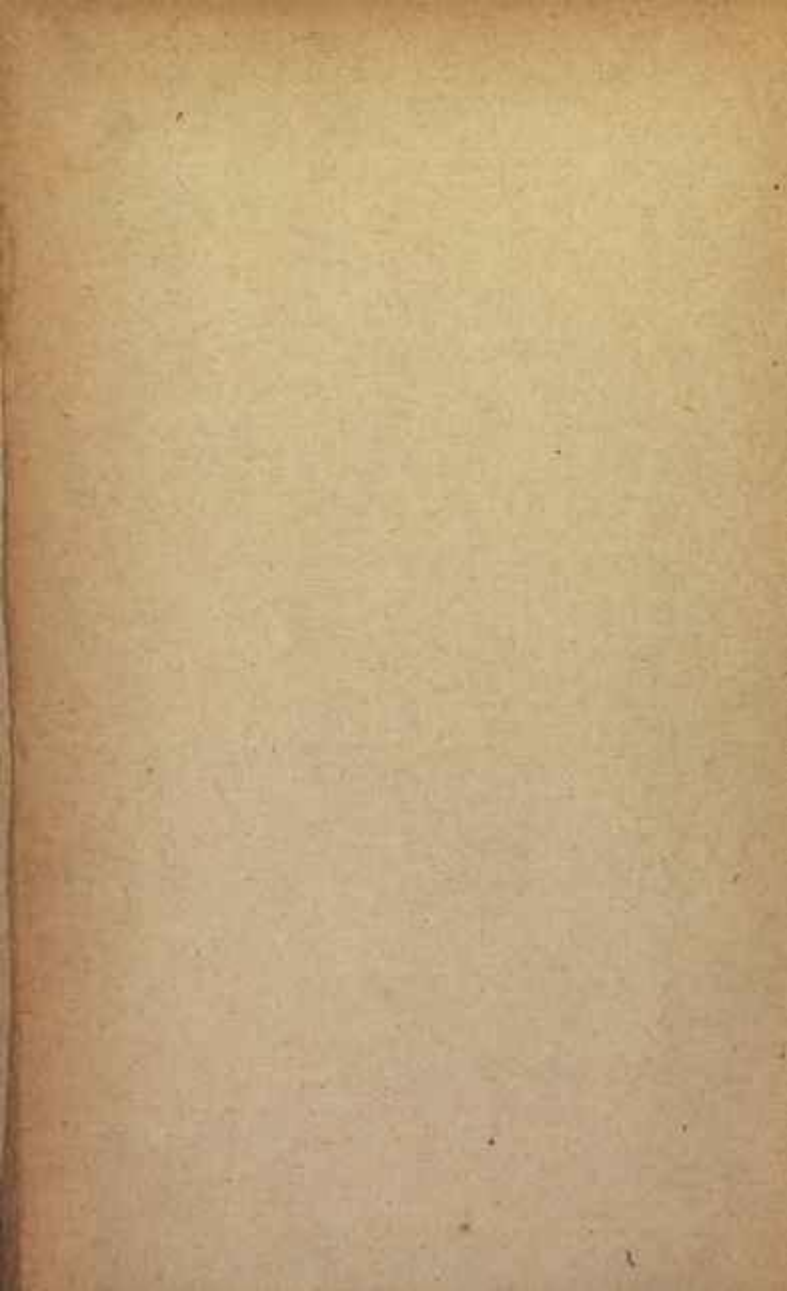
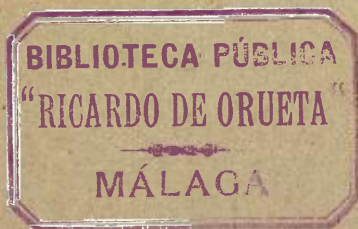


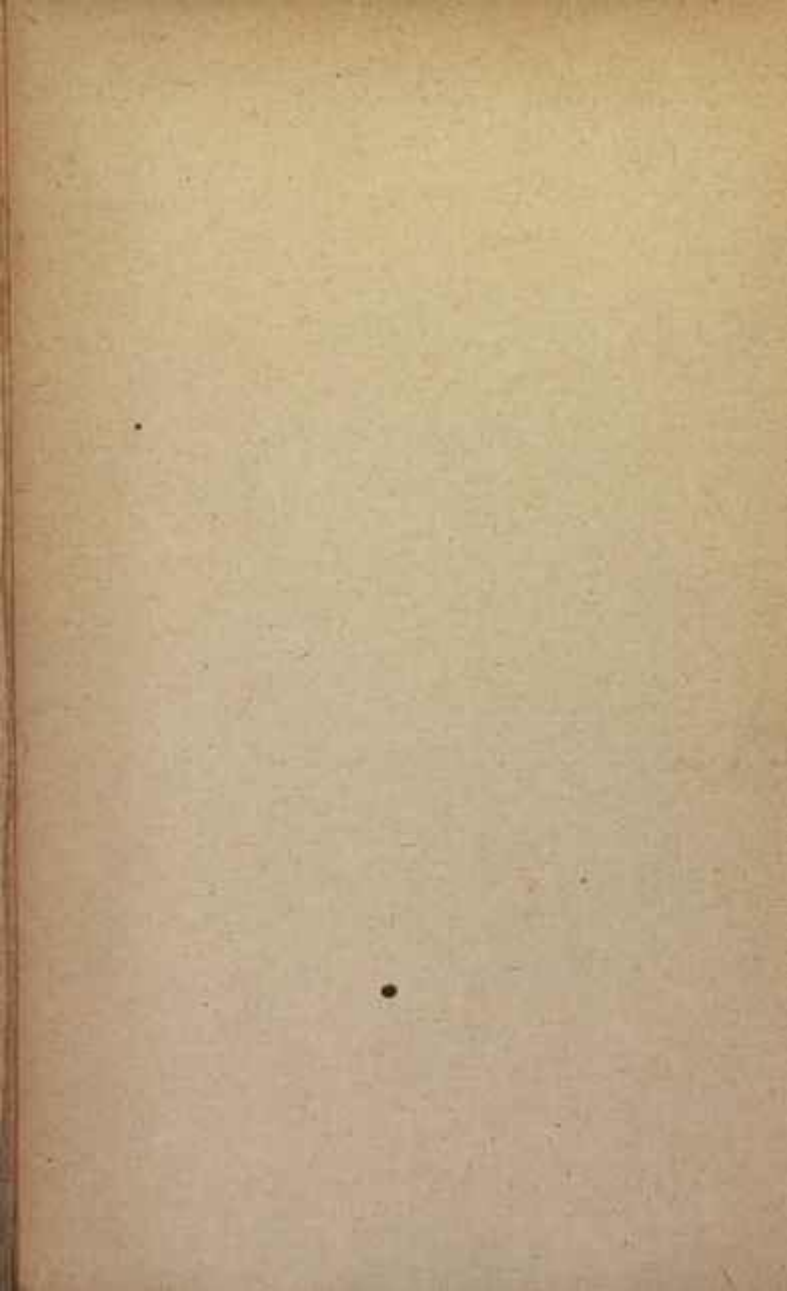
~~6883~~





MANUAL
DE
TOPOGRAFÍA





D 3220

Registro 2951

NUEVA BIBLIOTECA DE UTILIDAD PRÁCTICA

MANUAL
DE
TOPOGRAFÍA

LECCIONES SUMARIAS

PARA

EL LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE PLANOS

POR

Emilio PRIETO y VILLARREAL



PARÍS

GARNIER HERMANOS, LIBREROS-EDITORES

6, RUE DES SAINTS-PÈRES, 6

Fait en France.



ADVERTENCIA

Facilitar el conocimiento de las operaciones topográficas, tal como se ejecutan en la mayor parte de los casos es el objeto de esta obra, más que elemental, concisa, y tan concisa como práctica.

En ella encontrarán los que, conociendo la topografía con mayor extensión, no la hayan practicado en mucho tiempo, una especie de guía que, al conducirles por el terreno cuando se propongan levantar un pequeño plano, les irá poco a poco recordando procedimientos más precisos y de más completos resultados.

Aquellos otros que no tengan nociones topográficas, si toman consejo de las que ofrezco al público, podrán orientarse en el campo, fijar la posición de unos puntos con respecto a otros, medir la superficie de un terreno, la elevación de un edificio o la anchura de un río, hacer croquis, levantar un itinerario, practicar un reconocimiento útil en campaña, y otras operaciones semejantes.

Para conseguir esto último, he reducido o evitado las demostraciones que no habían de referirse a lo esencial de mi modestísimo trabajo, y he suprimido la descripción de los instrumentos que no

pueden adquirirse con facilidad y con los cuales no se cuenta en las operaciones rápidas, ya por su difícil transporte, ya por su complicado mecanismo, teniendo además en cuenta, para proceder así que no se puede dar una idea exacta de su uso con una explicación escrita y una lámina a la vista, por perfectas que sean, sobre todo cuando, por la índole de la misma explicación es necesario prescindir de los principios de física que deberían servirle de fundamento.

Si me decido a publicar el resultado de algunas observaciones más prácticas que teóricas, es porque sinceramente creo haber conseguido algo sin rebasar el círculo determinado por tan precisas limitaciones.

En este concepto doy al público mi trabajo y él lo juzgará en definitiva.

Manual de Topografía

CAPITULO PRIMERO

OBSERVACIONES GENERALES.

La **topografía** tiene por objeto representar gráficamente en una superficie plana cualquier terreno de poca extensión, con sus detalles naturales, como las montañas, los ríos, los lagos, etc., y los artificiales, como los pueblos, los caminos, los canales, etc. Así pues las operaciones minuciosa y exactamente ejecutadas para obtener un dicha forma la representación de un terreno cualquiera constituyen el **plano topográfico**.

Cuando la representación de que se trata no puede hacerse con gran exactitud, por falta de tiempo o de los instrumentos necesarios, se llama **croquis**.

En cualquiera de estos casos la operación topográfica consta de dos partes, a saber: la **planimetría** y la **nivelación**, y ambas se representan en el papel por medio de signos convencionales que constituyen el dibujo.

La primera tiene por objeto reducir proporcionalmente todas las distancias y todos los detalles del terreno para que puedan caber en la pequeña superficie plana que ha de representar aquéllas y éstas

en su proyección horizontal, esto es suponiendo que el terreno se aplastase hasta quedar horizontal, bajando cada uno de sus puntos verticalmente.

La segunda parte, es decir la **nivelación**, tiene por objeto dar idea exacta del **relieve** del terreno para que, al examinar el plano o el dibujo pueda el observador formarse idea precisa de la estructura de aquél, esto es de sus pendiente, de sus llanuras y de sus montañas.

Obsérvese pues que la planimetría simplifica, reduce el terreno proporcionalmente y lo representa en un mismo nivel, al paso que la nivelación completa la obra dando idea de la forma que el terreno tiene, y por consiguiente de la elevación o **diferencias de nivel** entre los diferentes puntos de su superficie.

Dedúcese de lo expuesto que un plano contendrá mayor número de detalles cuanto menor sea la reducción que se haya hecho de las distancias del terreno.

Si para formarnos idea de un objeto cualquiera pudiéramos representarlo en su tamaño natural sobre la superficie del papel, la idea del objeto sería exacta, pero si el objeto que se trata de dibujar es mayor que el papel en que ha de hacerse el dibujo, habrá que reducir las proporciones del objeto a una fracción.

La representación de una pequeña caja de fósforos por ejemplo, que estuviese colocada sobre una mesa, podría hacerse en esta misma hoja de

papel en su tamaño natural. Para ello mediríamos la cara que le sirve de base o de asiento, en sus dos sentidos, de la longitud o largo y de la latitud o ancho, y la representaríamos con cuatro líneas de las dimensiones de la caja en la forma que expresa la figura 1.

Las líneas AB o CD nos indicarían exactamente la longitud, y las AD o BC la latitud.

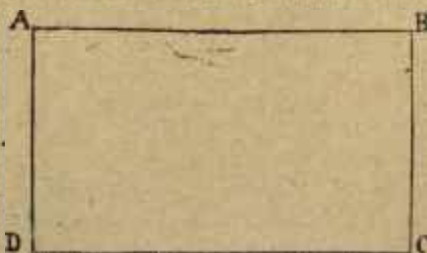


Fig. 1.

El total de la figura, o sea el rectángulo ABCD, representa la *proyección horizontal* de la caja, o lo que es lo mismo, su planimetría.

La figura 1 no nos da exacta idea de la caja de fósforos, puesto que no nos dice cuál es su altura. Vamos a resolver esta cuestión de un modo muy sencillo. Midiendo la del objeto, como hemos medido su longitud y su latitud, resulta ser un centímetro. Pues bien, si escribimos la cifra correspondiente a esta cantidad el lado de cada una de las

letras, este valor nos indicará la altura de la caja, y nos dirá además que la cara o superficie superior tiene las mismas dimensiones que la base. Estas cifras, colocadas en los cuatro ángulos de la figura, nos dan idea de lo que hemos llamado su *relieve*, que más adelante será relieve del *terreno*.

Supongamos que, al apreciar su altura, hubie-

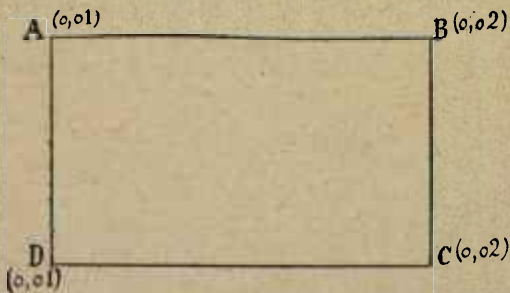


Fig. 2

ramos medido desde A y D un centímetro, y desde C y B dos centímetros.

En este caso la inspección de la figura 2 nos indica que la caja tiene otra forma, siendo sin embargo exactamente igual su representación planimétrica.

La cara o superficie lateral cuya proyección horizontal representa la línea AD no ha variado respecto a su semejante en la figura 1, la base de ambas figuras es también la misma, pero las cifras 0,02 colocadas en B y C nos dicen que la cara lateral cuya proyección horizontal representa la línea BC, tiene

doble altura que la cara opuesta, por cuya razón resulta que la superficie superior de la caja no es ya paralela a la inferior, como lo era en la figura 1, y que las caras laterales cuyas proyecciones horizontales nos representan las líneas AB y DC tampoco son rectángulos como la eran antes, y sí trapecios, es decir cuadriláteros con dos lados paralelos y otros dos no paralelos. Tenemos pues en la parte superior

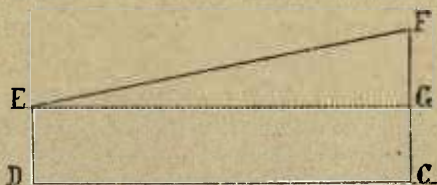


Fig. 3.

de la caja lo que podremos llamar un **plano inclinado** con respecto a la base de la misma caja.

Y aquí se nos presenta otra cuestión que más adelante trataremos con mayor amplitud, cual es averiguar la **pendiente** de ese plano inclinado, refiriéndonos siempre al plano mesa o plano horizontal que es al que haremos siempre nuestras referencias.

Fácil nos será, para hacer esta averiguación, construir uno de los costados más grande de la caja, puesto que tenemos los datos suficientes. Sabemos (fig. 3) su longitud DC. Sabemos que, por la parte AD (fig. 2), tiene la caja un centímetro de altura,

que lo representaremos exactamente con la línea DE en la figura 3.

Sabemos que, por la parte opuesta, tiene dos centímetros de altura y del mismo modo los representaremos con la línea CF. Hecho esto, uniremos los puntos E y F con la línea EF y resultará la construcción deseada.

La línea EF nos representa la inclinación del plano superior de la caja, y para darnos cuenta exacta del valor de esta inclinación, trazaremos la EG paralela a la DC, mediremos el ángulo FEG, cuyo valor es 12 grados, y diremos que el plano superior de la caja tiene una inclinación de 12°.

Observando la misma figura, vemos que los puntos C y D están al mismo nivel, puesto que ambos se encuentran en el plano horizontal que sirve de asiento a la figura. Lo mismo sucede con los E y G, que también se encuentran al mismo nivel, aunque en otro plano, un centímetro más alto que el plano base. Y en cuanto a los puntos E y F se ve que no están a nivel, puesto que el último se encuentra más elevado que el primero.

¿Cuál es la diferencia de nivel entre E y F?

Fácilmente se averigua.

Tracemos por el punto inferior la línea horizontal EG, midamos con el compás la FG, igual á un centímetro, y acabaremos diciendo que el punto F se encuentra sobre el E a un centímetro, o que hay un centímetro de desnivel entre dichos puntos.

Sin hacer gran esfuerzo de imaginación, podemos

suponer hasta cierto punto redondeadas las dos cajas o cuerpos a que nos hemos referido, y dilatadas sus dimensiones hasta presentárnoslas como grandes montañas, y se verá cuán fácil es la resolución de los problemas que más adelante han de ocuparnos.

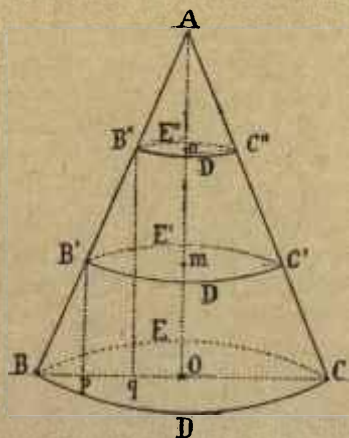


Fig. 4.

Es evidente que, si todos los cuerpos tuvieran una regularidad y tamaño tales que permitieran representarlos con sus verdaderas magnitudes como ha ocurrido en los dos casos anteriores, las cuestiones semejantes a las ya resueltas no presentarían dificultades, pero aun admitida la regularidad de ciertos cuerpos, no siempre ofrecen la misma facilidad para representarlos en su proyección hori-

zontal de modo que sea posible formar idea de su verdadera forma, posición y magnitud.

Supongamos que se trata de un *cono recto*, representado en su proyección vertical en la figura 4, y supongamos también que se trata de reducirlo a su proyección horizontal.

Dividiremos la altura AO en partes iguales, tres por ejemplo, que en este caso serán iguales a 16 milímetros cada una, y suponiendo que por los puntos de división *m* y *n* cortamos la figura como con un cuchillo paralelamente a la base BDCE, resultarán los dos nuevos círculos o secciones B' D' C' E' y B'' D'' C'' E''.

Hecho esto proyectaremos los nuevos círculos en el de asiento o base del cono, como si descendiesen por la altura hasta llegar a dicha base, y evidentemente nos resultarán tres círculos concéntricos, el de base y los otros dos. Estos círculos se llaman en topografía **secciones horizontales** o **curvas de nivel**.

Ahora bien, todos los puntos de la circunferencia BDCE, están en contacto con la mesa, y como sobre él hemos proyectado las curvas, lo llamaremos **plano de referencia** o de **proyección**. Como este círculo exterior BDCE no tiene elevación alguna sobre el plano de referencia, su cota o altura será cero.

La segunda curva, B' C' D' E' está elevada sobre él (fig. 4) 16 milímetros, y marcaremos esta cifra como se ve en la figura 5.

La tercera curva, $B'' C'' D'' E''$ está elevada sobre la segunda otros 16 milímetros, y por lo tanto 32 sobre la primera, y marcaremos esta cifra o esta cota en el lugar correspondiente (fig. 5).

Por último, el punto A, vértice del cono se proyectará sobre el plano general de comparación con la

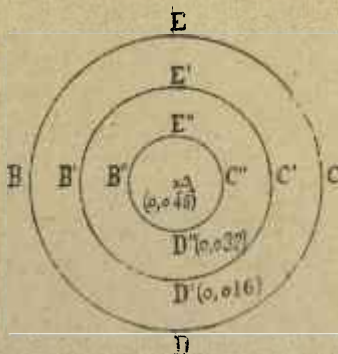


Fig. 5.

cota 0,048, que es la altura total del cuerpo geométrico a que nos referimos.

Fijándonos en la figura 4 observaremos que si, desde el punto B nos quisiéramos elevar hasta el A, al llegar a B nos habríamos elevado sobre el punto de partida el valor de la línea $B' p$, es decir 16 milímetros ; al llegar a B'' , 32 milímetros, y al llegar al extremo A, los 48 milímetros, altura del cono.

Ahora bien, el punto B' está proyectado en p , la línea de subida o la pendiente BB' está proyec-

tada en Bp , y las líneas BB' , $B'p$ y Bp forman un triángulo rectángulo cuya hipotenusa BB' (o lado opuesto al ángulo recto), BB' es la pendiente, cuyo lado horizontal Bp es la proyección de BB' , y cuyo lado vertical $B'p$ es la altura del triángulo que nos acusa la diferencia de nivel que hay entre los puntos

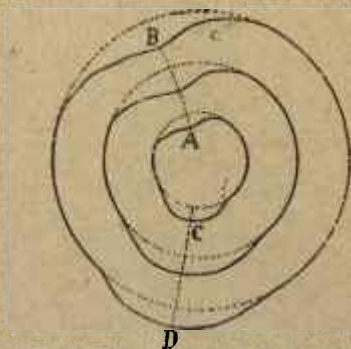


Fig. 6.

B y B' . Lo mismo podríamos decir respecto de los triángulos $BB''q$ y BAO .

La forma del cono se aproxima algo a la de ciertas elevaciones del terreno y se aproximaría más si no fuese tan regular su superficie; pero fácilmente se comprende que, si ésta tuviera algunas depresiones y algunas partes salientes, las curvas de nivel seguirían las formas de estas inflexiones, y al caer o proyectarse sobre el plano, marcarían las irregularidades de la superficie, presentando en este caso las curvas de la figura 5 un aspecto tal como el de la figura 6.

Conviene mucho fijarse en esto porque, como se dirá más adelante, las curvas de nivel han de darnos una idea muy aproximada de la forma exterior del terreno.

La línea CD nos indica una **saliente** y la AB una **depresión**. Aquélla separará, verterá las aguas llovidas a derecha e izquierda, y ésta, es decir la AB, por ser terreno entrante u hondo, recogerá las aguas, determinándolas a pasar desde A hasta B. Así pues, la línea CD, como cualquier otra que separe las aguas, la llamaremos línea **divisoria**, y la AB, que las reúne sirviéndoles de cauce, línea de **vaguada**.

Estas dos líneas de propiedades diferentes se conocen también con el nombre de **características** del terreno.

La aplicación a un terreno cualquiera de cuanto queda dicho constituya la parte esencial de la topografía.

CAPÍTULO II

REPRESENTACIÓN DEL TERRENO CON LOS SIGNOS CONVENCIONALES.

Con mayor o menor perfección, según la habilidad del dibujante, se representan generalmente, del modo que indicaremos a continuación, los detalles que cubren el terreno.

A. *Viñas*. — Se representan como indica la figura 7, con pequeños trazos que hasta cierto punto dan idea de la forma de las vides.

B. *Olivar*. — La representación del olivar se hace colocando los árboles en la forma que la figura indica.

C. *Tierras labradas*. — Se conocen con este nombre los grandes sembrados de trigo, maíz, cebada, centeno, etc., y se dan a conocer con líneas onduladas o de puntos más o menos unidas, que indican los surcos. Las lindes se marcan con líneas más fuertes.

D. *Prado*. — Se representa con pequeños trazos formando grupos.

E. *Dunas*. — Se da idea de ellas con líneas de puntos que se marcan en el papel. La reunión de muchos puntos indica las partes de sombra.

F. *Pedregal*. — Este terreno se representa imitando los pedruscos informes que lo cubren.

A. *Pantano*. — Se indica (fig. 8), con trazos cortos, horizontales, y con algunas matas ligeramente sombreadas.

B. *Lagunas*. — Representanse con las mismas

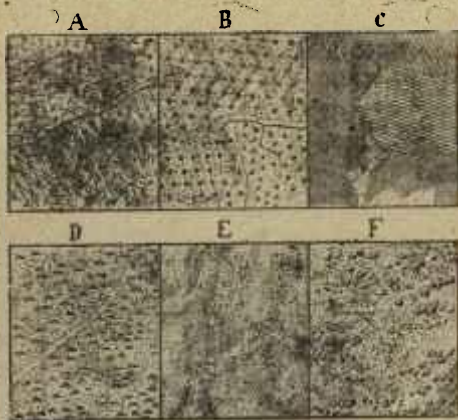


Fig. 7.

indicaciones que el pantano, sin más diferencia que la limitación de sus orillas.

Generalmente en este género de dibujo topográfico y sin otro objeto que dar a los signos convencionales más vigor, se marca en algunos una ligera sombra, partiendo del supuesto de que la luz viene del ángulo superior e izquierdo del papel.

C. *Huertas*. — Su indicacion general es el de tierras labradas. Además se señalan los caminos que algunas

veces las separan y las veredas que suele haber en ellas.

D. *Monte bajo*. — Se indica con grupos que imitan grandes arbustos de forma irregular, alternándolos con manchas de prado y pequeños trazos irregulares que representan la maleza.

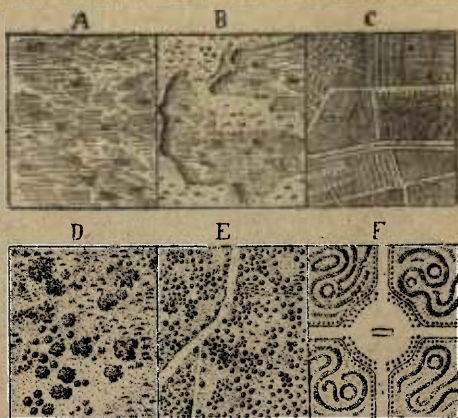


Fig. 8.

E. *Bosque*. — Se representa con pequeños círculos agrupados más o menos.

En la figura correspondiente se representa un cruzado por un camino al que se une una vereda.

F. *Jardín*. — La representación de los jardines se hace imitando los paseos, generalmente rodeados de árboles, los cuadros, las fuentes, etc.

A. *Salinas*. — Se representan (fig. 9) separando las aguas, que se dibujan como las pantanosas, con los muros que dividen sus depósitos.

B. *Escarpado de tierra*. — Los terrenos cuya pendiente excede 45° reciben el nombre de escarpados, y, cuando son de tierra se representan con los trazos

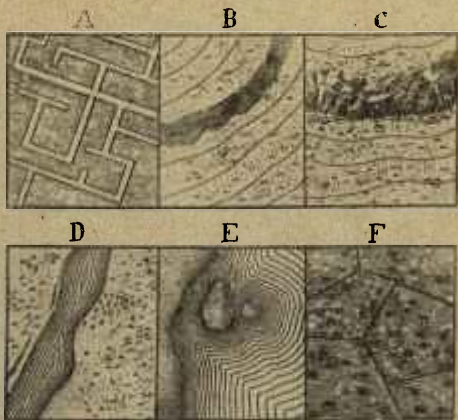


Fig. 9.

que la figura correspondiente indica, interrumpiéndolos con otros más fuertes que dan idea de las quebraduras del suelo.

C. *Escarpado de piedra*. — Las grandes masas de peñas se representan con trazos desiguales, combinados de modo tal que ofrezcan a la vista la forma angulosa de los peñascos.

D. *Ríos.* — Las orillas se marcan con dos líneas fuertes, como asimismo el contorno de los islotes cuando los hay. Hecho esto, paralelamente a las anteriores, y lo más cerca posible, se traza una



Fig. 10.

línea fina, y después otra en las mismas condiciones. Trazadas estas tres primeras líneas se van marcando las sucesivas, siempre paralelas a las anteriores, pero aumentando poco a poco la distancia para que resulten entre sí más separadas a medida que se

alején de las orillas. El salto de agua o cascada se representa interrumpiendo la regularidad de las líneas y trazando otras más cortas, siempre en la dirección de la corriente.

E. *Mar y arenas*. — Los mares se representan lo mismo que los ríos.

En el dibujo correspondiente hay dos islotes, a los cuales se ha aplicado lo dicho anteriormente.

Las arenas se marcan lo mismo que las dunas.

F. *Arrozales*. — Como terrenos húmedos, casi pantanosos, representáanse lo mismo que el pantano, aunque marcando los muros de tierra que indican la separación de los diferentes cuadros de cultivo.

Montañas (fig. 10). — Generalmente se representan las montañas nada más que con las curvas de nivel, puesto que ellas dan idea muy exacta del relieve del terreno, pero cuando se desea adornar el dibujo presentándolo con mayor efecto a la vista, se unen las curvas de nivel con los pequeños trazos que se ven en la figura, contruídos con las reglas que se indicarán más adelante.

Ferrocarriles (fig. 11). — Se representan con líneas gruesas cortadas perpendicularmente con pequeños trazos que indican las traviesas. En la figura que damos A representa un ferrocarril de una vía, B, uno de doble vía, C, un ferrocarril en construcción de una vía, D, uno en construcción de dos vías, E, un ferrocarril en terraplén, F, otro en desmonte, G, uno trazado en terraplén y desmonte, H, una vía

férrea que pasa por un túnel, L, un camino de hierro que va por un viaducto o puente, M, uno con estación ordinaria, N, otro con estación ordinaria, depósitos de material y talleres, O, un paso a nivel; P, un paso inferior, Q un paso superior.

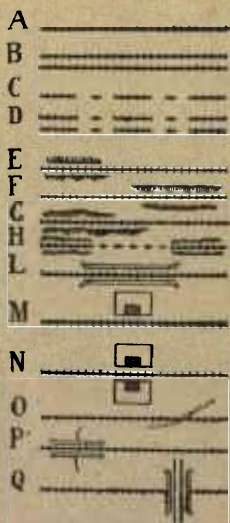


Fig. 11

sitos de material y talleres, O, un paso a nivel; P, un paso inferior, Q un paso superior.

Las carreteras del Estado, que están clasificadas en carreteras de primero, segundo y tercer orden, se representan en el dibujo con dos líneas paralelas y fuertes.

Las carreteras provinciales y las municipales se indican del mismo modo en el dibujo, sin más diferencia que ser fuerte una línea y fina la otra para las primeras, y finas ambas para las segundas.

Así como los ferrocarriles, las carreteras pueden ir entre desmontes, sobre terraplenes, con desmonte a un lado y terraplén al otro, circunstancias que se marcan en el dibujo, como se ha indicado en la figura anterior con respecto a las vías férreas.

Las carreteras en construcción se representan como las anteriores pero con líneas de rayitas cortadas. Los caminos carreteros se representan con dos líneas paralelas, una seguida y otra de puntitos, los caminos de herradura, con dos líneas paralelas de puntos, y las sendas o veredas, con una sola línea de puntos.

El modo de representar en el papel las *construcciones* es el siguiente : las casas aisladas se indican marcando su perímetro y sombreando el espacio que encierra. Si se tratá de una fábrica, la indicacion más admitida consiste en dos rectángulos concéntricos con una rueda lisa al lado, cuando la impulsa el vapor, y dentada si la fuerza motriz es el agua. Los molinos de viento se representan con dos círculos o dos cuadrados concéntricos y una pequeña cruz que representa las aspas.

Las poblaciones se clasifican en abiertas, muradas y fortificadas. La población abierta se representa por medio de una agrupación de edificios separados por las calles principales. La población murada se ciñe con dos líneas paralelas que siguen el contorno de

la muralla. La población fortificada exige más detenido estudio si el dibujo ha de dar idea del sistema de fortificación aplicado a la defensa de la plaza.

Cuando la escala no permite detallar la población se dibuja su contorno y se sombrea con trazos paralelos como para los edificios.

CAPÍTULO III

MÁS SOBRE SIGNOS CONVENCIONALES.

El puente *colgante* se representan con líneas paralelas que siguen su dirección y cuatro pequeños cuadrados que indican la situación de los pilares que sostienen los cables.

El puente de *pedra* se representa con dos líneas paralelas y varios semicírculos que indican la situación de las pilas o estribos.

El puente de *madera* se representa con dos líneas paralelas.

Las *balsas* y *barcas* que se trasladan de una a otra orilla se indican con una línea de puntos fuertes y dibujando el contorno de la balsa o de la barca.

Los *vados* para carruajes se indican con una línea fuerte y otra, paralela, de trazos. Si solo sirve para caballerías, con dos líneas de trazos y con una sola si solo pueden utilizarlos hombres a pie.

Los *canales* se clasifican en canales de *navegación*, los de *riego* y los de *abastecimiento*. Los primeros se representan como lo indica la figura 12 en la que van incluidos dos detalles importantes, la *esclusa*, que es la parte más estrecha, y el *embarcadero* que es la más ancha.

Los espacios blancos entre las aguas y la línea

exterior, representan los *caminos de sirga*, que sirven para que las caballerías tiren de los barcos.

Los *canales de riego* se indican con dos líneas paralelas, indicando su carácter con la escritura

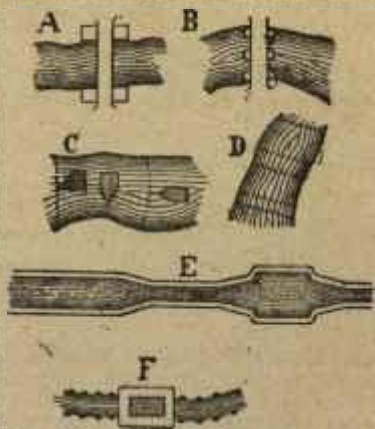


Fig. 12.

cuando pudiera confundírselos con los caminos ordinarios.

El *canal de abastecimiento* se representa como el de riego agregando en sus orillas una serie de puntos fuertes.

La figura 12 representa dos puentes, uno de piedra y otro colgante, una balsa, vados, y canales de navegación y de abastecimiento.

Al dibujar los mares convendrá dar a conocer donde están situados los arsenales de guerra o mercantes, que muchas veces no permite detallar la escala del plano. Los primeros se indican con un áncora cruzada por dos cañones, y los segundos, también con un áncora cruzada por dos sierpes enroscadas.

Los bancos de arena o de piedra se indicarán



Fig. 13.

con líneas de puntos fuertes que marquen sus contornos.

El punto en que un río empieza a ser flotable se indicará con un timón dibujado dentro de él, y aquél en que comienza a ser navegable, con un áncora.

Cuando no permite la rapidez de la operación dibujar los detalles del terreno, se emplean las siguientes abreviaturas : P. prado ; Mat., matorral ; Arb., arbolado ; B. bosque ; Mont. A., monte alto ; Mont. B., monte bajo ; Pant., pantano ; Ped., pedregal ; T. L., tierras labradas ; V., viñas ;

O., olivar; Huert., huerta; R., Rocas; J., jardín; Prad. p., prado pantanoso; S., salinas; Arr., arrozal; Ar., arenal.

Suelen usarse lápices de colores: azul de prusia, para aguas, rojo para construcciones de mampostería, siena tostada, para las tierras de labor; siena claro para las curvas de nivel; verde claro para los



Fig. 14.

prados, huertas y jardines; verde oscuro para los árboles; verde amarillento para los bosques; verde azulado para los matorrales; amarillo para las arenas; negro para las construcciones de madera, las vías ferreas y los escarpados; carmín para los caminos ordinarios.

Para dar idea del relieve del terreno, se emplean

en topografía las secciones horizontales o curvas de nivel a que nos hemos referido y de cuyo trazado nos ocuparemos más adelante.

¶ Cuando se quiere dar al dibujo más relieve, se unen las curvas de nivel con trazos o *normales* que según su mayor o menor aproximación expresan con efectos de sombra y claroscuro las elevaciones del suelo.

Estas normales son pequeñas líneas de *máxima pendiente*, de las que nos ocuparemos para explicarlas con detención.

Respecto a su número y grueso obedecen a la llamada *ley del cuarto*, que puede enunciarse así: las normales deben estar entre sí a una distancia igual a la cuarta parte de su longitud y en razón inversa de ésta aumenta su grueso. Así pues, cuanto más unidas estén las curvas, más obscuro será el tono que presenten las normales.

Los ejercicios que indica la figura 13 pueden servir para acostumbrar la vista a la observancia de esa ley. La figura 14 es otro estudio de normales entre curvas de nivel.

También se emplean los colores a la aguada para la representación del terreno.

El sistema **hipsométrico** da a conocer por la fuerza del color las pendientes del terreno y la elevación de sus diferentes planos. Se funda en el siguiente principio:

Cuanto mayor sea la altura, más fuertes deben ser las tintas.

Si se trata de representar las montañas indicadas en la figura 15, se empezará dando una capa de tinta china muy clara a las tres curvas. Seca ésta se dará una segunda mano a las dos interiores, y

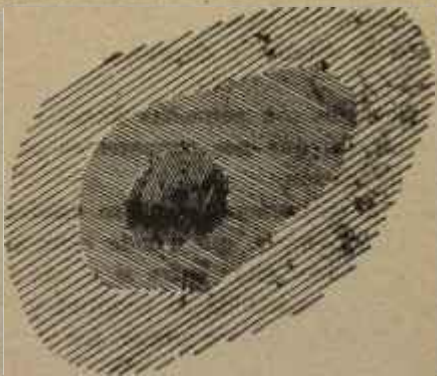


Fig. 15.

por último una al espacio comprendido dentro de la curva más pequeña.

Al dibujar un plano se debe tener en cuenta su objeto para que resalten más los detalles que constituyan su especialidad.

La **rotulación** se hará con letra clara y no muy grande, usando el carácter más grueso para los objetos de mayor interés. Los letreros se escriben a la derecha del objeto dibujado y paralelos al

margen superior del plano, exceptuándose de la regla los nombres de caminos y corrientes de agua, que se escriben paralelamente a ellos.

La escala, de que más adelante se hablará, se coloca en el borde inferior del marco y paralela a éste.

CAPÍTULO IV

ELEVACIONES Y DEPRESIONES DEL TERRENO.

Después de conocido el medio de representar los terrenos, convendrá estudiar las diversas formas con que la naturaleza los presenta a nuestra vista y la nomenclatura propia de las más importantes.

Sin embargo, antes de entrar en esos detalles, ampliaremos algo lo indicado en el capítulo I.

Pendiente de una línea hemos dicho que es la inclinación que esta línea tiene sobre otra horizontal, o sobre un plano también horizontal. Del mismo modo podemos decir que pendiente de un plano es la inclinación que este plano tiene sobre otro horizontal.

Supongamos que el triángulo rectángulo ABC (fig. 16) descansa sobre su lado horizontal AC que le sirve de base, y recordemos que este lado es la proyección horizontal del AB, así como el BC es la altura del triángulo.

Recordemos también que la pendiente de una recta depende de su mayor o menor inclinación sobre la horizontal, o lo que es lo mismo, del mayor o menor ángulo que aquella forme con ésta.

Ahora, si suponemos que AB gira sobre el punto A dentro del mismo plano, hasta tomar las posi-

ciones AB' y AB'' , observaremos, tratándose de una recta de la misma longitud, que a medida que aumenta el ángulo formado con la AC , aumenta la pendiente, como hemos dicho, y disminuye la

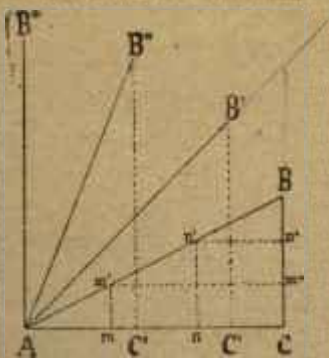


Fig 16.

proyección horizontal. Comparando los triángulos $AB'C'$ y ABC tenemos :

- $AB' = AB$
- Ang. $B'AC$ mayor que áng. BAC .
- AC' menor que AC .

Esta misma observación se puede hacer comparando los triángulos $AB''C''$ y $AB'C'$ lo que nos dice que, cuanto mayor es la pendiente, menor es su proyección, hasta el extremo de que, si conti-

nuáramos el giro de AB, colocándola en la posición vertical AB'', su proyección sería el punto A.

Cuando la altura BC es la mitad de la base AC, se dice que la relación entre la altura y la base es de 1 a 2 o de 1/2.

Cuando es la tercera parte, se dice que están en la relación de 1 a 3 o de 1/3, y así sucesivamente.

También recordaremos que se puede decir, pendiente de tantos grados, refiriéndose al valor en grados del ángulo formado por la pendiente y su proyección.

Concretando más estas ideas, supongamos que la altura BC tiene tres metros y seis la base AC.

Subiendo desde A hacia B, como ya observamos (cap. I), al llegar a m' habremos recorrido la tercera parte de la AB y nos habremos elevado un metro sobre A. Al situarnos en n' habremos recorrido las dos terceras partes de la AB y estaremos a dos metros sobre el punto A, y por último, al encontrarnos en B estaremos a tres metros sobre A y sobre C.

Sabido ésto no hay dificultad en admitir que la pendiente de una línea se puede expresar con una fracción ordinaria cuyo numerador sea la altura del triángulo y el denominador la base del mismo. Así pues la relación entre la altura y la base se expresará de este modo :

$$\frac{BC}{AC}$$

y si, para simplificar, llamamos a a la altura y b a la base, tendremos :

$$\frac{a}{b}$$

de donde resulta que siendo en nuestro caso :

$$\begin{aligned} a &= 3 \\ b &= 6 \end{aligned}$$

tendremos $3/6$ y simplificando, $1/2$. Lo que quiere decir que por cada unidad de altura hay dos de base en la figura 16.

Volviendo a fijar la atención en la misma figura, observamos que, cuando AB ocupa la posición AB' por ser el ángulo $B'AC$ mayor que el BAC , la altura $B'C'$ es también mayor que la BC y la $B''C''$ mayor que $B'C'$.

El triángulo $AB' C'$ que tiene la altura $B'C'$ igual a la base AC'' , y por consecuencia el ángulo $B'AC$ igual a 45° es digno de especial observación.

Desde luego diremos que la pendiente AB' de 45° es límite de las pendientes accesibles por serlo únicamente para el hombre y auxiliándose con las manos para subir. Cualquier pendiente mayor se considera como inaccesible.

Acostumbrándose a apreciar con la vista el ángulo de 45° , puede servir de término de comparación para medir a ojo las pendientes con relativa exactitud.

Hasta ahora hemos hablado de la proyección horizontal de varias rectas refiriendo la proyección a la horizontal que pasaba por uno de los extremos de la que queríamos proyectar, pero podría suceder que ésta tuviera todos sus puntos separados del plano horizontal, y vamos a ver cómo se encontrará en este caso la proyección.

Sea la recta MN (fig. 17) y representemos por

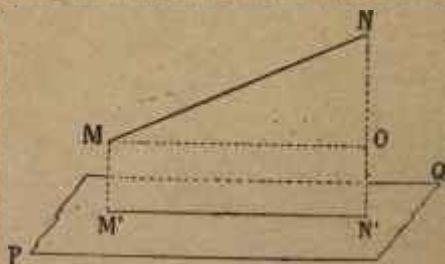


Fig. 17.

PQ el plano horizontal. Ahora, bajando desde los extremos M y N las perpendiculares MM' y NN' al plano PQ la recta $M'N'$ que une los pies de dichas perpendiculares será la proyección deseada.

En efecto, si desde M trazamos la MO paralela a la $M'N'$ tendremos en MNO el triángulo rectángulo a que tantas veces nos hemos referido y por lo tanto MO será también la proyección de MN .

Ya se ha dicho que pendiente de un plano es la inclinación que este plano tiene sobre otro horizontal.

La figura 18 puede representar un libro entrea-bierto o una hoja de papel doblada y después abierta aunque no del todo.

Supongamos que el plano ABCD es horizontal y que queremos medir la pendiente del AEFD.

Para esto empezaremos por averiguar cuál es en

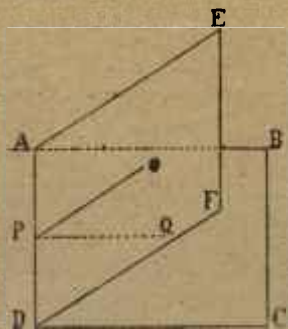


Fig. 18.

este plano la línea de mayor pendiente que será la que recorra un objeto redondo que desde O se dejase abandonado a su propio peso. Un perdigón por ejemplo, manchado con tinta, nos dará con la huella que marcará al descender, la línea que se busca. Esta línea, que es la perpendicular trazada desde O a la recta AD, se llama línea de **máxima pendiente**.

Suponiendo que sea OP la perpendicular de que se trata, no tendría mos más que encontrar su proye

ción PQ en el plano ABCD y el ángulo OPQ nos diría con su valor en grados la inclinación o la pendiente que sobre aquel tiene el Aefd.

Se entiende por pendiente de un terreno la inclinación que tiene sobre el horizonte.

Desde el punto de vista militar pueden apreciarse las pendientes de este modo :

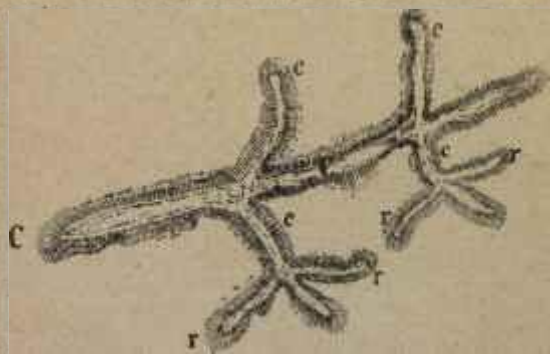


Fig. 19.

La pendiente de 45° o de $1/1$ no es accesible más que para la infantería ayudándose en la subida con las manos.

La de 25° o de $1/2$ es accesible a las mulas o caballos de países montañosos.

La de 16° o de $1/3$ lo es para caballos montados.

La de 12° o de $1/4$ es el límite de la pendiente en que pueden maniobrar los jinetes y las piezas de artillería rodada.

La de 7° o de 1/8 exige que se aten las ruedas de los cañones al bajar.

La de 6° de 1/9 es la pendiente máxima de las antiguas carreteras

La de 4° o 1/12 es fácilmente accesible

La de 3° o de 1/20 es pendiente muy suave.

Dicho esto vamos a tratar de las diversas **formas del terreno.**

Llano. — Es una extensión considerable de terreno sensiblemente horizontal. Cuando está en alto se llama *meseta* o *altillanura*.

Llanura. — Es con poca diferencia lo mismo que llano, pero no exige la regularidad de éste.

Montes o montañas. — Las elevaciones considerables de terreno, cuando su relieve pasa de 300 metros, se llaman así, y, cuando es menor, toman el nombre de cerros o colinas.

Cordillera. — Es una serie de elevaciones o una masa montañosa de larga extensión. También se llama *cadena* de montañas o *sierra*.

Contrafuertes estribos o *estribaciones.* — Son las elevaciones que casi perpendicularmente se separan de la línea general de una cordillera, y a derecha e izquierda, sirviéndole como de sostenes. Estos contrafuertes tienen también los suyos, que se llaman *ramales*.

Fig. 19, C, C, C, cordillera.

c, c, c, c, contrafuertes ;

r, r, r, r, ramales ;

Altura. — Es un nombre genérico que se aplica

a cualquier terreno u objeto que domina a otro. Se llama altitud a la elevación de un punto sobre el nivel del mar.

Cima o cumbre. — Es la parte más elevada de un monte.

Faldas, laderas o flancos. — Son las partes laterales de una montaña. Se llaman *vertientes* cuando

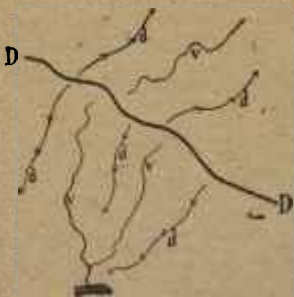


Fig. 20.

formando grandes concavidades recogen y encaminan las aguas a los terrenos bajos.

Divisorias. — Se llaman así las líneas altas de los terrenos que separan las aguas a derecha e izquierda. La línea divisoria más alta en el terreno que se considera se llama *divisoria general*. Esta línea muy importante en este género de estudios, está determinada por las más elevadas cumbres, siguiendo sus caprichosas ondulaciones, y tiene otras divisorias que se derivan de ella y que titularemos *divisorias parciales*.

Las divisorias conviene marcarlas en el dibujo provisional que debe hacerse en el campo a modo de guía, para el dibujo definitivo, y generalmente se indican con trazos de lápiz sobre los cuales se hacen unos pequeños ángulos cuyo vértice indica el descenso de la divisoria.

En la figura 20 la línea DD más gruesa que las otras representa una divisoria general y las *dd* las divisorias parciales.

Obsérvese en el terreno la relación que hay entre



Fig. 21.

las *divisorias* y las *vaguadas*. Por razón natural, cada una de estas va entre dos divisorias más o menos próximas.

Si colocados en lo alto de una cordillera siguiéramos la línea divisoria que ella determina, veríamos a uno y otro lado brotar las fuentes y los manantiales y correr a los sitios bajos para engrosar su caudal con otros, hasta formar primero grandes arroyos, y luego ríos.

En cuanto a las montañas he aquí ciertos nombres que es indispensable conocer.

Gradas. — Pendientes que con cierta regularidad son suaves y escarpadas alternativamente.

Grupa. — Elevación de terreno en forma convexa.

Garganta, Hoz Puerto. — Puntos donde una línea de alturas se deprime *a, a* (fig. 21).

Desfiladero. — Garganta estrecha y larga, *b* (fig. 21).

Valle. — Extensión más o menos considerable de terreno hondo, entre varias montañas. La línea más baja del valle es también la más honda del cauce de las aguas y se llama *thalweg* (camino del valle) o *vaguada*.

• *Cañada.* — Valle estrecho entre alturas poco elevadas.

Pico. — Elevación rápida y aguda del terreno.

Aguja. — Cumbre que remata en varias puntas.

Diente. — Cumbre cuya parte superior está achatada.

Comba. — Valle en terreno alto, depresión que tiene una o varias salidas.

CAPÍTULO V

AGUAS Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.

Las aguas corrientes presentan también diversas características que deben estudiarse.

Aguas corrientes. — Son todas las que con mayor o menor velocidad se deslizan por el terreno dentro de grandes surcos que ellas mismas abren.

La más importante es el río y su importancia se gradúa teniendo en cuenta la cantidad de aguas que lleva y la longitud de su curso. Los ríos de primer orden reciben a derecha e izquierda otros ríos de segundo orden que se llaman afluentes.

Lecho, álveo, cauce o madre del río es el gran surco en que van encajonadas las aguas imprimiéndoles dirección. Las orillas o márgenes se consideran como derecha e izquierda, mirando en dirección de la corriente.

Nacimiento del río es el sitio en que brotan sus aguas, y *desembocadura* es el lugar donde se confunden con otras.

Delta es el terreno comprendido entre los brazos que forman algunos ríos al confundirse con el mar.

Flotable es la corriente que tiene de 50 a 60 centímetros de profundidad, y *navegable* es el río que

tiene por lo menos un metro de profundidad y una pendiente que no exceda de $1/1\ 000$.

Vado es una parte elevada del cauce que permite el paso de una a otra orilla. Para que un vado sea practicable ha de tener estas condiciones : corriente suave del agua, piso firme, y profundidad de $0^m\ 80$ a $0^m\ 90$ para las personas y de $1^m\ 20$ para las caballerías. En las operaciones militares se calcula que la artillería no debe pasar por un vado cuya profundidad exceda de $0^m\ 65$.

Canal es un cauce abierto artificialmente ya para regar los campos, ya para la navegación.

Aguas estancadas. — *Lago* es una gran masa de agua rodeada de tierra.

Laguna es un lago pequeño.

Estanque o *alberca* es un depósito de agua al aire libre. Cuando está cubierto se llama aljibe.

Pantano es un terreno empapado en agua, por lo regular cenagosa, y de poca profundidad.

Inundación es el efecto que produce el agua desbordada cuando lleva el cauce de los ríos una masa líquida superior a la que puede contener.

Los pasos establecidos sobre los ríos se llaman *puentes* y se construyen generalmente con madera, piedra, hierro o barcos. Los cuerpos de soporte que penetran en el agua para sostener la obra se llaman *pilas* o *estribos*.

Hay *puentes de barcas*, que se componen de una serie de ellas unidas entre sí por viguetas y tablones.

Colgantes son los puentes que tienen el suelo hori-

zontal sostenido por grandes cadenas o cables de alambre grueso.

Caminos reales, carreteras o calzadas. — Se dividen en carreteras del Estado, provinciales y municipales, subdividiéndose las primeras en tres órdenes según su anchura.

Vías férreas caminos de hierro o ferrocarriles. — Como en esta clase de vías hay que evitar las pendientes rápidas, unas veces van sobre terrenos desmontados, en desmante, otras sobre grandes masas de tierra, terraplenes, ya cruzan los valles sobre viaductos o atraviesan las montañas por medio de túneles.

Sucede a menudo que los ferrocarriles y otros caminos se cortan y esto sucede en tres formas distintas :

1º *Paso a nivel.* — Cuando la carretera y el ferrocarril se cruzan a la misma altura uno que otro.

2º *Paso superior.* — Cuando la carretera pasa por un puente tendido sobre el ferrocarril.

3º *Paso inferior.* — Cuando el ferrocarril pasa sobre la carretera.

CAPÍTULO VI

ESCALAS.

En los ejemplos del capítulo primero hemos visto cuán fácil es representar sobre la superficie plana un objeto de poco tamaño en sus verdaderas proporciones.

Dijimos también que si las dimensiones del objeto eran tales que no podían reproducirse exactamente por ser la superficie del papel más pequeña, la reproducción tendría que ajustarse a los límites del plano reduciendo al efecto de un modo proporcional las dimensiones del objeto a su mitad, a su tercera parte, a su centésima o milésima parte o a otra menor.

La figura 1 por ejemplo, lo mismo puede representar una caja pequeña en sus naturales dimensiones, que otra mucho mayor, de un metro de longitud por $0^m,50$ de anchura y $0^m,60$ de elevación por ejemplo.

Todo se reduciría a saber que la línea AB, longitud del dibujo representa la longitud de un metro que la caja tiene en realidad, y que la línea AD representa del mismo modo $0^m,50$.

En cuanto al modo de expresar la altura no hay

dificultad, pues todo queda reducido a escribir en los vértices de los cuatro ángulos $0^m,50$.

Toda la cuestión estriba en representar con líneas muy pequeñas las líneas muy grandes de los objetos o del terreno, pero cuidando, eso sí, de que todas ellas se reduzcan en la misma proporción, esto es, en un quinta, un décimo, un milésimo, etc.

Estas sencillas indicaciones $1/5$, $1/10$, $1/1\ 000$, etc., denotarán que la distancia de un metro en el dibujo representa en el terreno una distancia de 5, 10, 1 000 metros, etc., o lo que es lo mismo, las distancias verdaderas a su quinta, décima o milésima parte.

La relación constante que debe existir entre las distancias del dibujo y las del terreno, medidas en su *proyección horizontal*, se llama *escala*, y vamos a ver cómo se construye.

Supongamos que las distancias del terreno están representadas en el dibujo por la milésima parte, o lo que es lo mismo, vamos a suponer que la distancia de un metro en el dibujo equivale a mil metros en el terreno. En este caso diremos que la escala es de $1/1000$ y a la escala representada así la llamaremos *escala numérica*.

La escala material, la que realmente sirve para medir las distancias del plano y deducir por ellas del terreno, se llama *escala gráfica*, y se construye de este modo.

Razonaremos así : si un metro de longitud en el dibujo equivale a mil en el terreno, la décima parte del metro o sea P, 1 equivaldrá a cien metros en el

terreno, y como por regla general no se dibuja en papel que tenga un metro de largo, adoptaremos el decímetro para expresar la escala. Trazaremos pues, una línea exactamente igual a un decímetro, tal como la AB (fig. 22), y la dividiremos en centímetros, que representarán en el caso a que nos estamos refiriendo, 10 metros del terreno.

Hecho esto, para hacer uso más fácilmente de la escala, pondremos un cero en el punto A, el número 10 en la primera división, el 20 en la segunda, el 30 en la tercera, y así sucesivamente hasta el extremo B, que llevará el número 100.

Como la línea AB no nos da más que cien metros, y las fracciones 10, 20, 30, 40, etc., completaremos la escala agregando por la parte superior e izquierda del punto A un centímetro dividido en milímetros, cada uno de los cuales equivaldrá a un metro, y podremos medir con más exactitud, ya refiriéndonos de la escala al plano o de éste a aquélla.

Ejemplos : Queremos medir 60 metros en el plano, colocaremos pues una punta del compás en el cero y otra en el número 60. Al contrario, si hemos aplicado las puntas del compás en dos puntos del plano, y queremos averiguar la distancia entre dichos puntos no habrá más que colocar esa abertura del compás sobre la escala, fijando una punta en el cero.

Si la otra punta cae en el número 80 hay 80 metros, pero si cae entre 80 y 90 la distancia será mayor que 80 y menor que 90, faltándonos averiguar esta diferencia.

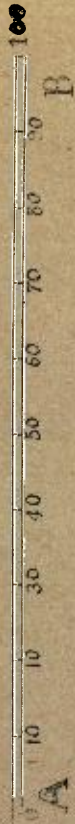


Fig 10 22.



Fig. 23.

Para ello colocaremos una punta en 80 y la otra en el centímetro añadido por la parte izquierda de la escala y nos dará le medida de 81, 82, 83, 84 metros, etc., según caiga la punta en la primera pequeña división al lado del cero, en la segunda, en la tercera, etc

La escala numérica $1/5\ 000$ nos daría, con arreglo a lo dicho, la escala gráfica de la fig. 23.

Como puede ser útil saber desde luego los valores del hectómetro y del kilómetro, reducidos a las escalas más usuales, los indicaremos a continuación :

ESCALAS.	HECTÓMETRO.	KILÓMETRO
—	—	—
$1/5\ 000$	2 centím.	20 centím.
$1/10\ 000$	1 centím.	10 centím.
$1/20\ 000$	5 milím.	5 centím.
$1/40\ 000$	2 1'2 milím.	2 1'2 centím
$1/100\ 000$	1 milí.	1 centím.
$1/200\ 000$	1/2 milím.	5 milím.

Concluiremos indicando algunos problemas fáciles que conviene resolver:

1º Operando en escala de $1/20\ 000$ ¿ qué extensión corresponderá en el plano a una proyección de dos puntos del terreno distantes 6 270 metros?

Formaremos la proporción siguiente :

1 metro en el plano es a 20 000 metros de proyección en el terreno como x metros del plano es a 6 270.

Es decir :

1 : 20 000 : x : : 6 270, de donde

$$x = \frac{6,270}{20\,000} = 0,313$$

2º En la misma escala, ¿ a qué distancia estará la proyección de dos puntos del terreno cuya distancia en el plano fuera 0,313?

Formaríamos la misma proporción y resultaría :

1 metro de distancia en el plano es a 20 000 de distancia en el terreno, como 0,313 de distancia en el plano es a x metros que corresponden a la proyección del terreno.

O lo que es lo mismo :

1 : 20 000 :: 0,313 : x , de donde

$$x = \frac{20\,000 \times 0,313}{1} = 6,260.$$

Este segundo problema es el inverso del anterior, y la diferencia en los resultados consiste en los decimales que se desprecian.

Escala de pasos. — Cuando en los levantamientos rápidos no es posible medir las distancias por los procedimientos que se indicarán más adelante, habrá que medirlas a pasos y convendrá saber cómo se construye la escala correspondiente para evitar la reducción de pasos a metros.

Supongamos que se trata de la escala 1/20 000 y supongamos también que contrastado el paso resulta que 125 pasos equivalen a 100 metros, de donde tendremos :

1 250 pasos = 1 000 metros.

y esta proporción :

$$1\ 250\ \text{pas.} : 1\ 000\ \text{met.} :: 1\ 000\ \text{pas.} : x\ \text{met.}$$

$$x\ \text{metros} = \frac{1\ 000\ 000\ \text{met.}}{1\ 250\ \text{pasos.}} = 800\ \text{metros.}$$

Averiguado que 1 000 pasos equivalen a 800 metros en la escala adoptada, mediremos con el compás una distancia igual a 800 metros y la aplicaremos a una recta cualquiera ABCD (fig. 24), y las longitudes BC y CD de mil pasos equivaldrán a 800 metros de la escala.

Podremos por lo tanto medir las distancias a pasos y expresarlas en metros con gran facilidad al hacer el plano.

Escala compuesta, o de diagonales. — Como las escalas que hemos descrito no aprecian con exactitud cortas distancias, porque sus más pequeñas divisiones no pueden ser inferiores a un milímetro, se ha ideado para obtener las medidas con mayor aproximación, una escala que se llama compuesta, y también de diagonales o de décimas.

Esta escala se construye sobre cualquiera de las escalas simples.

Sea la de 1/40 000 representada en la figura 25, en la cual las distancias 1 000, 2 000, 3 000, etc., son iguales a dos centímetros y medio.

En los puntos A y E levantaremos dos perpendiculares AG y EF, de cualquier longitud, y después de divididas en diez partes iguales, trazaremos por los puntos de división las paralelas que se ven en



Fig. 24.

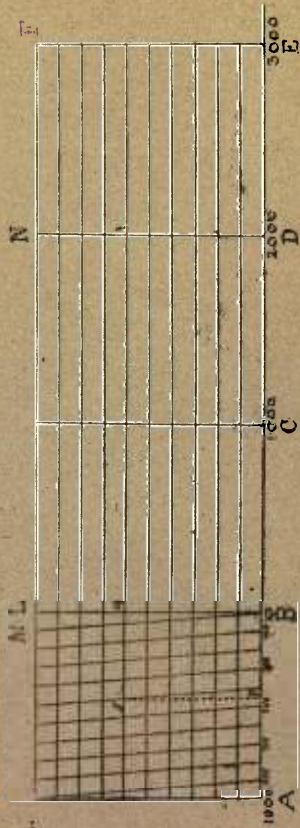


Fig. 25.

la figura y levantaremos otras perpendiculares en los puntos B, C y D.

Ahora, dividiendo las AB y GL en diez partes iguales, trazaremos las diagonales BM, etc., y quedará construida la escala:

Las porciones de paralelas interceptadas por las BL y BM, representan, contando de abajo arriba, $1/10$, $2/10$, $3/10$, $4/10$, etc., de cualquiera de las divisiones de la AB.

Es evidente que si la AB equivale a 1 000 metros, cada una de las diez partes en que está dividida equivaldrá a 100, luego la ML que es igual a cualquiera de las diez partes iguales de la AB valdrá también 100 metros y 90 la parte de paralela que está inmediatamente debajo, y 80 la que sigue y 70 la otra, hasta llegar a la parte más pequeña de paralela, inmediata a B, que equivale a 10 metros.

Comprendido esta se entiende el uso que se puede hacer de la escala.

Supongamos que se trata de medir en el plano una distancia cualquiera y que la abertura de compás la colocamos sobre la escala de modo que la punta de la derecha apoye en cualquiera de los puntos 1 000, 2 000, etc., en éste por ejemplo y la otra en cualquiera de los puntos de la AB, que podrá ser el p .

Colocado así el compás subiremos las dos puntas por la escala paralelamente sin perder la punta de la derecha la línea 2 000 N, y cuando la izquierda llegue a un punto de coincidencia s , la medida estará

representada por la st , que vale : desde la t hasta q , 2 000 metros ; desde q hasta s cuatro porciones de 100 metros, 400 metros, y la parte desde q hasta la diagonal BM, 60 metros. Total 2 460 metros.

CAPÍTULO VII

RELIEVE DEL TERRENO.

Entre los varios procedimientos conocidos para dar idea del relieve del terreno, los dos más usuales son las *cotas* y las *curvas de nivel* o *secciones horizontales* (véase cap. I).

El primero tiene dos inconvenientes. En primer lugar no da idea de las ondulaciones del terreno, y en segundo, aglomera sobre el dibujo gran cantidad de números, lo que produce confusión. No puede por lo tanto aceptarse este sistema como único, sino en combinación con las curvas de nivel, resultando así un auxiliar muy eficaz.

De lo dicho en el capítulo I, dedúcese que este modo de representar la forma del terreno, consiste en reunir por medio de curvas todos los puntos que tienen la cota elegida para la equidistancia que han de tener dichas curvas. Así pues, cuando estas han de hacerse de cinco en cinco metros, se trazarán las curvas sobre los puntos que tengan la cota 0, sobre las que tengan la cota 5, la cota 10, la cota 15, etc.

Las ventajas de este sistema son evidentes.

No se recarga el dibujo con números, puesto que generalmente uno o dos bastan para cada curva.

Dan a conocer el nivel de todos los puntos por los cuales pasa la curva y por consecuencia es fácil deducir el de los puntos intermedios.

Ponen de manifiesto la estructura general del terreno, puesto que sus entrantes y salientes dan a conocer las que hemos llamado líneas características.

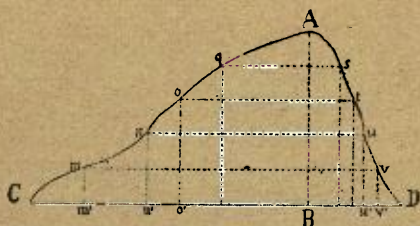


Fig. 26.

Supongamos que se trata de una montaña aislada, cuyo perfil indica la figura 26.

Para trazar las curvas de nivel supondremos que a partir de B hemos dividido la altura AB en partes iguales de cinco en cinco metros, por ejemplo y trazado por cada uno de los puntos de división planos horizontales en la forma que indican las líneas de puntos vm , un , etc.

Los m , m , o , q , etc. tendrían en el plano las cotas 5, 10, 15, 20, etc., respectivamente, y lo mismo los v , u , t , etc.

Estos puntos se proyectarían en el plano horizontal bajando las perpendiculares mm' nn' oo' , etc.,

y uniendo en dicho plano horizontal las $m'v'$ que tienen la cota 5, los $n'u'$, que tienen la cota 10 y así todos los demás, quedarían trazadas las curvas de nivel.

La figura 27 representa una altura aislada, cuya curva inferior está sobre el plano general de comparación y todas las restantes trazadas con la equidistancia natural de 6 metros, cuya equidistancia en la escala 1/2 000 es 0,003. Estos tres milímetros son la equidistancia gráfica.

Si suponemos ahora que cortamos verticalmente la montaña por un plano AB (fig. 27), este plano será cortado a su vez por los planos horizontales correspondientes a las curvas de nivel.

Figuremos al lado del plano horizontal una serie de líneas paralelas entre sí y con AB, y distantes una de otra las diferencias de nivel del plano.

Estas líneas representarán las intersecciones del plano AB con los planos de nivel y si a ellas bajamos perpendiculares por los puntos de intersección de AB con las curvas de nivel, obtendremos una serie de puntos que, reunidos, formarán el perfil de la montaña por el corte del plano AB.

Esta operación es de uso muy frecuente en la topografía, porque facilita el conocimiento de la forma exterior del terreno en una dirección determinada.

Examinando la figura 27 se ve que la pendiente que parte desde el punto L es más áspera, menos accesible que la que arranca del punto T. Compa-

rando estas pendientes con sus curvas respectivas, se ve que, donde estas están más separadas, la pendiente es más suave, Así pues, la acumulación o proximidad de muchas curvas indicará siempre

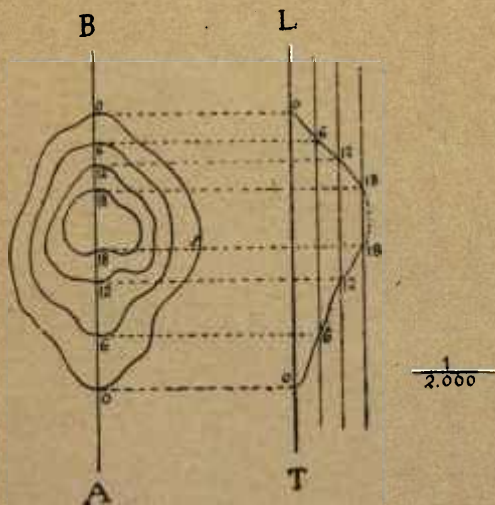


Fig. 27.

terrenos que se elevan más o menos rápidamente, y la separación o distancia entre ellas, terrenos más suaves o llanos si las curvas aparecen dibujadas a grandes distancias.

Lo que acabamos de decir nos permite la solución de varios problemas muy interesantes.

1º *Encontrar la altura de un punto situado entre dos curvas (fig. 28).*

Sea el punto m .

Tracemos una recta AB con la condición de pasar

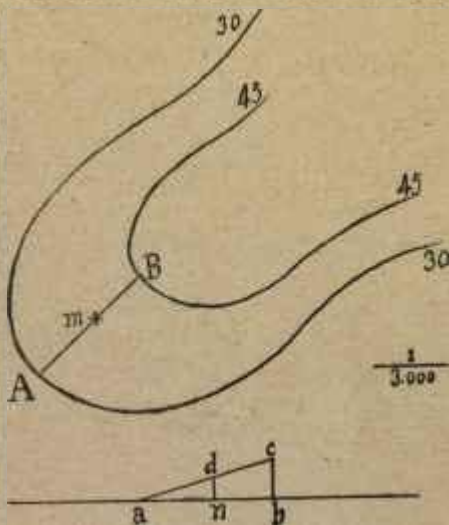


Fig. 28.

por m , y ser al mismo tiempo la más corta entre las dos curvas.

Sobre una recta indefinida, tenemos la distancia ab , igual a AB , y desde el punto a , la an , igual a Am .

En el punto b , levántese una perpendicular bc ,

de 0,005, puesto que las curvas están a una equidistancia de 15 metros, que equivalen a 5 milímetros en la escala de $1/3\ 000$, y únase el punto c con el a . Desde el punto n levántese otra perpendicular, y la longitud de esta con relación a la escala nos dirá

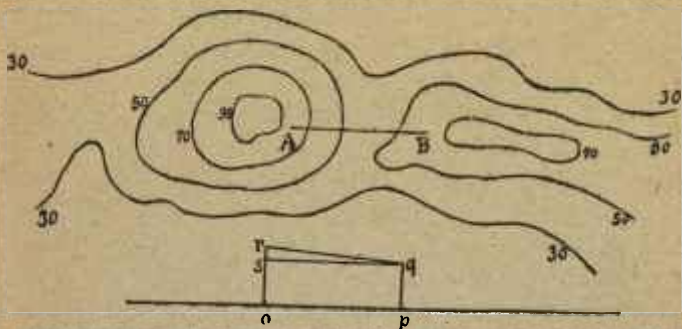


Fig. 29.

la altura a que el punto m se encuentra sobre el A , que es lo que se deseaba.

En este caso la nd es igual a P, PP_3 , luego la altura en el terreno del punto m sobre A es 9 metros, pero como el punto A se encuentra a 30 sobre el plano general de comparación, el m estará a 39 o, lo que es lo mismo la cota de m es 39 metros.

2º Encontrar la pendiente de la recta que une dos puntos de un plano y la verdadera magnitud de dicha recta (fig. 29).

Sean los dos puntos **A** y **B**, reunidos entre sí por la recta **AB**, cuya pendiente y cuya magnitud queremos medir.

Trácese una recta indefinida y tómesese sobre ella una distancia igual a la de **AB**, teniendo en cuenta, en este como en otros casos semejantes, que la **AB** dibujada en el plano es la proyección horizontal de la línea que en el terreno une los puntos **A** y **B**. Por el procedimiento indicado en el problema anterior, encuéntrense las cotas de **A** y **B**, y sobre los dos puntos *o* y *p*, levántense las perpendiculares correspondientes. Si suponemos que la cota de **A** es 75 metros, que equivalen en la escala 1/10 000 a 7 milímetros y medio, y la de **B** es 60 metros equivalentes a 6 milímetros, de estas dimensiones serán las perpendiculares levantadas en *o* y *p*. Uniendo los puntos *q* y *r*, el ángulo *rqs* nos dará la pendiente que buscábamos y la $rq = 0,018$, según la escala, nos dirá que la distancia entre **A** y **B** es 180 metros.

3º *Trazar sobre un plano líneas con una determinada pendiente (fig. 30).*

Supongamos que desde el punto **A** hasta la parte superior de la montaña se quisiera construir un camino con la pendiente de 1/6, es decir con la base seis veces mayor que la altura. Para esto empezariamos por observar que la equidistancia natural en las curvas es 10 metros, equivalentes en la escala a 2 milímetros. Sabido esto, construiremos el triángulo correspondiente sobre una línea **CD**, teniendo en cuenta que, siendo la altura dos mili-

metros la base deberá tener doce. El triángulo Dmn tiene las condiciones deseadas, puesto que su base nD es seis veces mayor que su altura, mD o lo que es lo mismo, que la equidistancia de las curvas.

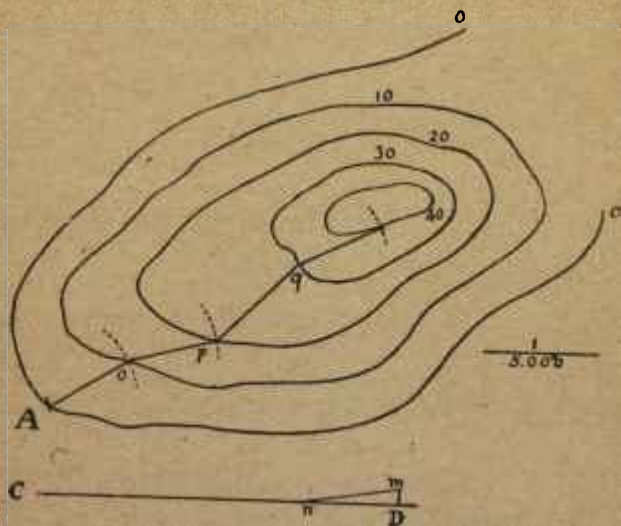


Fig. 30.

Ahora, con una abertura de compás igual a nD , trazaremos desde A un arco que corte a la curva inmediata, y su intersección nos indicará la dirección que debe tomar el camino desde A hasta la curva cuya cota es 10.

Apoyando la punta del compás en o trazaremos

otro arco que corte a la curva 20, y repitiendo esta operación hasta llegar a la última curva, tendremos señalados los puntos por los cuales ha de pasar el camino con la pendiente de $1/6$. Como entre las curvas 20 y 30 la pendiente es mayor de $1/6$ trazaremos rectamente el camino desde p hasta la curva 30.

4º Construir el perfil de un camino.

Sea el ABCDEFGH (fig. 31).

Como la escala es $1/10\ 000$ y la equidistancia natural de las curvas es 20 metros, la equidistancia gráfica será igual a 0,002. Sobre una línea indefinida MN, tomaremos un punto p para empezar la operación, y a partir de él señalaremos la distancia pq , igual a AB, levantaremos en q una perpendicular de dos milímetros y, en pqr , tendremos el perfil del camino entre las dos primeras curvas.

Entre el punto r , trazaremos una horizontal, tomaremos en ella otra distancia rs , igual a BC, y en el punto s se levantará otra perpendicular de 2 milímetros para construir el nuevo triángulo rst que nos da la pendiente desde B hasta C.

Como en este punto baja el camino, según se ve en la figura, no hay necesidad de trazar en el punto t otra horizontal. Lo que haremos es medir desde s la distancia su igual a CD y la tu nos dará la bajada del camino hasta la curva 40.

La figura nos dice que, desde el punto D hasta el E el camino es horizontal, puesto que los dos extremos de la DE tocan en curvas que tienen la

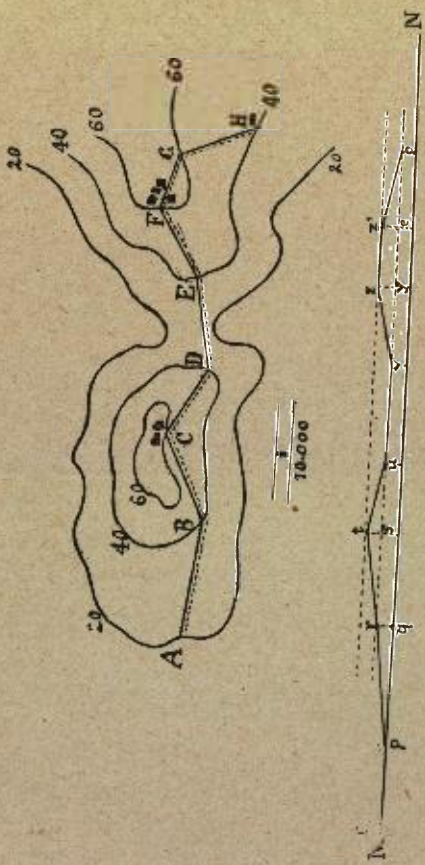


Fig. 31.

misma cota, luego, a partir desde u tomaremos la distancia uv igual DE.

Volviendo a fijarnos en la figura, observamos que desde el punto E que está en la curva 40 se eleva el camino hasta encontrar a la curva 60, y lo que haremos es señalar desde v la distancia vy igual a EF y levantar en y una perpendicular de dos milímetros, cuyo extremo z uniremos con v .

Desde el punto F vuelve el camino a continuar en sentido horizontal hasta G, y del mismo modo tomaremos en la línea que marca la cota 60 una distancia zz' igual a FG. Como en el punto G el camino desciende en dirección de la curva 40, desde el punto e mediremos la distancia eo igual a GH y quedará terminada la operación, dándonos la *pruvzz'o* el perfil del camino ABCDEFGH.

Procediendo del mismo modo puede encontrarse el perfil de un terreno determinado por las curvas de nivel de la figura 32, primero según el corte determinado por la línea AB y luego en la dirección señalada por la CD.

Obsérvese que el perfil da idea muy exacta de la hondonada que hace el terreno entre las dos alturas cuya distinta elevación se aprecia desde luego en el perfil.

Procediendo de un modo semejante, resulta en la parte inferior de la figura el perfil de la altura más pequeña en el sentido de la CD.

Evidentemente resultarían estos perfiles tanto más exactos cuanto mayor fuera el número

de puntos proyectados en el plano vertical.
Para el trazado de las líneas que unen los puntos

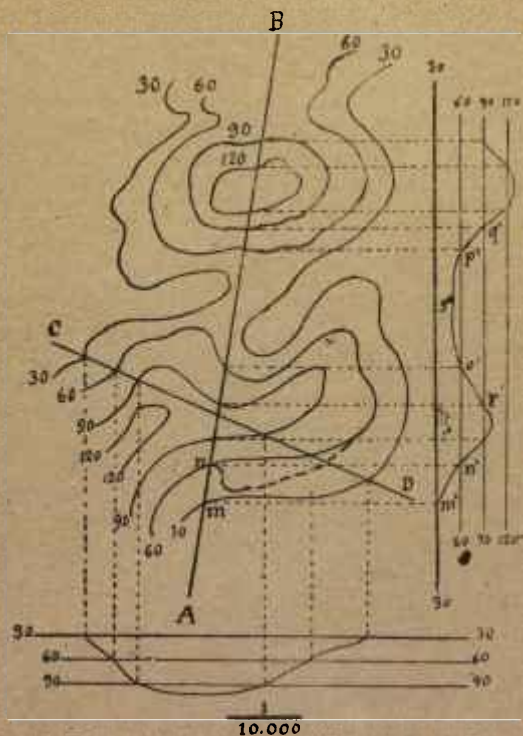


Fig. 32.

acotados, pueden señalarse puntos intermedios, y si esto no puede hacerse, ha de examinarse el terreno

para ver en él si, entre o' y r' por ejemplo, va el terreno en dirección recta, como indica la figura o si tiene forma cóncava o convexa más o menos sensible.

Para determinar la parte más profunda de la hondonada, será necesario encontrar la proyección vertical del punto más hondo del terreno, con cuyo dato se podrá trazar con mayor exactitud la indicada línea, y lo mismo habrá de hacerse con las cumbres de las alturas.

Conviene familiarizarse mucho con el trazado de perfiles como medio seguro de comprender al primer golpe de vista las formas exteriores del terreno sin más que observar el trazado de las secciones horizontales.

CAPÍTULO VIII

ORIENTACIÓN.

Sábido es que la tierra que habitamos es, por su forma, esférica y que girando sobre un eje imaginario recorre su órbita alrededor del sol arrastrando consigo en su movimiento a su satélite la luna. Pues bien, si ese eje imaginario lo suponemos prolongado en el espacio que nos rodea, irá próximamente a coincidir con una estrella que se llama polar, estrella que parece fija y en torno de la cual parece también que giran todas las demás.

Esa dirección del eje de la tierra se llama dirección *Norte*, y la opuesta, dirección *Sur*. Cortando este eje con una línea perpendicular a él, tendremos la dirección *Este* a la derecha, mirando al Norte, y en esta situación y ala izquierda, la dirección *Oeste*.

El Este se allama también *Oriente* o *Naciente*, porque es el sitio por el cual vemos salir el sol, en apariencia.

El Oeste llámase también *Occidente* o *Poniente*, por ser el sitio donde aparentemente se hunde el sol.

Obsérvese pues que el astro del día, cuya marcha regular conocen prácticamente todas las personas habituadas a la vida del campo, puede fácilmente, con su aparente curso, darnos indicaciones muy

exactas respecto a dos puntos de gran interés en este género de estudios, que son : conocer la hora del día y la situación en que nos encontramos respecto a la línea norte sur. La primera puede determinarse por la mayor o menor altura del sol a uno u otro lado del horizonte, y la segunda puede indicar la muy aproximadamente nuestra propia sombra a falta de un bastón o vara recta que puede clavarse en el terreno con ciertas condiciones.

Durante la noche, la luna y las estrellas pueden servir también de auxiliares eficaces para conocer nuestra situación, y por consecuencia el rumbo seguro que debemos tomar para dirigir nuestra marcha al punto deseado.

Cuando una persona conoce por cualquier procedimiento su situación con respecto a la línea norte sur, se dice que está orientada. Y esto mismo debe decirse cuando se ha trazado en un plano la dirección en que la citada línea corta al terreno que aquel representa.

Para orientarse con toda seguridad en cualquier sitio y a cualquier hora del día o de la noche, es suficiente un imán.

Se llama *imán* un óxido de hierro que existe en la naturaleza con la doble propiedad de atraer fuertemente el hierro y otros metales y de dirigirse casi al norte cuando labrado en forma de varilla delgada se suspende de un hilo atado en su parte media. Este es el imán natural.

Pero el que está más en uso es el imán artificial

que se forma con pequeñas barras de acero templado, friccionadas con el imán natural, que adquieren las mismas propiedades que éste y con mayor intensidad.

Hemos dicho que la tierra es esférica, y hemos hablado de un eje imaginario que determina por un extremo el Norte y por el otro el Sur.

Si suponemos que al eje de la tierra NS se ajusta



Fig. 33.

un plano, éste la cortará en dos partes iguales dejando en su superficie una huella o traza, *mm*, que se llama *meridiano* (fig. 33) y como los planos que pueden pasar por una misma recta son infinitos, infinitos son también los meridianos.

Así resulta que el meridiano de cualquier observador será la línea que pasando por el punto que ocupa vaya directamente a los dos polos, y como

esta recta determina la dirección NS, desde el momento en que hayamos trazado una parte de ella en el terreno, tendremos conocida la situación de los cuatro puntos cardinales.

Recordaremos además que un plano perpendicular al eje de la tierra en su punto medio, dejaría marcado, en la superficie de ésta un círculo *ee*, que se llama *ecuador*, que este corte dividiría a la tierra en dos partes iguales, en dos *hemisferios* que tomarían el nombre del polo correspondiente a cada uno de ellos, esto es hemisferio Norte y hemisferio Sur.

Para formarse idea de todo esto con gran exactitud, será suficiente mondar una naranja y observar en ella la unión de sus gajos, cuyas líneas de unión podrían considerarse como otros tantos meridianos. Los puntos en que éstos se reúnen son los polos, y el ecuador lo tendríamos cortando la naranja en dos partes iguales perpendicularmente a los gajos.

Ahora bien, el trozo de línea que se traza en el terreno marcando la dirección NS, se llama *meridiana*, pero hay que tener en cuenta que la aguja imanada no da con exactitud la verdadera línea norte o del verdadero *meridiano astronómico*, tal como se representa en la figura 33, y sí una dirección más o menos aproximada, que varía según los lugares y hasta según los tiempos, puesto que en los mismos sitios no es hoy la misma que hace algunos años. Por consecuencia de esto se ha convenido en dar a la dirección que marca la aguja el nombre de *meridiano magnético*.

Así resulta que, si desde nuestro punto de observación tenemos dos meridianos, el *verdadero* o *astronómico*, y el *aproximado* o *magnético*, necesitaremos deducir éste de aquél para que en rigor podamos decir que estamos orientados.

El cruce en nuestro punto de observación de los dos meridianos, forma el *ángulo de declinación*.

La declinación de la aguja es hoy occidental, es decir hacia la izquierda de la verdadera línea Norte Sur, en Europa y Africa, y oriental, esto es hacia la derecha de la expresada línea en Asia y América. Es necesario por lo tanto conocer el valor que tiene el ángulo de declinación en el punto sobre el cual se opera. Éste varía lenta pero indudablemente. En París, el año 1580 era $11^{\circ}30'$, después fué disminuyendo hasta confundirse la meridiana magnética con la astronómica en 1663, y luego se inclinó hacia el Oeste, aumentando esta desviación hasta el año 1814, en el cual alcanzó la brújula una declinación de $22^{\circ}34' O$, y por último desde entonces acá, ha ido disminuyendo y acercándose otra vez hacia el polo.

En Madrid y París está representada por un ángulo de $17^{\circ}35' O$.

Debe procurarse no exponer la brújula a perturbaciones, es decir a movimientos irregulares que le impidan funcionar con exactitud.

Para esto no se debe olvidar que el hierro ejerce sobre el imán una influencia mayor o menor según sea la posición y distancia en que uno y otro están

colocados. Cuando la masa de hierro está debajo del imán la influencia es mucho menor que estando a su misma altura, de modo que los rieles de un ferrocarril no modificarán sensiblemente la aguja a ocho o diez metros de distancia, y sí la alteraría una barra de hierro colocada en sentido vertical

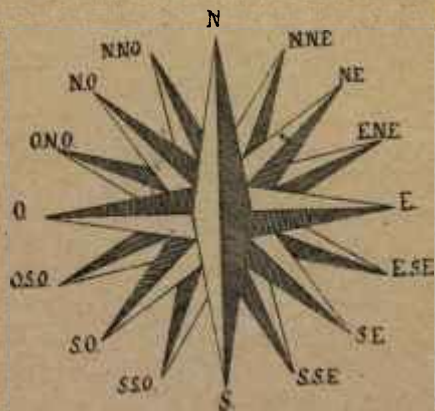


Fig. 34.

a 25 metros. Veamos ahora los distintos procedimientos que podemos emplear para orientarnos, punto esencial en los trabajos topográficos, tan fácil de resolver como expuesto a errores.

Para marcar la dirección de los puntos Norte, Sur, Este y Oeste, que se conocen con el nombre de puntos cardinales, se construye la *Rosa de los vientos*

(fig. 34), trazando dos perpendiculares de iguales dimensiones cortadas en su centro, en cuyos extremos se escriben las iniciales N, S, E, y O.

Se dividen luego los cuatro ángulos obtenidos en dos cada uno, resultando cuatro nuevas direcciones intermedias, que llamaremos según su posición *Nordeste*, *Noroeste*, *Sudeste* y *Sudoeste*, que se señalan con las iniciales N. E ; N. O ; S. E y S. O.

La división de los nuevos ángulos nos dará las siguientes direcciones o rumbos : *Nornoroeste*, N. N. O, *Nornordeste*, N. N. E, *Este nordeste*, E. N. E, *Este sudoeste*, E. S. O ; *Sud sudeste*, S. S. E, *Sud sudoeste*, S. S. O ; *Oeste sudoeste*, O. S. O, y *Oeste noroeste*, O. N. O.

CAPÍTULO IX

BRÚJULAS. — DISTINTOS PROCEDIMIENTOS PARA ENCONTRAR LA MERIDIANA.

Brújula. — Se compone de una caja cuadrada ABCD (fig. 35), en cuyo fondo hay un círculo graduado de 0 a 360°, con dos diámetros perpendiculares entre sí, que coinciden con la graduación, en la forma que indica la figura.

En el centro del círculo un estilete o punta de acero sostiene en equilibrio la aguja imanada M, para lo cual tiene en su centro un chapitel o concavidad de ágata, en que entra el extremo superior del estilete. La caja se cubre con un cristal que casi roza con la aguja para que, al cerrarse un pequeño muelle la aplique contra el cristal, evitando que funcione cuando no se usa. La parte que se dirige al norte está pintada de azul, generalmente.

Sobre uno de los lados, y en dirección paralela al diámetro 0° 180° se suele colocar un antejo FG unido al costado E de la caja por un eje que le permite moverse en un plano vertical. Así dispuesta la brújula se coloca sobre un trípode construido de modo que pueda girar el aparato horizontalmente a uno u otro lado.

Cuando la punta de la aguja que se dirige al N,

está sobre el 0° , como se ve en la figura, entonces la visual dirigida por el anteojo marca la dirección de la meridiana magnética.

El aparato gira sobre su centro sin que por esto deje la aguja de marcar la misma dirección, y por consiguiente puede la aguja recorrer toda la gra-

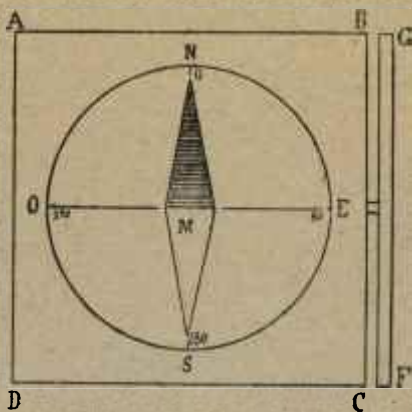


Fig. 35.

ducción marcada en el fondo de la caja sin más que mover ésta.

Si marcando la extremidad *Norte* de la aguja el 0° movemos la caja de derecha a izquierda, y la detenemos, el diámetro $0^{\circ} 180^{\circ}$ se habrá apartado al *Oeste* de la posición anterior y todo el aparato ocupará, por ejemplo la dirección que indica la figura 36. En este caso el ángulo recorrido será

el GOM, determinado por la primera posición OM del anteojo, y la segunda OG; este ángulo lo mide el arco $0^{\circ} 45^{\circ}$ recorrido al mover la caja, y lo señala la aguja, como se ve en la figura.

De aquí se sigue que, moviendo la caja de la brújula en el mismo sentido, es decir, de derecha a

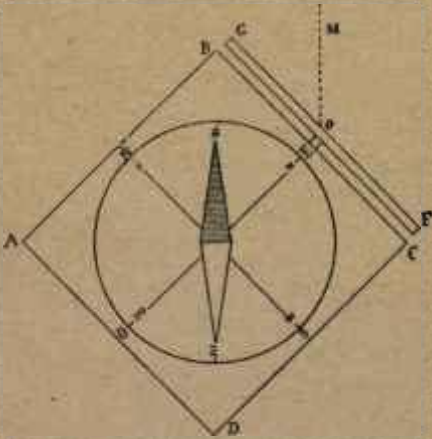


Fig. 36.

izquierda y de *Norte* a *Sur*, el extremo N de la aguja recorrerá todas las graduaciones del círculo desde 0° a 360° pasando por el E, determinando, como se ha visto, los ángulos que forman las diversas direcciones observadas con el extremo N de la aguja. Estos ángulos que la brújula mide como se ha medido el del caso que presenta la figura, se llaman *acimutes* o *rumbos*.

Resulta pues que, para determinar en el terreno la dirección de la meridiana magnética, será suficiente marcar la que da el anteojo después de haber hecho coincidir con el 0° del círculo el extremo *Norte* de la aguja.

Ahora bien, si la dirección de la meridiana magné-



Fig. 37.

tica trazada en el papel es la que indica la línea MM, (fig. 37), para obtener la meridiana astronómica, no habrá más que variar la dirección $17^{\circ} 35'$ hacia el E y se tendrá en la línea MA la verdadera meridiana.

Si queremos determinar ésta con la brújula, volveremos la caja hasta que la punta de la aguja que determina el Norte gane hacia el Oeste los $17^{\circ} 35'$

y entonces las líneas *Norte*, *Sur*, *Este* y *Oeste* marcadas en el fondo de la caja indicarán exactamente la dirección de estos puntos cardinales (fig. 38).

Orientación con la estrella polar. — Hemos dicho que la estrella polar se encuentra próximamente en la prolongación del eje de la tierra.

La polar es la estrella que indica la figura 39,

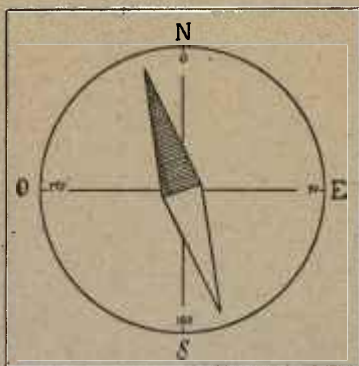


Fig. 38.

situada al extremo de la constelación llamada *Osa menor*, mucho menos visible que otra, de forma parecida, pero mucho más grande, conocida con el nombre de *Osa mayor* o de *Carro*. Esta constelación que es muy visible, sirve para averiguar la estrella polar. Para conocer la situación de ésta, basta prolongar la línea que determinan las estrellas A y B de la *Osa mayor* como unas cinco veces la distancia

que separa a éstas ; casi en dicha línea está la estrella polar. El hilo de una plomada que pase por dicha estrella, marcará el meridiano del plano de observación.

Orientación por medio del sol. — Para orientarse por este procedimiento se debe tener en cuenta :

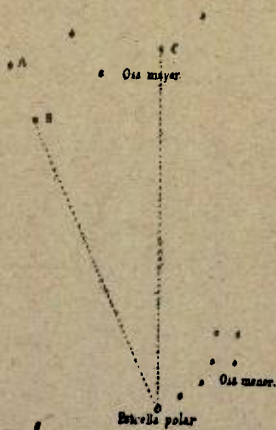


Fig. 39.

1º Que el sol, a la misma hora del día, indica siempre la misma dirección ;

2º Que mirando al sol de frente se le ve correrse hacia la derecha del observador ;

3º Que al medio día señala el sol la dirección del *Sur*, a las seis de la mañana la dirección del *Este*, y a las seis de la tarde la del *Oeste*. De esto se sigue

que la sombra de un objeto clavado verticalmente en el terreno indicará las direcciones opuestas.

Sabido esto es muy fácil orientarse observando la posición del sol a una hora dada.

A las nueve de la mañana, por ejemplo, está el sol en dirección exacta del S. E, y bastará ponerse frente a él y girar a la derecha un medio cuadrante para encontrar el *Sur*. El *Este* se encontrará girando a la izquierda del mismo modo.

Pero el modo más seguro para orientarse con el sol es el observar la dirección de la sombra de un objeto AB (fig. 40), clavado verticalmente en un terreno horizontal.

Si suponemos que sale el sol por el punto E, el objeto en el momento de amanecer tendrá la sombra a la parte opuesta, en dirección de BO, y por consecuencia, marchando desde B hasta O y en la prolongación de esta línea, caminaremos hacia el Oeste. Marcando esta línea BO en el terreno y prolongándola para mayor claridad, como se ve en la figura, tendremos en EO la línea *Este Oeste*.

Ahora bien, si a las seis de la mañana, por ejemplo, la sombra del objeto AB está en la dirección BO, doce horas después, esto es, a las seis de la tarde, la sombra estará en dirección diametralmente opuesta, es decir en la dirección BE.

¿Cuál es la dirección de la sombra a que nos referimos en el momento de ser mediodía?

Es cuestión muy sencilla.

Supongámonos colocados en O, mirando hacia el

objeto CD (fig. 41) lo colocamos verticalmente en un terreno horizontal a las diez de la mañana, y que en tal momento produce la sombra DM.

Levantando la perpendicular DO, esta nos indicará la sombra del objeto seis horas después de las diez de la mañana, esto es a las cuatro de la tarde,

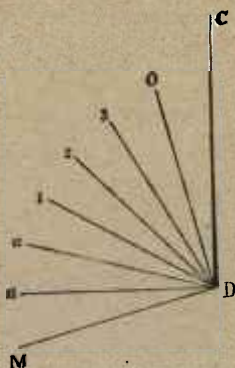


Fig. 41.

y dividiendo el ángulo ODM en dos partes iguales y cada una de éstas en tres partes, también iguales, tendremos la sombra del objeto de hora en hora, a contar desde las diez de la mañana, tal como indican las líneas D 11, D 12, D 1, D 2, etc. La D 12 será la meridiana que se busca.

Téngase siempre presente que la sombra marca la dirección contraria a la que indica el sol y que éste al medio día indica el sur.

Orientación por medio de la luna. — No ofrece la luna indicaciones tan seguras para orientarse como las del sol o de la estrella polar, pero como ésta puede estar oculta, bueno será conocer el partido que se puede sacar de la observación del astro de la noche.

La luna, lo mismo que el sol, parece que da una vuelta• alrededor de la tierra cada veinticuatro horas, girando al mismo tiempo en torno de ésta en el tiempo que se llama *mes lunar*.

Las fases de la luna son cuatro, conocidas con los nombres de luna llena, cuarto menguante, luna nueva y cuarto creciente.

La observación del movimiento de la luna, que no se puede explicar brevemente, nos da a conocer que :

1º Durante la luna llena es visible toda la noche, encontrándose a las seis de la tarde en dirección del Sur y en la del Oeste a las seis de la mañana ;

2º Que en su cuarto menguante, es visible en la segunda mitad de la noche, presentando sus puntas hacia la derecha del observador y señalando a media noche el este y a las seis de la mañana el sur ;

3º Que la luna nueva no es visible y se encuentra a las seis de la mañana hacia el Este y a igual hora de la tarde hacia el Oeste ;

4º Que durante el primer cuarto es visible la luna durante la primera mitad de la noche, presentando las puntas hacia la izquierda del que la mira, que a

las seis de la tarde señala el Sur y a la media noche, el Oeste.

Orientación por medio de un plano. — Generalmente se dibujan los planos de modo que los bordes laterales determinen la dirección de la meridiana, lo que evita el marcar con una línea en forma de flecha

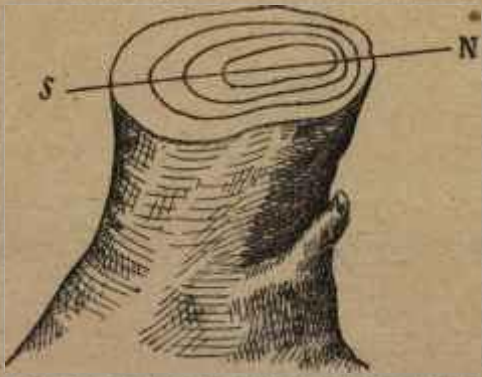


Fig. 42.

la dirección norte sur. Sabido esto, y en cualquiera de los casos, basta colocar una línea del plano en la misma dirección que tiene la que representa en el terreno y el margen lateral del plano o la dirección de la flecha determinarán la meridiana.

Supongamos que el observador se encuentra al pie de un edificio marcado en el plano. Colocará éste en posición horizontal y lo girará a derecha

o izquierda hasta que otro punto del plano esté en la dirección del que representa.

Los grandes caminos son buenos para orientarse en esta forma.

Orientación por medio de indicios. — Cuando no hay otros recursos para orientarse, es necesario apelar a los indicios que suministre el mismo terreno, y aunque estos suelen ser dudosos, cuando se combinan varios en el mismo sentido, puede ser conocida la meridiana con bastante exactitud.

He aquí los indicios más importantes.

Humedad de los muros. — Están más secos por el lado del mediodía que por el lado del norte.

Musgo, verdín, etc. — Estas plantas que crecen en los troncos de los árboles y en las piedras, necesitan humedad para desarrollarse y está más frescas y vivas por el lado del norte.

Grandes edificios. — Los grandes edificios aislados en el campo suelen construirse de modo que el frente principal mire al mediodía.

Troncos de árboles. — El corte del tronco de un árbol aislado y en punto alto, puede suministrar un dato importante.

Por efecto de la influencia solar, las capas superpuestas que constituyen el tronco se desarrollan con más vigor por el lado que mira al mediodía, como indica la figura 42.

CAPÍTULO X

BRÚJULA BURNIER.

La brújula Burnier difiere por su forma de la descrita en el capítulo anterior.

Se compone de una caja de latón CCC (fig. 43), completamente cerrada, en cuya parte interna y central *m*, un estilete sostiene un círculo o limbo graduado LL que gira libremente siguiendo los movimientos de una aguja imanada unida a él. Este limbo está constituido por una cinta metálica muy fina que tiene la graduación escrita de modo que pueda leerse por el cristal *aa*.

En la cubierta superior de la caja y articuladas con bisagras, hay dos pínulas PP por las cuales se dirige la visual a los objetos del terreno. La más larga P' tiene una cerda tirante marcada en la figura y la otra una estrecha ranura por la que se dirige la visual hasta hacerla coincidir con la cerda de la otra y con el objeto a que la visual se dirige.

La caja por su parte inferior puede encajarse sobre un mango que le permite girar libremente lo mismo en la posición vertical que en la horizontal.

Además del limbo L tiene otro con distinta aplicación, pues sirve para medir *ángulos de pendiente*.

Este limbo permanece fijo cuando se opera con el otro.

Vamos a describirlo y a explicar su uso.

Para utilizarlo es preciso colocar la brújula en

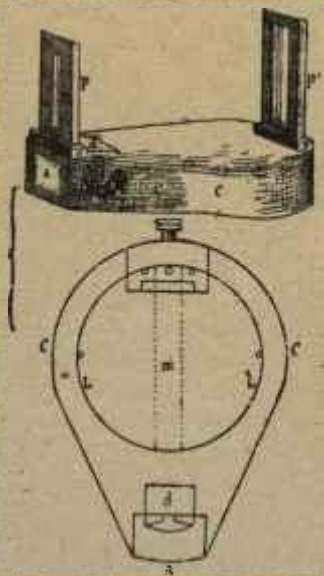


Fig. 43.

posición vertical (fig. 44). Hecho ésto, y cuando cesa la presión que sobre él ejerce el tornillo que lo sujeta, se pone en movimiento y acaba por fijar su posición de modo que el diámetro DD' resulte horizontal. Esto se consigue mediante un sector de

plomo S que, con su peso le obliga a permanecer fijo en la forma dicha. Este limbo tiene doble graduación a partir del punto O donde se encuentra el cero, y como la caja CCC gira en el plano vertical con independencia del limbo, la caja puede tomar diversas posiciones y con ella el ocular A y las pínulas P que ahora resultan en posición horizontal a la derecha del observador.

Cuando la brújula esté en la posición que indican las líneas fuertes de la figura, la cerda que hay en el interior del cristal a enfilará el cero y la visual a B dirigida por las pínulas PP' será una visual horizontal.

Cuando ocupe otra posición, por ejemplo, la que indican las líneas de puntos, la cerda coincidirá con el número 30, por ejemplo, y la visual dirigida por las pínulas que ahora ocuparán la posición P' P' nos dirá que el objeto A tiene un ángulo de pendiente de 30°.

La brújula Burnier se prefiere a otras porque es muy manuable y sólida si se tiene cuidado de asegurar los dos limbos para que no funcionen cuando se deja de operar con ellos.

Esta brújula, además de darnos a conocer, como todas, la dirección de la meridiana magnética, sirve como hemos visto para medir el ángulo que forman dos objetos del terreno con el punto en que está colocado el aparato, que se llama *punto de estación*. Este punto de estación es, por consiguiente, el *vértice* de los ángulos a que acabamos de referirnos.

La medición de ángulos resulta muy fácil después de haberse penetrado bien de lo siguiente :

1º El limbo, después de varias oscilaciones, permanece fijo, marcando la aguja unida a él la dirección norte-sur ;

2º La parte exterior del aparato girá a derecha e izquierda a voluntad del que lo maneja con entera independencia del limbo ;

3º Como consecuencia de lo dicho, cuando el limbo esté fijo, si desde *a* vemos el cero de la graduación, estaremos mirando al norte y daremos la espalda al sur. Si suavemente movemos el aparato a la derecha, se irá viendo la graduación 5, 10, 15, etc., y cuando llegemos a ver el 90 estaremos mirando al oeste. Siguiendo el movimiento en el mismo sentido, llegaremos al 180, y estaremos mirando al sur. Al llegar al 270 estaremos enfilando el este, y siguiendo el movimiento volveremos al punto de la primera observación y habrá descrito el aparato un círculo completo.

Supongamos ahora (fig. 45), que se trata de medir el ángulo que forma un objeto A con la meridiana magnética NS. Ya sabemos que en este caso al mirar en dirección de N tenemos que ver el cero, y no haremos más que mover el aparato poco a poco hacia la derecha, hasta que la visual dirigida por las dos pínulas que están en la parte superior de la caja enfile el objeto A. Hecho esto, miraremos por el cristal el número que coincida con la pequeña cerda que está detrás de él y, suponiendo que sea 45.

diremos que el objeto A forma con la meridiana un ángulo de 45° hacia el Norte el AmN y de 135° hacia el sur el AmS .

Si el objeto cuyo ángulo con la meridiana queremos medir estuviera situado en B, moveríamos la

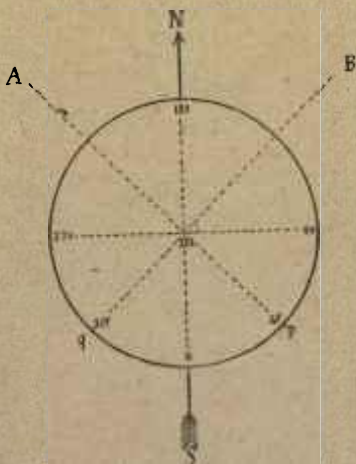


Fig. 45.

brújula hacia la izquierda y, cuando la visual dirigida por las pínulas enfilara el objeto B detendríamos el movimiento del aparato y leeríamos el número 315. Como la línea NS determinada por la primera dirección de las pínulas solamente habría recorrido al girar sobre el centro m el arco oq , es evidente que la medida del ángulo NmB no puede estar repre-

sentada por los 315° que da la lectura, sino por el valor verdadero del arco $0^\circ 315^\circ$. Este valor lo podremos determinar de dos modos, o sumando los grados que se van recorriendo desde 0 hasta donde detenemos el movimiento de la brújula, o restando

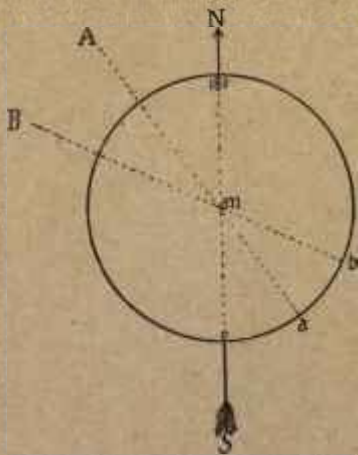


Fig. 46.

de los 360° los 315° que da la lectura. En ambos casos tendremos como medida del arco el número 45° , verdadero valor del ángulo NmB .

Antes de continuar recordaremos que se llama *azimut* el ángulo que forma una dirección cualquiera con el meridiano magnético, y que los azimutes se cuentan siempre de norte a oeste y de 0° a 360° .

Supongamos ahora que se trata de medir el ángulo que forman dos puntos A y B del terreno con el punto m en que se encuentra el observador (fig. 46).

Como en las dos figuras anteriores, el círculo de esta representa el limbo, y la NS, la dirección

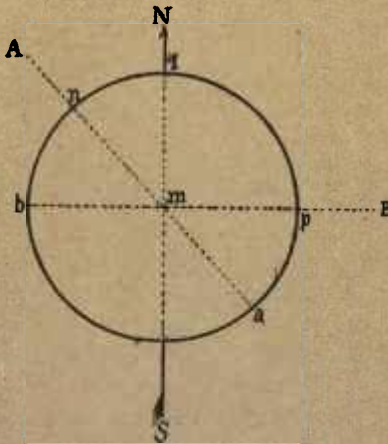


Fig. 47.

Norte Sur o sea la posición fija tomada por el limbo después de sus primeras oscilaciones. Moveremos la brújula hasta que coloquemos las pínulas en la dirección mA , y anotaremos la graduación que de el limbo mirando desde a , y determinada por el arco oa . Hecho esto seguiremos moviendo la brújula tahas enfilar el otro objeto B, resultando moco

movimiento total de la brújula, el arco *ob*. La diferencia entre ambos arcos nos dará el ángulo buscado.

Si en *a* hubiéramos leído 44° y en *b* 75° , por ejemplo, tendríamos :

$$\text{Ang. } BmA = 75^\circ - 44^\circ = 31^\circ.$$

Si la primera visual *mA* hubiera dado los mismos 44° (fig. 47), y la segunda, *mB*, 270° , razonaríamos así para conocer el valor del ángulo *AmB*.

$$\begin{aligned} \text{Ang. } AmB &= 360^\circ - \text{arco } nbap. \\ \text{arco } nbap &= \text{arco } qnbap, \text{ o azimut de B } - qn, \text{ o azimut de A} \\ \text{Ang. } AmB &= 360^\circ - (270^\circ - 44^\circ). \\ &= 360^\circ - 226^\circ = 134^\circ. \end{aligned}$$

Es decir que, cuando la diferencia entre los dos azimutes encontrados sea superior a 180° , se deberá restar esta diferencia de los 360° que tiene toda la graduación de la brújula.

Si la diferencia entre ambos azimutes fuera 180° esto nos diría que los dos puntos se encontraban en línea recta.

CAPÍTULO XI

PROBLEMAS QUE PUEDEN RESOLVERSE CON LA BRÚJULA BURNIER.

1º *Sobre un punto cualquiera de una línea recta dada en el terreno, trazar una perpendicular.* — Sea (fig. 48), la línea AB de una tapia, por ejemplo, y sea P el punto sobre el cual ha de levantarse la perpendicular deseada.

Para esto nos colocaremos en P mirando con la brújula en dirección de A o de B para conocer el *azimut* de esta línea AB.

Si mirando hacia B la brújula nos presentara e cero, sería señal de que la dirección AB es la de la meridiana magnética, y para levantar la perpendicular por nuestra izquierda, giraríamos el ocular de la brújula hacia nuestra derecha, hasta leer en ella el número 90º, y entonces la visual dirigida por las pínulas determinaría la dirección de la perpendicular pedida. Esta sería la PM.

Si al contrario nos hubiéramos colocado en el mismo punto P, pero de espaldas al norte, el limbo nos daría la graduación 180º y en vez de girar la brújula como antes, la giraríamos hacia nuestra izquierda hasta leer el mismo número 90º. La direc-

ción marcada por las pínulas daría la perpendicular PM.

Como de comprender o no este sencillo problema depende la solución de otros, insistiremos sobre él, dando a conocer las dos posiciones de la brújula.

Sea la misma alidada AB (fig. 49), y el punto P.

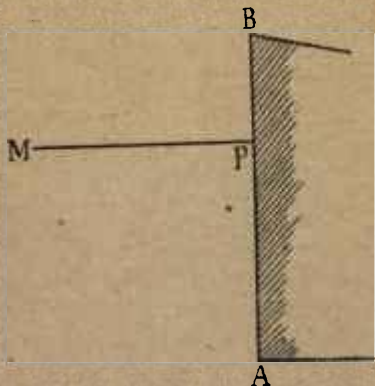


Fig. 48.

En la primera posición, es decir, cuando miramos al norte, la caja de la brújula estará en la posición indicada por las líneas fuertes, y por lo tanto, mirando desde a leeremos 0 en el limbo.

Como las líneas 90° , 180° y 90° 270° se cruzan perpendicularmente en el centro del limbo, claro está que haciendo girar la caja hasta descubrir el 90° , las pínulas que están sobre la tapa y que antes marcaban la dirección NS, paralela a la AB, indicarán

la dirección 90° , 270° , que es la de la perpendicular PM. Las líneas de puntos dan a conocer la segunda posición de la brújula.

En el otro caso, cuando el observador se coloca de espaldas al norte, el cristal u ocular *a* se habrá

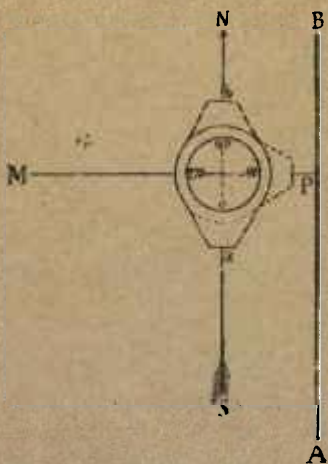


Fig. 49.

trasladado a *b* en la posición que indican las líneas de trazos, leeremos el número 180° y buscaremos el 90° girando el ocular de la brújula hacia la izquierda.

Como es natural, casi siempre ocurre que la dirección dada para levantar sobre un punto de ella una perpendicular está cortada por la meridiana magnética, y como esto es lo más general, resolveremos el

problema distinguiendo dos casos, a saber que la perpendicular se levante por la derecha o por la izquierda del observador en la posición que tenga al medir los azimutes.

Sea la dirección AB (fig. 50), y el punto m el elegido para levantar la perpendicular por la derecha.

Como se ve la línea Norte Sur corta la dirección AB.

Colocándonos en m mediremos el azimut de mB , que será 315° por ejemplo, y como de lo que se trata en todos casos es de formar un ángulo recto, dada la construcción de la brújula que, como se ve en la figura tiene el cero al Sur, restaremos de la graduación leída, 90° , y buscando la diferencia 225° en la brújula, cuando moviéndola leamos esta graduación, las pínulas determinarán la mQ , perpendicular deseada.

Si la perpendicular hubiera de levantarse por la izquierda de la mB , también leeríamos la misma graduación 315° , pero en este caso el orden que sigue la graduación del limbo nos ofrecería alguna dificultad, para averiguar en el acto qué número deberemos leer con objeto de que las pínulas queden marcando la perpendicular que se busca.

La inspección de la figura nos dice que, para levantar la perpendicular pedida, esto es la mP , tenemos que mover la brújula para observarla dando la espalda el punto Q , es decir, haciéndola girar 90° .

Para observar la brújula en la posición indicada

podemos hacerla girar de dos modos : hacia la derecha o hacia la izquierda. Si lo segundo, tendrá que recorrer en su giro tres cuadrantes desde el 315 hasta el número que buscamos, luego si de aquel número

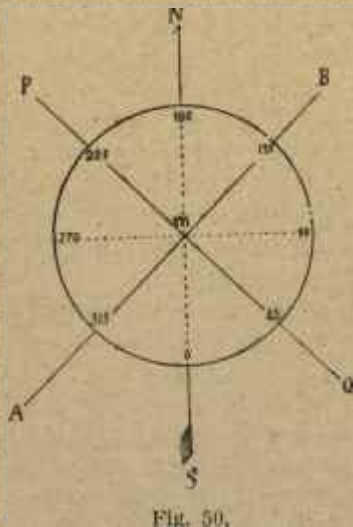


Fig. 50.

restamos el valor de los tres cuadrantes o sea tres veces $90^\circ = 270^\circ$, resultará.

$$315^\circ - 270^\circ = 45^\circ.$$

Este último número es el que debemos leer para que la dirección de las pínulas marque la *mP* que se busca.

Pero también podemos dar el giro a la brújula desde el 315° hacia la derecha, en cuyo caso el giro será de un cuadrante y no de tres. Como esto es lo más breve, parece lo más natural.

En este caso, como el ocular tiene que pasar por el cero, observaremos que de 315° que marca la brújula, hasta 360° hay 45° y que, para completar el ángulo recto faltan otros 45° , número que debemos leer para enfilar la dirección mP .

Hemos levantado perpendiculares a la AB , por derecha e izquierda, enfilando la dirección mB , esto es, estando colocados de espaldas al extremo A , y vamos ahora a levantar las mismas perpendiculares enfilando la dirección mA .

En esta disposición vamos a levantar una perpendicular por la derecha a la línea AB en el punto m .

Al tomar la dirección de la mA leeremos en el limbo, según indica la figura, 135° y como la perpendicular se va a levantar por la derecha, habrá que girar la brújula hacia la izquierda un cuadrante, y como en este sentido la graduación va de mayor a menor y es posible la resta de 90° , diremos :

$$135^\circ - 90^\circ = 45^\circ.$$

número que determina la perpendicular mP .

Si hubiéramos de levantar la perpendicular por la izquierda, tendríamos que girar la brújula hacia la derecha un cuadrante, en cuyo sentido la graduación va de menor a mayor, y como el número 135°

admite los 90° sin exceder de los 360° de la brújula, diremos :

$$135^\circ + 90^\circ = 225^\circ.$$

Número que debemos leer para que las pínulas nos den la dirección pedida, que es la mQ .

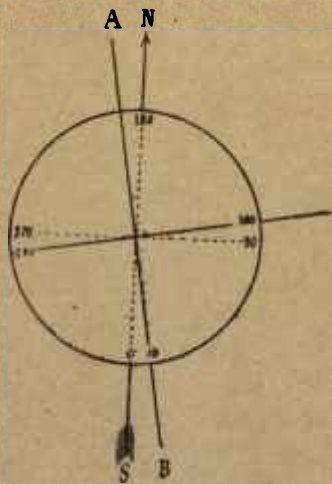


Fig. 51.

Si en vez de leer 135° al tomar la dirección o el rumbo de mA hubiéramos leído 179° , tratando de levantar la perpendicular por la izquierda del mismo modo hubiéramos agregado a dicha cifra 90° , y haciendo girar la brújula a la derecha todo lo necesario para encontrar la suma $179^\circ + 90^\circ = 269^\circ$,

este último número leído en la graduación de limbo, determinaría con la visual dirigida por las pínulas la dirección de la perpendicular.

Si habiendo leído los mismos 179° hubiéramos querido levantar la perpendicular por la derecha, el giro de la brújula sería hacia la izquierda, de mayor graduación a menor, y restando 90° de los 179° tendríamos 89° y este número tendríamos que ver en el limbo para trazar la perpendicular como en los casos anteriores.

En el caso de haber leído 10° al enfilear la A (fig. 51), para levantar la perpendicular por la izquierda, como la graduación va de menor a mayor, y admite dentro de sí la suma de 90° , agregaríamos esta cantidad a 10° y el número 100 determinaría la dirección de la perpendicular.

Si habiendo leído el mismo número 10° al tomar la dirección de A tratáramos de levantar la perpendicular por la derecha, tendríamos que girar la brújula hacia la izquierda, pasando por el cero, punto de arranque de la graduación del limbo, y haríamos en este caso el mismo razonamiento que en otros semejantes.

Se trata de ganar hacia la izquierda 90° y diremos : desde que la brújula empieza a girar partiendo de los 10° hasta que llega al cero, gana estos diez grados en la dirección que nos conviene, pero como ha de ganar 90° , le faltan 80° , y como a partir desde el cero el primer cuadrante hacia la izquierda es 270° (véase la figura) agregaremos a 270° los 10°

que ya había ganado para llegar a cero. $270^\circ + 10^\circ = 280^\circ$, y este número tendríamos que leer.

En resumen, para levantar perpendiculares con la brújula de que nos estamos ocupando, se debe hacer lo siguiente :

1º Situarse con ella en el punto elegido para que pase por él la perpendicular ;

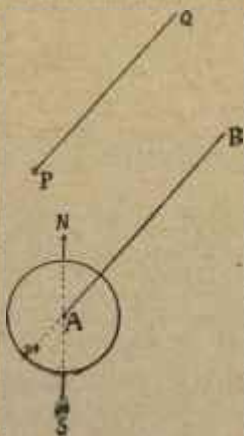


Fig. 52.

2º Ver el rumbo que da el instrumento al enfilar la dirección dada ;

3º Ganar a derecha o a izquierda, según la posición del que opera y el lado hacia el cual ha de levantarse la perpendicular, el valor de un ángulo recto, es decir 90° , teniendo presentes las observaciones hechas ;

2º Desde un punto dado en el terreno, trazar una línea paralela a otra también dada. — Sea el punto P (fig. 52), por el cual queremos que pase una paralela a la AB.

Nos colocaremos en A, veremos la graduación que nos da el limbo al enfilar la dirección AB (supongamos que sea 319) y trasladándonos con la brú-



Fig. 53.

jula a P, buscaremos en ella la misma graduación y la visual PQ, dirigida por las pínulas, determinará la paralela que se pide. Lo mismo se hubiera resuelto el problema desde B 4.

3º Desde un punto dado en el terreno dirigir una perpendicular a una recta dada.

Sea el punto A y la recta MN (fig. 53).

Trazando en A una paralela a MN en la forma que ya se ha explicado, y desde el punto A de ésta una perpendicular AC, que llegue hasta a MN, estará resuelto el problema.

CAPÍTULO XII

PLANCHETA.

Se compone de un tablero cuadrado de unos seis decímetros de largo unido a un trípode por medio de una articulación que le permite tomar distintas posiciones, y moverse en el plano que conviene al que lo maneja, generalmente el horizontal.

Para colocarla en este plano tiene un nivel de aire.

También forma parte de este útil y sencillo instrumento, tan sencillo que se puede improvisar fácilmente, una regla graduada con dos pínulas en sus extremos, semejantes a las de la brújula Burnier y con el mismo objeto. Esta regla se llama *alidada*.

El principal objeto de la plancheta es disponer en el campo de una mesa portátil que permita además trasladar gráficamente el papel la dirección de las visuales.

Algunas tienen un anteojo para dirigir las, que suele servir también para medir ángulos de pendiente.

Este anteojo, AB (fig. 54), gira en un plano vertical sobre su centro C, acompañado de un índice perpendicular al mismo anteojo.

El semicírculo que se ve en la figura tiene el cero

en e y dos graduaciones, una por la derecha y otra por la izquierda. Este semicírculo permanece fijo.

Si colocamos este instrumento en la superficie horizontal de la plancheta, cuando el anteojo AB está ajustado al diámetro del semicírculo y por lo tanto el índice marque el cero, la visual AM será horizontal.

Si se mueve el anteojo para hacerle tomar otra

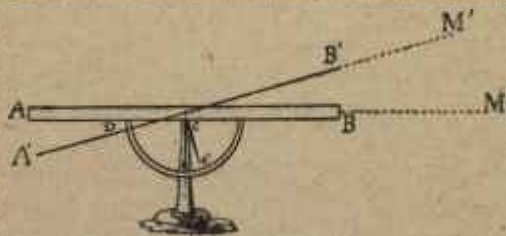


Fig. 54

dirección, tal como la $A'B'$ con objeto de enfilear el punto M' el índice, con su nueva posición ce' , marcará el número de grados recorrido desde e hasta e' y este número de grados será el valor del ángulo de pendiente $M'cM$.

Cuando la visual es descendente, el índice marca el valor del ángulo observado por el otro cuadrante en la parte eD .

La alidada de la plancheta suele estar también dispuesta para medir ángulos en la misma forma.

Si queremos medir con la plancheta y fijar en ella

el ángulo que forman dos direcciones del terreno AB y AC (fig. 55), empezaremos por colocar el aparato en el vértice, es decir, exactamente sobre él y en sentido horizontal.

Después marcaremos en la plancheta, con el lápiz el punto del papel que corresponde al del terreno, ajustando a él la alidada dirigiremos una

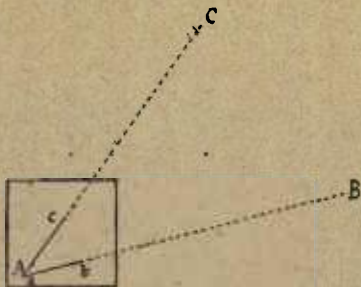


Fig. 55.

visual al punto B, y marcando su dirección en el papel quedará determinada con la recta *ab*.

Moviendo la alidada, siempre sobre el punto vértice, hasta que la visual dirigida por las pínulas coincida con el punto C, trazaremos esta nueva dirección y resultará en el papel el ángulo *cab*, igual a CAB del terreno.

Si en éste midiéramos una distancia AB (fig. 56) con arreglo a escala, podríamos representarla en el papel con la línea *ab*.

Si ahora quisiéramos fijar en el papel un tercer punto C del terreno, hecha la medida de AB según hemos dicho y trazada la dirección AC, como acabamos de indicar, trasladaríamos la plancheta al punto B del terreno, empezando por colocarla de modo que el punto *b* quedara exactamente encima de B, esto es en la vertical que pasa por este punto.

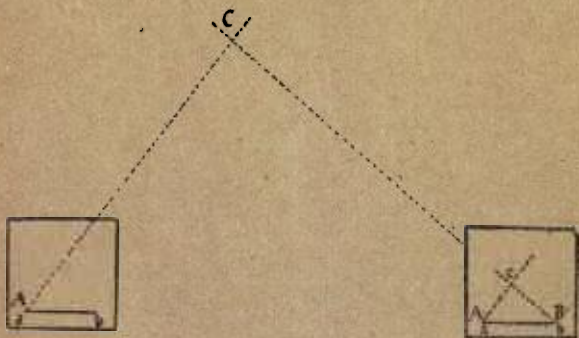


Fig. 56.

Convencidos de que la plancheta está bien situada, la colocaríamos en posición horizontal y luego la *declinaríamos*.

Declinar la plancheta es colocar las líneas trazadas en ella paralelamente a sus semejantes en el terreno.

En este caso, después de estar la plancheta horizontal, la moveríamos hasta que la *ba* del papel estuviera en la dirección BA del terreno, y de esto nos convenceríamos ajustando la alidada a la *ba* y dirigiendo una visual desde **I**BA.

Colocada la plancheta en esta segunda posición tendríamos : la *ab* en la misma dirección que la *AB*, reducida ésta con arreglo a escala y marcada la recta indefinida que trazamos en el punto *a* con dirección al punto *C*, cuando la plancheta ocupaba la primera posición. Esta recta indefinida está indicada con una

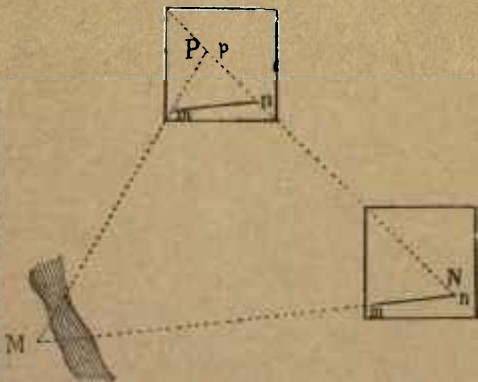


Fig. 57.

línea de puntos en la primera y segunda posición de la plancheta.

Dispuesta la plancheta como queda dicho, ajustaríamos la alidada al punto *b*, la moveríamos hasta enfilar por las pínulas el punto *C*, y cuando esto sucediera, marcaríamos en el papel esta nueva dirección.

El punto *c* en que corta esta nueva recta a la que indica la dirección *AC* sería el *C* del terreno y el

triángulo abc del papel (segunda posición de la plancheta, representaría el ABC del terreno.

Si además del punto C hubiéramos querido fijar otro u otros, procederíamos del mismo modo, esto es trazando en a las direcciones de los nuevos puntos, trasladando la plancheta a B, *declinándola* y marcando las direcciones desde b a los indicados puntos.

En este caso, en vez de un triángulo sobre el lado ab quedarían contruidos dos o más.

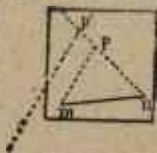


Fig. 58.

Sabido esto, vamos a resolver varios problemas tan fáciles como interesantes.

1º *Conociendo las proyecciones m y n de dos puntos M y N del terreno, de los cuales uno solo es accesible, fijar en la plancheta un punto P del terreno, que es accesible (fig. 57).*

Colocaremos la plancheta en N y la declinaremos sobre M, y colocando la alidada en n , marcaremos en el papel la dirección de NP.

Ejecutada esta operación, trasladaremos la plancheta al punto P y declinándola sobre PN, resultará la mn , paralela a la MN.

Colocada así la plancheta, ajustaremos la alidada

al punto m y, dirigiendo una visual a M , trazaremos la línea que marca esta dirección, y el punto p en que ésta corta a la dirección np , será el punto P del terreno que se quería fijar en el papel.

Hecho esto el triángulo mnp será representación del MNP .

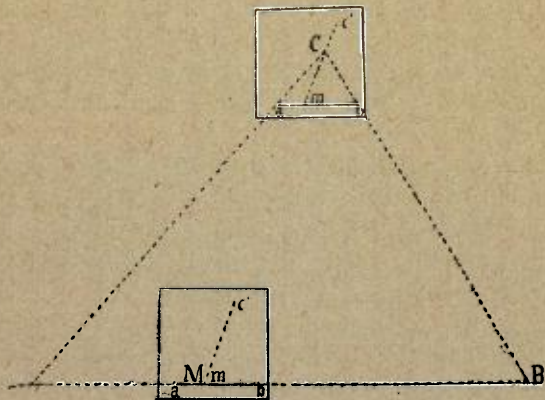


Fig. 59.

Que esta operación resulte bien o mal hecha depende de que se coloque o no exactamente la plancheta sobre el punto P del terreno, es decir en la vertical que pasa por P . Para conseguir esto vamos a dar una regla exacta.

Hágase coincidir un punto cualquiera de la pn , el p por ejemplo (fig. 58) con la vertical que pasa por P , declínese la pn sobre la PN y dirijase la visual $p' M$ (fig. 57), cuya dirección se marcará en el papel.

Como la mn representa a la MN del terreno con arreglo a los datos del problema, y por lo tanto tenemos determinados en la plancheta los puntos m y n , desde m trazaremos una paralela a la dirección $p'M$, y el punto p en que corta a la pn será la representación del P del terreno.

2º *Determinadas en la plancheta las proyecciones a y b de dos puntos del terreno inaccesibles, A y B, pero entre los cuales hay varios accesibles en la recta AB que los une, fijar en la plancheta un tercer punto accesible, tal como C (fig. 59).*

Como según indica el problema no podemos situarnos ni en A ni en B, porque son puntos inaccesibles, buscaremos en la AB un punto accesible tal como M, colocaremos sobre él la plancheta y declinaremos la ab del papel sobre la AB del terreno.

Hecho esto, dirigiremos desde M una visual a C, marcaremos su dirección mc' en el papel, como indica la figura y trasladaremos la plancheta al punto C del terreno para declinar la $c'm$ sobre M, con lo cual tendremos la ab paralela a la AB.

Si en esta dirección dirigimos visuales desde a al punto A y desde b al punto B, la intersección de estas visuales en C fijará este punto en el papel.

3º *Referir una alineación o base accesible a otra inaccesible (fig. 60).*

La línea AB del terreno está representada en la plancheta por la línea ab , y con arreglo a las condiciones del problema no podemos estacionar en A y B por ser inaccesibles. Sin embargo queremos

relacionar o referir estos dos puntos a otros dos del terreno, y vamos a ver como se hace esta operación.

Trazamos y medimos en el terreno una alineación CD, desde cuyos extremos se vean los puntos A y B, y colocando en C la plancheta, la declinamos sobre D y dirigimos visuales a los puntos A, B, D, cuyas direcciones marcaremos en el papel.

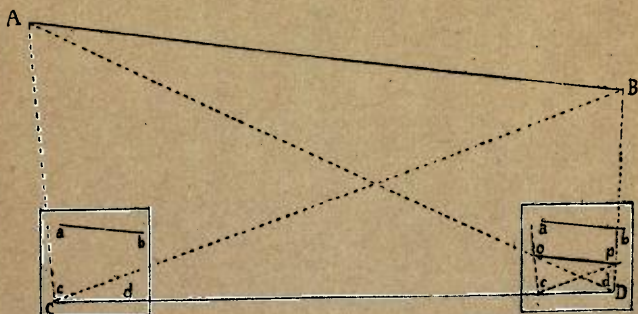


Fig. 60.

Después trasladaremos la plancheta al punto D (obsérvese que con las direcciones CA, CD y CB marcadas en el papel), la declinaremos sobre C y dirigiremos visuales a los puntos C, A y B, cuyas direcciones marcaremos también. Estas cortarán a las otras en los puntos *o* y *p*, quedando así trazada la figura *copd*, semejante a la CABD del terreno.

En la figura *copd*, la línea *op* representa a la AB del terreno, y por lo tanto, construyendo sobre la *ab* que ya tenemos determinada una figura igual

a la *copd*, tendremos relacionados los puntos A y B del terreno con otros dos C y D, representados en la plancheta con las letras *c* y *d*.

Para poner fácilmente en estación la plancheta,

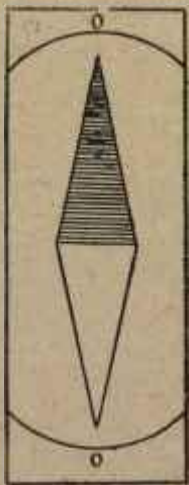


Fig. 61.

suele acompañarla una brújula declinatoria, que se compone de una aguja encerrada dentro de una caja rectangular, tal como la representa la figura 61.

Esta brújula no tiene más que dos partes de limbo y un diámetro cero cero, como la figura indica.

Colocada sobre la plancheta, claro es que, cuando

marque la misma dirección en otra dirección de la plancheta, tendrá esta la misma orientación.

Supongamos que la plancheta está colocada en el punto A (fig. 62), ya declinada la línea *ab* sobre la AB del terreno. Colocaremos en la plancheta la brújula declinatoria, y la haremos girar hasta que la aguja imanada se coloque sobre el diámetro *cero*

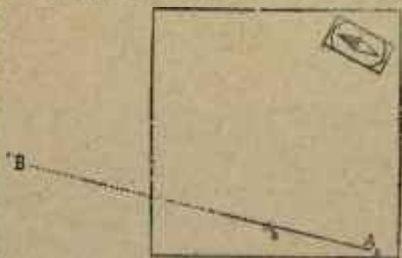


Fig. 62.

cero, y marcaremos con lápiz en el papel del plano el contorno de la caja, con objeto de colocarla en el mismo sitio siempre que traslademos la plancheta a otro punto de estación.

Cuando esto suceda, no admite duda que si colocamos la brújula en el mismo sitio que estaba antes, siempre que la aguja marque la dirección *cero* estarán las líneas trazadas en el dibujo paralelamente colocadas con respecto a sus semejantes del terreno.

El declinatorio facilita la resolución de algunos problemas, entre ellos el siguiente: supongamos

que los puntos m y n (fig. 63) representan en la plancheta las proyecciones de los M y N del terreno a los que deseamos referir otro tal como B .

Colocaremos la plancheta en este punto y, cuando la brújula declinatoria situada en el rectángulo a

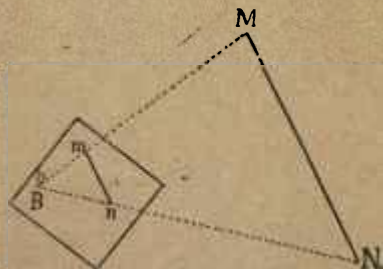


Fig. 63.

que antes nos hemos referido señale cero cero, la mn del dibujo será paralela a la MN del terreno.

Hecho esto dirigiremos con la alidada por m y por n las visuales mM y nN , las cuales, marcadas y prolongadas en el papel según indica la figura, nos darán en su punto de intersección b el punto B del terreno.

CAPÍTULO XIII

MEDICIÓN DE DISTANCIAS.

Distancia natural del punto A al punto B del terreno (fig. 64) es la que resultaría siguiendo todas las inflexiones de la $AmnB$, como si se tendiera una cuerda sobre la superficie del terreno, plegándose a él y se desarrollara después.

Distancia geométrica entre los mismos puntos es la determinada por la recta de puntos AB.

Distancia vertical es la BC, perpendicular que baja desde el punto más alto al plano horizontal que pasa por el otro. Señala la diferencia de nivel que hay entre los dos puntos.

Por último, *distancia horizontal* es la horizontal que, partiendo de A llega hasta la línea vertical bajada desde el otro punto o la horizontal que desde B fué a encontrar a la vertical elevada en A.

Para medir la distancia entre dos puntos del terreno, ya accesibles, ya inaccesibles, hay varios procedimientos que es preciso conocer, pero antes indicaremos cuales son los útiles más necesarios para hacer esas medidas y para resolver algunos problemas de geometría práctica.

El *piquete* es un asta de madera, recta y cilíndrica de 1^m,30 a 1^m,50 de altura, como de tres centí-

metros de diámetro, que por un extremo remata en una punta de hierro para clavarlo.

Jalón es un piquete de más de dos metros de altura.

Tanto el piquete como el jalón tienen por la parte superior un remate de hierro con objeto de que resistan los golpes cuando se claven a mazo.

La *mira* se compone de uno o varios listones de madera que, ligados entre sí, corren unos sobre otros hasta adquirir una longitud de tres o cuatro metros. Estas reglas están divididas en decímetros y centímetros y a lo largo de ellas corre una tablilla dividida en cuatro rectángulos de dos colores distintos y alternados diagonalmente, blanco y negro o blanco y rojo. Un tornillo asegura esta tablilla a mayor o menor altura.

Cadena. — Sus eslabones son de alambre grueso. Las hay de 10 metros y de 20, y de metro en metro tienen una chapa de bronce u otra señal. A cada cadena acompaña un juego de agujas, compuesto de tantas como metros tiene aquella. Estas agujas son de alambre fuerte de unos 40 centímetros de altura.

Rodete. — Es una cinta pintada y dividida en metros, decímetros y centímetros, que se enrolla dentro de una caja cilíndrica.

Cinta metálica. — Es una banda estrecha de acero dividida, lo mismo que la cadena. Suele tener 10 metros de longitud.

Antes de medir una distancia se debe marcar

ésta en el terreno con una alineación de piquetes, siguiendo exactamente la línea de un plano vertical que cortara el terreno, pasando por los dos extremos cuya distancia se quiere apreciar. Si la distancia que se ha de jalonar puede ser recorrida con la vista y con el paso, la operación se hace cubriendo unos

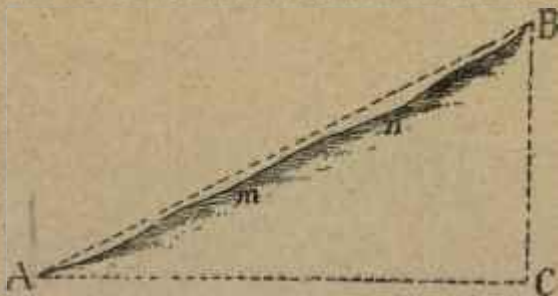


Fig. 64.

con otros los piquetes clavados a mayor o menor distancia.

Para clavar un jalón o piquete en posición vertical, se usa la plomada.

Cuando los extremos de la alineación están muy distantes unos de otros o cuando desde el uno no se ve el otro, se empieza la operación desde el centro y se procede por tanteos en la forma que vamos a indicar. Sean los dos puntos A y B (fig. 65).

Dos personas, cada una con un piquete, se colocan dándose frente, hacia el centro de la línea, próxi-

mamente y en sitio tal que una vea el extremo A y otra el extremo B

Sean por ejemplo los dos puntos M y N.

La que está colocada en N mirando hacia A alineará el piquete de M con aquel punto y quedarán alineados los puntos A, M y N.

Pero como el observador M ve que el piquete de N no está en la dirección de B, moviendo el brazo izquierdo le hará señas para que se corra con el



Fig. 65.

piquete hasta colocarle exactamente alineado con B en el punto O. El que conduce este piquete verá que el clavado en M no está en la dirección del punto A y haciendo señas con la mano derecha lo hará colocar en P. Del mismo modo el piquete que está en O pasará a ocupar el punto S en la dirección de B, hasta que, situados los dos en V y T, vea el que está en V que el piquete colocado en T está en la alineación y el que está en T que el V está también en la línea. Cuando esto suceda la operación se podrá concluir sirviendo de base los dos piquetes clavados en T y en V.

Después de establecidas las alineaciones con objeto de medir la distancia más exactamente, vamos a ver como se hace esta medición.

Una distancia puede medirse a pasos, pero es necesario para esto que tenga el que hace la operación contrastados los suyos con el metro y que use un *podómetro*, instrumento en forma de reloj que llevado verticalmente por una persona acusa el número de pasos que recorre.

También pueden apreciarse las distancias aproximadamente por el tiempo que se tarda en recorrerías

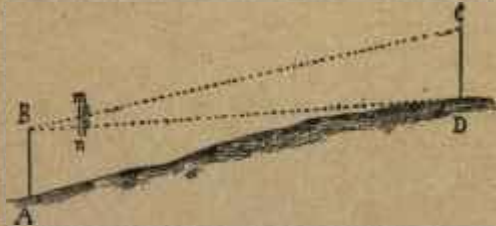


Fig. 66.

y para esto conviene conocer la distancia media que anda en un minuto el que ha de hacer la medida o el caballo que monta.

Pueden igualmente usarse ciertos anteojos para medir una distancia con mucha exactitud sin recorrerla. Como el uso de estos anteojos, lo mismo que el de los telémetros, es fácil y se venden siempre acompañados del modo de empleo no nos detendremos en darlo a conocer. Lo único que diremos es que la mayor parte de estos aparatos están fundados en principios de óptica y de geometría muy sencillos.

A falta de estos instrumentos es fácil improvisar uno que de la distancia con aproximación. Una pequeña regla dividida en milímetros basta para el caso.

Supongamos (fig. 66), que un hombre AB quiere averiguar la distancia a que está colocado otro, DC.

El AB extiende el brazo, coloca la regla en la posición *mn*, dirige dos visuales BC y BD, rasando con la regla a la cabeza y a los pies del hombre CD, señala en la regla los puntos *o* y *p*, y hecho esto forma la siguiente proporción :

Bp distancia del brazo : *op* milímetros interceptados por las dos visuales :: *BD*, distancia que se quiere medir : *CD*, altura del hombre, de donde resultará :

$$BD = \frac{Bp \times CD}{op}$$

cantidades estas tres últimas conocidas, y si por ejemplo : *Bp* = 0,5, *op* = 0,008 y *CD* = 1,6, tendremos :

$$BD = \frac{0,5 \times 1,6}{0,008} = 100.$$

En casos de apuro, se puede apelar a otros recursos muy aceptables, como por ejemplo el sonido, que puede también suministrar datos muy aproximados

Como se calcula que la velocidad de la luz es 298 000 kilómetros por segundo, el fogonazo de un fusil se ve en el momento de la descarga. La velo-

alidad del sonido a una temperatura de 10° sobre cero es $337^{\text{m}},2$ por segundo, aumentando o disminuyendo por cada grado más o menos de temperatura $0^{\text{m}},626$, datos suficientes para apreciar con alguna exactitud la distancia a que se hace un disparo. Basta sacar un reloj y medir los segundos que pasan desde que se ve el fogonazo hasta que se oye la detonación. Si transcurren tres segundos, se multiplica el número 3 por 337 y el producto 1 011 es



Fig. 67

la distancia a que se encuentra el que ha hecho fuego.

También se pueden apreciar las distancias a simple vista, sabiendo que :

A 4 000 metros se pueden contar las ventenas grandes de las casa.

A los 2 000 empiezan a verse como puntos los hombres y los caballos aislados.

A los 1 200 se distingue bien un árbol aislado, un poste alto, un caballo montado o desmontado.

A los 800 se distinguen los movimientos de un hombre aislado.

A 400 metros la cabeza de un hombre se percibe

bien, y a los 300 se ven las manos distintamente.

Para medir la distancia horizontal entre dos puntos A y B (fig. 67) se establece una alineación y sobre pequeños caballetes se va colocando una serie de reglas *ab*, *cd*, etc., en sentido horizontal, y la suma de estas da a conocer la AC, distancia horizontal entre los puntos dados.

Pero este procedimiento ya hemos dicho que resulta poco práctico para los levantamientos rápidos, ya porque exige mucho tiempo, ya porque exige el transporte de un material embarazoso.

CAPÍTULO XIV

REDUCCIÓN DE DISTANCIAS AL HORIZONTE Y VARIOS PROBLEMAS.

Ya hemos dicho que una distancia está reducida al horizonte cuando se conoce su proyección horizontal, y que ésta se encuentra con facilidad conociendo los grados de la pendiente observada.

Si hemos medido en el terreno una distancia de 550 metros con un ángulo de pendiente de 20 grados, encontraremos la proyección de este modo.

Trácese una recta indefinida (fig. 68), y sobre un punto cualquiera P, fórmese un ángulo de 20° , y sobre la PM tómesese la distancia que en nuestra escala corresponde a los 550 metros que será 5 centímetros y 5 milímetros. En M bájese la perpendicular MO y la PO será la reducción al horizonte que se busca. Como esta operación habría que repetirla tantas veces como se midieran pendientes, dificultaría la rapidez del trabajo y lo mejor es recurrir a tablas que dan distancias reducidas al horizonte, de grado en grado y de metro en metro. Hela aquí.

Cuadro para la reducción de distancias al horizonte.

GRADOS de pen- diente.	PROYEC- CIÓN de un metro.	GRADOS de pendiente.	PROYEC- CIÓN de un metro.	GRADOS de pendiente.	PROYEC- CIÓN de in- metro.
1	0,999	16	0,961	31	0,857
2	0,999	17	0,956	32	0,848
3	0,998	18	0,951	33	0,838
4	0,997	19	0,945	34	0,829
5	0,996	20	0,939	35	0,819
6	0,994	21	0,933	36	0,809
7	0,992	22	0,927	37	0,798
8	0,990	23	0,920	38	0,788
9	0,987	24	0,913	39	0,777
10	0,984	25	0,908	40	0,766
11	0,981	26	0,896	41	0,754
12	0,978	27	0,891	42	0,743
13	0,974	28	0,882	43	0,734
14	0,970	29	0,874	44	0,719
15	0,965	30	0,866	45	0,707

Esta tabla nos indica que una pendiente de un grado y de un metro de distancia, nos da como proyección horizontal 0,999 y como continúa dándonos las pendientes de 2°, 3°, 4°, hasta 45° con la distancia de un metro en su proyección horizontal, podremos determinar lo que deseamos.

Por ejemplo, hemos medido una distancia de 800 metros con un ángulo de pendiente de 25° y

queremos saber cuál es la proyección horizontal de esos 800 metros.

Razonaremos del modo siguiente :

Si con la pendiente de 25° un metro reducido al horizonte se convierte en $0^m,908$, 800 metros darán :

$$800 \times 0,908 = 726^m,4.$$

La operación se reduce a multiplicar los metros

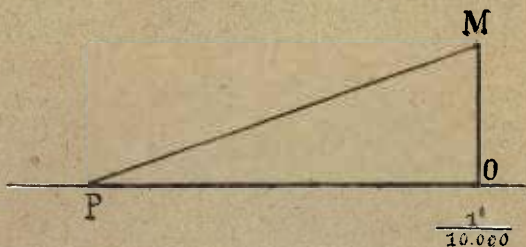


Fig. 68.

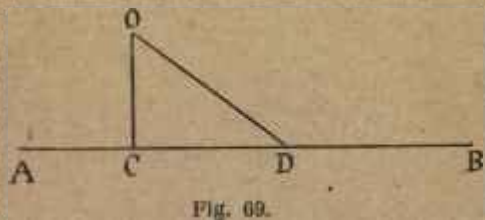
medidos en el terreno por la fracción decimal que corresponda en la tabla al número de grados que tenga la pendiente de la distancia medida.

Recíprocamente, si queremos encontrar la distancia geométrica o verdadera entre dos puntos de un plano, dándonos este, como ya sabemos la proyección horizontal de aquella verdadera distancia y sus grados de pendiente, el problema se reducirá a dividir la proyección en el plano por la fracción decimal que corresponda a los grados de la pendiente que tenga dicha distancia.

Antes de resolver algunos problemas de medición de distancias, convendrá ampliar lo dicho sobre el modo de trazar en el terreno perpendiculares y paralelas, puesto que, además de la brújula, pueden emplearse las cuerdas, los piquetes, y algunos otros aparatos que, por ser muy sencillos, pueden improvisarse si es preciso.

Una cuerda, por ejemplo, puede servir para trazar en el terreno arcos de círculo.

Con una cuerda de doce metros se puede construir



un triángulo rectángulo, sin más que hacer dos nudos uno a 3 metros de un extremo y otro a 4 del otro. Uniendo los extremos para formar el ángulo recto, y formando los otros dos con los nudos, quedará hecho el triángulo rectángulo, cuyo lado opuesto al ángulo recto medirá 5 metros (fig. 69).

El cartabón o escuadra de agrimensor es un instrumento que, además de facilitar mucho el trabajo de perpendiculares y paralelas, puede improvisarse fácilmente.

Consta de un cilindro hueco (fig. 70), con cuatro

hendiduras longitudinales, diámetralmente opuestas en el sentido de dos planos ajustados al eje y perpendiculares entre sí.

Este cilindro remata en un mango que puede

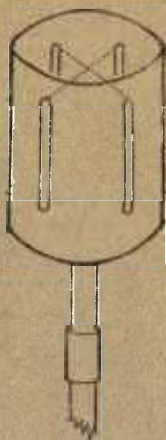


Fig. 70

enchufarse en un piquete, sin que esto le impida girar a derecha e izquierda.

Su uso es muy sencillo.

Dirigiendo una visual por dos ranuras opuestas, las otras marcan la dirección de una perpendicular, y siendo así se pueden trazar perpendiculares, y paralelas, teniendo en cuenta los principios que ya se han explicado.

El nivel de albañil es otro instrumento útil de fácil improvisación.

Se compone de dos listones de madera de igual longitud, AC y BC (fig. 71), unidos por un travesaño DE que tiene señalado su punto medio M con una pequeña ranura. Una plomada corta, pendiente de C completa este aparato que sirve para situar una recta en posición horizontal.

Para ello, sea la recta PQ. Colóquese el nivel

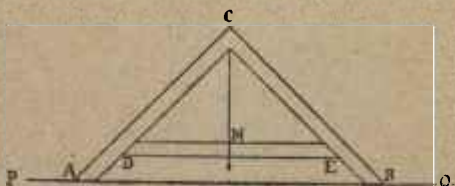


Fig. 71

como indica la figura, y cuando la plomada pase por el centro de la DE, la recta PQ será horizontal.

Este instrumento es susceptible de una pequeña modificación que le permite medir la pendiente de una línea con el plano horizontal.

Basta sustituir el listón DE por un arco de círculo graduado, *mn* (fig. 72).

Sea la recta DE, inclinada sobre la horizontal FE como indica la figura y sea, por lo tanto el ángulo FED el que queremos medir.

Se coloca el nivel como está en la figura, la plo-

mada, tomará la dirección CR y el arco op medirá el ángulo formado en E.

También es posible medir las pendientes utilizando el transportador, sin más que agregarle una plomada sujeta en la mitad del diámetro. En esta forma sustituye el eclímetro de la brújula Bournier.

Si estando al pie del terreno ascendente repre-

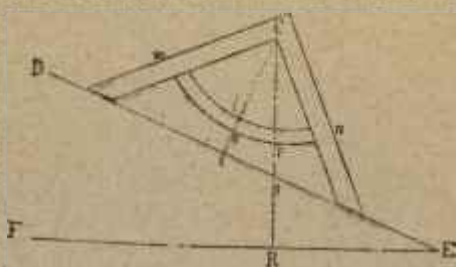


Fig. 72.

sentado por la línea ondulada MRSN (fig. 73), quisiéramos medir sus grados de pendiente, se colocaría el transportador como indica la figura y la parte superior del diámetro se haría coincidir con la visual dirigida a la cumbre N,

La plomada conservaría su posición vertical, y los grados comprendidos entre B, centro del semi-círculo y la línea de la plomada, determinarían el valor del ángulo de pendiente NCP.

La medición de alturas, tan interesante en topo-

grafía, puede también hacerse por medio del barómetro.

Tomando nota del grado de presión en la base y en el límite de la altura con la mayor rapidez posible, para que las condiciones atmosféricas sean las mismas, se observa la diferencia entre el grado mayor que señala en la base y el menor que marca en la cumbre, y multiplicando por 11 esta diferencia, se



Fig. 73.

tendrá con mucha aproximación el número de metros de la altura.

La multiplicación se hace por 11, porque a cada milímetro de diferencia corresponden 11 metros de altura.

La operación no resulta absolutamente exacta porque depende de la temperatura y de la diferente densidad de las capas de aire.

Para obtener resultados más precisos se tendrá en cuenta que, si la diferencia de alturas varía entre 763 milímetros y 727, habrá de multiplicarse solo

por 10 dicha diferencia, observando para las alturas inferiores la siguiente regla.

De 727 a 667 se multiplica por 11.

De 667 a 614, por 12.

De 614 a 570 por 13.

De 570 a 532 por 14.

De 532 a 500 por 15.

Las pendientes se pueden encontrar con un instrumento de fácil improvisación.

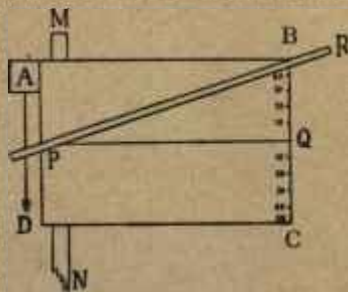


Fig. 74.

Sea un pequeño cartón ABCD (fig. 74), unido a un piquete MN. En el cartón se traza la recta PQ y en el lado BC se marcan las divisiones que indica la figura, iguales a la centésima parte de la PQ. Una regla PR que gira en el punto P sirve para dirigir las visuales, y la plomada AD asegura la posición vertical del aparato y la horizontalidad de la PQ.

Sabido esto vamos a resolver algunos problemas.

1º *Medir una distancia vertical cuando el terreno es horizontal y la base accesible.*

Sea la altura AC, que representa la figura 75. Estableceremos verticalmente los dos piquetes de distinta dimension GD y FE, de tal modo que la visual dirigida por sus cabezas G y F pase exactamente por A, extremo superior de la altura, y

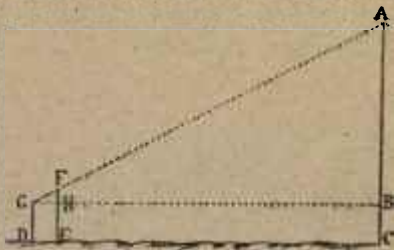


Fig. 75.

mediremos en ésta la distancia CB, igual al piquete más pequeño GD.

Hecho esto, supondremos que por la cabeza de este piquete y el punto B pasa la horizontal GB igual a la distancia DC, que se puede recorrer en el terreno, y estableceremos esta proporción :

$$GH : HF :: GB : BA$$

de donde :

$$HA = \frac{HF \times GB}{GH}$$

cantidades estas tres últimas conocidas.

Supongamos HF, diferencia de altura de los piquetes = 0,7 ; GB, distancia desde D hasta C = 98, GH, distancia entre los dos piquetes = 0,8, y tendremos sustituyendo estos valores numéricos en la igualdad anterior :

$$BA = \frac{0,7 \times 0,98}{0,8} = 85^m 75.$$

Pero como este cálculo nos da la distancia BA, y buscamos la AC, agregando a BA la GD, que es la altura del piquete pequeño, tendremos la AC, es decir : BA = 85,75 ; GD = 1,20 y AC = 86^m,95.

En un día de sol y sobre terreno horizontal también es posible medir una altura vertical por medio de las sombras, siempre que esta altura sea accesible por su base.

Para esto se clava un piquete verticalmente y se establece la siguiente proporción :

Longitud de la sombra del piquete es a la altura de este, como la longitud de la sombra de la torre es a la altura de ésta.

Haciendo las correspondientes medidas tendríamos por ejemplo :

$$2 : 1,50 :: 40 : x.$$

$$x = \frac{1,50 \times 40}{2} = 30.$$

2º Medir distancias verticales cuando la base es accesible y el terreno no es horizontal.

Sea AB (fig. 76), que representa, en dos posiciones diferentes, la altura que se quiere medir.

Se elegirá el punto P, desde el cual se vea la base B y clavaremos los piquetes PN y OM, de modo que la visual que pase por sus cabezas pase por el extremo A. Hecho esto mediremos la NC, distancia hori-

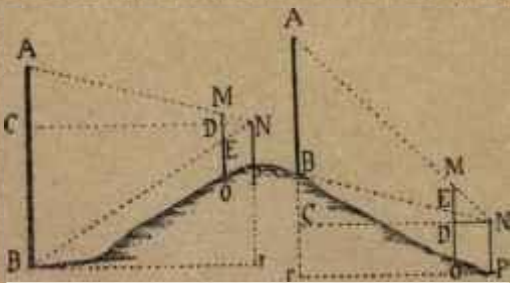


Fig. 76.

zontal (véase cap. 13, último párrafo) o sea la proyección horizontal de la NB, y después de conocida se establecerá la siguiente proporción :

$$ND : NC :: ME : AB$$

de donde :

$$BA = \frac{NC \times ME}{ND}$$

cantidades estas tres últimas conocidas.

3º Medir la distancia vertical entre dos puntos

cuando los dos son inaccesibles y el terreno es horizontal.

Sea la altura AB (fig. 77) y supongamos que no sea posible llegar al punto B . Estableceremos las alineaciones CB , Co y oB , formando el triángulo CBo .

En un punto cualquiera del lado Co , tal como m ,

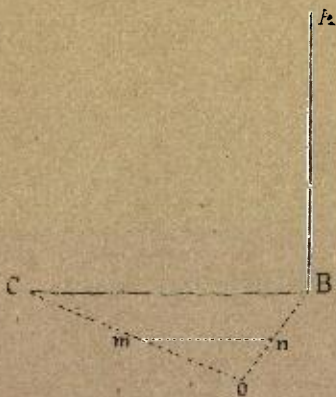


Fig. 77.

trazaremos la mn , paralela a la CB , y comparando los triángulos semejantes CBo y mno , diremos :

$$mo : mn :: oC : CB$$

de donde :

$$CB = \frac{mn \times oC}{mo}$$

cantidades estas tres últimas conocidas. Una vez sabido el valor de la CB , el caso queda reducido al del primer problema.

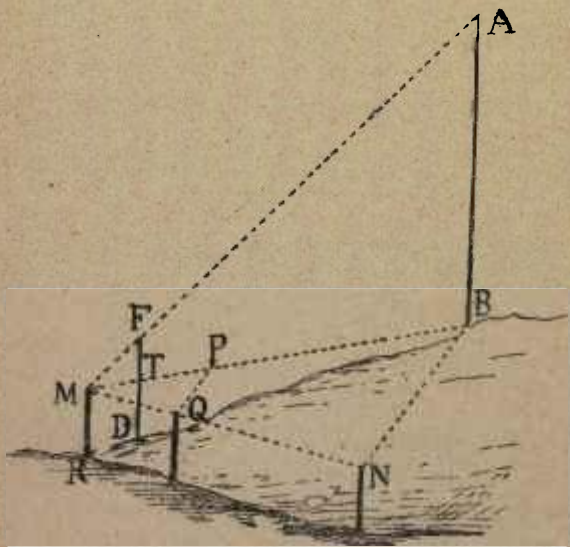


Fig. 78.

4º *Medir la distancia vertical entre dos puntos inaccesibles, cuando el terreno no es horizontal.*

Sea la altura AB (fig. 78).

Se trazará en el mejor terreno la alineación MN que nos servirá de base para la operación, y se dirigirán al punto B las alineaciones MB y NB .

Desde un punto cualquiera de la MB , tal como

P se trazará la PQ paralela a la NB, y resultarán los triángulos semejantes BMN y MQP, que darán esta proporción ;

$$MQ : MN :: MP : MB$$

de donde :

$$MB = \frac{MN \times MP}{MQ}$$

Conocida la MB se colocará el piquete FD delante del MR, de modo que se encuentre en la línea MB y se marcará el punto T en que ésta le corta. La visual dirigida por las cabezas de los piquetes MR y FD completa la operación, reduciéndola al primer caso.

Será suficiente decir :

$$MT : TF :: MB : AB$$

de donde :

$$AB = \frac{TF \times MB}{MT}$$

cantidades estas tres últimas conocidas.

5^o *Medir la distancia geométrica y horizontal entre dos puntos, siendo uno de ellos accesible.*

Sea la distancia AB (fig. 79).

Se levantará en B la perpendicular BC y se tomará su punto medio para trazar desde él la alineación AP prolongada hasta D, punto en que la corta otra alineación CD, perpendicular a la BC.

Los triángulos ABP y PCD son iguales, y por lo tanto, $CD = AB$.

Cuando falta terreno para hacer esta operación, se levanta la perpendicular BP y se traza la alineación PA , con lo que se obtiene en el terreno el triángulo ABP . Ahora, si tomamos la mitad de BP y por el punto medio m trazamos la mn perpendicular a la BP , esta mn será la mitad de AB .

Si en vez de tomar la mitad de BP hubiéramos

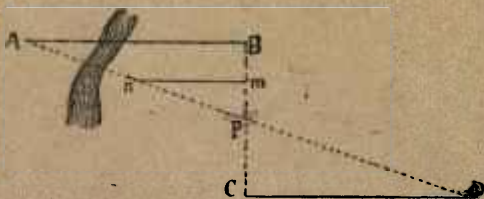


Fig. 79.

tomado la tercera o la cuarta parte, la mn sería la tercera o la cuarta parte de la AB .

6º *Medir la distancia geométrica y horizontal entre dos puntos inaccesibles.*

Sea AB la distancia que encuentra en el indicado caso (fig. 80).

Trazaremos la alineación MN próximamente paralela a la AB y de longitud también aproximada. Clavaremos los tres piquetes M , O y N , pero de modo que O esté próximamente hacia el centro de la MN .

Hecho esto se marcarán las alineaciones MA, OA, OB y NB.

En el punto n , mitad de la MO trazaremos la nq , paralela a la MA, y por el punto p , mitad de la NO se trazará también la ps , paralela a la NB, cuidando de marcar con un piqueta los puntos q y s , porque

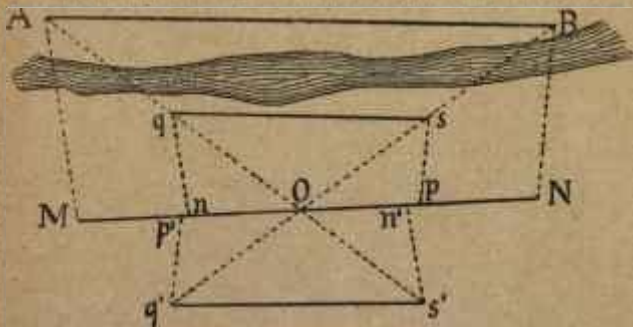


Fig. 80.

la distancia que hay entre ellos es la mitad de la AB,

Así podremos decir:

$$AB = qs \times 2.$$

Podría ocurrir que no hubiera espacio entre la MN y el obstáculo para hacer la operación indicada, pero si así fuera resolveríamos el problema de este modo :

que rebase el obstáculo por aquella parte. En N levantaremos la perpendicular ND de la misma longitud que la MB, y trazando en D la perpendicular DE a la DN, la DE será prolongación de la AB.

No siempre es fácil rodear el obstáculo como hemos hecho.

Si los edificios A, B y C (fig. 82) impiden conti-

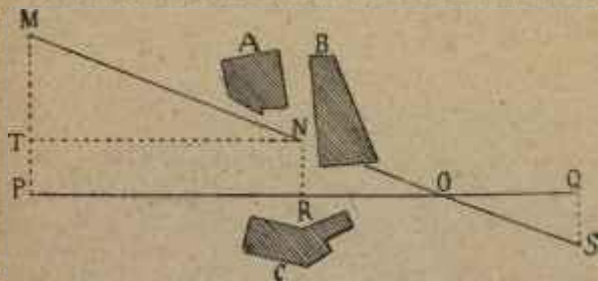


Fig. 82.

nuar la alineación MN que ha penetrado en ellos, y el rodeo anterior no es posible, se apela a otro recurso.

Trazaremos desde nos sea posible, la alineación auxiliar PQ en una dirección tal que corte a la que buscamos, es decir a la prolongación de MN en un punto O que nos es desconocido y que vamos a determinar fácilmente.

Trazada esta alineación auxiliar, formaremos las MP y NR perpendiculares a ella, y en N la NT, paralela a la PR y por consiguiente igual como lados opuestos del rectángulo TPRN.

Hecho esto se establece la proporción :

$$MY : TN :: MP : PO$$

de donde :

$$PO = \frac{TN \times MP}{MT}$$

Sustituyendo los valores numéricos, y haciendo

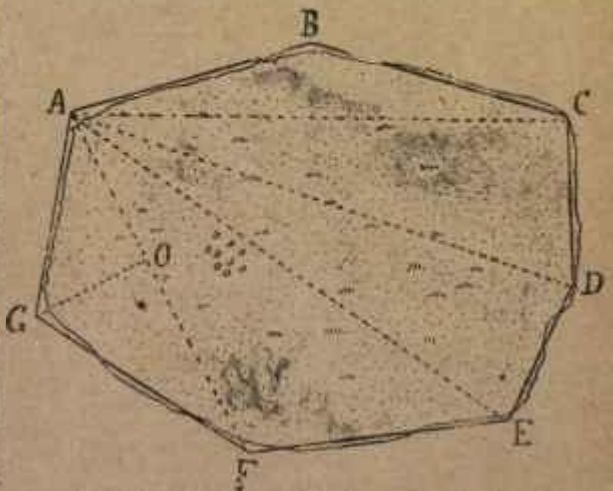


Fig. 83.

las operaciones indicadas resultará la magnitud de PO y por lo tanto un punto de la alineación que se busca, que será el O, pero como necesitamos otros los buscaremos de este modo.

Sobre una parte OQ de la alineación auxiliar, construiremos un triángulo OQS igual o semejante a MTN, tomando por ejemplo OQ mitad de TN y trazando una perpendicular QS mitad de TN, el punto S

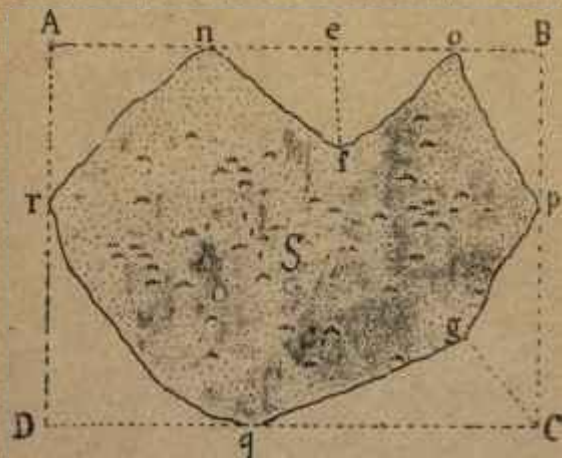


Fig. 84.

determinará con el O la prolongación de la alineación MN.

Medir una superficie accesible en su interior.

Cualquier superficie puede reducirse aproximadamente a una forma poligonal, como la ABCDEFG (fig. 83) y en este caso puede reducirse a triángulos. Hecho esto se encuentra la superficie de cada uno

de ellos, y se suma el valor de todos. La superficie del primer triángulo AFC será igual a :

$$\frac{AF \times GO}{2}$$

mitad del producto de la base por la altura.

Del mismo modo se puede medir una superficie inaccesible en su interior, como la de la figura 84.

Con cuatro alineaciones AB, BC, CD y AD, se le circunscribe un rectángulo ABCD y en los puntos convenientes se trazan rectas como *ef* y *Cg*.

Si del área del rectángulo ABCD (igual al producto de su base por su altura) restamos la de los triángulos *Anr*, *nfe*, *efo*, etc., resultará el área de la superficie S.

CAPÍTULO XV

REGISTRO TOPOGRÁFICO Y ESCALA DE PENDIENTES.

Al mismo tiempo que se hacen en el campo las observaciones necesarias a una operación topográfica cualquiera, se lleva un registro donde se van anotando, para tenerlas a la vista cuando se ejecutan los trabajos de gabinete, cuantos antecedentes se han tomado sobre el terreno, en los que por consiguiente se llaman trabajos de campo.

Constituye el registro un encasillado en la siguiente forma.

Puntos de estación son aquellos en los cuales se detiene el que hace las observaciones.

Puntos observados son aquellos a los cuales se dirigen las visuales y las alineaciones para medir distancias o pendientes.

Estos puntos se indican en el registro con letras, sin que éstas varíen aunque los puntos ya observados pasen a ser puntos de observación como lo exige el enlace de este género de trabajos.

Estas letras son las que se anotan en las casillas 1 y 3.

REGISTRO TOPOGRÁFICO

Extensión de la base. Su pendiente. Base reducida al horizonte. Su ang. con la M.

PUNTOS DE ESTACION		PUNTOS OBSERVADOS		AZIMUTES.	PENDIENTES.	DISTANCIAS		OBSERVACIONES.
LETRA.	NOMBRE PROPIO.	LETRA.	NOMBRE PROPIO.			SEGÚN el terreno.	REDUCIDAS al horizonte.	

Las casillas 2 y 4 tienen por objeto auxiliar la memoria para reconocer en el campo o recordar en casa cuáles son los puntos designados con tales o cuales letras.

Así por ejemplo, si el primer punto de estación designado con la letra A está cerca de un molino, etc., escribiremos en la segunda casilla *molino*, o *casa de fulano*, o *recodo de tal camino*, etc.

Estas indicaciones son muy útiles.

En la casilla de *azimutes* se indicará el número que corresponda, teniendo cuidado de que el limbo de la brújula esté perfectamente quieto antes de anotar la graduación.

En la de *pendientes* se apuntarán del mismo modo las observadas, agragando una A si son *ascendentes* y una D en el caso contrario.

Si de la observación resulta que no hay pendiente, se pondrá la cifra O en el lugar correspondiente.

En las dos casillas de *distancias* se anotarán las geométricas primero y después su reducción al horizonte.

La última casilla, *observaciones*, sirve para anotar ciertos detalles que serán de interés para complemento del trabajo.

Además de los útiles ya descritos y del papel cuadriculado se debe llevar al campo un lápiz duro, una regla doble decímetro y un *transportador* o semicírculo graduado que sirve para trazar ángulos y algunas veces para medir las pendientes, a falta de un instrumento mejor.

La tabla que facilita las reducciones al horizonte (cap. 14), la siguiente que sirve para calcular las diferencias de nivel deben también llevarse por si fuera necesario calcular éstas en él.

Cuadro para calcular las diferencias de nivel.

PEN- DIENTE en grados.	DIFEREN- CIAS de nivel por un metro de base.	PENDIENTE en grados.	DIFEREN- CIAS de nivel por un metro de base.	PENDIENTE en grados.	DIFEREN- CIAS de nivel por un metro de base.
1	0,018	16	0,283	31	0,601
2	0,035	17	0,305	32	0,625
3	0,052	18	0,325	33	0,649
4	0,070	19	0,344	34	0,674
5	0,087	20	0,365	35	0,700
6	0,105	21	0,383	36	0,727
7	0,123	22	0,404	37	0,753
8	0,140	23	0,424	38	0,781
9	0,158	24	0,445	39	0,800
10	0,176	25	0,466	40	0,838
11	0,194	26	0,487	41	0,869
12	0,212	27	0,510	42	0,900
13	0,231	28	0,532	43	0,931
14	0,249	29	0,554	44	0,965
15	0,268	30	0,578	45	1,000

Para obtener la diferencia de nivel con esta tabla se multiplica la base por el número que corresponda a los grados de pendiente. Por ejemplo, si se trata de una base de 80 metros y de un ángulo de pendiente de 20°, se multiplica el número 80 por 0,365 y el producto 29,2 es la diferencia de nivel que se busca.

Conviene también saber construir la escala de

pendientes que acusa las diferencias de nivel entre dos puntos de estación y los observados.

Recuérdese que, para conocer el desnivel BC (fig. 85), entre los dos puntos A y B nos es suficiente conocer la distancia AB y el ángulo de pendiente BAC o la proyección AC y el mismo ángulo BAC.

Si en el terreno hubiéramos medido desde A hasta B 200 metros, por ejemplo, reduciríamos esta distancia a la escala y trazaríamos la AC de la figura 85.



Fig. 85.

En A construiríamos el ángulo de pendiente dado por la brújula, marcaríamos la distancia AB y, bajando desde B una perpendicular a la AC tendríamos la BC que, aplicada sobre la escala nos daría el desnivel buscado.

Si trasladada la AC del terreno al plano en su proyección horizontal AC y conocido por el registro el ángulo BAC, quisiéramos averiguar el desnivel que sobre el terreno hay entre A y C (ya se sabe que el punto C del plano representa el punto B del terreno, construiríamos sobre la AC en su extremo A el ángulo BAC, igual al que nos dió la brújula, y levantaríamos en C la perpendicular CB que, tras-

ladada a la escala nos daría el desnivel entre los puntos A y B.

Desde luego se ve que la repetición de estas operaciones sería molesta, y de aquí la conveniencia

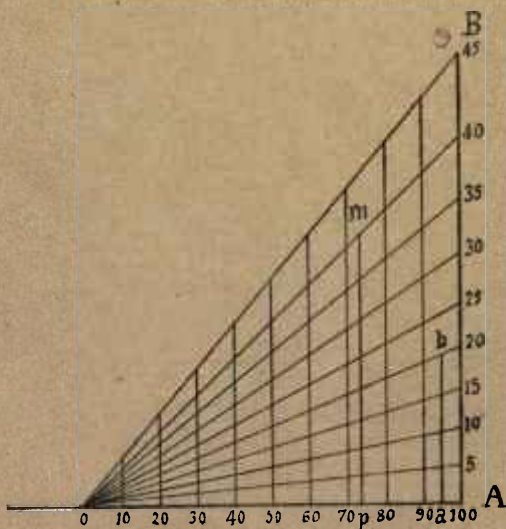


Fig. 86.

de la tabla que facilita su resolución, y de la escala de pendientes, que no es ni más ni menos que una serie de ángulos de cinco en cinco grados aplicada a la escala en que se trabaja.

Sobre la escala, que en este caso representa la de 1/2000 se construye en el punto O (fig. 86), un

ángulo BCA de 45° , y en un punto tal como 100 se levanta la perpendicular AB .

El ángulo de 45° se divide en otros de cinco en cinco con las rectas 0 5, 0 10 0 15, etc., desde los puntos 10, 20, 30, etc., se levantan las perpendiculares a la OA que la figura indica, y quedará hecha la escala de pendientes cuyo uso es tan fácil como su construcción.

Por ejemplo : si hemos observado un ángulo de 20 grados y se trata de una proyección horizontal de 95 metros, mediremos en la escala estos 95 metros que estarán representados por la oa y la perpendicular ab , levantada en a hasta encontrar a la recta que mide los 20° nos dará el desnivel que buscamos.

Aplicada la ab , sobre la escala nos da $19^{mm},5$ que equivalen a 39 metros en el terreno.

Hemos tenido que hacer pequeña esta escala para ajustarla al libro, pero debe construirse de tamaño mayor, de un decímetro de base.

Esta escala permite también encontrar, sin más que hacer una medida gráfica la longitud que en el terreno corresponde a una proyección horizontal del plano.

Por ejemplo, si se trata de una proyección de 95 metros y deseamos saber la distancia que les corresponde en el terreno, suponiendo que el ángulo de pendiente sea 20° , mediremos en la escala 95 metros y en el punto a levantaríamos una perpendicular hasta la línea que marca el ángulo de 20° .

La distancia *bo* aplicada a la escala nos dará la magnitud de la distancia en el terreno.

Recíprocamente, dada una distancia del terreno, podríamos encontrar su proyección horizontal.

Si se tratara de una distancia igual a 102 metros, medida en el terreno con una pendiente de 40° , tomaríamos con el compás 51 milímetros que equivalen a 102 metros y los aplicaríamos desde *o* hasta *m* en la línea que marca el ángulo de 40° , en *m* bajaríamos la perpendicular *mp*, y la distancia *op* sería la proyección horizontal buscada.

Veamos ahora cómo se trasladarán al plano los antecedentes tomados en el terreno.

Supongamos que hemos salido al campo, que hemos establecido una alineación en cualquier sentido, y que esta alineación nos da en el registro de que acabamos de ocuparnos los datos siguientes para trasladarlos al papel :

Primer punto de estación, A.

Punto observado, B.

Azimut, 190° .

Pendiente, 20° A.

Distancia, según el terreno, 180 metros.

Y por último, supongamos que se está trabajando con la escala 1/2000 y que vamos a hacer nuestra operación en el papel cuadrículado.

Empezaremos (fig. 87) por marcar en una de las intersecciones que forman la cuadrícula, un punto A sobre el que colocaremos el centro del transportador, cuidando de que :

1º El diámetro de 180º coincida con la línea del papel que de arriba abajo pasa por dicho punto ;

2º El cero quede en la parte inferior, como se ve en la figura 100. De este modo la línea 0º 180º representará la meridiana magnética, pues debe recordarse que así está construida la brújula Bournier.

Sin separar el transportador del papel se recorrerá con la vista, y de izquierda a derecha, la graduación 0, 10, 20, 30, etc., hasta que pasando por el número 180 se llegue al 190. Con el lápiz se marcará en el papel este punto que representa el de nuestra observación en el campo, y que llamaremos C.

Hecho esto se levantará el transportador y haciendo coincidir la regla con el punto C y con el centro A, trazaremos desde éste, y con dirección opuesta al punto A, una recta indefinida AB, que nos representará en el papel la dirección que con respecto a la meridiana magnética tiene la visual dirigida en el terreno al objeto observado B.

Si la distancia entre los puntos A y B fuese horizontal, diremos :

180 metros en la escala de 1/2000 están representados por 9 centímetros, tomemos pues desde A, en la recta indefinida una distancia igual a 9 centímetros, y quedará trasladada al papel la línea AB del terreno.

Pero esta línea, según el registro, no es horizontal, sino al contrario, desde A se va elevando hasta B con una pendiente de 20º, y como es sabido que en el

papel no se marcan las verdaderas distancias, sino sus *proyecciones horizontales*, tendremos que encontrar la proyección horizontal de la AB del terreno.

Para esto recurrimos a la tabla correspondiente y diremos :

$$180 \text{ metros} \times 0,939 = 169 \text{ metros.}$$

y la distancia ocho centímetros y cuatro milímetros y medio, equivalente en la escala a este número de metros, la aplicaremos desde A hasta B.

Si por no tener la tabla a la vista quisiéramos hacer la construcción a que nos hemos referido, procederíamos así para encontrar la proyección horizontal.

Trácese en el papel una recta indefinida (fig. 88), márquese en ella un punto A y obsérvese que esta recta indefinida representa la horizontal que pasa por el punto de observación.

Si en A formamos un ángulo de 20° , tendremos representada la pendiente del terreno, y si sobre esta nueva línea tomamos con arreglo a escala los 180 metros que tiene la distancia AB medida en el campo, resultará ésta representada en el papel por la línea AB'.

Ahora, bajando desde B' la B'B perpendicular a la AB, la AB será la proyección horizontal buscada, que tendrá los 169 metros encontrados por el otro procedimiento.

Para terminar, trasladaremos la proyección hori-

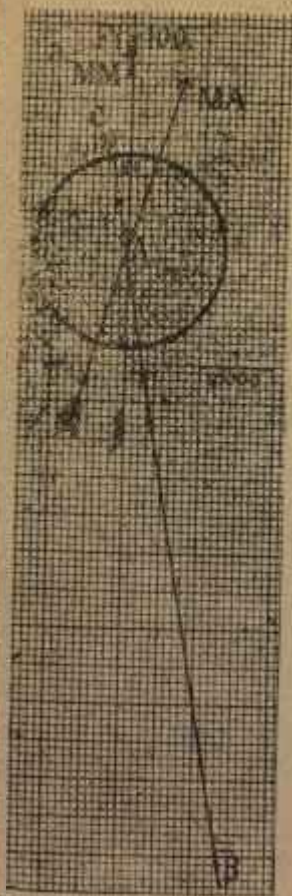


Fig. 87

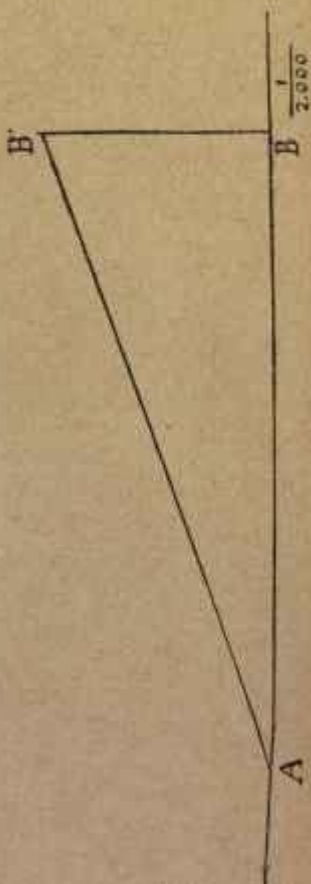


Fig. 88.

zonal AB de la figura 88 desde A hasta B en la figura 87 y tendremos terminada la operación.

Observemos ahora que la línea $9^{\circ} 180^{\circ}$ (fig. 87), marca la dirección de la meridiana magnética, no de la astronómica, y recordemos que aquélla forma con ésta un ángulo de declinación occidental cuyo valor es $17^{\circ}35'$ (cap. IX), luego formando este ángulo, como se ve en la figura 87, la flecha señalada con las letras MA (meridiana astronómica) indicará la verdadera orientación que en terreno tiene la línea AB.

CAPÍTULO XVI

PRÁCTICA DE ALGUNAS OPERACIONES. — INSTRUMENTOS DE NIVELACIÓN.

Si la línea observada en el terreno no tuviera una inclinación constante, como se ha supuesto en el caso anterior, sería preciso hacer estación en los puntos donde la línea cambie de pendiente.

Conviene advertir que, según sea la escala en que el plano se construya, conviene prescindir más o menos de las ondulaciones del terreno y que en todos los casos se deben considerar como rectas las líneas que se desarrollen en este sentido consideradas en su aspecto general.

Así por ejemplo, en el perfil que la figura 89 representa, con las líneas onduladas, consideramos desde A hasta B una sola recta con pendiente ascendente y por lo tanto, haciendo estación en A tomaremos los datos que el registro indica.

En el punto observado B haremos luego otra estación y consideraremos la BC como una recta horizontal.

Vamos a suponer que en el terreno hemos anotado en el registro lo siguiente :

Azimut de AB, 260° .

Pendiente desde A hasta B 21° A.

Distancia entre los mismos puntos, 148 metros.

Azimut de BC, 300° .

Pendiente entre B y C, cero.

Distancia entre estos puntos, 80 metros.

Vamos ahora, como en el caso anterior a trasladar al papel la representación de las verdaderas líneas del terreno.

Empezaremos como antes, marcando con el

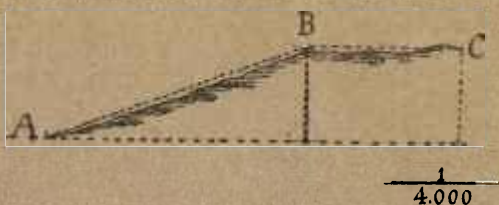


Fig. 89.

lápiz uno de los puntos de intersección de las líneas del papel cuadriculado, cuidando, como en el caso anterior, de señalarlo a la izquierda, puesto que el dibujo, como indican los azimutes observados, se ha de desarrollar hacia la derecha.

Escala, $1/4000$.

Colocando el transportador como antes se ha indicado, y como se ve en la figura 90, marcaremos hacia la izquierda el punto en que el grado coincide con el papel y uniendo este punto con A, trazaremos la recta AB, dándonos la dirección de la AB del terreno con respecto a la meridiana magnética,

y como la AB es una línea de 148 metros en el terreno, necesitamos averiguar cuál es su proyección horizontal, lo que resolveremos como ya se ha dicho. Encontraremos que a una línea de 148 metros con una pendiente de 21° corresponde una proyec-

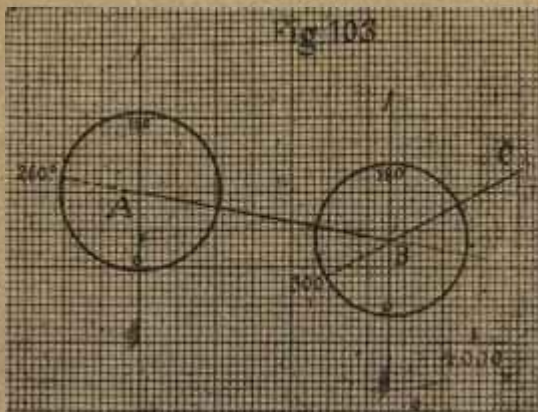


Fig. 90

ción horizontal de 138 metros que estarán representados en la escala $1/4000$, por 34 milímetros y medio, que marcaremos en la dirección o rumbo de AB. La AB del dibujo representará de este modo la proyección horizontal de la AB del terreno.

El punto B ha sido punto de estación con respecto al punto C, segundo punto observado, y como el registro nos da un azimut distinto, esta segunda

línea tiene otra dirección, vamos a averiguar cuál es.

Para esto volveremos a colocar el transportador en el punto B como indica la figura, y señalaremos con un punto en el papel aquel en que coincida con éste el número de grados 300, y en la misma forma a partir desde B trazaremos con el lápiz una recta indefinida. Esta nos indicará el rumbo de la BC del terreno, siempre con relación a la MM.

Ahora bien esta recta BC tiene una longitud de metros 80 y como en la escala 1/4000 cada metro está representado por 4 milímetros, dividiendo 80 entre 4 tendremos como cociente 20, número de milímetros que debemos señalar en esta dirección.

En este caso, como la BC es horizontal, mediremos los veinte milímetros.

El examen de la figura 90 nos dice cual es la dirección de las líneas trazadas en el terreno y cuál su longitud, pero nada hay en ella que nos indique si los puntos A, B y C están o no a un mismo nivel.

Para conocer esto a primera vista, ya hemos dicho que sería necesario tener *acotados* dichos puntos, en cuyo caso sí conoceríamos sus diferencias de nivel, punto esencialísimo en este género de trabajos.

Supongamos (fig. 91) que se trata de una línea MN trazada con arreglo a lo que queda dicho, con un azimut de 55° , una distancia de 200 metros, una pendiente ascendente de 25° y una proyección

horizontal de 181,6, según la escala que la figura indica.

Construiremos el triángulo MNN' en el cual MN representa la distancia medida en el terreno, el

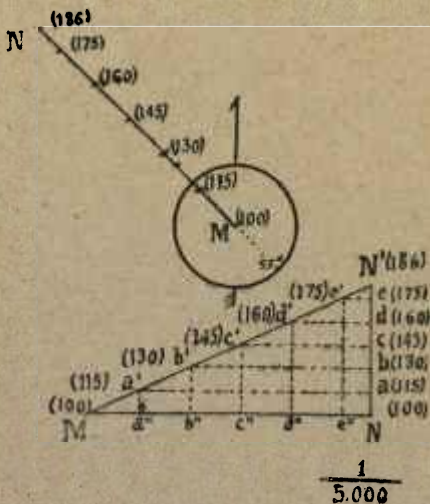


Fig. 91.

ángulo en M la pendiente de 25°, MN la proyección horizontal y NN' la diferencia de nivel.

Se trata de averiguar la altura que el punto N' que es el N del terreno tiene sobre el punto M.

Para esto tomaremos con el compás la NN' y llevándola sobre la escala veremos que es igual a 86 metros.

Luego el punto N del terreno se encuentra sobre el M a 86 metros.

Si el punto M lo consideramos a 100 metros sobre el plano general de comparación, la cota de M será 100 y la de N o N', 186.

Sabido esto será suficiente escribir estas cifras en M y N para que los tengamos acotados.

Ahora bien, si conviniera conocer sobre la superficie representada por MN' todos los puntos que se encuentran a 15, 30, 45, 60, 75 metros sobre A, dividiríamos la altura MN a partir de N en equidistancias de 15 en 15 metros que estarían representadas por tres milímetros cada una.

Así pues los puntos *a*, *b*, *c*, *d* y *e* se encuentran 15, 30, 45, 60 y 75 metros respectivamente sobre el punto M y como la cota de éste es 100, la de los citados puntos será 115, 130, 145, 160 y 175.

Trazando desde ellos paralelas que corten a la MN' los puntos *a'* *b'* *c'* *d'* y *e'* estarán también elevados sobre M 15, 30, 45, 60 y 75 metros.

Tenemos pues sobre la línea MN' cotas de 15 en 15 metros que llamaremos **puntos de cota redonda** y por los que pasarían las curvas de nivel que cortarían esta línea del terreno de 15 en 15 metros.

Pero como la MN' está representada en el plano por la MN, tendremos que proyectar en ésta los puntos de paso de las citadas curvas, y esto lo haremos bajando desde los puntos *a'* *b'* *c'* *d'* y *e'* las perpendiculares *a'a''*, *b'b''*, *c'c''*, *d'd''* y *e'e''*, y en *a''*, *b''*, *c''*, *d''* y *e''* tendremos proyectados los

puntos por los cuales pasan en el terreno las curvas de nivel.

Tomando en la MN que está orientada distancias iguales a la $M\alpha''$ tendremos aquella recta acotada.

Esta operación en la práctica resultaría pesada

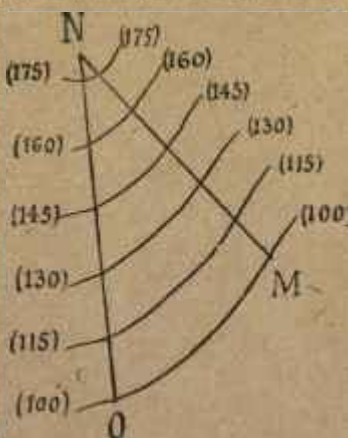


Fig. 92.

y en los levantamientos rápidos pueden determinarse a ojo con relativa exactitud los puntos de cota redonda, siempre que se conozca la diferencia de nivel entre los dos extremos de la recta que se quiere acotar.

En este mismo caso observamos que todo lo hecho se reduce a marcar en la proyección MN cinco partes iguales entre sí, pero teniendo en cuenta

que el punto N o N' se encuentra sobre la cota 175 de la NN' a 11 metros, a fin de dejar entre N y la última división que marque la cota 175 una parte más o menos pequeña, según sea mayor o menor la diferencia entre la cota más alta y del extremo superior de la línea.

Si en este caso el punto N hubiera tenido la cota 190 (15 más que 175), la operación resultaría simplificada, porque hubiéramos dividido la MN en seis partes iguales.

Supongamos ahora que, además de la recta acotada MN tuviéramos otra NO, también acotada (figura 92). En este caso, uniendo por medio de curvas los puntos que tienen cota igual quedarían trazadas las curvas de nivel o secciones horizontales de 15 en 15 metros. Esta equidistancia de las curvas en el terreno es la que se llama **equidistancia natural**, y los tres milímetros que en nuestra escala representan 15 metros es la que se llama **equivalencia gráfica**.

Así convendrá que anotemos en una parte cualquiera del registro : equidistancia natural = 15 metros ; equivalencia gráfica = 0,003.

Ampliando lo dicho vamos a suponer que concurriendo en el mismo punto N (fig. 93), tenemos además de las MN y NO varias rectas acotadas, también de 15 en 15 metros, tales como las NP, NQ, NR, NS, NT y NV.

Es evidente que entre las varias líneas marcadas en la figura hay grandes espacios sin acotar, pero

no siendo posible acotar todos los puntos, el estudio hecho del terreno suple esta falta fácilmente, contando con la serie de líneas que indican con sus

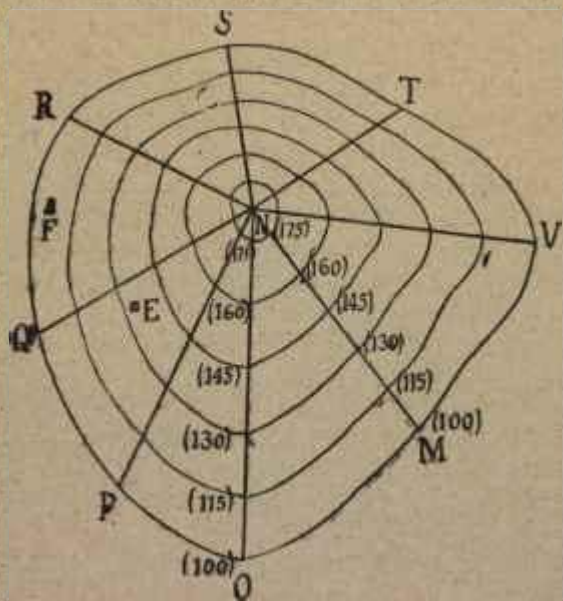


Fig. 93.

puntos de cota redonda la dirección general de las curvas de nivel.

Por otra parte en el levantamiento de un plano, además de estas líneas, y otras que se irán indicando,

hay varios puntos acotados que indican la dirección de las curvas en esos espacios intermedios.

Por ejemplo, si la casa E la tenemos acotada con 132 metros es evidente que deberá encontrarse entre las curvas 130 y 145 y más cerca de aquella que de ésta. Si otro edificio F tiene la cota 107,50 se encontrará exactamente en medio de las curvas 100 y 115.

Por último, si el en espacio comprendido entre las rectas MN y VN hemos observado que hay una *vaguada*, la indicaremos haciendo reentrar las curvas como lo indica la figura, a contar desde aquella en que las notas del registro nos digan que la vaguada empieza a formarse.

Con esto y con dibujar los bosques, las tierras de labor, las sendas o caminos, los prados, etc., tendríamos hecho el plano de una elevación del terreno.

Sobre esta figura 93 hemos de insistir algo más.

Determina una forma de terreno algo importante y puede facilitarnos lo que se llama *lectura de un plano*.

En efecto, un plano debe ser para el que lo examina, como un libro abierto.

La figura 93 nos dice que para subir a la cumbre la pendiente más suave está indicada por la dirección de línea NO.

La casa E está más elevada que la F, la domina, y si quisiéramos averiguar si se ve ésta desde aquella, trazariamos en el plano una línea que las cortara y construiríamos el perfil de esa línea.

La parte entrante de las curvas entre las líneas MN y NV nos indica una depresión de la superficie, y con esto y con conocer la situación de las veredas, de los bosques y demás detalles, resulta un conocimiento exacto del terreno.

Los instrumentos de *nivelación* son de dos clases.

Unos miden, como ya hemos visto el ángulo que forman las pendientes con la horizontal, y otros llamados *niveles* aprecian la altura que tiene el

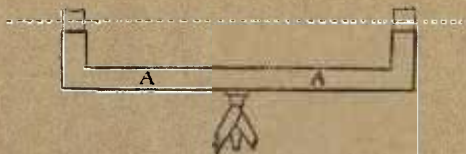


Fig. 94.

punto observado sobre el plano horizontal, o lo que es lo mismo, la *diferencia de nivel*.

Siendo posible averiguar esta diferencia de nivel con los eclímetros, no se hace uso en los levantamientos rápidos de los niveles que vamos a examinar muy brevemente.

El nivel de agua es un instrumento formado de un tubo metálico cuyos dos extremos se elevan en ángulos rectos dentro de los cuales encajan otros dos tubos de cristal.

Véase la figura 94.

Cuando el tubo contiene agua suficiente, esta se eleva en los dos de cristal a la misma altura, y la

mirada dirigida por la superficie que determinan es horizontal.

Si queremos encontrar con este instrumento la diferencia de nivel entre dos puntos A y B del ter-



Fig. 95.

reno (fig. 95), lo colocaremos próximamente en el centro y dirigiremos la visual que indica la línea *mn* a las miras colocadas en los puntos A y B. Hecho



Fig. 96.

esto la diferencia de las graduaciones que indiquen las miras será la diferencia de nivel buscada.

Cuando la nivelación se hace desde un solo punto de estación se llama **nivelación simple**. Si fuese grande la distancia entre los dos puntos cuya diferencia de nivel se quiere encontrar, habría que hacer

dos o más estaciones, mirando la diferencia de nivel en cada una de ellas.

Cuando hay necesidad de hacer muchos puntos de estación, se lleva un registro para anotar las diferencias de nivel que se van encontrando.

No siempre las pendientes son uniformes, pero

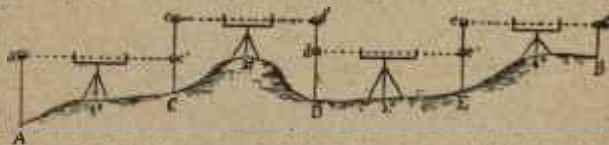


Fig. 97.

cuando dejan de serlo la cuestión se resuelve con la misma facilidad.

Sean los dos puntos N y P (fig. 96).

Observemos desde luego que la diferencia de nivel



Fig. 98.

entre estos puntos es la NO. Para encontrarla colocaremos los niveles como indica la figura y, restando del resultado de la observación hecha con el nivel A, el que encontremos con el nivel B tendremos la NO que resuelve el problema.

Cuando es necesario colocar más de dos niveles, como en el caso que representa la figura 98, hay que abrir un registro con tres casillas :

1º Puntos de estación, que se harán próximamente a unos 100 metros de distancia, porque cuando ésta es más grande, la visual que se dirige en la forma dicha suele desviarse de la verdadera línea horizontal, lo que naturalmente induce a errores ;

2º Alturas de mira que resulten por visuales dirigidas hacia el punto N, que sería una la EN, en el caso de la figura 96.

3º Alturas de mira que resulten por visuales dirigidas hacia el punto P, que sería una, la HP en el caso que presenta la figura 96.

Hecho esto se sumarían las alturas expresadas en las dos casillas y la suma menor se restaría de la mayor, dándonos la diferencia el desnivel buscado.

Así, en el caso de la figura 96 la mayor diferencia es HP y la menor EN, y restando $HP - EN = NO$.

La figura 97 presenta un caso en que es necesario establecer más de dos puntos de estación, y he aquí como se abrirá el registro a que nos hemos referido :

PUNTOS DE ESTACION	A	B
1.....	Aa	Ce'
2.....	Cc	Dd'
3.....	Dd	Ee'
4.....	Ee	Bb'
SUMA	X	Z

Para hacer la operación de resta debe tenerse en cuenta que resultará siempre como punto más alto aquel cuya suma sea menor.

Otro nivel se usa en topografía para colocar en plano horizontal algunos instrumentos.

El nivel de aire, que así se llama, se compone de un tubito de cristal, lleno de agua lo suficiente para que quede un pequeño espacio ocupado por el aire. Esta burbuja se coloca siempre sobre el líquido y, cuando ocupa el centro del cristal, determinado por dos pequeñas incisiones hechas en el tubo, la línea a que se ajusta la regla es horizontal.

CAPÍTULO XVII

OPERACIONES CON LA BRÚJULA.

Determinar la posición de un punto en el terreno desde otros dos ya conocidos.

Supongamos que se trata de una línea del terreno representada en el plano por la AB (fig. 99), y que quisiéramos determinar o fijar en el plano el punto C visible desde A y B.

Colocados en el punto A haremos girar la brújula hasta que por las pínulas enfilemos el C y leeremos la graduación que nos presenta el limbo, que será en este caso 310° .

Averiguado esto trazaremos en el papel la AC que representa el *rumbo* dado por la brújula.

Después nos trasladaremos a B, dirigiremos del mismo modo otra visual al punto C y, marcado este nuevo rumbo en el papel, como se ve en la figura, la intersección de las dos líneas nos dará la posición del punto C del terreno.

Este procedimiento se llama de **sencilla intersección**.

Si los puntos A y B fuesen inaccesibles y C accesible, haríamos estación en este último y mediríamos con la brújula los rumbos CA y CB.

Hecho esto bastaría trazar sobre la línea AB el

ángulo que forman los dos rumbos medidos desde C, de modo que sus lados pasen por los dos puntos A y B y quedará así determinada la posición de C. Téngase en cuenta que esta recta AB estaba ya trazada en el plano.

Este método se llama de **doble intersección**.

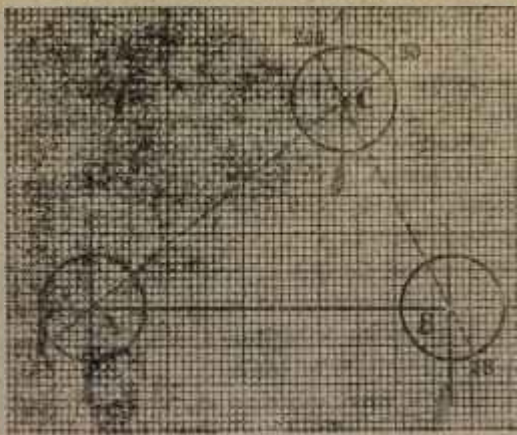


Fig. 99.

Suele ocurrir a veces la necesidad de marcar un punto inaccesible, refiriéndose a otros dos también inaccesibles. Veamos como se resuelve esta dificultad.

Sean A y B (fig. 100) dos puntos del plano inaccesibles y sea C el punto del terreno, también inaccesible que queremos fijar en el plano.

Se elige una base MN, desde la cual se vean al mismo tiempo los tres puntos A, B y C, y colocados en M y N sucesivamente, fijamos estos puntos por el procedimiento de *doble intersección* que se acaba de explicar, refiriéndonos a los A y B ya situados en el plano.

Obtenidos los puntos M y N, mejor dicho situados en el plano con relación a los A y B, desde ellos se fija el C por el procedimiento de *sencilla intersección*.

Las bases auxiliares pueden resolver muchas dificultades en la práctica de estas operaciones.

Cuando se trata de fijar en el plano un polígono, como por ejemplo el perímetro que forman las tapias que cercan una heredad, se puede emplear la brújula en esta forma.

Si la heredad de que se trata forma parte de un plano, nos colocaremos en un punto ya situado en él y enfilaremos con la brújula el ángulo más próximo a la heredad de que se trata.

Hecho esto, trazaremos en el papel el rumbo que nos haya dado la brújula, a partir, como es natural, del punto que representa en el plano aquel en que se ha hecho la observación.

Mediremos por cualquiera de los procedimientos ya conocidos la distancia que hay en el terreno desde el punto de estación al ángulo observado y esta distancia, reducida a la escala, la mediremos en el plano sobre la dirección o rumbo que se ha trazado.

De este modo se fijará en el papel uno de los

ángulos de la cerca que se quiere representar en él.

Claro está que podríamos también fijar ese mismo ángulo por el procedimiento de sencilla intersección, observándolo en el campo, desde dos puntos ya situados en el plano, según se ha dicho al principio de este capítulo.

Si se trata de levantar el plano de esa cerca úni-

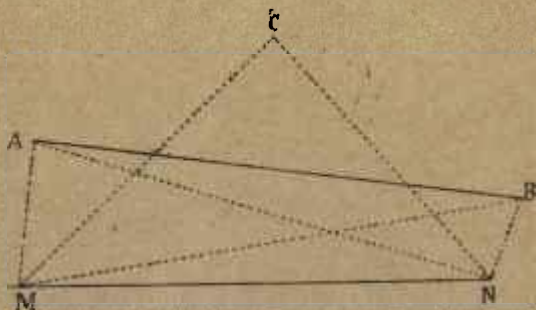


Fig. 100.

camente, desde luego empezaremos la operación por un ángulo cualquiera.

En cualquier caso se ejecutará así.

Desde el ángulo se tomará el rumbo de una de las direcciones de la tapia y se medirá ésta anotando en el registro la diferencia de nivel, si lo hubiera.

Tomados estos antecedentes se situará el que hace la operación en el ángulo observado, y repetirá la observación hasta encontrarse en el punto de partida.

Este método se llama **método de rodeo**.

Vamos ahora a trasladar al papel los antecedentes anotados en el registro y supongamos que son los siguientes :

Desde A hasta B (fig. 101), azimut $348^{\circ}30'$.

Distancia, 42 metros.

Pendiente : cero.

Elegiremos un punto en el papel, prefiriendo como siempre el de encuentro entre dos líneas de la cuadrícula, con objeto de ajustar bien a la que va de arriba abajo el diámetro 0° 180° del transportador, es decir tal como está representado por el círculo cuyo centro es A en la figura.

Marcaremos en el papel el punto en que coincida con él la graduación $348^{\circ}30'$, y trazaremos desde A una recta indefinida que limitaremos con arreglo a la escala, marcando en ella 21 milímetros que corresponden a los 42 metros en la escala $1/2000$.

Como la distancia AB, según nos dice el registro, es horizontal, no ha sido necesaria reducirla al horizonte.

Tenemos por lo tanto representada una de las tapias y además orientada con respecto a la *meridiana magnética*.

En el punto de estación B nos da el registro :

Azimut : 280° .

Distancia : 48 metros.

Pendiente : cero.

Colocaremos el centro del transportador en el punto B y el diámetro 0° 180° como antes, y marcamos un punto con el lápiz donde coincidan los

de igual manera hasta llegar a E, operaciones que no repetimos por suponerlas ya bien comprendidas.

Pero vamos a suponer que, habiendo encontrado a nivel toda la parte del perímetro ABCDE, al llegar a E desciende el terreno y por consiguiente la tapia que estamos *rodeando*.

Los datos del registro, al considerar a E como punto de estación para observar a F, vamos a suponer que son los siguientes :

Azimut : 124° .

Distancia : 36 metros (nos referimos a la del terreno).

Pendiente : 15° D.

En este caso reduciremos los 36 metros al horizonte, multiplicando 36 por 0,965 (véase la tabla) y nos resultará 34,7 que mediremos desde E hasta F.

En F tenemos, según el registro :

Azimut : 79° .

Distancia : 72 metros.

Pendiente $6^{\circ} 30'$ A.

Trazaremos con el transportador la dirección correspondiente al rumbo 79° y si se viene a parar exactamente al punto de partida A, con la extensión correspondiente a la escala, será prueba de que la operación está bien ejecutada, es decir que el *rodeo* se ha hecho midiendo con exactitud los ángulos y tomando bien las distancias.

En honor de la verdad, esto sucede pocas veces, porque un ángulo mal medido, por pequeña que sea la diferencia, o una distancia mal tomada, aunque

el error sea leve, es lo suficiente para que todas las demás líneas que se tracen vayan separándose de su verdadera dirección : pero como el procedimiento es exacto, la cuestión está en no cometer esos errores, rectificando las operaciones una y otra vez, hasta asegurarse de que la nota tomada en el registro es exacta.

Si el error final no es grande y consiste en que la línea FA se queda un poco más corta o rebasa



Fig. 102.

algo este punto, o en que se desvía a derecha o a izquierda en porción poco apreciable, este pequeño error se distribuye hasta anularlo en las operaciones inmediatas.

Ahora, si la línea FA, tomara la dirección del centro del polígono o se escapara fuera de él de un modo violento, no habría mas remedio que repetir pacientemente la operación.

Algo que no deja de ser interesante y que se relaciona con lo que ya se ha dicho, se presenta aquí.

Al llegar a E nos encontramos con que el terreno descende rápidamente hasta F, y se nos podría ocurrir el deseo o la necesidad de conocer con toda exactitud este cambio de nivel del terreno.

Para esto trazariamos en el papel una recta inde-

finida que representara la horizontal, por ejemplo la $E' A'$ (fig. 102).

En uno de sus puntos E' formaríamos el ángulo de 15° que nos da el registro, pero en sentido *descendente*, como el registro indica, y ese ángulo sería $A' E' F'$, representación exacta del descenso que hace el terreno en el punto E del polígono.

Como esta parte de la tapia tiene una distancia de 36 metros, mediríamos en la $E' F'$ 18 milímetros, que según la escala 1/2000 corresponden a los 36 metros del terreno, y de este modo quedaría determinado en F' el punto F del polígono, que es el más hondo.

En F' trazariamos una nueva recta $F' M'$ para representar también la horizontal y en el mismo punto F' y por su parte superior, formaríamos un ángulo de $6^\circ 30'$, que, estando la operación bien hecha cortaría a la otra horizontal $A' E'$ en A' exactamente, dándonos en la parte $A' N$ la AF del polígono (fig. 101), proyección horizontal de la $A' F'$ del terreno representada en la figura 102.

Si quisiéramos medir el desnivel que existe entre F' o F y los demás vértices del polígono no tendríamos más que aplicar en la escala la perpendicular $N F'$ y su valor 4 milímetros y medio nos diría que el desnivel es de 9 metros.

Con la brújula se pueden determinar en el plano la posición de muchos puntos del terreno, desde uno ya situado en él, siempre que desde éste se vean aquellos.

Para hacer esto bastará colocarse en el terreno, en el punto que más convenga de los situados en el plano, [dirigir desde él visuales a los puntos] que se

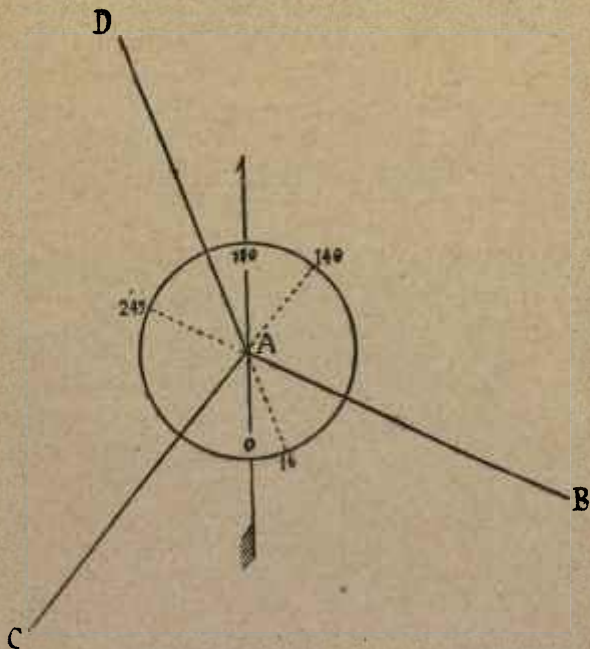


Fig. 103.

han de fijar en el papel y medir la distancia que haya desde la estación a cada uno de los observados.

Luego se coloca el transportador sobre el punto de estación representado en el papel, en la forma ya

indicada y se trazan y miden los diferentes rumbos anotados en el registro. Este procedimiento se llama de radiación y la figura 103 da idea exacta de él.

El punto A representa el punto de estación y los puntos B, C y D los que se han fijado en el papel después de haber observado en el campo sus respectivos rumbos 245° , 140° y 16° .

Las distancias AB, AC y CD, suponemos que están con arreglo a la escala del plano en toda su extensión si son horizontales y reducidas al horizonte en caso contrario.

El procedimiento de rodeo que se ha explicado sirve para determinar los bordes de un estanque, las orillas de un lago, el contorno de un bosque, etc. En estos dos últimos casos las líneas rectas que resultan en el plano se sustituyen al hacer el dibujo con otras onduladas que representan las inflexiones del lago y, si se trata de un bosque no se utilizan más que para determinar su contorno con los signos convencionales dados a conocer en el capítulo II.

CAPÍTULO XVIII

TRAZADO DE RIOS Y CAMINOS. — ITINERARIOS.

Para fijar en un plano el curso de un río, hay que tener en cuenta si su anchura puede o no representarse con la escala adoptada.

En caso negativo, o cuando se trate de una corriente de poca importancia, se representa en el dibujo con una línea ondulada y fuerte.

Cuando el río es grande o constituye la parte esencial del trabajo, es necesario recorrer sus dos márgenes, determinando por ambos lados todas sus inflexiones.

Esta operación se hace observando los rumbos de las orillas hasta que cambian de dirección y midiendo estas distancias, sin olvidarse de que siempre se deben jalonar los puntos observados para que las visuales se ajusten con la mayor exactitud posible a la dirección que se debe anotar en el registro.

Al mismo tiempo que se hace esto se irá tomando nota en la casilla de observaciones de la naturaleza de las orillas para representarlas con la debida exactitud.

Se observará si son escarpadas, si forman playa, etc. Las islas exigirán o no, según, los casos un reconocimiento especial.

Supongamos que, después de haber tomado en el campo los antecedentes necesarios vamos a trazar en el plano la dirección de una corriente.

He aquí los datos que ofrece el registro :

Desde A a B.	Azimet	0°	Distancia	28 metros.
B a C	340°		42	—
C a D	312°		12	—
D a E	229°		20	—
E a F	306°		38	—
F a G	13°		30	—

Eligiendo cómo siempre un punto A (fig. 104), en la intersección de dos líneas del papel cuadrículado colocaremos el centro del transportador en él, y marcaremos con lápiz el primer rumbo AB, sobre el cual se medirán 14 milímetros, que corresponden en nuestra escala a los 28 metros anotados en el registro.

Después trasladaremos del mismo modo el transportador al punto B, cuidando de que ajuste bien el diámetro 0° 180° a una de las líneas marcadas en el papel de arriba abajo, o paralela a la más inmediata, y se trazará el nuevo rumbo BC, en cuya dirección mide la orilla del río 42 metros, equivalentes a 21 milímetros, que mediremos, quedando así señalado el punto C.

De esta suerte seguiremos hasta marcar el rumbo EF.

Como se ve la dirección general de la corriente queda trazada con la serie de líneas que la figura

determina, pero formando ángulos que en realidad no existen.

Pasando la pluma por las líneas quedará trazada

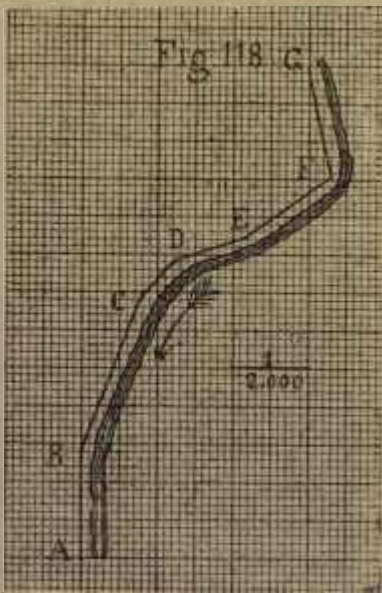


Fig. 104.

la corriente, como indica la línea ondulada que se ve a la derecha.

Para indicar la dirección que llevan las aguas, se pondrá una flecha según indica la figura.

La pendiente de los ríos hay que determinarla

también, sobre todo cuando, por no haber levantado el plano de los terrenos inmediatos es imposible fijar el paso de las curvas.

Estas, cuando se trata de los ríos forman entrantes agua arriba, aunque dos o más pasen muy cerca de las orillas, como suele ocurrir cuando las corrientes van entre montañas o por cauces muy escarpados.

Resulta por lo tanto que la mayor o menor proximidad de las curvas al cruzar los ríos, puede dar una idea de la mayor o menor rapidez de la corriente.

El aspecto que por regla general presentan las curvas en las inmediaciones de los ríos y al atravesarlos está indicado en la figura 105.

Como se ve es un río que va entre dos alturas poco elevadas, pero encajonado entre ellas.

Si las curvas no se unieran cerca de la corriente, esto indicaría que no se iba por un terreno llano.

El trazado de los caminos no presenta en la práctica ninguna dificultad y cuando el trabajo se reduce a ellos, siguiéndolos en una extensión más o menos considerable, el plano que se ejecuta toma el nombre de **itinerario**.

Los itinerarios se pueden hacer sobre la marcha con los elementos siguientes : una brújula Burnier, un doble decímetro alidado, un transportador circular, una cadena o cuerda dividida en metros, un cartón para fijar el dibujo, un cuaderno para anotaciones y los lápices necesarios. Un **podómetro** o cuentapasos puede ser de gran utilidad.

Cuando el papel es cuadriculado, la operación se facilita mucho, porque si los cuadrados son de cinco milímetros de lado, podrán representar longitudes de 50 a 100 metros en las escalas 1/10 000 y 1/20 000. La última es la que generalmente se adopta

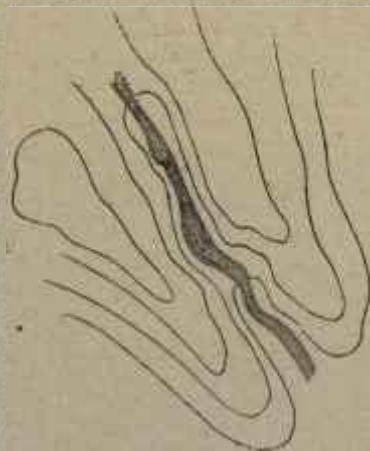


Fig. 105.

en los itinerarios. La figura 106 representa uno en la escala 1/4 000.

¶ Para construirlo hemos partido del punto A, situado a la izquierda de la carretera, y las primeras observaciones hechas en dicho punto nos dan.

Azimut de AB, 4°.

Pendiente, 8° D.

Distancia, según el terreno, 152 metros.

Id., reducida al horizonte : 150.

Con estos antecedentes se trazará la línea AB. Pero como desde el mismo punto A del terreno hemos observado a la derecha una casa C, y a la izquierda un pequeño pueblo D, mediremos con la brújula los rumbos correspondientes y la pendiente, dándonos estas observaciones :

Azimut sobre AC, 302° .

Pendiente, 5° D.

Azimut de AD, 70° .

Pendiente, 5° D.

Hecho esto se trazarán en el papel con rectas indefinidas los rumbos AD y AC.

Al mismo tiempo que se recorre la distancia AB se va haciendo la medida ya con una cuerda, rodete, podómetro o a pasos si no hay otro recurso o falta tiempo. Esta distancia, 152 metros, es la que se anota en el registro.

Desde B mediremos con la brújula los azimutes de BC y BD y los trazaremos en el papel, quedando así por el procedimiento de *sencilla intersección*, determinados en el plano los puntos C y D.

En las casillas de observaciones anotaremos que por la dercha del camino y a los ochenta metros de A, hay un pequeño bosque a la altura del pueblo D. Si se quiere determinar con exactitud el perímetro de este bosque, se empleará el procedimiento del *rodeo*, y en caso contrario a ojo, que es lo más frecuente cuando es preciso operar con alguna rapidez.



Fig. 106.

En el registro se anotará la clase de árboles, si no robles, encinas, etc.

En el mismo punto B mediremos el rumbo de BE y la distancia entre ambos puntos B y E, puesto que la carretera no cambia la dirección hasta este último.

En la casilla de *observaciones* escribiremos : « A los 24 metros de A, un puente de piedra, de madera, etc., sobre el arroyo tal. Longitud del puente, 16 metros. Altura sobre el arroyo, cuatro metros ». Esta altura se medirá desde el piso del puente con una cuerda dividida en metros por medio de nudos o con la cadena.

Como desde el punto B desciende el terreno hasta la salida del arroyo, mediremos esta pendiente para que más adelante podamos *determinar la cota del arroyo*, que por razón natural será de las más bajas de nuestro itinerario.

Así veremos :

Azimut de BE, 355° .

Pendiente de BE, 0° .

Pendiente desde B hasta la orilla del río, 10° D.

Anchura del cauce, 14 metros.

Pendiente desde la otra orilla hasta E, 7° A.

Se continúa la operación del mismo modo hasta el punto extremo del itinerario, quedando este trazado como lo indica la figura 106.

Para formarnos idea más exacta de la operación hecha y del modo de trazar las curvas de nivel, la figura 107 representa el perfil del camino.

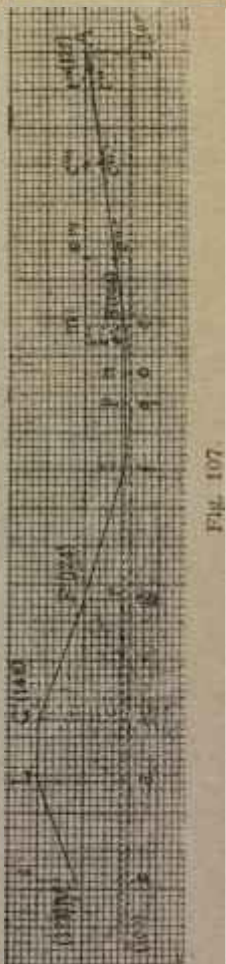
Este perfil se construye fácilmente, teniendo a la vista los datos que el registro suministra.

En un punto cualquiera A, elegido en el extremo conveniente del papel para que el perfil pueda desarrollarse, se traza una línea Am que representará la horizontal que pasa por el primer punto de estación, señalado con dicha letra. Desde A se mide la AB de la figura 107, que como es sabido representa la proyección horizontal de la distancia AB del terreno.

En A construiremos el ángulo mAB' , ángulo igual a $8^\circ D$, y desde m bajaremos la perpendicular mB' hasta que encuentre a la AB' .

La perpendicular mB' aplicada a nuestra escala de $1/4000$ nos dirá que entre los puntos A y B del terreno existe un desnivel de 21 metros.

Hecho esto tenemos en la AB' la verdadera inclinación descendente del trozo de ca-



mino representado en la figura 106 por AB.

Desde B' hasta C' el camino o lo que es lo mismo, desde R hasta E en la figura 106, la dirección es horizontal y está indicada en el perfil por la línea B'E'.

Sin embargo desde B' en el perfil, que corresponde a B en dicha fig. 106, el terreno desciende para constituir el lecho de la corriente, cuya superficie determina la *oq*, y este descenso, con arreglo a las notas del registro, lo indica en el perfil la línea B'o. Esto nos dice que desde B' o B va el camino por un *terraplén* indicado en el perfil por el triángulo B'no. La línea *np* representa el nivel del puente, situado a cuatro metro sobre la *oq*.

Del mismo modo va el camino en *terraplén* desde *p* a E'.

Desde E' hasta F' el camino se eleva con un ángulo F'E'r de 17, ácusándonos la *Fr* el desnivel de 20 metros que hay entre E' y F'.

Así también, trazando la paralela F' M' determinamos en el perfil la pendiente F'G' cuyo desnivel indica la G't con relación al punto F'.

El camino desde G' a L' es horizontal, y lo indicaremos con la línea G'L' en el perfil.

Desde L' hasta M' el camino desciende con un ángulo de 22°, dándonos el desnivel entre ambos puntos la *sM*.

Hecho el perfil del camino en la forma indicada, es muy fácil encontrar los puntos de *cota redonda*, que nos indiquen el paso de las curvas de nivel o

secciones horizontales con una equidistancia natural de 8 metros.

Empecemos observando que la línea horizontal *deoqf*, etc., que pasa al nivel de la pequeña corriente de que hemos hablado es la más baja de todas y por lo tanto a ella vamos a referir las cotas de los demás puntos altos.

Lo natural sería dar a esta línea la cota cero y partir desde ella para ir numerando todas las demás, pero podría ocurrir en el caso de continuar este itinerario que encontraríamos cotas más bajas que las del río, y para expresarlas tendríamos que poner las cifras correspondientes con el signo menos, en esta forma — 8, 16, para indicar así que dichas cotas están por debajo de la cota cero, lo que podría inducir a errores.

Para evitar esto daremos a dicha línea, la cota 100, lo que quiere decir que suponemos el plano general de comparación a 100 metros por debajo de ella.

Si al levantar un plano o un itinerario se dispone de un plano del mismo terreno, buscaremos en el plano ya hecho la cota de un punto que figure en el que vamos a hacer y se la daremos, refiriendo a ésta todas las demás.

Sabido esto vamos a continuar la operación, dando a la línea *deoqfg*, etc. la cota 100.

Si prolongamos hasta la línea 100 todas las perpendiculares que nos han servido para determinar las diferencias de nivel entre los puntos de estación y los observados, tales como *mB'*, *Fr*, *Gt*, etc., es

evidente que conoceremos la altura a que sobre dicha línea 100 se encuentran los puntos del terreno A', B', F', etc.

Para esto será suficiente aplicar a las escala las perpendiculares dichas y resultará :

A' del perfil o A del plano, 25 metros sobre la línea 100, luego su cota es 125, y B' del perfil o B del plano, 4 metros sobre la línea 100, luego su cota es 104.

Como los puntos *n*, *p* y E' del perfil se encuentran al nivel de B, su cota será la misma.

F' se encuentra sobre E' a 20 metros, que es el valor de la F'r, más 4 que hay desde *r* hasta *g*, luego la cota de F' es 124.

La de C' se compone de G't que vale 24 metros, de *tc*, que vale 20 metros por ser igual a F'r, y *cl* que vale 4 metros, luego la altura de G' es :

$$20 + 24 + 4 = 48 \text{ metros.}$$

sobre la línea 100, por consiguiente su cota es 148.

L' está al nivel de G' y su cota es igual.

En L' baja el terreno hasta M' y como el desnivel entre estos dos puntos está representado por la línea sM, que equivale a 20 metros, restando de la cota de L' que es 148 esos 20 metros nos resultará 128 metros, cota de M'.

Como los puntos del perfil A'B'E'F', etc., representan los puntos del plano A, B, E, F, etc., podremos decir que estos están acotados y señalar sus cotas en la figura 106.

La determinación de los puntos de cota redonda tampoco ofrece dificultad, sobre todo si se recuerda lo dicho en el capítulo 16 con referencia a la figura 91.

A los itinerarios se une una memoria que contenga los siguientes datos :

- 1º Nombre de los pueblos, caseríos, fábricas, etc., y de lo más notable del camino ;
- 2º Distancia entre estos puntos ;
- 3º Anchura del camino ;
- 4º Su estado de conservación ;
- 5º Vistas y perfiles de los detalles más importantes.
- 6º Detalles y datos estadísticos del terreno recorrido ;
- 7º Consideraciones varias.

A veces se hacen estas indicaciones en el mismo margen del itinerario.

En uno u otro caso, cuando se trata de la vista de un detalle de interés se marca en el plano con una letra el sitio a que corresponde la vista y en esta se escribe : *vista de A desde tal parte.*

CAPÍTULO XIX

DETERMINACION DE LOS PUNTOS DE COTA REDONDA.

Fijémonos en el punto A' de la figura 107 que representa el A de la figura 106.

Este punto tiene de cota 125 metros distribuidos como se recordará : 25 metros desde m hasta e , y 100 desde e hasta el plano general de comparación, que es un plano imaginario como se ha dicho.

Recordemos también que $A'B$ representa la inclinación del terreno, y $A'm$ su proyección horizontal, o lo que es lo mismo la AB de la figura 106.

Observado esto, marcaremos en AB los puntos de cota redonda, según lo dicho en el capítulo 16.

Por último téngase en cuenta que la *equidistancia natural* será 8 metros y por consecuencia la *equidistancia gráfica* 2 milímetros.

El punto e de la em tiene la cota 100.

La em equivale a 25 metros.

Luego de dos en dos milímetros, a partir desde e tendremos las alturas de 108, 116 y 124 metros. No habrá más que señalarlos en la em .

Los puntos de esta línea e' c' y t' están sobre la línea 100 a 108, 116 y 124 metros.

Estos puntos, proyectados sobre la $A'B'$ son los e'' , c'' y d'' .

Proyectados a su vez en la $A'm$, que representa la AB del plano (fig. 64) tendremos en e''' , c''' y t''' tres puntos de paso para las curvas 108, 116, 124.

Tomemos ahora las distancias me''' , $e'''c'''$ y $c'''t'''$ sobre la AB de la figura 106 y tendremos acotada esta línea, que es la proyección horizontal de la primera pendiente observada al trazar el itinerario.

Los demás puntos de cota redonda se determinan del mismo modo y aun con más facilidad.

Por ejemplo, observemos la pendiente $F'G'$ del perfil (fig. 107).

La $G't$ que nos da la diferencia de nivel entre los puntos F' y G' es igual a seis milímetros que equivalen a 24 metros del terreno, y diremos :

Diferencia entre 124 metros y 128 metros, igual a 24 metros.

24 entre 8 igual a 3.

Y como esto nos dice que sobre F' tenemos tres puntos de cota redonda, a saber los 132, 140 y 148, resulta que será necesario dividir la FG del itinerario en tres partes iguales, dando a cada una la cota que según su elevación sobre F le corresponda con arreglo a lo expuesto.

Un razonamiento semejante, aplicado a las demás pendientes, dará por resultado la determinación de todos los puntos de cota que se buscan.

Examinando con alguna atención el perfil (fig. 107), se observa que el terreno desciende con suavidad desde A' hasta el puente, que desde E' a G' se eleva con más aspereza hasta llegar a la meseta

G'L' y que pasada ésta vuelve a descender.

De las observaciones anteriores resulta que el terreno representa una gran *vaguada*, que ésta la determina por un lado una pendiente suave y por la otra una altura bien caracterizada, puesto que el dibujo nos pone de manifiesto sus dos laderas y su cumbre.

Esto nos da una idea muy aproximada de la dirección de las curvas, tanto que, en un trabajo rápido, previo un reconocimiento del terreno y algunos apuntes podríamos determinarlas sin más antecedentes.

Por lo pronto las curvas de la primera pendiente deben cruzar a la AB casi en sentido perpendicular, siguiendo una dirección más o menos paralela a la de la vaguada.

Siendo esto exacto, dos o tres puntos acotados a derecha e izquierda del primer trozo recorrido fijarían más las direcciones de las curvas de nivel.

Por ejemplo, si observados el caserío D y la casa R resulta que el primero tiene una cota 106 y la segunda una cota 108, ya tendremos dos puntos para las curvas que pasen por del camino acotados con iguales cifras, y de esta dirección deduciremos la restante, teniendo siempre como guía la naturaleza del terreno o sus líneas características.

Si partiendo de la cota primera 124 no tuviéramos otro punto a que dirigir la curva, no sería aventurado darle la dirección que tiene en la figura 106, después de conocida la dirección de la curva 116.

Esto debe evitarse pero, si por falta de tiempo no se hubieran podido acotar más puntos que los D y R sería preciso deducir de la dirección exacta de unas curvas la dirección verosímil de las otras.

Como por debajo del puente está la cota 100, no será difícil encontrar dos o tres puntos que fijen la posición de la curva señalada con este número.

En E empieza a subir el terreno y empiezan a repetirse necesariamente las cotas encontradas desde A' hasta B', superándolas por elevarse a mayor altura que 125 metros, cota del punto de partida, y como baja el terreno desde L', también por esta parte se repiten las cotas más altas encontradas entre F' y G'.

Se observa pues la relación que entre sí tienen estas curvas.

Si al dominar la meseta G'L' vemos que el terreno descende también a derecha o izquierda, esto indicará que se cierran, redondeándose, las curvas que pasen por las cotas iguales del uno y otro lado de la meseta indicada por la L'G' del perfil o LG del plano.

Si al contrario la meseta LG se extendiera a derecha e izquierda, las curvas no se cerrarían dentro del plano, y en vez de redondearlas y unir las, como las 148 y 140 de la figura 106, las trazaríamos en dirección próximamente paralela como las dos que tienen la cota 132 al lado allá o al lado acá de la meseta a que nos estamos refiriendo.

Y al llegar aquí volvemos a repetir lo dicho antes :

si el principio del bosque N resulta con la cota 140 y la casa N' con la cota 140, ya no cabrá duda, y las curvas 140 deberán cerrarse por esa parte.

Cerrada esta indudablemente se cerrará también la 148 que está más alta porque las curvas, siendo horizontales, claro está que no pueden cortarse.

Si la cota 132 no tiene otra igual se trazará como indica la figura.

De lo dicho resulta que, estando acotado el camino, una inspección inteligente del terreno puede facilitar el trazado de las secciones horizontales, y que resultará tanto más ajustado a la verdad, cuanto mayor sea el número de puntos acotados a derecha e izquierda de la vía que se sigue.

Los demás apuntes del registro indicarán la situación de los bosques de las tierras labradas y de los demás detalles que constituyen la figura 107.

Las líneas de puntos indican las visuales dirigidas a diversos sitios, con arreglo a los procedimientos indicados para determinarlos, pero estas líneas no han de aparecer en el trabajo concluido.

Cuando los terrenos son muy llanos, y por consecuencia apenas sensibles los desniveles que resulten al trazar los perfiles, se aumentará el desnivel en un doble para que ésto dé mejor idea del relieve del terreno, pero en este caso hay que advertirlo así por medio de una nota en el mismo plano.

Desde luego se advierte que son exageradas las pendientes del camino cuyo itinerario hemos trazado, pero como se trata de un estudio conviene así. Por

otra parte, si se hubiera conducido el camino según las reglas a que se ajusta el trazado de las vías de comunicación, reglas que ya hemos dado a conocer, hubiera sido preciso llevarlo en zizás por las pendientes y esto hubiera aumentado los azimutes sin proporcionar ventaja alguna para el resultado práctico que perseguimos.

Para orientar el itinerario marcaremos un punto en cualquiera de las líneas de la cuadrícula y como todas las que van de arriba abajo representan la *meridiana magnética*, formaremos en dicho punto, y por la derecha de la línea escogida, un ángulo igual a de declinación. De este modo se marcará la flecha que se ve en la figura 105.

Pero ya hemos dicho que por regla general no se hace en los planos línea Norte Sur porque ésta la puede determinar el margen derecho o izquierdo del papel.

Bastará pues, una vez terminad el dibujo, recortarlo de modo que la MA quede paralela a las márgenes laterales del dibujo.

CAPÍTULO XX

CONJUNTO DE LAS OPERACIONES.

Supongamos que se trata de levantar el plano de un terreno de poca extensión, sin más recursos que los empleados para las operaciones parciales antes detalladas.

Diremos antes algunas palabras sobre las diferentes clases de planos que se conocen.

Plano **geográfico** se llama al que comprende un continente, un gran Estado o mares en extensión muy considerable. Como estos planos tienen que representarse en una hoja de papel, resulta que no pueden señalar sino los datos más importantes.

Planos **corográficos** son los que representan provincias, y no contienen generalmente más detalles que los anteriores.

Planos **topográficos** son aquellos que representan una pequeña extensión de terreno, pudiendo expresar detalladamente sus pormenores.

El levantamiento de un plano, ya hemos dicho que consta de dos operaciones distintas, que en la práctica se han de ejecutar a un tiempo. Nos referimos a la *planimetría* y a la *nivelación*.

La **operación** preparatoria consiste en formar .

una serie o red de triángulos que se conoce con el nombre de **canevás**.

Para la formación del canevas se debe tener presente la conveniencia de que los ángulos de los triángulos no sean muy agudos, y al efecto, antes de empezar la operación, se recorrerá el terreno con objeto de formar idea de su estructura y determinar los puntos que por su posición visible desde otros hayan de ser vértices de la triangulación, siempre teniendo en cuenta lo dicho respecto a la calidad de los ángulos.

El resultado de este examen debe ser un croquis hecho con lápiz, en el cual figuren las líneas características del terreno y sus puntos notables.

En esta ojeada deberá fijarse la dirección aproximada de la *divisoria general de las aguas*, marcando sus cambios de dirección y las *divisorias parciales* que se derivan de la principal, dividiéndose en varias otras, para dejar espacio intermedio a las pequeñas vaguadas.

Después de hecho este el encargado del levantamiento del plano deberá apreciar a ojo las mayores distancias del terreno con objeto de calcular el tamaño que deberá tener el papel con arreglo a la escala elegida.

Supongamos por ejemplo que la longitud del terreno sea 3 000 metros y que queramos hacer el plano en la escala de 1/10 000.

En este caso como cada decímetro en el papel equivale a 1 000 metros en el terreno, nuestro dibujo

ocupará una longitud de tres decímetros, y contando con el margen que se le quiera dejar, tendremos conocida la magnitud del papel.

Hechas estas operaciones preliminares, se **eligirá una base.**

Base se llama a una primera alineación que se establece con las siguientes condiciones a ser posible :

- 1º Que esté próximamente en el centro del terreno ;
- 2º Que sea horizontal ;
- 3º Que desde sus extremos se descubran los puntos más importantes.

Elegida la base se jalonará y medirá con la mayor exactitud.

El mejor procedimiento para medir la base consiste en hacer la medición cuatro personas, dos desde un extremo y dos desde el otro. Empezando al mismo tiempo y confrontando los resultados habrá motivo para creer que son exactos si resultan iguales. En caso contrario, y cuando la diferencia sea pequeña, se tomará el término medio de las dos medidas hechas, que se repetirán si la diferencia fuese grande.

Después de hecha la medición de la base, se *orientará y nivelará*, esto último si el terreno no hubiera permitido establecerla en sentido horizontal y después de reducida al horizonte, se trasladará al papel su proyección horizontal, anotando en el registro lo que esté indica en el capítulo XV.

Estas operaciones de jalonar, medir, orientar y

nivelar la base exigen sumo cuidado, porque como de ella han de partir todas las operaciones, no resultará ningún punto de la triangulación o *canevás* bien situado si se ha cometido un error en cualquiera de ellas.

Si la base no es horizontal será conveniente

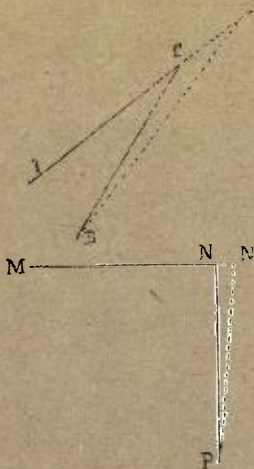


Fig. 108.

apreciar la diferencia de nivel entre extremos opuestos, hasta convencerse de que la operación está bien hecha, lo que se conocerá cuando en distintos sentidos resulte el mismo desnivel, y por consiguiente la misma reducción al horizonte.

Después de medida la base y trasladada al papel

se elegirán, a derecha e izquierda de ella dos puntos notables del terreno, situados a ser posible de tal modo que resulten equiláteros o de lados iguales los triángulos que forman con los extremos de la base.

Cuando el terreno no presenta estos puntos, se clava en ellos un jalón como una banderola, teniendo cuidado al retirar aquel, de marcar el sitio en que estuvo con piedras grandes, alguna de ellas metida en el terreno, con objeto de que, si fuese necesario suspender la operación, sea fácil, al continuarla, colocar la bandera en el mismo sitio.

Conviene elegir los triángulos de la forma indicada porque nada induce a errores tan graves como los ángulos muy agudos.

La figura 108 da a conocer este error.

Desde A y B hemos fijado el punto C.

Si la visual BC se hubiera desviado de su verdadera dirección, como indica la B' C' el punto C de coincidencia hubiera avanzado hasta C' muy lejos de su verdadera situación.

Veamos en cambio el caso opuesto.

Las dos visuales MN y PN son casi perpendiculares, y la misma desviación cometida por error, nos colocaría el punto N en N'.

Con examinar la diferencia que hay entre las CC' y NN' queda demostrado lo que decíamos.

Supongamos que la AB (fig. 109) representa la base horizontal de un plano que se va a construir en la escala 1/10 000, que C y F son los dos primeros puntos elegidos a derecha e izquierda para que con

los extremos A y B constituyan los dos primeros triángulos del canevas y aunque sea necesario repetir algunas operaciones ya conocidas, vamos a trasladar al plano los dos triángulos ABC y ABF observados en el campo.

Si al empezar la operación, disponiendo de un plano del mismo terreno observamos en él que por el sitio A pasa una curva de nivel acotada con el número 95 por ejemplo, a partir de este número iremos determinando las diferencias de nivel entre dicho punto A y los demás vértices de la triangulación. Vamos a partir de este supuesto y del supuesto de que la base AB es perfectamente horizontal.

Suponiendo que el terreno, desde A hasta G tenga una pequeña elevación y que vaya subiendo más rápidamente desde G hasta C, haremos dos puntos de estación en A y G que nos darán por ejemplo :

— Azimut de AG, 335° .

Pendiente, 3° A.

Distancia según el terreno, 120 metros.

Id., reducida al horizonte, $119^m,7$.

— Azimut de GC : 335° .

Pendiente, 10° A.

Distancia según el terreno, 232 metros.

Id., reducida al horizonte, 230 metros.

Suponiendo también que entre B y C hagamos dos puntos de estación, tendremos :

— Azimut de BH, $52^{\circ} 30'$.

Pendiente, 3° A.

Distancia según el terreno, 100 metros.

Id., reducida al horizonte, 998 metros.

- Azimut de HC, $52^{\circ} 30'$.
- Pendiente, 13° A.
- Distancia según el terreno, 246 metros.
- Id., reducida al horizonte, 240 metros

Respecto al lado AF, observaremos.

- Azimut de AR, $231^{\circ} 30'$.
- Pendiente, 3° A.
- Distancia, según el terreno, 150 metros.
- Id., reducida al horizonte, 149,7.
- Azimut de RF, $231^{\circ} 30'$.
- Pendiente, 15° A.
- Distancia según el terreno, 233 metros.
- Id., reducida al horizonte, 225.

El lado BF nos dará :

- Azimut de BN, 164° .
- Pendiente, 3° A.
- Distancia, según el terreno, 110 metros
- Id., reducida al horizonte, 109,7.
- Azimut de NF, 164° .
- Pendiente, 14° A.
- Distancia según el terreno, 237 metros.
- Id., reducida al horizonte, 230.

Con estos antecedentes podremos acotar las AC, BC, AF y BF.

Para esto empezaremos por las dos primeras teniendo a la vista el registro y el resultado del primer examen que habremos hecho del terreno al recorrerlo para averiguar, entre otras cosas, cuáles son los puntos más bajos y cuáles los más altos y la consiguiente dirección de esa serie de puntos, lo que se puede conocer observando la dirección de

las aguas y de las vertientes, como pronto veremos.

Teniendo en cuenta que la base es horizontal, y que por los métodos ya conocidos se han fijado todos los vértices del canevas, empezaremos la operación desde A para rectificar la posición de los vértices si fuera necesario.

Desde A hasta G hay un pequeño desnivel que apreciaremos, y como resulta ser de cinco metros, daremos a dicho punto la cota 100, que resulta sumando 5 a los 95 que tiene de cota el punto A.

Observaremos que como la base AB es horizontal, y en torno de ella va elevándose el terreno, con suavidad primero y después más rápidamente, dicha base está situada en terreno hondo, en una especie de valle, y que por consecuencia no será fácil que encontremos cotas inferiores a 95 dentro de la equidistancia adoptada para las curvas de nivel.

Para determinar las cotas entre G y C mediremos la diferencia de nivel entre ambos puntos que resulta ser 40 metros : luego, si las curvas de nivel han de suponerse a una *equidistancia natural* de 10 metros, representados por una *equidistancia gráfica* de un milímetro, se dividirá la GC en cuatro partes iguales y tendremos, a partir de G, cuya cota es 100 según hemos dicho, los puntos de cota redonda 110, 120, 130 y 140, que están indicados en la figura (véase lo dicho en el capítulo anterior).

El punto H de la BC tiene también la cota 100, y como la diferencia de nivel entre los puntos H y C es la misma que entre G y C, dividiremos por

la misma razón en cuatro partes iguales la HC y tendremos los puntos de cota redonda 110, 120, 130 y 140, que determinarán con los puntos que tienen la misma cota en la GC, el paso de las curvas de nivel 100, 110, 120, 130 y 140.

Suponiendo que los puntos R, N, O y L resulten a 100 metros sobre los extremos A y B de la base, les daremos la cota 100 que les corresponde, y continuando la operación del mismo modo, determinaremos los demás puntos de cota redonda en el triángulo ABF, que tiene con el ABC el lado AB común.

Construidos estos dos triángulos en el terreno y trasladados al papel y acotados según nuestra escala, haremos lo mismo con los demás que se ven en la figura.

Fijémonos por ejemplo en el BCD.

Este triángulo se habrá construido en el terreno después de hechos los ABC y ABF, y por lo tanto partiendo de los puntos B y C ya bien conocidos determinaremos el vértice D clavando en el campo un jalón o banderola que lo haga muy visible.

Medidos los azimutes CD y BD, los grados de pendiente y las distancias según el terreno, reduciremos éstas a su proyección horizontales al plano, y tendremos un nuevo triángulo del canevas que será el BCD de la figura.

Si suponemos que entre C y D hay un ángulo de pendiente ascendente de 18° , que nos da entre ambos puntos una diferencia de nivel de 100 metros, observando que la cota de C es 140, la de D estará

representada por 100 metros más o sea por 240.

Ahora, sólo nos falta señalar en la CD los puntos de cota redonda, de 10 en 10 metros :

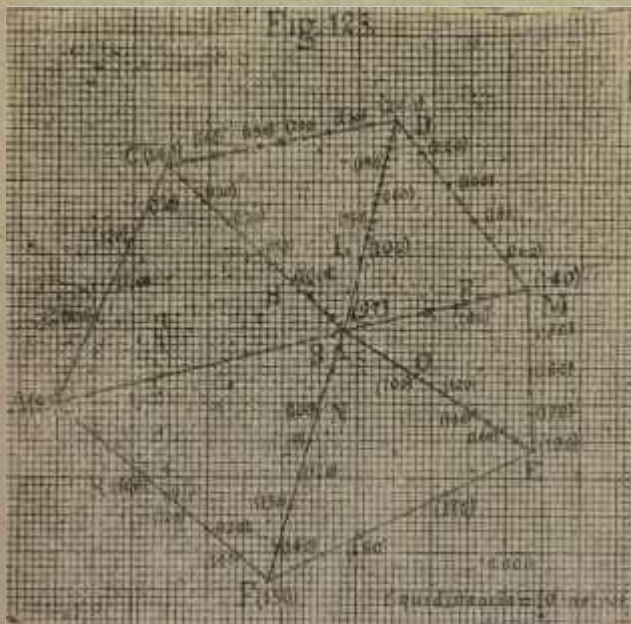


Fig. 109.

La operación es la misma que se ha indicado.

Construiremos el triángulo CDD' (fig. 110), en el cual CD es la proyección marcada en el plano de la CD' que representa la distancia CD del terreno en

la figura 110, con su pendiente de 18° *ascendente*, dándonos en la DD' la diferencia de nivel igual a 100 metros según la escala.

Como las curvas de nivel se trazan de 10 en 10 metros, y la DD' es igual 100 metros, la dividiremos en diez partes iguales y tendremos las cotas que buscamos, no olvidando que C tiene la cota 140 véanse las cotas señaladas en la CD (fig. 109)].

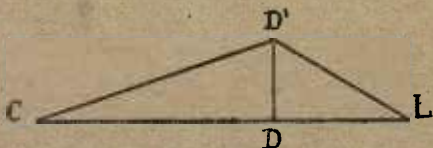


Fig. 110.

Recuérdese que si dividimos la DD' en partes iguales, y por los puntos de división trazamos paralelas a la DC , los puntos en que estas paralelas corten a la CD' marcarán en ella diez partes también iguales, que serán otros tantos puntos de paso en el terreno para las curvas de 150, 160, 170 metros, etc., puntos que, proyectados en la CD (fig. 124) nos dan los señalados con las cotas 150, 160, 170, etc., en la CD de la figura 109.

Acotada la CD vamos a hacer lo mismo con la LD de la figura 109.

Prolongaremos la CD de la figura 110 hasta L de modo que esta LD sea igual a la LD de la figura 109, y en el punto L haremos la misma construcción

según los antecedentes del registro, resultando así construido el triángulo $DD' L$ al que aplicaremos lo dicho respecto al CDD' para determinar en la proyección horizontal DL los puntos de cota redonda.

Los demás triángulos se construyen de igual modo, y después de hechas las mismas operaciones, en todos sus lados, resultará acotado el canevas.

CAPÍTULO XXI

LEVANTAMIENTO DEL DETALLE Y TRAZADO DE LAS CURVAS.

Después de construido el canevas se procede a hacer el **levantamiento del detalle** que consiste en levantar el plano de cada triángulo.

Esta operación se ejecuta casi siempre partiendo de cualquiera de los vértices y, para mayor prontitud se copian los triángulos en papel aparte y se distribuye el trabajo. Esto tiene también la ventaja de asegurar el buen resultado de la operación porque permite hacer confrontaciones.

Por ejemplo :

Como los que levantan el detalle de los triángulos ABC y CBD se encuentran con un lado común que es el BC, los dos grupos que ejecuten el trabajo encontrarán que el camino indicado en la figura 111 (la cual corresponde a la 109), pasa a la misma distancia de B (véase este punto en la figura 109). Si este detalle no coincide en ambas operaciones, el trabajo estará mal hecho y será necesario rectificarlo.

Si se trata de levantar el detalle del triángulo ABC, empezaremos haciendo un registro especial con objeto de ir anotando en él las observaciones

que vayamos haciendo, a partir del punto A, por ejemplo.

La dirección de los caminos, de los canales, de las corrientes de agua, etc., la situación de los bosques, caseríos, casas aisladas, tierras de labor, etc., todo esto y cuanto además de esto contribuya al objeto que se persigue, que es obtener una representación del terreno lo más exacta posible, deberá anotarse por los procedimientos indicados de sencilla o doble intersección, de radiación o de rodeo explicados en anteriores capítulos.

Si a partir de A en dirección a C encontramos a los 29 metros un camino, lo haremos constar así en el registro y, por los medios anteriormente expuestos mediremos el azimut de la dirección que tiene el camino hasta la casa indicada en el dibujo, la distancia y la pendiente (fig. 111).

En este caso observaremos que la casa se encuentra al mismo nivel que el punto A, luego su cota será 95. Acotada esta casa tendremos en el triángulo tres puntos con la cota 95.

Uno en A, otro en B, y el tercero podremos determinarlo cerca de la corriente que se ve en la figura 111, y por el otro lado de las casas señaladas con la letra A. De este modo fijaremos la curva 95.

En la casa haremos estación y del mismo modo apreciaremos con la brújula la dirección del camino hasta que entra en el triángulo inmediato.

Con esto y con notar la clase del camino tendremos lo necesario para su representación.

Al llegar a la casa S tomaremos nota del bosque situado en la parte alta del terreno, y si hay tiempo la *rodearemos* para determinar exactamente su contorno. Si no, dibujaremos en un trozo de papel o en un cuaderno la forma aproximada de dicho bosque, y su situación con respecto a la casa.

Siguiendo la dirección del lado BC desde el punto en que lo corta el camino a que nos estamos refiriendo, determinaremos la situación del edificio S que se encuentra inmediato a él y dentro del triángulo.

Para fijarlo en el plano será suficiente tomar nota en el registro de la distancia a que se encuentra de nuestro punto de partida sobre el lado BC.

Si dentro del triángulo hubiera otro detalle importante, lo determinaríamos por el método de doble o sencilla intersección.

Si al levantar el plano resulta que, con arreglo a la escala no es posible fijar en él un punto importante más que con un signo convencional, se construye en papel aparte y en mayor escala el detalle que se quiera dar a conocer.

La cota de la casa inmediata al lado BC se anotará en el registro.

En el triángulo ABF partiremos del vértice A, y como a los 70 metros encontramos el arroyo representado en la figura 111 por una línea ondulada, tomaremos nota de los azimutes de este detalle hasta que atravesando el lado BF penetre en el triángulo BEF. Del pequeño escarpado que indica

la figura se tomará nota en el registro para marcarlo en el dibujo y lo mismo haremos con los árboles que se ven en sus orillas y con las tierras labradas que

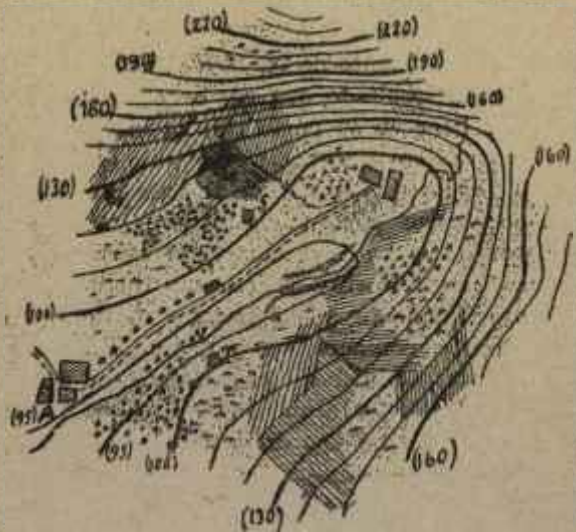


Fig. 111.

se prolongan hasta el vértice F, penetrando en el triángulo inmediato.

Falta ahora trazar las curvas de nivel o secciones horizontales.

Dos cosas tendremos presentes :

1º El reconocimiento hecho antes de empezar el trabajo ;

2º Los puntos de cota redonda señalados en los triángulos que constituyen el canevas (fig. 112), y las cotas que hayan resultado al ejecutar el levantamiento del detalle.

Del reconocimiento de un terreno como el que se trata, habrá resultado que nos encontramos en un valle que tiene en su parte más honda y llana un camino y una corriente. Que esta parte llana es más estrecha hacia el punto A de la base que hacia el extremo B. Que por aquella parte y a derecha e izquierda de la base, el terreno se eleva con más rapidez hacia el Norte o sea hacia el vértice D.

Estos antecedentes y la forma general del terreno, que podríamos comparar con la de una media artesa algo ovalada, nos indican al primer golpe de vista que las curvas tendrán que seguir a mayor o menor distancia de la base una dirección circular, rodeándola en toda su extensión.

Así pues, si los antecedentes tomados en el campo no responden a esta forma de terreno, o nos dieran las curvas más reunidas en los puntos donde el terreno se eleva con menos rapidez y más separadas en las pendientes ásperas, sería preciso repetir las operaciones practicadas.

Para trazar la curva 100 tenemos los puntos G, H, L, P, O, N y R (fig. 109) y la casa situada cerca de la corriente cuya cota calcularemos en 98 metros. Pasando una curva por todos los puntos indicados

hasta el N, tendremos con gran exactitud la segunda sección horizontal.

Al llegar a N observaremos que la curva deberá pasar muy próxima a la casa T (suponiendo que haya resultado en la cota 100) lo que nos obligará a delinear la curva con el saliente que indica la figura.

Del mismo modo trazaremos las curvas 110, 120, 130, etc.

En las orillas de los ríos, cuando tengan las dos determinadas en el dibujo, se interrumpirán, pero no así en los edificios, aunque en rigor debiera hacerse.

Cuando el terreno presenta escarpados verticales y muy altos, claro es que las curvas cortarían estos terrenos como los demás, pero como en este caso las proyecciones horizontales de todas ellas se confundirían en una sola, se interrumpen también.

Los cercados no presentan obstáculo para el trazado de las curvas de nivel.

En los caminos pendientes forman siempre un pequeño entrante, como bordeando las orillas hasta que las cruzan y toman la dirección que el terreno indica.

Generalmente se trazan las curvas con tinta negra o color siena tostada, y cuando son muchas se marcan con línea más gruesa algunas, dejando entre éstas el mismo número.

En un terreno llano, para que el número de curvas sea mayor convendrá disminuir la equidistancia y aumentarla en los terrenos montuosos, partiendo del siguiente principio :

Generalmente se establece una relación entre la equidistancia natural y la escala del plano, que suele ser un dos mil avo del denominador de la escala, lo que nos da como equidistancia gráfica medio milímetro, cualquiera que sea la escala con que se opere.

Supongamos que se trata de las escalas 1/10 000 y 1/40 000.

10 000 dividido entre dos mil igual 5.

40 000 dividido entre dos mil, igual 20.

Luego la equidistancia natural, según la regla indicada, será 5 metros o 20 metros, según se opere con la escala 1/10 000 o la 1/40 000.

Ahora bien, 5 metros en la escala 1/10 000 están representados por medio milímetro, según nos dice la siguiente proporción :

$$1 : 10\ 000 :: x : 5.$$

de donde :

$$x = \frac{5}{10\ 000} = 0,005$$

En la escala 1/40 000 tendremos :

$$1 : 40\ 000 :: x : 20.$$

de donde :

$$x = \frac{20}{40\ 000} = 0,005.$$

La equidistancia constante de medio milímetro, proporciona una ventaja y es que, sea cual fuere

la escala del plano, a iguales pendientes corresponde igual separación de las secciones horizontales, lo que permite apreciar éstas con mucha facilidad, aunque se tenga poca práctica en la lectura de los planos.

Supongamos que se trata de representar en dos planos, y en las escalas de $1/10\ 000$ y $1/20\ 000$ un mismo trozo de camino cuya longitud sea 400 metros.

En la escala de $1/10\ 000$ les corresponde una longitud de 40 milímetros, y suponiendo que el desnivel del camino sea 20 metros, tendrá que estar cortado por cuatro curvas, puesto que su equidistancia es medio milímetro y el desnivel está representado por dos. Estas cuatro curvas cortarán al trozo de camino a la distancia entre sí de un centímetro.

Si la misma porción de camino la representamos en la escala $1/20\ 000$, los 400 metros de proyección tendrán una equivalencia de dos centímetros y al desnivel de 20 metros corresponderá un milímetro. Con arreglo a esto las curvas tendrán también que trazarse de centímetro en centímetro.

Agregaremos, por último que toda pendiente que exceda de $1/1$ se representa con la indicación de escarpado, que toda pendiente menor que $1/64$ se considera como llano y que, cuando entre dos curvas de nivel hay un cambio rápido de pendiente, se indica este cambio con una línea de puntos acotada.

CAPITULO XXII

LEVANTAMIENTO DE PLANOS A OJO. — COPIA DE PLANOS.

El levantamiento de croquis a ojo se ejecuta cuando el tiempo apremia o faltan los recursos, y como esto suele suceder en la guerra con mucha frecuencia, de aquí que los croquis tengan aplicación en las operaciones militares.

Para levantar un plano a ojo convendrá situarse en un punto alto y trazar en él con la vista una línea que sirva de base, apoyando sus extremidades cuando sea posible, en dos detalles importantes, como por ejemplo fábricas, caseríos, puentes, etc.

Hecho esto se trazará en el papel una línea que represente la del terreno y se orientará con la mayor exactitud posible.

Desde uno de los extremos se dirigirán visuales a todos los puntos notables, y después de trazar en el papel líneas que las representen, formando con la base ángulos próximamente iguales a los que aquellos forman con la línea del terreno, se fijarán en el papel los puntos observados ya por la intersección de las líneas que representen las visuales, ya apreciando a ojo las distancias, según la escala adoptada.

La planimetría en esta clase de trabajo se obtiene con facilidad, pero no es tan fácil la nivelación. Sin embargo, trazando la dirección de las divisorias y de las vaguadas más importantes, se puede determinar la forma de las curvas de nivel y del examen de las principales alturas, deduciremos la mayor o menor importancia de las pendientes.

Puede ser preciso en ciertos casos hacer un croquis sin trasladarse al terreno. En este caso hay que apelar únicamente a los **informes verbales** dados por personas conocedoras del terreno.

Se empieza por trazar en el papel una línea que una el punto en que se hace la operación con otro importante y bien conocido, como un pueblo, una fábrica, un puente sobre un río, etc.

Después de trazada esta línea OB (fig. 112), reducida a la escala 1/80 000 u otra, y con arreglo a las distancias a que según los prácticos se encuentren los dos puntos, se cortará la OB con una línea que indique la dirección NS, tomando en consideración para ello los antecedentes que suministren los informadores.

Hecho esto, se hará centro en el punto O que representa en el papel el terreno en que está situado el que hace la operación, y con un radio igual a un centímetro, que representa ochocientos metros en el terreno se trazará un círculo y otro con radio de dos centímetros, concéntricos ambos, representando la extensión del dibujo tres mil doscientos metros.

En la figura 112 se supone que entre la casa de

campo O y el punto B, según informes, hay 1 200 metros.

Si desde O parte en dirección Noroeste un camino, se indicará, como así mismo la parte de él que por debajo de la línea OB llega hasta el pueblo B.

Si a un kilómetro se uniera a él una senda, la marcaríamos en el dibujo dándole la dirección que se nos indicara.

Del mismo modo representaríamos el bosque como se ve en la figura y los detalles anotados en ella.

Si se nos dice que al Oeste de la casa el terreno se eleva y que, como a un kilómetro en la misma dirección hay una ermita C en la cumbre de un monte, preguntaremos la altura de éste, y suponiendo que la calculen en 100 metros, tendremos un dato para trazar secciones horizontales.

Para averiguar el desnivel entre el pueblo B y la casa O, preguntaremos si para trasladarse desde O a B el terreno es llano, o si hay que subir o bajar, y si la pendiente es rápida o no. Si de estas indicaciones resulta que la pendiente es suave y ascendente, puesto que se trata de un camino carretero, calcularemos que podrá estar representada por la relación $1/9$, y admitido esto como probable determinaremos fácilmente la diferencia de nivel entre O y B.

Si a estos datos esenciales se agrega el que nos suministra la corriente o el arroyo, y la noticia de que el resto del terreno no presenta elevaciones ni depresiones importantes, tendremos lo necesario para dar, por medio del dibujo topográfico una idea

aproximada del terreno que rodea a la casa O en el radio de 1 600 metros que hemos elegido.

Vamos ahora a medir el desnivel de los puntos C y B con respecto al O en que nos suponemos situados.

Si desde O hasta C hay 1 000 metros, según el

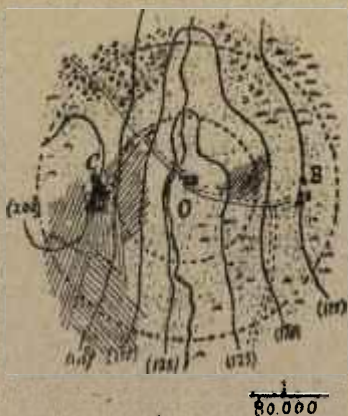


Fig. 112.

terreno, y desde la altura C 100 metros de desnivel sobre la horizontal que pasa por O, tendremos los datos suficientes para trazar con alguna aproximación el triángulo a que tantas veces nos hemos referido.

Si queremos trazar las curvas con una equidistancia natural de 25 metros pasarán por la altura de

triángulo cuatro curvas que cortarán, como es sabido, a la distancia entre O y C en cuatro puntos equidistantes.

Dividamos pues esta distancia OC en cuatro partes iguales, y tendremos cuatro puntos de cota redonda a partir de la que corresponda al punto O.

Si por ejemplo damos a éste la cota 100, tendremos las cotas 125, 150, 175 y 200 en las partes iguales de la OC a que antes nos hemos referido.

Del mismo modo averiguaremos cuántas curvas de nivel pasarán entre O y B después de conocido el desnivel entre ambos puntos.

Es evidente que no se puede responder de la exactitud en tales casos, pero entre fiar a la memoria o apuntar en el papel los antecedentes suministrados por los conocedores del terreno, a representar dichos antecedentes, por medio de un dibujo, aunque sea incorrecto, hay una diferencia que saben apreciar siempre los que confían estas comisiones a la práctica y a la inteligencia de los demás.

El levantamiento de planos a ojo se hace también ampliando un plano con objeto de introducir en él detalles que no contenga.

Supongamos que se trata de ampliar a la escala de $1/20\ 000$ una parte cualquiera de un plano construido en la escala $1/80\ 000$.

Para esto construiremos sobre la parte del plano que se quiere ampliar un cuadrículado que tenga $12\ 1/2$ milímetros de lado, distancia equivalente a 1 100 metros en la escala $1/80\ 000$.

Hecho esto, en el papel donde hayamos de hacer la ampliación se construye otra cuadrícula cuyos cuadros sean *cuatro veces mayores*, que los otros, puesto que queremos una ampliación cuatro veces mayor.

Después de reproducido todo el dibujo, caminos, aguas, edificios, curvas de nivel, etc., supongamos que estén estas trazadas de 20 en 20 metros en el original y que queremos situarlas de 5 en 5 en la ampliación.

Para esto intercalaremos tres curvas entre cada dos, siguiendo las mismas ondulaciones del original reproducido.

Si queremos trazarlas con más exactitud, procederemos de este modo :

Se buscará la curva que tenga cota mayor. Supongamos que sea 200 metros y la más baja de 40 por ejemplo, de donde resultará que tendremos señaladas las curvas siguientes : 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 y 200 metros, es decir nueve curvas de 20 en 20 metros.

Hecha esta observación, si queremos trazar las 3 nuevas curvas entre las 40 y 60, buscaremos en el plano los puntos que tengan las cotas 45, 50 y 55, y éstos determinarán la dirección exacta de las curvas que queremos intercalar.

Hecho esto ampliaremos el nuevo plano con los detalles que no pudieron entrar en el original, por ser de pequeña escala, y resultará hecha la operación.

Cuando de lo que se trata es de sacar copias, puede emplearse un procedimiento que se funda en el empleo del papel de *ferroprusiato*.

Este papel tiene una preparación que se descompone por efecto de la luz hasta tomar un fuerte color azul oscuro, dejando marcado el dibujo con líneas blancas.

Para obtener este resultado se coloca el modelo sobre una placa de cristal colocada en una prensa fotográfica y encima se coloca la hoja de papel ferroprusiato.

En seguida se oprimen fuertemente en la prensa y luego se coloca el aparato al sol. La influencia de éste sobre el papel, le hace tomar sucesivamente los colores amarillo verdoso, verde azulado, azul gris y gris aceituna. Cuando se observa este último color se retira el papel preparado y se sumerge por completo en buena cantidad de agua, cuidando de no dejarlo expuesto a la luz.

Colocado el papel en el agua, se mueve ésta agitando la cubeta que la contenga y se renueva el líquido dos o tres veces para que el agua esté siempre limpia.

De este modo el dibujo se va destacando poco a poco.

CAPÍTULO XXIII

MEMORIAS. — SONDAS.

A todo plano debe acompañar una Memoria. Veamos lo que debe contener según su concepto de descriptiva o militar.

Respecto del terreno deberá indicar la Memoria si es llano, ondulado, quebrado, montuoso o montañoso.

Llano es el que no ofrece gran desnivel.

Ondulado cuando, siendo llano en general tiene ondulaciones suaves de alguna extensión.

Quebrado cuando tiene obstáculos naturales más o menos importantes.

Montuoso, es el ondulado con pendientes más rápidas.

Montañoso es el erizado de montañas, con grandes escarpados y barrancos.

Cubierto se llama al terreno que por su naturaleza o por obstáculos artificiales no se puede descubrir fácilmente con la vista.

Descubierto es aquel que no puede ofrecer abrigo a los hombres o a los caballos sobre todo cuando constituyen grupos más o menos numerosos.

Practicable es el terreno que fácilmente se

puede recorrer sin fatiga extraordinaria en cualquiera dirección.

Impracticable es el que tiene condiciones contrarias al anterior y no permite el paso fácilmente.

Difíciles el terreno que sin ser impracticable dificulta la marcha. Tales son los arenosos y los pedregosos.

Para escribir la Memoria se tendrá presente :

1º La **posición geográfica**. — Con este motivo se indicarán los límites del terreno, su *altitud* o elevación con respecto al nivel medio del mar, la forma del terreno, esto es si es llano, montañoso, quebrado, practicable, etc. ;

2º La **Orografía**. — Esto es su sistema montañoso, lo que obligará a indicar cuáles son los puntos elevados, los estribos, las divisorias, las vertientes, las confluencias, etc., examinando su importancia con relación al objeto del plano ;

3º La **Hidrografía**. — Es decir todo lo referente a las aguas que riegan el terreno, como por ejemplo su velocidad, la profundidad de los ríos, la naturaleza del lecho, de las orillas, si son ríos navegables, si hay fuentes, pozos, etc., y el número de hombres que sus aguas potables pueden alimentar.

En esta parte se indicará el número de habitantes que mantienen sus acueductos, las tierras que riegan los destinados a este objeto, los lagos, lagunas, charcas que contenga, con explicación de su hondura, calidad de las aguas, naturaleza del fondo, orillas, etc.

Los estanques, los pantanos, las marismas y las

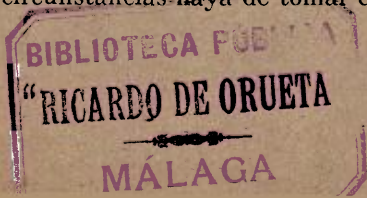
fuentes, indicando el caudal que estas tienen y por último el número de pozos y aljibes que haya en el terreno.

Clima. — Se indicará si es cálido, frío, seco o húmedo. Si es sano o enfermizo, la temperatura máxima en verano y mínima en invierno. Epoca de tormentas.

Caminos. — Se clasificarán según lo indicado en el capítulo IV.

Al tratar de las barcas o de los vados se indicará el peso que pueden llevar las primeras y la profundidad y anchura de los segundos.

Noticias estadísticas. — Deberán especificar la provincia, el partido y el ayuntamiento a que pertenece el terreno, su población, industria, etc. Desde el punto de vista militar deben señalarse los edificios públicos más notables y su posición y resistencia se se tratara de utilizarlos. Debe indicarse qué fuerzas pueden alojarse en las casas, las chozas, etc., el número de caballos que se pueden acomodar en las cuadras, etc. Debe tenerse en cuenta que en una Memoria militar todos los detalles deben parecer pocos, porque no hay ninguno, por insignificante que parezca que deje de tener utilidad. El golpe de vista, la sagacidad y la experiencia del encargado de redactar la Memoria, deben aconsejarle lo que según las circunstancias haya de tomar en cuenta.



FIN

INDICE

CAPITULO.	I. — Observaciones generales	7
—	II. — Representación del terreno con los signos convencionales	18
—	III. — Más sobre signos convencionales.	27
—	IV. — Elevaciones y depresiones del terreno.....	34
—	V. — Aguas y vías de comunicación. ...	45
—	VI. — Escalas.....	49
—	VII. — Relieve del terreno.....	58
—	VIII. — Orientación	71
—	IX. — Brújulas. — Distintos procedimientos para encontrar la meridiana	78
—	X. — Brújula Burnier.....	90
—	XI. — Problemas que pueden resolverse con la brújula Burnier.....	99
—	XII. — Plancheta	109
—	XIII. — Medición de distancias.....	121
—	XIV. — Reducción de distancias al horizonte y varios problemas..	129
—	XV. — Registro topográfico y escala de pendientes	151
—	XVI. — Práctica de algunas operaciones. — Instrumentos de nivelación...	163
—	XVII. — Operaciones con la brújula.....	178
—	XVIII. — Trazado de ríos y caminos. — Itinerarios	189
—	XIX. — Determinación de los puntos de cota redonda.....	202
—	XX. — Conjunto de las operaciones....	208
—	XXI. — Levantamiento del detalle y trazado de las curvas	220
—	XXII. — Levantamiento de planos a ojo. — Copia de planos	228
—	XXIII. — Memorias. — Sondas.....	23 ₅

6315-10-25. — Corbeil. Imp. Cété,
