

Se colocan a continuación las maestras o reglas de madera, puestas verticalmente con el auxilio de la plomada.

Colocándose por último, entre las maestras, las cuerdas denominadas tendenes.

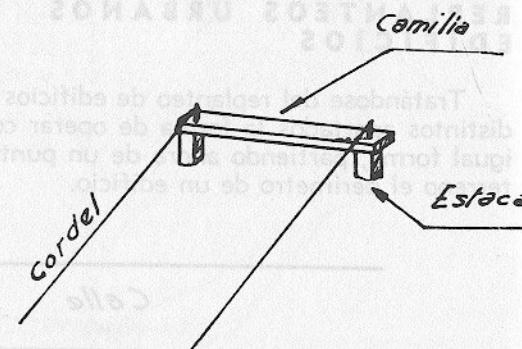


Figura 101

NIVEL DEL SUELO

Al replantear un cimiento, si el terreno no es horizontal, se procede previamente a efectuar el movimiento de tierras correspondiente: Detalle que ya se estudió en el capítulo dedicado a este tema donde se fijan normas para determinar las rasantes mediante desmonte y terraplenes.

NIVELES DE PISOS

Cuando el interior del piso está anotado en el plano no existe problema, ya que la medida estará ajustada a un número determinado de escalones de contrahuella previamente establecida, por lo que sólo será necesario seguir fielmente la medida indicada.

De no existir esta cota, la que midiendo sobre el plano no es fácil hallar debido a la pequeñez del mismo por no poderse apreciar los centímetros, entonces cabe fijar el nivel calculando un juego de escalones que den una altura lo más aproximada posible a la que se mide sobre el plano, calculando la huella de forma que quepa en el lugar destinado a la caja escalera todo el conjunto.

Para este cálculo creemos oportuno reproducir la fórmula que da las dimensiones correctas de huella y contrahuella, siendo h la primera y c la segunda $2c + h = 63$ a 65 cm.

ESCALERAS

El replanteo de escaleras requiere gran esmero si se quiere evitar que los escalones sean desiguales.

Una vez construida la caja de escalera se procede a limpiar el suelo, tomándose ahora desde un nivel determinado la altura a cubrir con peldaños. En el supuesto de que esta altura fuese de 3,40 m, se hace un cálculo previo en función de la altura hallada y de acuerdo con la anterior fórmula, partiendo como primer punto de la altura de escalón, para la que se tomará $c = 20$ cm.

$$20 \times 2 = 40 \text{ cm} \quad h = 64 - 40 = 24 \text{ cm}$$

$$\text{núm. de escalones} = \frac{3,40}{0,20} = 17$$

$$\text{desarrollo} = 0,24 \times (17 - 1) = 3,84 \text{ m.}$$

Con estos datos puede ya replantearse la escalera, y para ello se enlaza con yeso el paramento donde ha de ir poyada la zanca interior.

Para 3,84 m de desarrollo será necesario intercalar un rellano o des-

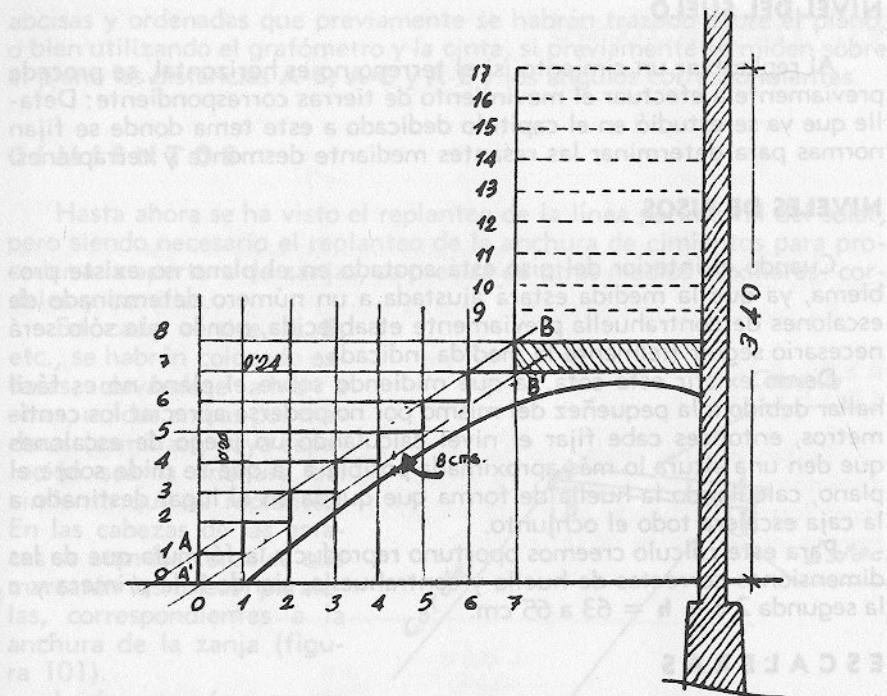


Figura 102

cansillo, el cual estará normalmente haciendo ángulo, si la distancia horizontal de este ángulo hasta la parte alta coincide exactamente en la mitad de la medida de desarrollo, puede dividirse aquí la escalera en dos tramos iguales. Caso contrario, uno de ellos tendrá uno o dos escalones más que el otro, o bien el relleno se construirá de forma rectangular para compensar la distancia.

Una vez seco el enlucido de yeso se trazan sobre él tantas líneas horizontales de medida c como contrahuellas haya a partir del nivel previamente calculado, numerándose éstas para evitar errores. Desde la línea de arranque de la escalera se trazan tantas líneas verticales separadas por la medida h , menos una, puesto que la última huella será el descansillo, estas líneas se cortarán con las primeras y su intersección determinarán los puntos de encuentro de las huellas con las contrahuellas, marcándose el perfil de los peldaños. Siendo las líneas AB y $A'B'$ dos líneas de fe para el trazado (fig. 102).

BOVEDA DE ESCALERA

Para el trazado de la bóveda que ha de soportar la escalera se procede a colocar los extremos de una lámina de madera flexible en el arranque de la escalera y en la terminación del tramo, dejando una separación de 15 a 20 cm. de la línea inferior $A'B'$.

Apoyados los extremos se va rectificando la forma de la lámina de madera hasta lograr una curva adaptable a la forma precisa, siendo ésta cuando en su centro la separación de la línea $A'B'$ con el centro de la curva es de 8 cm.

ESCALERA DE CARACOL

El replanteo de la escalera de caracol requiere aún más cuidado que el de una escalera corriente, ya que son más las operaciones que han de realizarse.

Se ha de proceder con el orden que se detallan a continuación y en la forma que se indica:

Construido el muro de la caja de la escalera, se limpia el terreno o firme natural y se pasan los niveles de las plantas, comprobando si el desnivel que existe en obra coincide con el que figura en los planos del proyecto. Hay que tener presente al pasar los niveles de las plantas, el espesor que vaya a tener la escalera y el pavimento, en la planta inferior, y el espesor del pavimento, en las superiores.

Se rectifica la altura de los peldaños, de acuerdo con el desnivel hallado, siempre que no se pase de cierto límite de la figura en el plano del proyecto.

Sobre el paramento interior de la caja y debajo del desembarque, se tienden con yeso blanco una faja vertical, en la que se marcarán, una vez seco, las alturas de los peldaños sobre un trazo vertical que estará a plomo con la contrahuella que va a tener el último peldaño.

Mediante una simple proporción se halla la cuerda del arco de intersección de las huellas con el paramento interior de la caja, ya que se conoce el radio de la línea de huella, el arco que corresponde al ancho **b medido** en dicha línea y el radio interior de la caja (fig. 103).

Se tiende con yeso una faja en forma de hélice, en el paramento interior de la caja, partiendo del arranque del tramo de la escalera y terminando en el

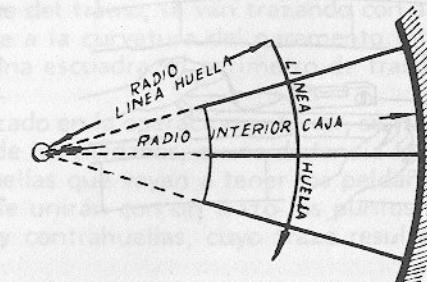


Figura 103

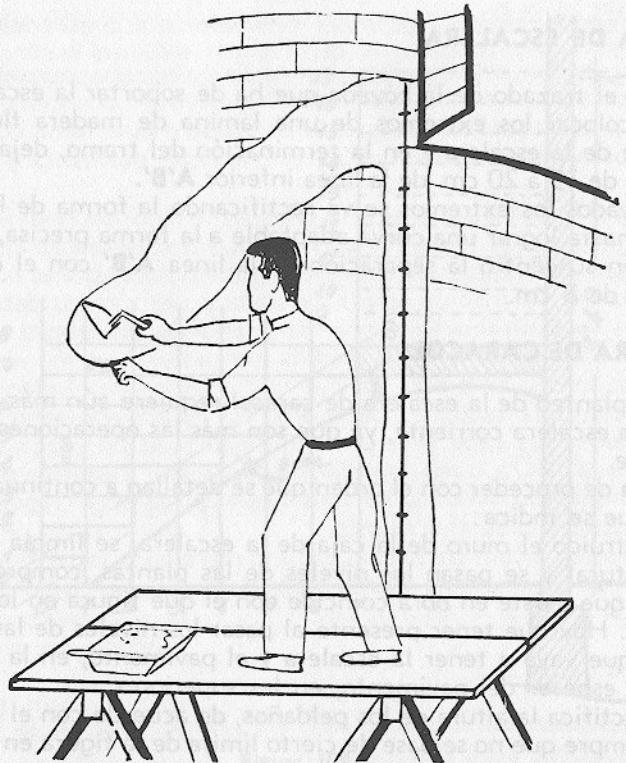


Figura 104

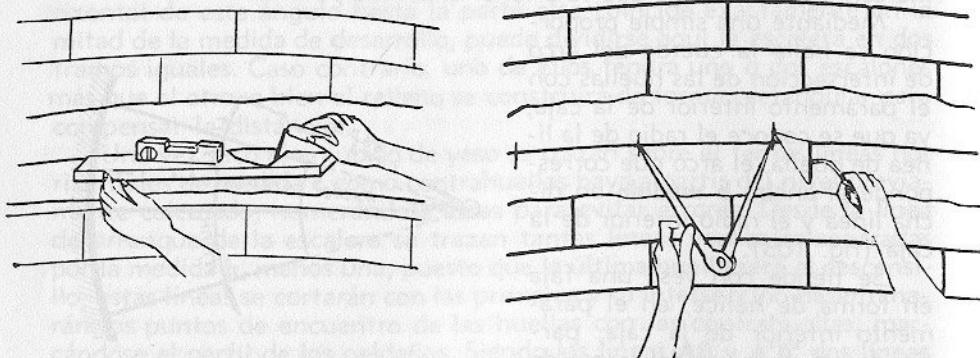


Figura 105

Figura 106

desembarque del mismo, a modo de montea, que cubra con creces el desarrollo de la escalera junto a dicho paramento (fig. 104).

También se tiende con yeso otra faja horizontal en forma de arco, debajo de la anterior.

Una vez seco el yeso de las fajas, se traza un arco en la faja tendida en la operación anterior, con ayuda de una plantilla y un nivel, de forma que dicho arco esté situado en un plano horizontal (fig. 105).

Con un compás de puntas, se divide el arco trazado en la operación anterior, comprendido entre el arranque del tramo y la vertical que pase por la última contrahuella de éste, en tantas partes iguales como huellas ha de tener el tramo. La apertura del compás (fig. 106) será igual a la cuerda hallada en la figura 103.

Con una regla se lleva a la faja de yeso tendida (fig. 104) las divisiones que se han hecho en la operación anterior, aplomando dicha regla en cada trozo de división (fig. 107).

Por medio de una escuadra que se adosa por uno de sus extremos a un renglón del que se haga coincidir una de sus caras con la vertical que pasa por la contrahuella del último peldaño, y el lado horizontal de la escuadra se prolonga con una regla hasta que toque el muro, comprobando la horizontalidad de esta regla con un nivel de aire, se marcan con un simple trazo en la faja en forma de hélice, todas las alturas correspondientes a las huellas.

Partiendo del punto de arranque del tramo, se van trazando con auxilio de una plantilla que se adapte a la curvatura del paramento interior de la caja, de una regla y de una escuadra, el perímetro de trasdos de la escalera.

Paralelamente al perímetro trazado en la operación anterior, se traza por debajo del mismo el intradós de los peldaños, a una distancia igual al grueso de las huellas y contrahuellas que vayan a tener los peldaños.

Con una cercha muy flexible se unirán con un trazo los puntos de unión del intradós de las huellas y contrahuellas, cuyo trazo resultará una hélice.

Con la misma cercha empleada en la operación anterior, se trazarán otras dos hélices paralelas a la trazada en la operación anterior, y a una

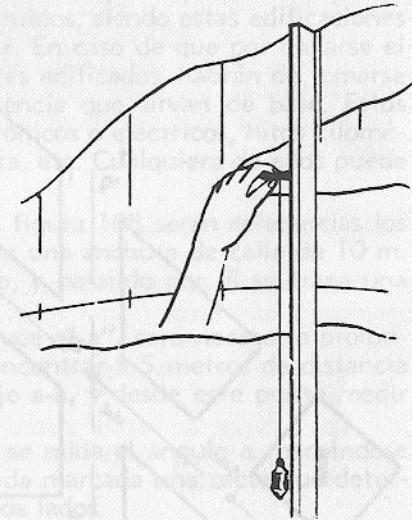


Figura 107

distancia de 8 cm (3 cm para el relleno de los peldaños y 5 cm para el realce de la bóveda helicoidal), la primera. La distancia entre las dos últimas hélices será igual al grueso que vaya a tener la bóveda helicoidal.

TABIQUES, PUERTAS, VENTANAS

El replanteo correspondiente a cualquiera de los elementos constructivos, de los que destacamos como principales los del enunciado,

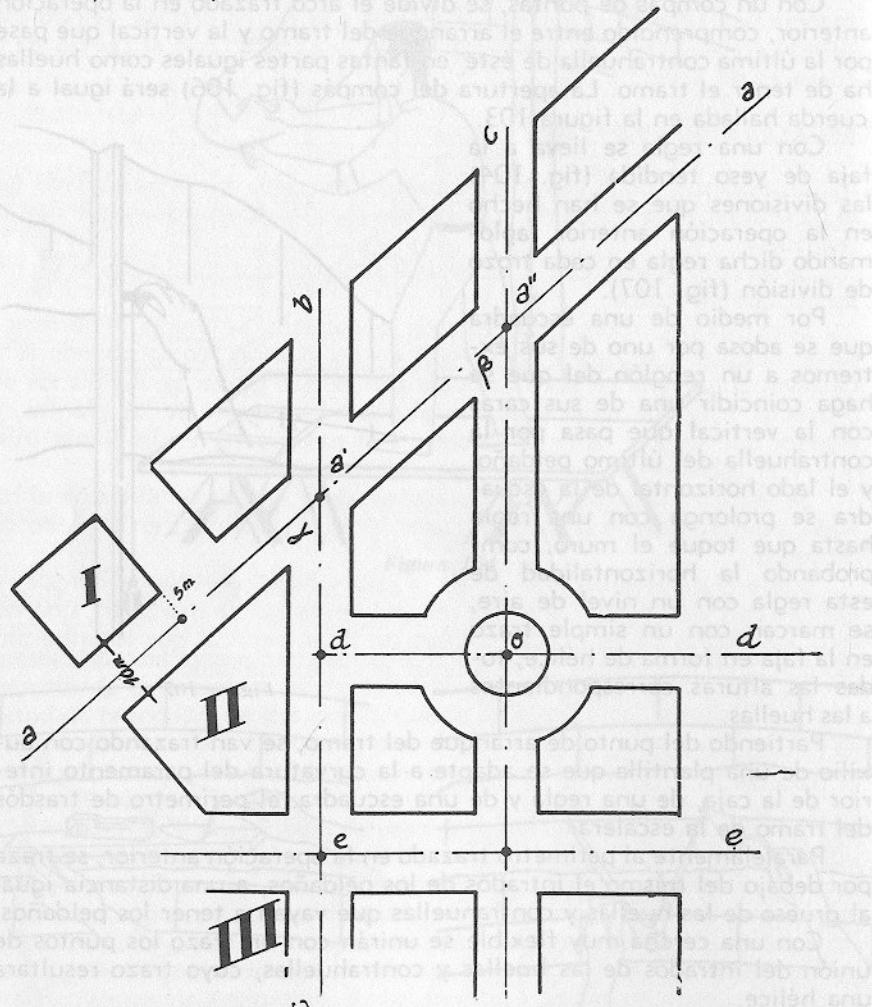


Figura 108

queda reducido, una vez replanteado el perímetro del solar y fijados los puntos de unión de las paredes, a efectuar medidas complementarias que a la sola vista del plano del edificio pueden deducirse fácilmente, no precisándose detalle especial para el logro total de este trabajo.

URBANIZACIONES: CALLES Y EDIFICIOS

Para el mejor desarrollo de este replanteo creemos oportuno trazar un proyecto, el cual queda representado en la figura 108.

En los casos de urbanizaciones es normal que haya edificios próximos a la zona de urbanización ya construidos, siendo estas edificaciones las referencias de donde hay que partir. En caso de que por hallarse el terreno a urbanizar lejos de otros lugares edificados, habrán de tomarse necesariamente otros puntos de referencia que sirvan de base. Estos puntos pueden ser árboles, postes telefónicos o eléctricos, hitos kilométricos o de hectómetros de una carretera, etc. Cualquiera de ellos puede ser útil.

En el caso que se representa en la figura 108 serán referencias los edificios I, II y III. Como base se tiene una anchura de calle de 10 m. Medidos 5 metros se tendrá su centro, y pasando por él se traza una alineación recta que será el eje a-a'.

Para hallar ahora los puntos de cruce a-a'', será necesario prolongar la alineación del edificio I hasta encontrar a 5 metros de distancia de la esquina la intersección con el eje a-a', y desde este punto medir las distancias a-a''.

Puesto ahora el grafómetro en a', se mide el ángulo α marcándose un punto en el eje b-b', con lo que queda marcada una recta que determina todo el eje, prolongándola a ambos lados.

De igual forma se hará colocando el grafómetro en el punto a'', tomando ahora el ángulo β correspondiente.

Una vez obtenidos estos ejes se miden sobre ellos las distancias correspondientes a los puntos de intersección con los otros ejes d-d' y e-e', teniéndose marcado con ello el esqueleto del proyecto de urbanización.

Haciendo centro en el punto O se traza la plaza, ya sea circular, elíptica u ovalada por los sistemas geométricos o prácticos ya indicados en capítulos anteriores, con lo que quedará replanteada ésta.

El resto del trabajo se reduce ahora a trazar líneas paralelas a los ejes, a la distancia que el plano marque como separación de fachadas, quedando con ello terminado este trabajo.

Naturalmente, el plano de urbanización puede representar un terreno llano o bien inclinado, e incluso con accidentes de consideración.

En todos los casos las distancias del plano se referirán a distancias horizontales, por lo que en los dos segundos casos será preciso hacer los

trazados o medidas auxiliándose de un nivel de aire o de albañil, y escalonando las medidas parciales hasta hallar la total.

Todo ello implica cuidados y preocupaciones e incluso trabajos de comprobación en aquellos casos que el trazado aparezca dudosos.

CAMPOS DE DEPORTES

Referente a este apartado que trata de un tema tan en auge hoy día, creemos oportuno incluir una gran cantidad de detalles relativos a dimensiones oficiales del terreno de juego.

El replanteo en sí queda supeditado a las diferentes fórmulas ya dadas en este volumen; rectángulos, elipses, círculos, perpendiculares, etc.

Todos ellos tendrán aplicación aquí, ya que se trata de un complejo sistema de formas por una parte, y por otra de perfiles para movimientos de tierras, así como peldaños de accesos y escalones para asiento.

Entre los más significativos por su popularidad incluimos los siguientes:

CAMPO DE FUTBOL

La disposición de las líneas y las longitudes de las mismas quedan representadas en la figura 109, así como la orientación, factor muy importante si se tiene en cuenta que ambos adversarios han de competir en igualdad de condiciones, sin que el sol perjudique a un bando más que al otro.

Los campos de fútbol pueden ser de dos dimensiones, según sea reglamentario o no, siendo las máximas de 90 a 120 metros, y las mínimas 45 a 90 metros.

PISTAS DE CARRERAS

Generalmente este terreno es siempre inherente a una buena instalación de campo de fútbol, pues si bien no se trata de un estadio propiamente dicho, la pista de carrera se adapta perfectamente al perímetro de juego de aquél, rodeando las partes frontales con sendos arcos carpaneles hasta alcanzar un desarrollo de 400 metros para el circuito total, como puede verse en la figura 109.

CAMPO DE HOCKEY

Queda representado en la figura 110. La orientación es la misma que para el campo de fútbol, y las dimensiones quedan anotadas en la figura.

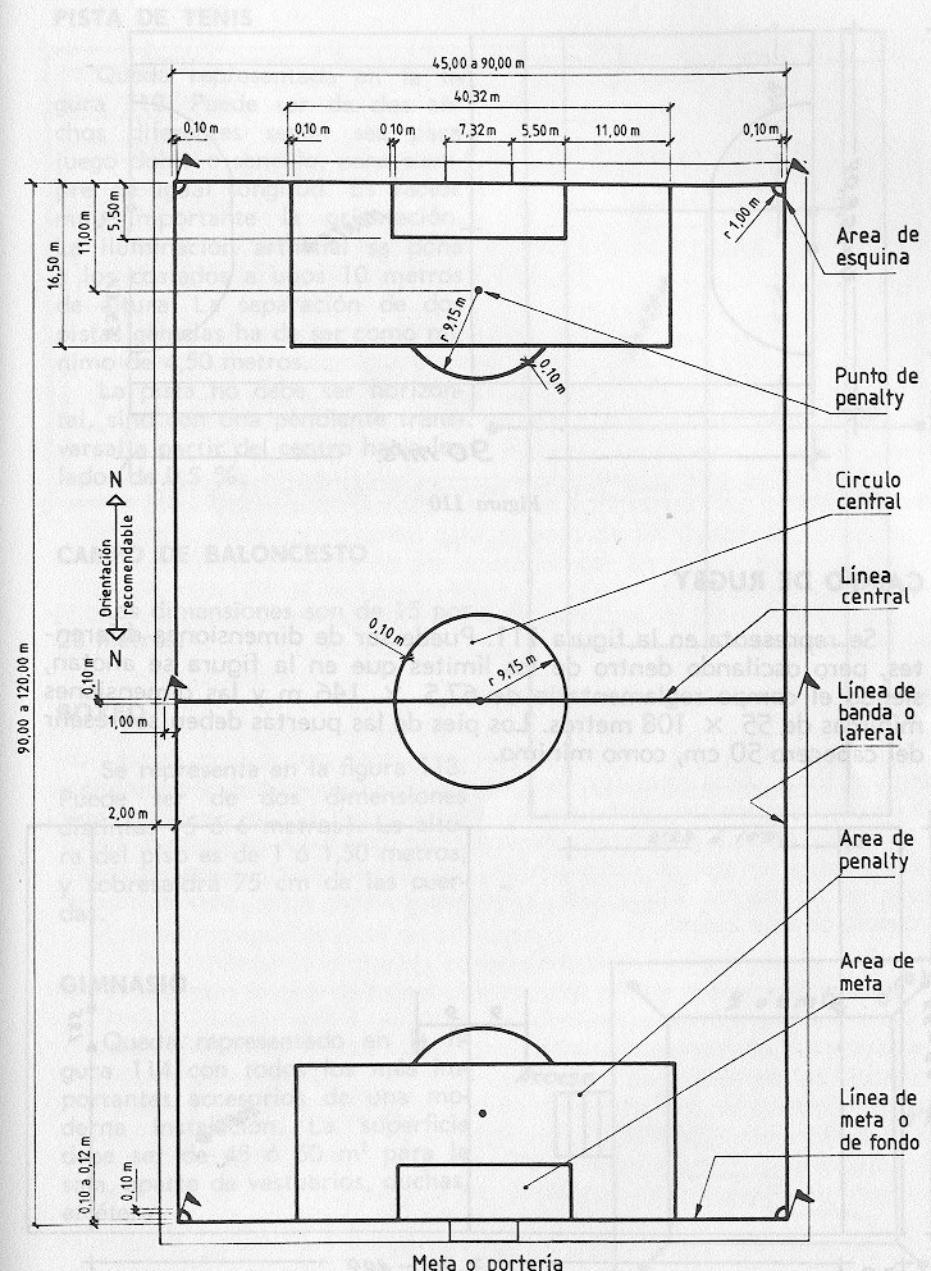


Figura 109

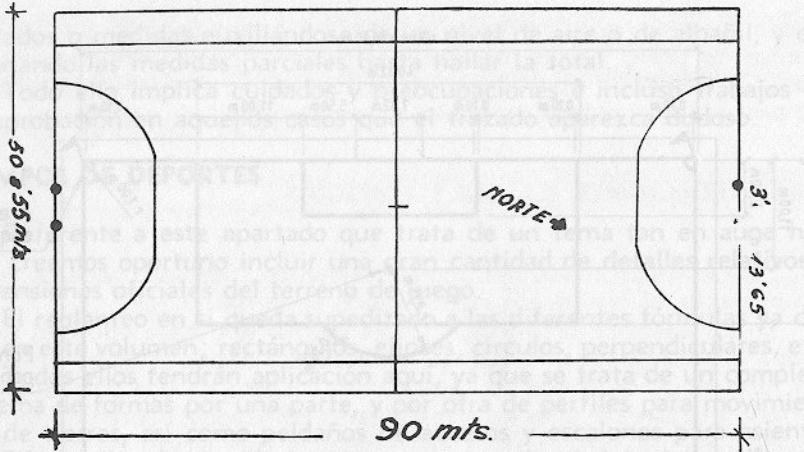


Figura 110

CAMPO DE RUGBY

Se representa en la figura 111. Puede ser de dimensiones diferentes, pero oscilando dentro de los límites que en la figura se anotan, siendo el campo reglamentario de $67,5 \times 146$ m y las dimensiones mínimas de 55×108 metros. Los pies de las puertas deben sobresalir del cabecero 50 cm, como mínimo.

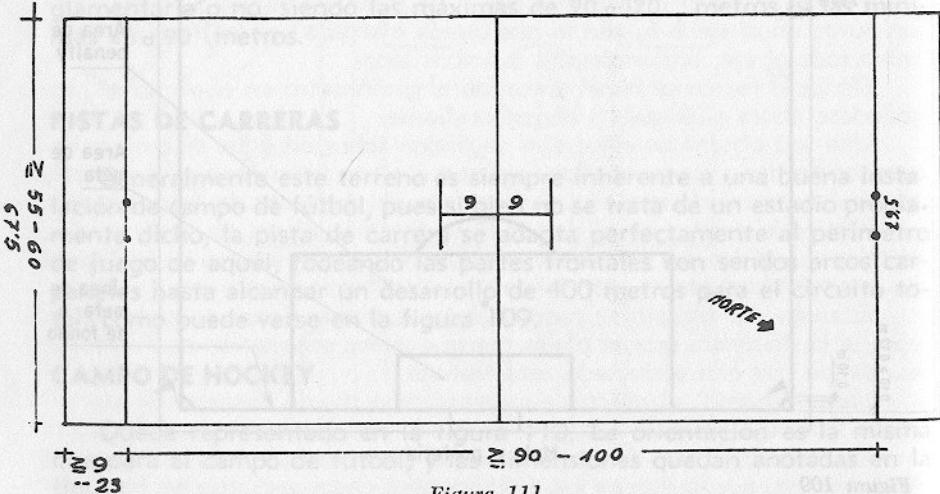
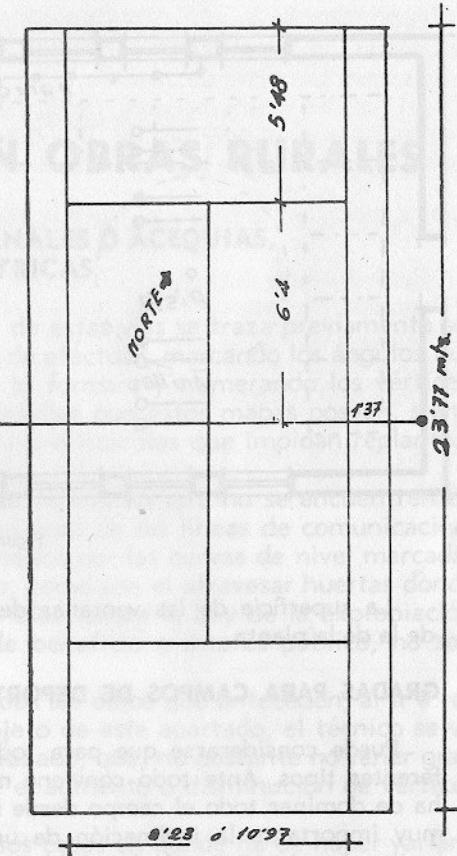


Figura 111

PISTA DE TENIS

Queda representada en la figura 112. Puede ser de dos anchos diferentes según sea para juego doble o sencillo, pero siempre de igual longitud. Es factor muy importante la orientación. La iluminación artificial se pone a los costados a unos 10 metros de altura. La separación de dos pistas gemelas ha de ser como mínimo de 4,50 metros.

La pista no debe ser horizontal, sino con una pendiente transversal a partir del centro hacia los lados de 0,5 %.



CAMPO DE BALONCESTO

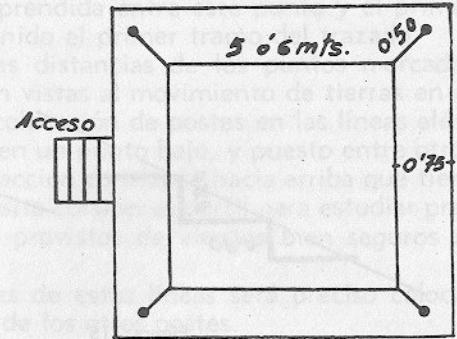
Las dimensiones son de 15 por 28 metros.

BOXEO

Se representa en la figura 113. Puede ser de dos dimensiones distintas (5 ó 6 metros). La altura del piso es de 1 ó 1,50 metros, y sobresaldrá 75 cm de las cuerdas.

GIMNASIO

Queda representado en la figura 114 con todos los más importantes accesorios de una moderna instalación. La superficie debe ser de 45 ó 50 m² para la sala, aparte de vestuarios, duchas, etcétera.



Figuras 112 y 113

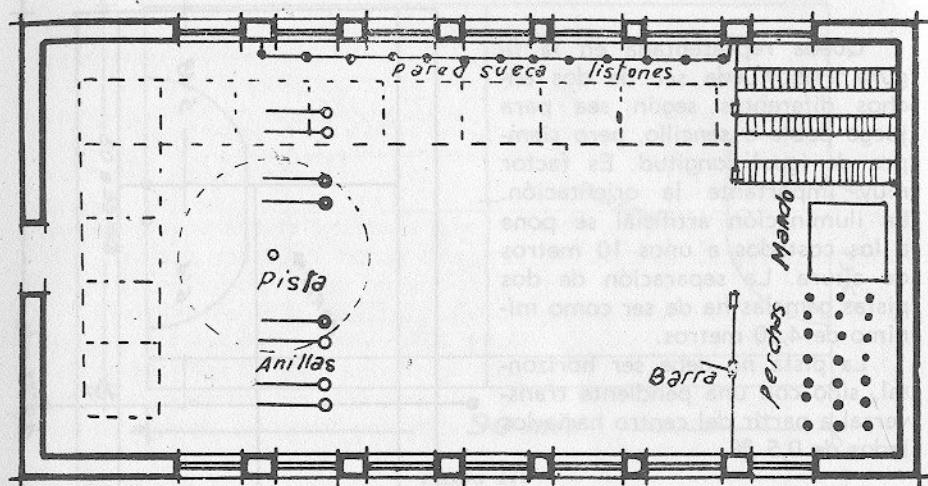


Figura 114

La superficie de las ventanas deben alcanzar, por lo menos, el 20 % de la de la planta.

GRADAS PARA CAMPOS DE DEPORTES

Puede considerarse que para todos son idénticos, si bien existen diferentes tipos. Ante todo conviene no perder de vista que el espectador ha de dominar todo el campo desde su asiento, por lo que juega un papel muy importante la inclinación de una línea que fuese tangente a todos los bordes exteriores de los peldaños. Las más usuales son las representadas en las figuras 115 y 116, las cuales pueden servir para cualquier proyecto de esta índole.

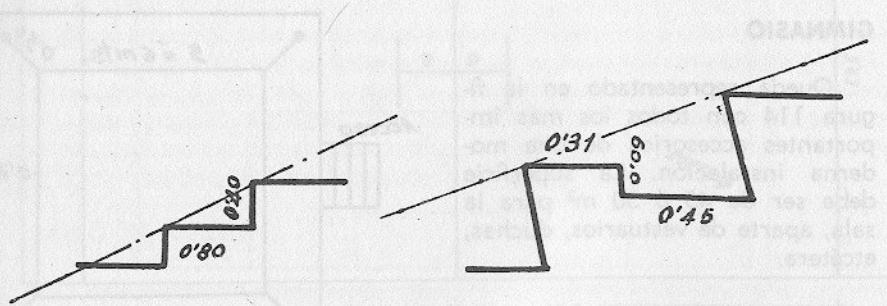


Figura 115

Figura 116

REPLANTEOS EN OBRAS RURALES

VIAS DE COMUNICACION, CANALES O ACEQUIAS, LINEAS TELEFONICAS O ELECTRICAS

Para el trazado de cualquiera de estas vías se traza previamente sobre un mapa el recorrido que han de efectuar, marcando los ángulos que forman las líneas quebradas que lo forman, y numerando los vértices.

Naturalmente, por muchos detalles que estos mapas posean, siempre ocurrirá que al ir al terreno haya obstáculos que impidan replantear exactamente lo proyectado.

Estos obstáculos pueden ser edificaciones que no se encuentren en el mapa, terrenos no aptos para el paso de las líneas de comunicación, descensos rápidos que no son acusados por las curvas de nivel marcadas en el mapa. Otros de tipo jurídico, como son el atravesar huertas donde se causen grandes daños, pues si bien existe la Ley de la expropiación forzosa indemnizada por obras de beneficio o interés público, no son siempre aplicables.

Teniendo en consideración todos los datos que anteceden, al ir a replantar cualquiera de las vías objeto de este apartado, el técnico se ve obligado a modificar tramos del trazado, que, no obstante no tener gran influencia en el conjunto, supone el aumento o disminución de vértices o de distancias.

Prescindiendo por ahora de esos casos en donde ha de haber variaciones en el trazado, las líneas generales a seguir por el replanteo son:

1.º A partir de un punto fijo y conocido, orientando la primera alineación según lo esté en el mapa.

2.º Medir la distancia comprendida entre este punto y el primer vértice, con lo que se habrá obtenido el primer tramo del trazado.

3.º Medir entre vértices las distancias de los puntos marcados para los perfiles transversales con vistas al movimiento de tierras en el caso de caminos y canales, o de colocación de postes en las líneas eléctricas, ya que un poste colocado en un punto bajo, y puesto entre otros dos en puntos altos sufrirá una tracción constante hacia arriba que tiende a arrancarlo, por lo que se necesita conocer el perfil para estudiar previamente que postes han de ser provistos de vientos bien seguros al suelo.

De igual forma, en los vértices de estas líneas será preciso colocar vientos que contrarresten el tiro de los otros postes.

Esta clase de líneas deben someterse asimismo al estudio del perfil por donde han de ubicarse para el cálculo de hilo necesario, puesto que cada tramo cambiará de rasante.

En las dos primeras vías: caminos y canales, habrán de tenerse en cuenta las curvas que han de unir dos alineaciones, y para ello se procede de la forma que se indica en el apartado que sigue:

REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES

Basándose en la figura 117, donde vemos un ángulo en el centro de 153 grados centesimales (47 grados el rumbo de las alineaciones), curva abierta, por lo que el radio habrá de ser de una longitud normal, pero algo grande para evitar el desplazamiento del centro de la curva lejos del vértice, lo que ocasionaría un gran desmonte.

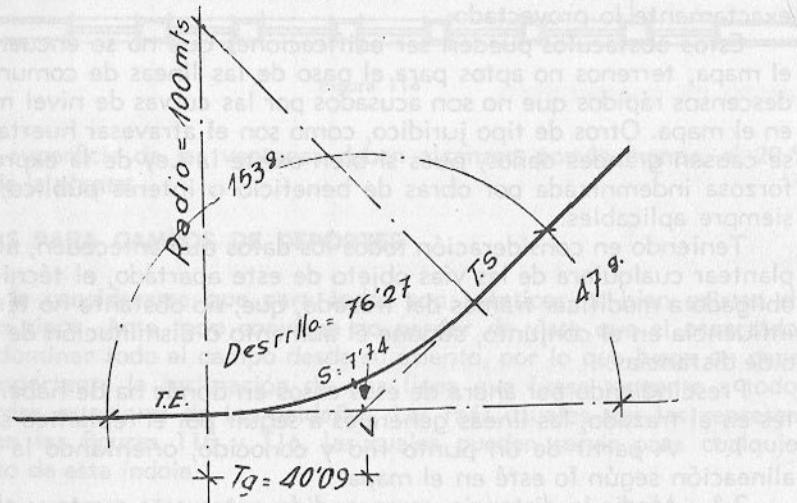


Figura 117

Previamente se tantea una tangente sin tener en cuenta el radio que ésta dará (sistema por tangente).

Probando una tangente de 40 metros puede apreciarse a ojo que la curva irá bien, luego se buscará en las tablas un radio de número entero que se adapte a una tangente lo más aproximada a la experimentada antes (sistema por radio), para lo que dan las tablas los datos que siguen, anotándose en la libreta, así como los tomados directamente en el terreno:

Número de los vértices	Rumbos de las alineaciones — Grados	Ángulos — Grados	Longitudes		CURVAS				Observaciones
			Entre los vértices	Entre las tangentes	Tangentes Metros	Radios Metros	Desarrollos Metros	Secantes Metros	
47	153				40'09	100	76'27	17'14	$R=100$ 153° $T.E. \angle 40'09$ $T.S. \angle 17'14$ 47°

Las columnas dejadas en blanco se llenarán según indica su encabezamiento, siendo las longitudes entre tangentes equivalentes a las entre vértices, restándole las longitudes de las dos tangentes correspondientes a dos curvas medidas sobre una misma alineación.

Las tablas suelen dar, para los casos en que las curvas son de gran desarrollo, las abcisas y ordenadas intermedias entre el vértice y el arranque de las curvas, con objeto de tener más de tres puntos de las mismas; sea por ejemplo: para 1/4 del arco, abcisa = 30,04 m, ordenada = 1,84 m.

Los puntos de tangente se denominan tangente de entrada (**TE**) y tangente de salida (**TS**) según la dirección de los perfiles.

En el caso de que una **TS** sea el mismo punto de la **TE** de otra curva de sentido contrario (fig. 118) se denomina al conjunto curva y contracurva, si bien hoy está legislado que entre dos curvas haya como mínimo 20 m de alineación recta.

No obstante se aplica en ocasiones, cuando es realmente imposible atenerse a lo legislado.

También se da el caso (fig. 119) en que dos curvas de igual dirección tienen tangentes comunes, siendo su radio y tangente de distinta longitud, sólo aplicable en aquellos casos en que el terreno no admite entre ambas curvas una alineación recta.

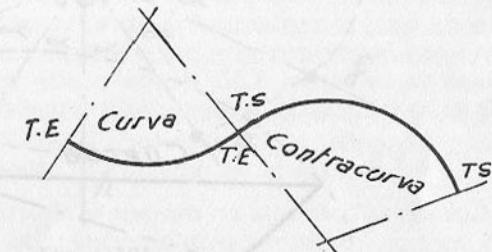


Figura 118

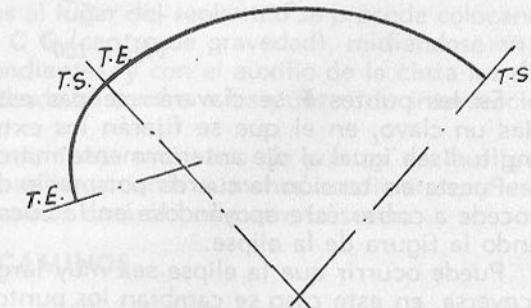


Figura 119

CURVAS ELIPTICAS

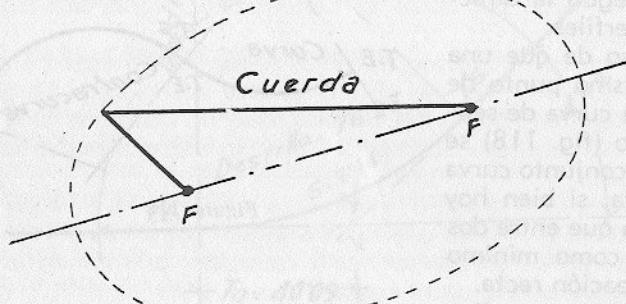
El trazado de elipses puede tener lugar tanto en trabajos de campo como en replanteos urbanos, siendo ésta una curva que, en ocasiones, por su mayor dificultad, se cambia por la figura del óvalo si se trata de plantas completas, y por el ovoide si se trata de arcos de ventanas o puentes.

Esta figura tiene su aplicación práctica en los arcos, tanto de puentes como en las edificaciones, y los perímetros elípticos completos en glorietas y plazas.

Para arcos cuyas dimensiones no son excesivas puede procederse al trazado directo sin ninguna dificultad, para lo que se adopta el siguiente método:

TRAZADOS ELIPTICOS

Se traza en el terreno una recta igual al eje mayor que haya de tener la elipse (fig. 120), y se señalan arbitrariamente en esta recta dos puntos, **F**, los cuales servirán de focos. Estos puntos estarán a igual distancia cada uno de su extremo respectivo.



En los puntos **F** se clavarán sendas estacas y sobre cada una de ellas un clavo, en el que se fijarán los extremos de una cuerda cuya longitud sea igual al eje anteriormente marcado.

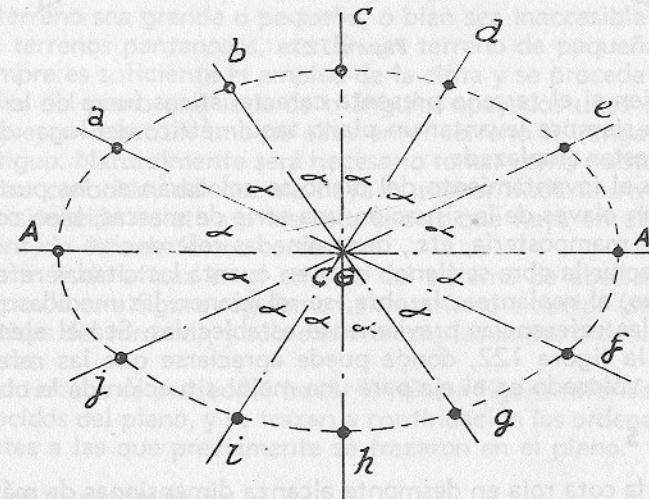
Puesta en tensión la cuerda por medio de otra estaca o punzón, se procede a correr éste apoyándose en la cuerda, y al deslizarse irá marcando la figura de la elipse.

Puede ocurrir que la elipse sea muy larga respecto a su anchura, o viceversa, en este caso se cambian los puntos focales **F** hasta lograr la proporción deseada.

ELIPSES DE GRANDES DIMENSIONES

Si se opera en terreno llano puede replantearse con un grafómetro y una cinta, en caso contrario será preciso el uso del taquímetro, así como tener a mano las tablas taquimétricas para hallar en cada punto la distancia reducida.

El sistema más práctico y rápido de emplear para este replanteo consiste en tener previamente dibujada a escala la elipse en cuestión, y haciendo centro en su centro de gravedad, trazar una serie de radios **a**, **b**, **c**,



etcétera (fig. 121), cuyos grados de abertura α respecto al origen, que puede ser el eje **A-A**, se hayan medido, así como la distancia desde el centro hasta los puntos donde el perímetro haya cortado a los radios.

Con estos datos llevados al lugar del replanteo se procede colocando el grafómetro en el centro **C G** (centro de gravedad), midiéndose en el terreno los grados correspondientes, y con el auxilio de la cinta las distancias que correspondan desde el centro a los puntos de intersección antes citado.

Con ello se habrá logrado tener una serie de puntos de la elipse, más o menos denso según se hagan más o menos mediciones, y esos puntos unidos por una curva nos dará el perímetro buscado.

OBRAS DE FABRICA EN CAMINOS

Para proyectar una obra de fábrica en un camino, canal o acequia, como pasos, sifones, puentes, túneles, etc., si la obra es de cierta enver-

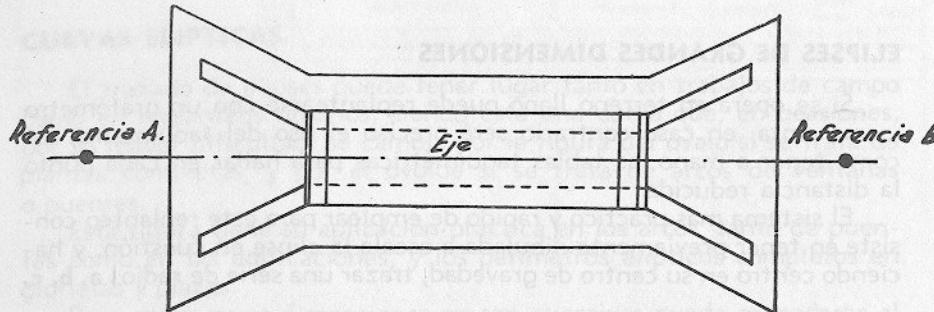


Figura 122

gadura, o bien si el terreno presenta características fuera de lo común, es necesario siempre levantar un plano taquimétrico del lugar donde la obra ha de estar emplazada.

Durante el levantamiento del plano se colocarán en los puntos que se consideran claves de la situación una serie de marcas, bien con estacas, hitos de mampostería, etc., denominadas referencias.

Al proyectar la obra se tienen muy en cuenta las citadas referencias de modo que, al replantar la obra, se relacionen las medidas precisamente con las referencias previamente establecidas. Sea el ejemplo de la tajea de la figura 122, donde puede apreciarse que las referencias Ay B se han colocado en el eje para una mejor situación de la obra.

T U N E L E S

Cuando la cota roja en desmonte alcanza dimensiones de más de 12 ó 15 metros, se estima más económica la construcción de un túnel, y para su trazado se procede a una perfecta nivelación para hallar en ambas bocas la cota roja que le corresponda. Tanto si hay, o no, cambios de rasante en el interior del túnel, será necesario, durante su excavación, proceder a las nivelaciones parciales para comprobar, fijándose puntos con la cota que les corresponda en el lugar donde se han colocado.

Igualmente habrán de efectuarse durante su construcción comprobaciones de dirección por ambas bocas y por los pozos auxiliares por donde la excavación se haya atacado.

El replanteo del túnel ha de hacerse "a priori" por encima del terreno, por lo que requiere replanteos y comprobaciones a medida que las excavaciones avanzan.

P U E N T E S

El replanteo de puentes está sujeto a referencias, y de ellas, como en las pequeñas obras de fábrica, han de partir todas las medidas y datos,

empleándose cuantos sistemas se adopten al mejor desarrollo del trabajo. Normalmente, los teodolitos y niveles juegan un primordial papel.

PLANOS DE TERRENOS

Son también relativamente frecuentes el precisarse replantear el plano de un terreno por haberse perdido hitos del mismo, o bien por disconformidad de dos propietarios cuyos límites son comunes.

Para llevar a cabo estos replanteos se procede de distinta forma según el terreno sea grande o pequeño, o bien sea inaccesible el interior: bosque, terrenos pantanosos, etc. En un terreno de pequeña superficie casi siempre es suficiente el empleo de la cinta y se procede a trazar en el interior del plano una serie de triángulos apoyados unos en otros, de forma que, al construir uno de ellos en el terreno se tenga ya un lado del contiguo. Naturalmente será necesario tomar como punto de partida un vértice conocido, del que no haya la menor duda una vez comprobada su situación relativa a las referencias que haya en el plano, una vez orientado éste de forma correcta.

Otro método eficaz es el empleo del sistema de abcisas y ordenadas, trazando una figura regular en el interior o exterior (según las características del terreno), y sobre ella trazar las líneas ordenadas correspondientes.

En el terreno se procede a trazar la misma figura referida a los puntos conocidos del plano, y se trazan a continuación las ordenadas correspondientes a las que previamente se trazaron en el plano.

GRANDES EXTENSIONES

Para replantar planos de grandes superficies es casi imprescindible el empleo del taquímetro, ya que los métodos antes citados, si bien son susceptibles de emplearse también en estos casos, no son aconsejables por la lentitud del método y, además, por lo expuesto a errores en grandes distancias.

El sistema más lógico y aconsejable es colocar el taquímetro en un vértice conocido, replanteando el ángulo y las distancias, pasando a continuación al vértice siguiente para hacer la misma operación.

De no ser accesible algún vértice será necesario efectuar las operaciones auxiliares que en cada caso concreto se estimen oportunas, para luego continuar la pauta antes marcada.

Puede también ser un buen auxiliar disponer de la libreta registro que sirvió cuando se efectuó el levantamiento del plano, y en el caso se procederá al replanteo de las estaciones que sirvieron en aquella ocasión, y desde ellas a marcar los puntos o vértices que limitan al terreno, acomodando los límbos y las miras a las distancias y ángulos allí marcados.

Estos replanteos pueden catalogarse, como norma general, a trabajos donde la experiencia del operador juega un papel muy importante, adaptando el trabajo a fases que sólo la práctica puede aconsejar teniendo en cuenta en cada caso las distancias características del terreno.

ORIENTACION DE PLANOS

Según sea el objeto del levantamiento topográfico de un plano, se consideran el norte magnético o el verdadero. El norte verdadero es fijo, no así el magnético, cuya declinación decrece $9'$ al año y $2'$ la inclinación. En 1950 la declinación en París era de $11^{\circ} 30' \text{ Este}$, la cual se redujo a 0° en 1963.

En todos los planos topográficos y mapas se indican los cuatro puntos cardinales, o bien, una flecha con dirección norte que es suficiente para la orientación del terreno representado en el dibujo.

Existen varios sistemas para tomar sobre el terreno esta dirección norte; la más usual es la del empleo de la brújula o declinatoria, que todo aparato moderno destinado al levantamiento de planos lleva como accesorio indispensable; pero cuando se trata de orientar en el terreno el plano ya levantado, o bien el levantamiento de planos que por su poca extensión se hace con la cinta, si no se dispone de brújula, existen otros procedimientos susceptibles de resolver este problema. Y éstos son:

POR EL SOL

Primero ha de buscarse un trozo de terreno horizontal, donde se clava un palo cuya verticalidad ha de ser lo más perfecta posible. Durante el aparente movimiento del sol la sombra del palo irá recorriendo un espacio de terreno y simultáneamente acortándose más cada vez hasta llegar al momento en que esta sombra empezará a alargarse de nuevo. Esta operación ha de hacerse desde poco antes de las doce (hora solar) hasta pasada esta hora. La recta que une el lugar en que está clavado el palo con el de menor longitud de la sombra es la dirección de la meridiana que se busca (fig. 123).

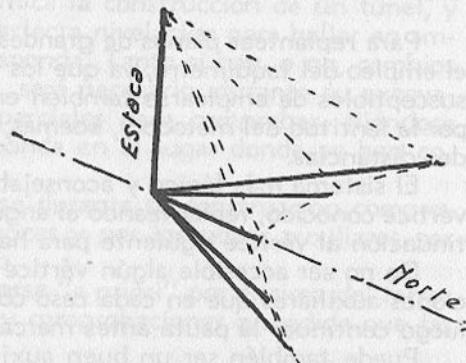


Figura 123

CON UN RELOJ

Las horas dividen la esfera de un reloj en 12 partes iguales y, teniendo en cuenta las medidas, en 24. A las doce horas (hora solar), si colocamos el reloj de forma que una visual que pase por el diámetro VI-XII coincida con el sol, habremos hallado la dirección sur; si dejamos el reloj fijo, a las dos estará el sol en dirección I-VII; a las seis III-IX, es decir, cada hora una división; luego, inversamente si a una hora determinada se coloca el reloj de forma que se vea el sol dimámetro VI-XII nos dará la dirección sur.

POR INDICIOS

Los árboles pueden servir para orientarnos en caso de que no haya sol. Estos se desarrollan mejor por el lado expuesto al sol, o sea, el sur. Si observamos un tronco cortado veremos que las copas anuales están por la parte expuesta al sol más separadas que por el lado opuesto, por lo que el norte estará donde estas copas estén más juntas (figura 124).

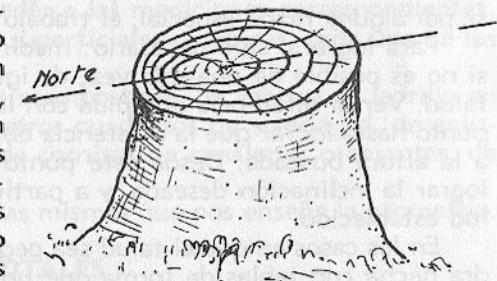


Figura 124

Estos sistemas no son exactos, pero sí bastante aproximados para poder orientar un plano en el terreno cuando se carece de brújula.

También se emplea la orientación por medio de la estrella polar. Para hallarla se ha de buscar primero la Osa mayor o Carro, y una vez localizada ésta se imagina una línea que pase por las dos estrellas extremas del Carro, y las prolongamos en una longitud aparente igual a cinco veces a la que están separadas estas dos estrellas base, se encontrará en su extremo a la estrella polar, que es la más brillante de las que forman la constelación llamada Osa Menor (fig. 125).

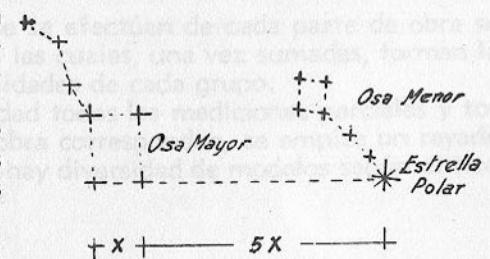


Figura 125

Existen otros medios, pero no creemos oportuno incluirlos por ser de menos exactitud y, por lo tanto, menos recomendables, ya que con los expuestos puede hallarse el norte sin gran error y con bastante rapidez.

TALUDES

En la figura 94 se representan los taludes a construir según de la clase de terreno que estuviesen constituidos. Para el replanteo de ellos puede operarse de dos formas distintas, según que el talud sea alto o no.

En el primer caso es preferible siempre tomar el ángulo que el talud forme con la horizontal y, puesto un clísimetro en lo que ha de ser la coronación, proyectar el ángulo correspondiente hasta encontrar el suelo. Prácticamente, y como guía para efectuar el trabajo, pueden clavarse estacas y en ambos puntos, y, atada a ellos, colocar una cuerda tirante, la cual será el borde del talud que se replantea.

Naturalmente aquí se trata de aquellos casos en que la formación del talud supone un relleno. En los casos en que el construir el talud supone efectuar un desmonte, caso poco frecuente a no ser que interese por alguna razón especial, el trabajo anterior no es factible.

Para lograrlo será necesario: medir una línea horizontal escalonada si no es posible de una sola vez, de igual que la que tenga la base del talud. Ver la diferencia obtenida con la parte superior. Excavar en este punto hasta lograr que la diferencia obtenida más lo excavado sea igual a la altura buscada. Desde este punto se irá rozando el terreno hasta lograr la inclinación deseada, y a partir de aquí tener como guía el talud establecido.

En los casos en que el talud sea pequeño, bastará colocar una escuadra hecha con tablas de forma que una rama puesta horizontalmente, por lo que la otra será vertical.

Una cuerda amarrada en ambos brazos y con la inclinación deseada nos dará el talud buscado. Si es preciso excavar se hará una pequeña zanja hasta que la inclinación de la zanja se adapte a la cuerda.

VII. Mediciones de obras

Para determinar las longitudes, superficies o volúmenes de las distintas partes de una obra, y con objeto de poder valorar el conjunto de la edificación, es necesario proceder a las mediciones correspondientes, agrupando en unidades lineales, superficiales o cúbicas, cada una de las distintas clases de obra.

Así habrá metros cúbicos de mampostería, de fábrica de ladrillo en muros, ídem en pilares, etc.; metros cuadrados de solería, id. de enlucido, id. de cubierta, etc.; m/l de cornisas de canalones o bajantes, de rodapié, etc.

Las fórmulas empleadas son las mismas que nos enseña la geometría.

MEDICIONES PARCIALES Y TOTALES

Para efectuar las mediciones es conveniente seguir el mismo orden que el de la construcción, empezando por el movimiento de tierras, cimientos, obra de fábrica, paredes, tabiques, etc. Si bien en ocasiones se altera el orden por razones de una mejor distribución de datos en el papel.

Las distintas mediciones que se efectúan de cada parte de obra se denominan mediciones parciales las cuales, una vez sumadas, forman la medición total o resumen de unidades de cada grupo.

Para resumir con toda claridad todas las mediciones parciales y totales indicando a qué parte de obra corresponden, se emplea un rayado apropiado a este objeto, del que hay diversidad de modelos según el tipo de trabajo de que se trate (1).

OTRAS MEDICIONES

No siempre, al efectuar las mediciones de una obra se da el caso de que todos sus elementos sean rectilíneos como tejados, paredes, suelos, etcétera.

En las obras de fábrica de carreteras es muy corriente el empleo de figuras de superficies curvas, como las bóvedas, por ejemplo, y esto nos

hace creer oportuno incluir las fórmulas para su cubicación, reproduciendo las más generalizadas por el uso, de las que se destacan:

Bóveda de medio punto

La superficie de esta bóveda queda determinada:

$$Sp = \pi \cdot rl \cdot Vol = \frac{\pi}{2} (R^2 - r^2) \cdot l$$

siendo r el radio del intradós, R el radio del trasdós, y e = espesor de la bóveda (fig. 126).

Con refuerzos ($n = 45$ grados).

Para el cálculo de la superficie de la cara interior se emplea la misma fórmula que para la anterior.

El volumen es:

$$\frac{\pi}{4} (R^2 + r_1^2 - 2r^2)$$

siendo r = radio de aciméz y n = grados de aciméz (fig. 127).

Con refuerzos ($n = 60$ grados)

$$V = \frac{\pi}{6} (2R^2 + r_1^2 - 3r^2) l$$

Rebajada

La superficie interior de esta bóveda es: $c.l.k$.

$$\text{volumen} = c \left(l + \frac{e}{2r} \right)$$

Siendo c = cuerda, f = flecha, e = espesor de la clave,

$$c^2 + 4fe$$

$$r = \frac{8f}{c}$$

Para k se tiene los valores de la tabla del apéndice: "Arcos y Segmentos de círculo". Esta bóveda queda representada en la figura 128

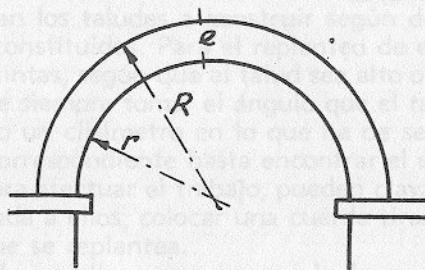


Figura 126

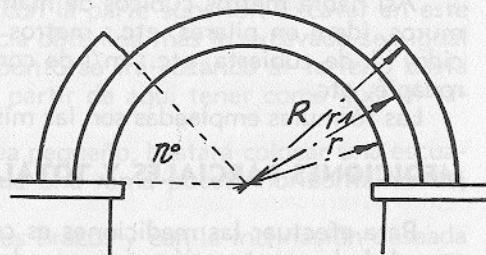


Figura 127

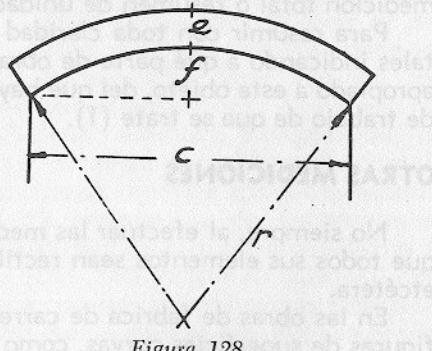


Figura 128

De medio punto uniformemente reforzada

Queda esta bóveda representada en la figura 129, y su volumen es igual a:

$$V = (c^2 K_1 - 1,57 r^3) l$$

siendo: r = radio intradós

e = espesor en la clave

g = espesor de la imposta

l = longitud de la bóveda

$$c = 2r + 2g$$

$$f = r + e$$

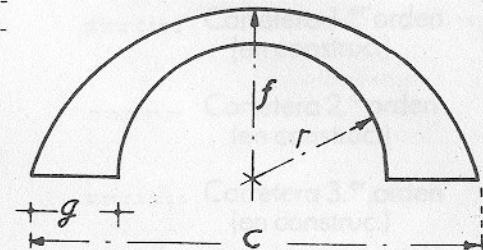


Figura 129

Para K_1 , se tienen los valores en la tabla del apéndice, ya citada.

Rebajada, uniformemente reforzada

Queda esta bóveda representada en la fig. 130

Su volumen es:

$$(C^2 k_1 - c^2 K'_1) l$$

siendo:

C = cuerda del trasdós

F = flecha del trasdós

K'_1 = en la tabla (corresponde a la relación $\frac{C}{F}$)

C = cuerda del trasdós

F = flecha del trasdós

K_1 = en la tabla (corresponde a la relación $\frac{f}{c}$)

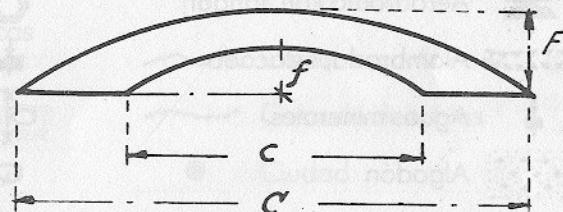


Figura 130

Apéndice

	Abrevadero
	Acequia
	Acueducto
	Aeródromo
	Aeródromo con hangar
	Alambrada, estacada
	Aguas minerales
	Algodón
	Altitud
	Arca de agua
	Arenal
	Arzobispado
	Arboles frutales
	Arsenal marítimo (guerra)
	Arsenal (mercante)
	Astilleros
	Arroyo (corriente continua)
	Arroyo (corriente discontinua)
	Arrozales
	Atalaya
	Baños minerales
	Barca con maroma
	Barca remos pasajeros
	Barca remos carruajes
	Barca (pasar autos)
	Barrera en camino
	Barrera, Km y alcantarilla
	Calzada romana
	Camino asfaltado
	Camino carretero
	Camino de herradura

	Camino vecinal
	Camino en desmonte
	Camino en terraplén
	Campo de aterrizaje
	Campo eventual
	Canal abastecimiento
	Canal abastecimiento
	Canal navegación (fábrica)
	Canal navegación (tierra)
	Canal de navegación
	Canal de navegación (en construcción)
	Canalizaciones eléctricas
	Canal de riego (fábrica)
	Canal de riego (tierra)
	Canal de riego (en construcción)
	Canal subterráneo
	Canal desecado
	Canteras
	Caña de azúcar
	Cañada
	Cañería
	Carretera 1. ^{er} orden
	Carretera 2. ^º orden
	Carretera 3. ^{er} orden
	Carretera 1. ^{er} orden (en construc.)
	Carretera 2. ^º orden (en construc.)
	Carretera 3. ^{er} orden (en construc.)
	Carretera principal, municipal, particular o camino vecinal
	Capital
	Casa aislada
	Caserío
	Castillo
	Cementerio
	Cerca
	Cercado de tablas
	Ciudad
	Convento
	Cortijo, casa de labor y granja
	Corral
	Costa
	Cruz aislada
	Cueva
	Curvas de nivel
	Depósito aguas, estanque

- Depósito gasolina
- Desmonte
- Dique de fábrica
- Dique de tierra
- Dirección corriente
- Dunas
- Erial
- Erial o pastos
- Ermita
- Escarpados de piedra
- Escarpados tierra
- Exclusas
- Estacada
- Estación ferrocarril
- Estación meteorológica
- Estación radiotelegráfica
- Estación telefónica
- Estación telegráfica aislada
- Estación de tranvía
- Estación túnel, hito kilométrico
- Fábrica movida por fuerza animal
- ✉ Fábrica electricidad movida por agua
- 田 Fábrica electricidad movida a vapor
- Fábrica de gas
- Fábrica movida por agua
- Fábrica movida por vapor
- ▲ Faro de 1.^{er} orden
- ▲ Faro de 2.^º orden
- ▲ Faro de 3.^{er} orden
- ▲ Faro de 4.^º orden
- Ferrocarril vía ancha
- Ferrocarril doble vía ancha
- Ferrocarril vía estrecha o tranvía
- ==== Ferrocarril vía ancha (construcción)
- ===== Ferrocarril vía doble (construcción)
- Ferrocarril vía estrecha (construc.)
- Fondeadero buque alto bordo
- Fondeadero embarc. pequeñas
- Foso con agua
- Foso seco
- ***** Frontera
- Fuente
- Fuerte
- Hipódromo

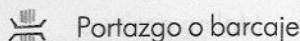
- Horno de cal, ladrillo o teja
- Huertas
- Iglesia o Santuario
- Imágenes o efigies
- Jardines
- Laguna con agua no constante
- Laguna con agua constante
- +--- Límite término anexo
- +--- Límite término municipal
- +--- Límite término provincial
- ~~~~ Línea energía eléctrica
- Línea de alta tensión transformador
- Línea telesférica o de transporte aéreo
- Línea telefónica
- Línea telegráfica
- Lugar o aldea
- Manantial
- Máquina elevadora de agua
- ×
- Mareógrafo
- Marisma o terreno pantanoso
- Mina abierta
- Molino
- Molino de viento
- Molino aceitero
- Monumento histórico o artístico
- Monte alto
- Monte bajo
- Mojón de límite Municipal o anejo (montón de piedras)
- + Molón de límite Provincial (montón de piedras)
- Mojón de límite término municipal (hito piedras)
- Mojón de límite de Estado (montón de piedras)
- + Molón de límite de Provincia (piedra o fábrica)
- Mojón de límite de Estado (hito de piedra)
- Muro, pared o tapia
- Naranjos
- Noria
- Obelisco
- Observatorio
- Obispado
- Olivar
- Pedregal
- Perímetro de masas de cultivo



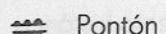
Población



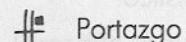
Población



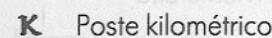
Portazgo o barcaje



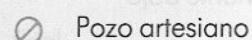
Pontón



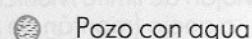
Portazgo



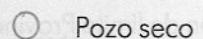
Poste kilométrico



Pozo artesiano



Pozo con agua



Pozo seco



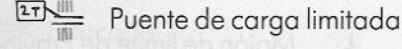
Prado



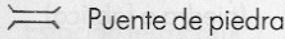
Presa (de fábrica)



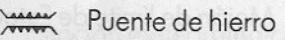
Presa (de madera)



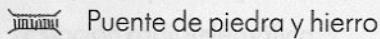
Puente de carga limitada



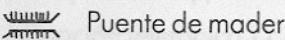
Puente de piedra



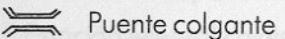
Puente de hierro



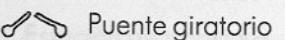
Puente de piedra y hierro



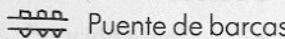
Puente de madera



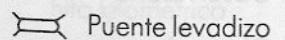
Puente colgante



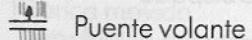
Puente giratorio



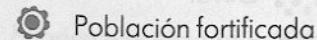
Puente de barcas



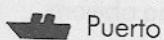
Puente levadizo



Puente volante



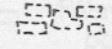
Población fortificada



Puerto



Río

Río de corriente
no constante

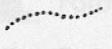
Ruinas



Salinas



Salto de agua



Senda



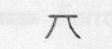
Sismógrafo



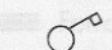
Tierra de labor



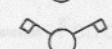
Terraplén



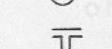
Silo o bodega



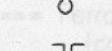
Torre de costa



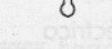
Torre telegráfica



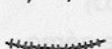
Torre vigía



Torreón

Tranvía de tracción
animal

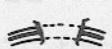
Tranvía eléctrico



Tranvía de vapor



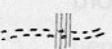
Telégrafo

Tubería de caída
para saltos de agua

Túnel



Vado para carrozadas



Vado a pie y a caballo

Vértice geodésico
1.^{er} ordenVértice geodésico
2.^º ordenVértice geodésico
3.^{er} orden

Vértice topográfico



Vértice sobre edificios



Vertientes



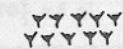
Viaducto



Vía pecuaria



Villa



Viña



Volcán apagado



Zanja



Zanja con agua

RESOLUCION DE LOS TRIANGULOS RECTANGULOS

Datos	Incgias.	FORMULAS		Croquis
1. ^{er} Caso	b	Tg. B = $\frac{b}{c}$	log. tg. B = log. b - log. c	
	c	C = 90° - B		
	a	$a = \frac{b}{\operatorname{sen} B}$	log. a = log. b - log. tg. B	
2. ^o Caso	a	C = 90° - B	log. sen. B = log. b - log. a	
	b	$\operatorname{sen} B = \frac{b}{a}$		
	c	$c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{(a+b)(a-b)}$	$\log. c = \frac{\log. (a+b) + \log. (a-b)}{2}$	
3. ^{er} Caso	a	C = 90° - B	log. b = log. a + log. sen. B	
	B	$b = a \operatorname{sen} B$		
	c	$c = a \cos B$	log. c = log. a + log. cos. B	
4. ^o Caso	b	C = 90° - B	log. c = log. b + log. cotg. B	
	B	$c = b \operatorname{cotg} B$		
	a	$a = \frac{b}{\operatorname{sen} B}$	log. a = log. b - log. sen. B	

RESOLUCION DE LOS TRIANGULOS OBLICUANGULOS

1. ^{er} Caso	a	A	$r = \sqrt{\frac{[p-a][p-b][p-c]}{p}}$	$\log \cdot r^2 = \log \cdot (p-a) + (\log \cdot p-b) + (\log \cdot p-c) - (\log \cdot p)$	$a+b+c=2p$
	b	B	$\operatorname{tg} \frac{1}{2} A = \frac{r}{p-a}$	$\log \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} A = \log r - \log \cdot (p-a)$	
	c	C	$\operatorname{tg} \frac{1}{2} B = \frac{r}{p-b}$	$\log \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} B = \log r - \log \cdot (p-b)$	
			$\operatorname{tg} \frac{1}{2} C = \frac{r}{p-c}$	$\log \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} C = \log r - \log \cdot (p-c)$	
			Superficie: $S = pr$	$\log \cdot S = \log \cdot pr \log \cdot r$	
2. ^o Caso	b	B	$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (B-C) = \frac{(b-c) \operatorname{cotg} \frac{1}{2} A}{b+c}$	$\log \cdot \operatorname{cotg} \frac{1}{2} (B-C) = \log \cdot \operatorname{cotg} \frac{1}{2} A + \log \cdot (b+c) - \log \cdot (b+c)$	
	c	C			
	A	a	$a = \frac{b \operatorname{sen} A}{\operatorname{sen} B}$	$\log \cdot a = \log \cdot b + \log \cdot \operatorname{sen} A - \log \cdot \operatorname{sen} B$	
			$S = \frac{1}{2} bc \operatorname{sen} A$	$\log \cdot S = \log \cdot b + \log \cdot c + \log \cdot \operatorname{sen} A - \log \cdot 2$	
3. ^{er} Caso	a	C	$\operatorname{sen} B = \frac{b \operatorname{sen} A}{a}$	$\log \cdot \operatorname{sen} B = \log \cdot b + \log \cdot \operatorname{sen} A - \log \cdot A$	
	b	B	$C = 180^\circ - (A+B)$	$\log \cdot a + \log \cdot \operatorname{sen} C - \log \cdot \operatorname{sen} A$	
	A	c	$c = \frac{a \operatorname{sen} C}{\operatorname{sen} A}$	$\log \cdot S = \log a + \log b + \log \operatorname{sen} C - \log \cdot 2$	
			$S = \frac{1}{2} ab \operatorname{sen} C$		
4. ^o Caso	a	A	$A = 180^\circ - (B+C)$	$\log c = \log \cdot a + \log \cdot \operatorname{sen} C - \log \cdot \operatorname{sen} A$	
	B	b	$c = \frac{a \operatorname{sen} C}{\operatorname{sen} A}$	$\log \cdot b = \log \cdot a + \log \cdot \operatorname{sen} B - \log \cdot \operatorname{sen} A$	
	C	c	$b = \frac{a \operatorname{sen} B}{\operatorname{sen} A}$	$\log \cdot S = \log a + \log \cdot c + \log \cdot \operatorname{sen} B - \log \cdot 2$	
			$S = \frac{1}{2} ac \operatorname{sen} B$		

TRAZADO DE CURVAS (Lafineur)

Valores de las tangentes y de las cuerdas para un radio de 1.000 metros
(ángulos en el centro)

β	t	c	B	t	c
2	17,455	34,905	92	1035,530	1438,680
4	34,921	69,779	94	1072,369	1462,707
6	52,408	104,672	96	1110,612	1486,290
8	69,927	139,513	98	1150,368	1509,419
10	87,489	174,311	100	1191,754	1532,089
12	105,104	209,057	102	1234,897	1554,292
14	122,785	243,739	104	1279,942	1576,021
16	140,541	278,346	106	1327,045	1597,271
18	158,384	312,869	108	1378,382	1618,034
20	176,327	347,296	110	1428,148	1638,304
22	194,380	381,618	112	1482,561	1658,075
24	212,556	415,822	114	1539,865	1677,541
26	230,868	449,902	116	1600,334	1696,096
28	249,328	483,844	118	1664,279	1714,335
30	267,949	517,638	120	1732,05	1732,05
32	286,745	551,276	122	1804,05	1749,24
34	305,731	584,743	124	1880,73	1765,86
36	315,299	601,412	126	1962,61	1782,01
38	344,328	651,136	128	2050,30	1797,59
40	363,970	684,040	130	2144,51	1812,61
42	383,864	716,736	132	2246,04	1827,09
44	404,026	749,213	134	2355,85	1841,01
46	424,275	781,462	136	2475,09	1854,37
48	445,229	813,473	138	2605,09	1867,16
50	466,308	845,238	140	2747,48	1879,38
52	487,733	876,742	142	2904,21	1891,04
54	509,525	907,981	144	3077,68	1902,11
56	531,709	938,943	146	3270,85	1912,61
58	554,309	969,619	148	3487,41	1922,52
60	577,350	1000,000	150	3732,05	1931,85
62	600,861	1030,076	152	4010,78	1940,59
64	624,869	1059,839	154	4331,48	1948,74
66	649,408	1089,278	156	4704,63	1956,29
68	674,508	1118,386	158	5144,55	1963,25
70	700,207	1147,153	160	5671,28	1969,61
72	726,543	1175,571	162	6313,75	1975,38
74	753,554	1203,630	164	7115,37	1980,54
76	781,286	1231,323	166	8144,35	1985,09
78	809,784	1258,641	168	9514,36	1989,04
80	839,099	1285,575	170	11430,05	1992,39
82	869,287	1312,118	172	14300,67	1995,13
84	900,404	1338,261	174	19081,14	1997,26
86	932,515	1363,997	176	28636,25	1998,78
88	965,689	1389,317	178	57289,96	1999,69
90	1000,000	1414,214	180	infinito	2000,00

ARCOS Y SEGMENTOS DE CIRCULO

Long. arc. = $c \times k$

c = cuerda

Area segm. = $c^2 \times k_i$

f = flecha

$\frac{f}{c}$	k	k^l	$\frac{f}{c}$	k	k^l
0,100	1,0265	0,0672	0,300	1,2249	0,2137
0,105	1,0291	0,0707	0,305	1,2320	0,2177
0,110	1,0320	0,0741	0,310	1,2392	0,2218
0,115	1,0349	0,0775	0,315	1,2465	0,2258
0,120	1,0380	0,0810	0,320	1,2539	0,2299
0,125	1,0412	0,0844	0,325	1,2614	0,2346
0,130	1,0445	0,0879	0,330	1,2689	0,2381
0,135	1,0479	0,0913	0,335	1,2766	0,2423
0,140	1,0515	0,0948	0,340	1,2843	0,2464
0,145	1,0552	0,0983	0,345	1,2921	0,2506
0,150	1,0590	0,1018	0,350	1,3000	0,2548
0,155	1,0629	0,1053	0,355	1,3079	0,2591
0,160	1,0669	0,1088	0,360	1,3160	0,2633
0,165	1,0711	0,1124	0,365	1,3241	0,2676
0,170	1,0754	0,1159	0,370	1,3323	0,2719
0,175	1,0798	0,1195	0,375	1,3406	0,2762
0,180	1,0843	0,1231	0,380	1,3490	0,2806
0,185	1,0889	0,1267	0,385	1,3574	0,2849
0,190	1,0936	0,1302	0,390	1,3660	0,2893
0,195	1,0985	0,1339	0,395	1,3745	0,2938
0,200	1,1035	0,1375	0,400	1,3832	0,2982
0,205	1,1085	0,1412	0,405	1,3920	0,3027
0,210	1,1137	0,1448	0,410	1,4008	0,3072
0,215	1,1190	0,1485	0,415	1,4097	0,3117
0,220	1,1244	0,1522	0,420	1,4186	0,3162
0,225	1,1300	0,1559	0,425	1,4276	0,3208
0,230	1,1356	0,1596	0,430	1,4367	0,3254
0,235	1,1414	0,1634	0,435	1,4459	0,3301
0,240	1,1471	0,1671	0,440	1,4551	0,3347
0,245	1,1531	0,1709	0,445	1,4644	0,3394
0,250	1,1591	0,1747	0,450	1,4738	0,3441
0,255	1,1653	0,1786	0,455	1,4832	0,3489
0,260	1,1715	0,1824	0,460	1,4927	0,3536
0,265	1,1778	0,1868	0,465	1,5022	0,3584
0,270	1,1843	0,1901	0,470	1,5118	0,3632
0,275	1,1908	0,1940	0,475	1,5215	0,3681
0,280	1,1974	0,1980	0,480	1,5313	0,3729
0,285	1,2042	0,2019	0,485	1,5471	0,3778
0,290	1,2111	0,2058	0,490	1,5509	0,3828
0,295	1,2179	0,2098	0,495	1,5608	0,3877
			0,500	1,5703	0,3927

TABLAS TAQUIMETRICAS

Ejemplo:

$$\mathbf{D} = G \times \text{sen}^2$$

$G = 125$ metros

$\beta = 15$ grados

$$\mathbf{D} = 125 \times 0,9455 = 118,1875$$
 metros

$$H = 125 \times 0,2270 = 28,3750$$
 metros

Sea G el generador o distancia natural medida desde el aparato sobre la mira, y β el ángulo vertical formado por el hilo central del retículo (axial) con el horizonte, la distancia horizontal D será:

β	sen^2	sen \cos	β
100. --	1,0000	0,0000	100. --
20	1,0000	0,0031	80
40	1,0000	0,0063	60
60	0,9999	0,0094	40
80	0,9998	0,0126	20
101. --	0,9997	0,0157	99. --
20	0,9996	0,0188	80
40	0,9995	0,0220	60
60	0,9994	0,0251	40
80	0,9992	0,0283	20
102. --	0,9990	0,0314	98. --
20	0,9988	0,0345	80
40	0,9986	0,0377	60
60	0,9983	0,0408	40
80	0,9981	0,0439	20
103. --	0,9977	0,0470	97. --
20	0,9975	0,0502	80
40	0,9972	0,0533	60
60	0,9968	0,0564	40
80	0,9964	0,0595	20
104. --	0,9960	0,0627	96. --
20	0,9957	0,0658	80
40	0,9952	0,0689	60
60	0,9948	0,0720	40
80	0,9943	0,0751	20
105. --	0,9938	0,0782	95. --
20	0,9933	0,0813	80
40	0,9928	0,0844	60
60	0,9923	0,0875	40
80	0,9917	0,0906	20
106. --	0,9911	0,0937	94. --
20	0,9906	0,0968	80
40	0,9899	0,0999	60
60	0,9893	0,1029	40
80	0,9886	0,1060	20
107. --	0,9880	0,1091	93. --
20	0,9873	0,1121	80
40	0,9866	0,1152	60
60	0,9858	0,1182	40
80	0,9851	0,1213	20
108. --	0,9843	0,1243	92. --
20	0,9835	0,1274	80
40	0,9827	0,1304	60
60	0,9819	0,1315	40
80	0,9810	0,1365	20
109. --	0,9801	0,1395	91. --
20	0,9793	0,1425	80
40	0,9784	0,1455	60
60	0,9774	0,1485	40
80	0,9765	0,1515	20

TABLAS TAQUIMETRICAS CENTESIMALES

β	sen^2	sen \cos	β
110.--	0,9755	0,1545	90.--
20	0,9746	0,1575	80
40	0,9735	0,1605	60
60	0,9725	0,1634	40
80	0,9715	0,1664	20
111.--	0,9704	0,1694	89.--
20	0,9694	0,1723	80
40	0,9683	0,1752	60
60	0,9672	0,1782	40
80	0,9660	0,1811	20
112.--	0,9649	0,1840	88.--
20	0,9637	0,1869	80
40	0,9625	0,1899	60
60	0,9613	0,1928	40
80	0,9601	0,1957	20
113.--	0,9589	0,1986	87.--
20	0,9576	0,2014	80
40	0,9564	0,2043	60
60	0,9551	0,2072	40
80	0,9537	0,2100	20
114.--	0,9524	0,2129	86.--
20	0,9511	0,2157	80
40	0,9497	0,2185	60
60	0,9483	0,2214	40
80	0,9469	0,2242	20
115.--	0,9455	0,2270	85.--
20	0,9441	0,2298	80
40	0,9426	0,2326	60
60	0,9412	0,2353	40
80	0,9397	0,2381	20
116.--	0,9381	0,2409	84.--
20	0,9366	0,2436	80
40	0,9351	0,2464	60
60	0,9335	0,2491	40
80	0,9320	0,2518	20
117.--	0,9304	0,2545	83.--
20	0,9288	0,2572	80
40	0,9271	0,2599	60
60	0,9255	0,2626	40
80	0,9238	0,2653	20
118.--	0,9222	0,2679	82.--
20	0,9205	0,2707	80
40	0,9188	0,2732	60
60	0,9170	0,2758	40
80	0,9153	0,2784	20
119.--	0,9135	0,2810	81.--
20	0,9118	0,2836	80
40	0,9100	0,2862	60
60	0,9082	0,2888	40
80	0,9063	0,2913	20
120.--	0,9045	0,2939	80.--

Gr.	seno	cos.	Tangt.	Cotg.	Gr.
0.--	0,0000	1,0000	0,0000		100.--
50	0,0078	1,0000	0,0078	127,321	50
1.--	0,0157	0,9999	0,0157	63,6567	99.--
50	0,0236	0,9997	0,0236	42,4335	50
2.--	0,0314	0,9995	0,0314	31,8205	98.--
50	0,0393	0,9992	0,0393	25,4517	50
3.--	0,0471	0,9989	0,0472	21,2049	97.--
50	0,0549	0,9985	0,0550	18,1708	50
4.--	0,0628	0,9980	0,0629	15,8945	96.--
50	0,0706	0,9975	0,0708	14,1235	50
5.--	0,0785	0,9969	0,0787	12,7062	95.--
50	0,0863	0,9963	0,0866	11,5461	50
6.--	0,0941	0,9956	0,0945	10,5789	94.--
50	0,1019	0,9948	0,1025	9,7601	50
7.--	0,1097	0,9940	0,1104	9,0579	93.--
50	0,1175	0,9931	0,1184	8,4490	50
8.--	0,1253	0,9921	0,1263	7,9158	92.--
50	0,1331	0,9911	0,1343	7,4451	50
9.--	0,1409	0,9900	0,1423	7,0264	91.--
50	0,1487	0,9889	0,1503	6,6514	50
10.--	0,1564	0,9877	0,1584	6,3137	90.--
50	0,1642	0,9864	0,1664	6,0080	50
11.--	0,1719	0,9851	0,1745	5,7297	89.--
50	0,1797	0,9837	0,1826	5,4755	50
12.--	0,1874	0,9823	0,1908	5,2422	88.--
50	0,1951	0,9808	0,1989	5,0273	50
13.--	0,2028	0,9792	0,2071	4,8288	87.--
50	0,2105	0,9776	0,2153	4,6448	50
14.--	0,2181	0,9759	0,2235	4,4737	86.--
50	0,2258	0,9742	0,2318	4,3143	50
15.--	0,2334	0,9724	0,2401	4,1653	85.--
50	0,2411	0,9705	0,2484	4,0257	50
16.--	0,2487	0,9686	0,2568	3,8947	84.--
50	0,2563	0,9666	0,2651	3,7715	50
17.--	0,2639	0,9646	0,2736	3,6554	83.--
50	0,2714	0,9625	0,2820	3,5457	50
18.--	0,2790	0,9603	0,2905	3,4420	82.--
50	0,2865	0,9581	0,2991	3,3438	50
19.--	0,2940	0,9558	0,3076	3,2505	81.--
50	0,3015	0,9534	0,3163	3,1620	50
20.--	0,3090	0,9511	0,3249	3,0777	80.--
50	0,3165	0,9486	0,3336	2,9974	50
21.--	0,3239	0,9461	0,3424	2,9208	79.--
50	0,3313	0,9435	0,3512	2,8476	50
22.--	0,3387	0,9409	0,3600	2,7776	78.--
50	0,3461	0,9382	0,3689	2,7106	50
23.--	0,3535	0,9354	0,3779	2,6464	77.--
50	0,3608	0,9326	0,3869	2,5848	50
24.--	0,3681	0,9298	0,3959	2,5257	76.--
50	0,3754	0,9269	0,4050	2,4689	50
25.--	0,3827	0,9239	0,4142	2,4142	75.--

Gr.	seno	cos.	Tangt.	Cotg.	Gr.
25,50	0,3899	0,9208	0,4234	2,3616	75,50
26.—	0,3971	0,9178	0,4327	2,3109	74.—
50	0,4043	0,9146	0,4421	2,2620	50
27.—	0,4115	0,9114	0,4515	2,2147	73.—
50	0,4187	0,9081	0,4610	2,1692	50
28.—	0,4258	0,9048	0,4706	2,1251	72.—
50	0,4329	0,9015	0,4802	2,0825	50
29.—	0,4399	0,8980	0,4899	2,0412	71.—
50	0,4470	0,8945	0,4997	2,0013	50
30.—	0,4540	0,8910	0,5095	1,9626	70.—
50	0,4610	0,8874	0,5195	1,9251	50
31.—	0,4679	0,8838	0,5295	1,8887	69.—
50	0,4749	0,8801	0,5396	1,8533	50
32.—	0,4817	0,8763	0,5497	1,8190	68.—
50	0,4886	0,8725	0,5600	1,7856	50
33.—	0,4955	0,8686	0,5704	1,7532	67.—
50	0,5023	0,8647	0,5808	1,7216	50
34.—	0,5090	0,8607	0,5914	1,6909	66.—
50	0,5158	0,8567	0,6020	1,6610	50
35.—	0,5225	0,8526	0,6128	1,6318	65.—
50	0,5292	0,8485	0,6237	1,6034	50
36.—	0,5358	0,8443	0,6346	1,5757	64.—
50	0,5424	0,8401	0,6457	1,5487	50
37.—	0,5490	0,8358	0,6569	1,5223	63.—
50	0,5556	0,8315	0,6682	1,4966	50
38.—	0,5621	0,8271	0,6796	1,4715	62.—
50	0,5686	0,8226	0,6911	1,4469	50
39.—	0,5750	0,8181	0,7020	1,4229	61.—
50	0,5814	0,8136	0,7146	1,3994	50
40.—	0,5870	0,8090	0,7265	1,3764	60.—
50	0,5941	0,8044	0,7386	1,3539	50
41.—	0,6004	0,7997	0,7508	1,3319	59.—
50	0,6067	0,7949	0,7632	1,3103	50
42.—	0,6129	0,7902	0,7757	1,2892	58.—
50	0,6191	0,7853	0,7883	1,2685	50
43.—	0,6252	0,7804	0,8011	1,2482	57.—
50	0,6313	0,7755	0,8141	1,2283	50
44.—	0,6374	0,7705	0,8273	1,2080	56.—
50	0,6435	0,7655	0,8406	1,1896	50
45.—	0,6494	0,7604	0,8541	1,1708	55.—
50	0,6554	0,7553	0,8678	1,1524	50
46.—	0,6613	0,7501	0,8816	1,1343	54.—
50	0,6672	0,7449	0,8957	1,1165	50
47.—	0,6730	0,7396	0,9099	1,0900	53.—
50	0,6788	0,7343	0,9244	1,0818	50
48.—	0,6845	0,7290	0,9391	1,0649	52.—
50	0,6902	0,7236	0,9539	1,0483	50
49.—	0,6959	0,7181	0,9691	1,0319	51.—
50	0,7015	0,7126	0,9844	1,0158	50
50.—	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000	50.—

Indice

Concepto de Topografía, Agrimensura y Geodesia	5
Concepto de medida.	5
Unidades de medida.	5
Concepto de líneas, planos y volúmenes	6
Concepto de Planimetría y Altimetría	6
I. PRELIMINARES	
Alineaciones de rectas	7
Mediciones directas de líneas rectas	8
Mediciones indirectas de líneas rectas	9
Mediciones de líneas curvas previamente trazadas en el terreno.	11
Trazado de perpendiculares con la cinta	12
Abscisas y ordenadas	13
Ángulos: horizontal y vertical	14
Escuadra de Agrimensor	16
Brújula	16
Grafómetro	17
Lectura de ángulos	17
Mediciones en terrenos limitados por rectas	18
Libreta de anotaciones	19
Registro de anotaciones	20
Mediciones en terrenos irregulares y sinuosos	21
Resolución práctica de puntos inaccesibles	22
Distancia inaccesible por hallarse entre los dos puntos un obstáculo.	22
Uno de los puntos es inaccesible	23

Todos los puntos son inaccesibles.	24
Representación gráfica: Escalas	26
Representación gráfica de accidentes del terreno: Signos a emplear.	27
Rectificación de límites sinuosos en perímetros cerrados por rectas, sin alteración de superficies	27
Rectificar un límite sinuoso en dos líneas rectas	27
Cálculo de superficies	28
Por descomposición de la figura	28
Por rodeo de la figura	28
Cálculo trigonométrico	29
Planímetro	29
Planímetro Polar.	30

III. ALTIMETRIA

Nivelaciones	33
Concepto de desnivel.	33
Diversos métodos de nivelación	33
Miras de tablilla.	35
Nivelación indirecta	35
Eclímetro	36
Cómo se construye un Eclímetro sencillo	38
Nivelación simple	39
Nivelación compuesta	40
Comprobación de libretas	41
Compensación	43
Nivelación taquimétrica	44
Nivelación barométrica	46
Mediciones de altura por métodos prácticos	48
Por la sombra	48
Con el grafómetro	49
Concepto de curvas de nivel	50
Trazos entre dos curvas	52
Ventajas e inconvenientes de ambos sistemas	52
Aguadas.	52
Perfil del terreno	55

IV. TAQUIMETRIA

El Taquímetro: Descripción y uso.	57
Miras	58
Lecturas sobre las miras	58
Levantamiento de planos	59
Puesta del aparato en estación	60
Los cambios de estación	60

Triangulación	61
Nivelación de vértices	63
Itinerario y estaciones	63
Alturas o Cotas	67
Puntos secundarios o de relleno	67
Error de cierre de itinerarios	67
Cálculo de libretas taquimétricas.	68
Trazado de curvas a nivel	69
Sistema de coordenadas	71
Cálculo de coordenadas	73
Transporte de coordenadas	75
Reparto proporcional del error de cierre	76
Planos de poblaciones	76
Reglas de cálculo. — Tablas taquimétricas y de logaritmos	78
Desarrollo del conjunto de un levantamiento taquimétrico	84
Dibujos de planos. — Signos asociados	87

V. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Generalidades	95
Cubicaciones por cuadrícula	95
Por secciones horizontales	97
Perfiles	98
Perfil longitudinal	98
Perfiles transversales	102
Bancales	106
Altura de muros para bancales	107
Movimiento de tierras y cubicación de muros	108
Taludes	108
Estudio previo para el trazado de la rasante	110
Perfiles muy inclinados	111
Perfiles poco inclinados	112
Perfiles horizontales.	113
Peraltes y sobreanchos	113
Peraltes	113
Sobreanchos	114

VI. REPLANTEOS

Replanteos urbanos. Edificios	117
Cimientos	118
Paredes	118
Nivel del suelo	119
Escaleras	119
Bóveda de escalera	121

Escalera de caracol	121
Tabiques, puertas y ventanas.	124
Urbanizaciones: calles y edificios.	125
Campos de deportes	126
Campo de fútbol	126
Pistas de carreras	126
Campo de hockey	126
Campo de rugby.	128
Pista de tenis	129
Campo de baloncesto	129
Boxeo	129
Gimnasio	129
Gradas para campos de deportes	130
Vías de comunicación, canales o acequias, líneas telefónicas o eléctricas	131
Replanteos en obras rurales	131
Replanteo de curvas circulares	132
Curvas elípticas	134
Trazados elípticos	134
Elipses de grandes dimensiones	135
Obras de fábrica en caminos	135
Túneles	136
Puentes	136
Planos de terrenos	137
Grandes extensiones.	137
Orientación de planos	138
Por el sol	138
Con un reloj.	139
Por indicios.	139
Taludes	140

VII. MEDICIONES DE OBRAS

Mediciones parciales y totales	141
Otras mediciones	141

APÉNDICE

Nomenclátor de Topografía	144
Resolución de triángulos rectángulos	150
Resolución de triángulos oblicuángulos	150
Trazado de curvas	151
Arcos y segmentos de círculo	152
Tablas taquimétricas centesimales	153
Líneas trigonométricas centesimales	155