

la claridad y precisión de la colocación de las líneas en el croquis, evitándose de este modo tener que volver de nuevo al campo á rectificar y aclarar las dudas que de otro modo ocurrirían á cada paso en la construcción. Por estas razones creemos que no es conveniente trazar desde luego á ojo todo el plano del terreno que se trata de determinar, indicando desde luego los accidentes de su contorno y de todos los demás objetos que le constituyen, para después ir haciendo las correspondientes anotaciones, pues es tarea inútil en los terrenos de alguna extensión; salvo á trazar desde luego el sistema de rectas que han de constituir el canevas, deben dibujarse los diferentes objetos y la disposición y figura de todas las partes del terreno, á medida que se van presentando al relacionarlas con las líneas de aquél.

**322. Elección de las escalas.**—Entre las diferentes escalas que pueden adoptarse, suele elegirse á arbitrio la que permita incluir en un papel de tamaño regular el plano que ha de contener, ó bien se procura que sea lo mayor posible, para la mayor exactitud, á excepción de los casos en que está determinada por la Administración, según el ramo á que el trabajo pertenezca.

Una vez delineado el canevas, es decir, puesto el croquis en limpio, formando las líneas los mismos ángulos que en el terreno, después de sujetas á la escala elegida y marcada la posición de todos los objetos y puntos principales con signos establecidos al intento, ó escribiendo sus nombres y trazados lo más aproximado posible los contornos con arreglo á las figuras sacadas en el croquis de las montañas, ríos, puentes, plantas de edificios.... todo lo demás para dibujar el plano topográfico corresponde exclusivamente á los cursos de dibujo lineal y topográfico, en los cuales puede consultarse también el cuadro de los signos topográficos convencionales empleados para la representación de los objetos.

**323. Registros.**—Son unos estados compuestos de varias columnas, en las que se inscriben los valores de los lados y de los ángulos, la designación de los puntos de estación y demás datos y observaciones que sea necesario tomar en el campo, para reproducir en el papel el polígono del terreno. Deben hallarse dispuestos con claridad y de modo que conduzcan sin dificultad á la buena y más exacta construcción. En los casos complicados, un solo registro presentaría bastante confusión, por lo que se llevan con separación registros del canevas, del contorno, de los detalles, etc., que deben hallarse, sin embargo, relacionados entre sí.

Los registros sustituyen al croquis, y cada geómetra sigue el medio que le parece más conveniente. Ambos son buenos, si el geómetra acompaña á su práctica en cualquiera de ellos el orden constante en el modo de inscribir los datos que juzgue mejor para no confundirse en los trabajos de gabinete, y hay geómetras que adoptan ambos, disponiendo los cuadernos ó *libretas de campo*, dejando en blanco las planas de la izquierda para trazar en ellas los croquis y rayando en columnas adecuadas á cada caso las de la derecha para la formación de los registros, pudiendo así comprobarse y ayudarse ambas indicaciones, proporcionando mayor seguridad en la construcción del plano. Creemos este método preferible, pues todo es poco cuando se trata de asegurar el buen éxito de una operación, y aunque largo, no lo es tanto ni tan costoso, como cuando las dudas dan lugar á volver de nuevo al terreno, para tomar otra vez estos mismos datos. Estos estados ó registros varían según la naturaleza de la operación, y deben formarse sus modelos de modo que abracen todas las circunstancias, y á un golpe de vista puedan comprenderse.

**324. Transportación de los ángulos.—Transportadores.**—El *plano geométrico ó topográfico*, debiendo ser una figura semejante á la proyección horizontal del polígono del terreno, ha de tener sus lados proporcionales á los de esta proyección, lo cual se consigue valiéndonos de las *escalas*, y sus ángulos iguales, que se determinan por la *transportación*. La *transportación de los ángulos* en general, es una operación que tiene por objeto construir sobre el papel ángulos iguales á los observados en el terreno, y averiguar el valor de un ángulo cualquiera trazado en el papel. Los sencillos instrumentos que para conseguirlo se emplean se llaman *transportadores*, y no son otra cosa que unos limbos graduados del mismo modo que los de los instrumentos (85). Se construyen de metal, de talco y de papel. Los de metal son generalmente semi-circulares de un radio de 4<sup>cm</sup>,5; tienen el inconveniente de manchar el papel, y no son tan flexibles como los de talco, los cuales reúnen la ventaja de ser transparentes, á la de su flexibilidad, que permite el que se adapten mejor al papel. Los de talco, de círculo entero, suelen tener un radio de 7<sup>cm</sup>. Conviene que el radio del transportador sea bastante grande, á fin de que puedan marcarse bien las menores divisiones, y trazar los ángulos con precisión; condición que llenan cumplidamente los transportadores de papel, cuyo radio suele ser de 16<sup>cm</sup>, lo que permite que



se pueda escribir la numeración de cinco en cinco grados, sin perjudicar á la claridad.

Para la transportación de los ángulos, conviene que el transportador que se emplee esté igualmente dividido que lo está el limbo empleado en el terreno, y por consiguiente, pueda apreciarse del mismo modo el ángulo.

325. **Transportación de los rumbos observados con la brújula.**—Con el *transportador semi-circular*.—Si dado el rumbo,  $38^\circ$  por ejemplo, de una línea, queremos determinar su posición con respecto á la meridiana, trazáramos una recta NS (figura 153, lám. 6), para representar esta última línea: marcando un punto *a* de la meridiana y haciendo coincidir con él el centro del transportador, le haríamos girar alrededor de este punto en el sentido conveniente, hasta que la división  $38^\circ$  coincidiese con un punto *m* de la meridiana, sin que el centro del transportador hubiese dejado de coincidir con *a*. El diámetro *ns* marcará entonces la dirección pedida; marcando el punto *n* y también el *s* para mayor exactitud, se ajusta una regla á los tres puntos *n*, *a* y *s*, y se traza por su canto la recta *ab*, que es la que queremos determinar.

También puede disponerse el transportador de modo que hallándose en la meridiana el punto que marca la división  $38^\circ$ , y el centro *a* del transportador, el canto recto *rz* de éste pase por el punto *a'*, por el que suponemos ahora que queremos hacer pasar la recta pedida, la cual será la *a'b'*, trazada por dicho canto recto.

Para trazar la línea *ab* (fig. 154, lám. 6), cuyo rumbo es  $150^\circ$ , haríamos girar al transportador del modo indicado, hasta que la división  $150^\circ$  coincidiese con la NS. Si el rumbo dado es mayor que  $180^\circ$ , se restará esta cantidad de su valor, y se hará girar al limbo del modo indicado, hasta que la división que exprese la diferencia hallada coincida con la parte *aS* de la meridiana. La figura 155 (lám. 6) indica la posición del transportador para la construcción del rumbo de  $210^\circ$ , en la cual la división  $30^\circ = 210^\circ - 180^\circ$  coincide con la parte *aS* de la meridiana, y la figura 156 (lám. 6) la del rumbo de  $320^\circ$ .

326. El método que hemos explicado consiste, como hemos visto, en dar al transportador el mismo movimiento que al limbo cuando se opera en el terreno (164); puede también hacerse la transportación fijando el transportador de modo que la línea ( $0 - 180^\circ$ ) coincida con la meridiana NS (fig. 157, lám. 6), y que el cero se

halle en *m* hacia el Norte, como sucede con el cero del limbo de la brújula cuando se marca en el terreno la dirección de la meridiana. Empleando el transportador graduado en el mismo sentido que lo está el limbo de la brújula, y que hemos visto que generalmente es de izquierda á derecha, la división  $30^\circ$ , que corresponde por ejemplo al rumbo hallado, determina la dirección de la recta *ac*, la cual es simétrica de la *ab* (fig. 158, lám. 6), que se obtendrá por medio de un transportador graduado de derecha á izquierda; y en efecto, la recta cuyo rumbo es  $30^\circ$  debe quedar al Oeste de la meridiana. De aquí deducimos que *para la transportación de los rumbos observados con la brújula, cuando la línea ( $0 - 180^\circ$ ) del transportador se hace coincidir con la meridiana, la graduación del mismo ha de ser inversa de la del limbo de la brújula*. Así, si el limbo presenta la primera graduación, que es la de *izquierda á derecha*, el transportador deberá tener la segunda, que es la de *derecha á izquierda*, y al contrario.

Si el rumbo es mayor que  $180^\circ$ , se colocará el transportador como indica la figura 159 (lám. 6), en la que el cero está hacia la parte Sur de la meridiana. Si el rumbo dado es  $210^\circ$ , la recta *ab* se tirará por el punto *a* y la división  $30^\circ = 210^\circ - 180^\circ$ .

327. **Con el transportador de círculo entero.**—Empleando el transportador de círculo entero puede seguirse el método explicado (325), evitando las sustracciones que es preciso ejecutar con el de semi-círculo cuando el rumbo pasa de  $180^\circ$ . Para marcar el rumbo  $220^\circ$ , por ejemplo, haríamos girar el limbo hasta que la división  $220^\circ$  coincidiese con la parte Norte de la meridiana; la línea *ab* (fig. 160, lám. 6), tirada por *a* y por la división *cero*, marcará el rumbo pedido.

Con el transportador de círculo entero puede también seguirse el procedimiento indicado (326), fijándole de modo que la línea ( $0 - 180^\circ$ ) del mismo coincida con la meridiana, estando el cero hacia el Norte de la misma, y marcando el punto *a* que corresponde la división que expresa el valor del rumbo que se quiere determinar. Este punto, unido con el que ocupa el centro del transportador determina la recta pedida. Conviene recordar que la graduación del transportador ha de ser en este caso inversa de la que tiene el limbo de la brújula empleada en el terreno.

328. **Determinación del rumbo de una línea trazada en el papel.**—Se determina el rumbo de una línea trazada en el papel, hallando el ángulo que forma con la meridiana, valiéndose



de un transportador cuyo centro se hace coincidir con el vértice de dicho ángulo, y haciéndole girar hasta que el cero coincida con la línea cuyo rumbo se trata de hallar; la división que coincide entonces con la meridiana dará el valor del rumbo que se pide. Si se hace coincidir con la meridiana la línea (0—180°) de un transportador graduado en sentido contrario al del limbo de la brújula, la división que coincida con la recta dada, marcará el rumbo que se pide.

329. **Transportación de los ángulos medidos con el grafómetro, pantómetra y teodolito.**—Para la transportación de los ángulos cuando se han obtenido con estos instrumentos, se sigue un procedimiento análogo al empleado para su medida en el terreno. Supongamos medido uno de estos ángulos, y sea *ab* (fig. 161, lám. 6) una línea trazada en el papel, y que es la homóloga de una de las que forman el ángulo medido en el terreno; para construir la homóloga de la segunda se colocaría el transportador de modo que su centro coincidiese exactamente con el punto *b*, homólogo del vértice, y que el cero de la graduación estuviese en un punto *o* de la *ab*; marcando el punto *m* en la división que señalase el número de grados que corresponde al ángulo, la recta *bc* determinada por los puntos *m* y *b* será la recta pedida.

Lo que acabamos de decir supone que el ángulo de que se trata es menor que 180°, y que empleamos un limbo semi-circular graduado del mismo modo que el limbo del grafómetro, si tiene una sola graduación y es la primera (326), ó bien que siendo ambos de doble graduación hemos empleado para las dos operaciones la primera. Si nos hubiésemos valido de la segunda, la transportación se obtendría del mismo modo, haciendo que el cero se hallase en un punto de la primera línea, que en este caso sería la de la derecha.

330. Si el ángulo dado fuese mayor que 180°, dispondríamos el transportador del mismo modo, y marcaríamos el punto *m* (figura 162, lám. 6), extremo del arco *om*, obtenido de restar 180° del ángulo dado, trazando después la recta *bc* por el canto de una regla apoyado en los puntos *m* y *b*. Empleando un transportador semi-circular de doble graduación (fig. 163, lám. 6), el punto *m* estaría dado por la división que marcarse el ángulo que se trataba de construir.

El arco correspondiente al ángulo obtenido es el *omn*. Tam-

bién pudiéramos haber determinado la dirección de la recta *bc*, marcando el punto *n*, extremo del arco *osn* = 360° — *omn*, tomado en la graduación inversa.

331. Es preferible el empleo del transportador de círculo entero, el cual se dispone de la misma manera, marcando el punto *m* (fig. 164, lám. 6), extremo del arco *orm* correspondiente al ángulo dado, y trazando la recta *bc* por los puntos *b* y *m*.

En la práctica se acostumbra señalar el extremo *r* del arco *or* = *orm* — 180°, y apoyar la regla en los puntos *r*, *b* y *m*, para trazar la recta pedida. La circunstancia de hallarse estos tres puntos exactamente en línea recta, determina mejor su dirección.

332. **Orientación de los planos.**—Cualquiera que sea el método que se adopte, de los varios que hemos indicado y que después explanaremos, para tomar en el campo los datos necesarios á fin de tener los medios suficientes para construir en el papel el plano *abcdef* (fig. 165, lám. 7) del polígono del terreno ABCDEF, habremos conseguido obtener siempre la *posición relativa* de los puntos A, B, C, D, E y F.

Para obtener su *posición absoluta*, es necesario conocer la dirección de una de las rectas del plano. En efecto, si sólo se expresase en él que el punto *a* es la esquina Sur de una casa A del terreno, este punto estaría completamente determinado; y no estándolo la dirección del lado AB, el polígono podría ocupar distintas posiciones, correspondientes á las AB', AB''..... del lado AB, en las cuales los demás vértices no ocuparían las posiciones absolutas que les corresponden.

La posición de AB quedaría determinada si además de conocer A, se supiese que B estaba en línea recta con A y otro punto determinado, por ejemplo, un árbol G notable por cualquier circunstancia.

Generalmente la posición de AB se determina por el ángulo *m*, que forma con la meridiana NS del punto A, contado desde dicha línea AB hasta la AN que se dirige al Norte, como hemos visto siempre.

La orientación puede hacerse con relación á la meridiana astronómica (34) ó á la magnética (158); si bien se acostumbra señalar en el plano las direcciones de ambas.

333. Cuando se ha determinado la dirección de AB, ó se ha trazado la meridiana, se dice que el plano está *orientado*, y esta operación se conoce con el nombre de *orientación del plano*.



Al trazar en el papel la figura *abcdef* semejante á la proyección horizontal del polígono del terreno ABCDEF (fig. 165, lám. 7), hay la costumbre de dividir en dos partes iguales por medio de la recta NS (fig. 166, lám. 6) el rectángulo *mno* que representa el papel en que el plano ha de dibujarse. Esta recta señala la dirección del meridiano, y la OE, perpendicular á ella en su punto medio, sirve para determinar con NS los cuatro puntos cardinales *Norte, Sur, Este y Oeste*, en las posiciones en que ordinariamente se consideran.

Hecho esto, se situará la línea *ab*, homóloga de la AB, de manera que forme con la meridiana NS un ángulo *m'* igual al *m*, y una vez situada esta línea, la construcción sobre ella de la figura semejante á la proyección del terreno, nos dará determinada la *posición absoluta* del polígono *abcdef*.

Generalmente se borran después las líneas NS y OE (fig. 166, lámina 6), y solamente se traza una recta *ns* paralela á la NS en uno de los ángulos del papel, que regularmente suele ser en el que indicamos en la figura, y que representa la dirección de la meridiana. Se la suele dar la figura de una flecha, siendo la punta *n* la que se dirige al Norte.

Este convenio de representación tiene la ventaja de dar á conocer la situación de los diferentes elementos geométricos del plano, con relación á los puntos cardinales del globo.

La orientación de los planos y el convenio que acabamos de hacer, tienen aplicaciones importantes; un agricultor puede servirse de un plano orientado para conocer los parajes más á propósito para la producción de plantas determinadas; los dueños de fincas ó los fabricantes, para la disposición que deben dar á las distintas partes de un edificio, á fin de que llene las condiciones necesarias al objeto á que se destina.

Al dibujo así obtenido acompaña siempre la escala que ha servido para la construcción del plano, disponiéndola en su parte inferior.

Pasemos ya al levantamiento de los planos de corta extensión.

**334. Levantamiento de los planos de corta extensión.—Con la escuadra.—Terrenos accesibles en su interior.—Contornos rectilíneos.**—Consideraremos en primer lugar el caso en que la figura del terreno es un polígono rectilíneo, compuesto de un corto número de rectas.

335. Sea ABCDEFG (fig. 167, lám. 7) el polígono del terreno y

al mismo tiempo su croquis, supuesto que todas sus líneas y las que hemos de establecer se han de hallar respectivamente situadas en ambos, por lo que siempre consideraremos que las figuras representan ambas cosas. Se verá si es posible trazar una diagonal ó directriz AE, desde la cual sean visibles todos los vértices del polígono, y que reúna también la condición de ser la mayor, cuyo caso se presenta cuando el terreno es llano y no hay obstáculos, pudiéndose operar en todos sentidos ó en el mayor número de ellos, por no estar sembrado ni haber otra circunstancia que lo impida. Sobre dicha línea AE, tomada como eje de las abscisas, se bajarán las ordenadas BH, GY, CJ, FL y DM, que se medirán con exactitud, anotando los números que resulten, como se ve en el croquis, en sentido perpendicular á las longitudes respectivas. Las abscisas que se deben medir son las AH, AY, AJ....., á partir todas del punto A; pero como sería penoso empezar siempre de nuevo desde dicho punto, lo que se hace es determinar el valor de la AH, y continuar midiendo sin levantar la cadena hasta tener del mismo modo la AY, después la AJ, y así sucesivamente hasta llegar al punto E. Los números que indican los valores de las abscisas se inscriben en el croquis en sentido de la directriz y próximos al pie de las ordenadas á que corresponden, y al mismo lado de la directriz en que se halla la ordenada correspondiente. Señalaremos los ejes con líneas de trazos, y las ordenadas con líneas de puntos. Como comprobación se mide después otra vez, sin detenerse, toda la AE, para ver si resulta la medida indicada por el último número, ó se diferencia en una cantidad insignificante y sujeta á los límites de apreciación; pues en el caso contrario, debe procederse de nuevo á las operaciones. Se cuidará asimismo de tomar en el punto A el rumbo de la AE, para orientar el plano. Por último, las diferencias AY — AH, AJ — AY..... dan las distancias HY, YJ..... entre los pies de las ordenadas, en caso de ser necesarias. Para que la operación sea más expedita, mientras unos auxiliares del geómetra miden las abscisas y levantan y trazan las perpendiculares, otros se ocupan de medir éstas con todo el cuidado posible.

Para mayor sencillez y mejor comprensión del croquis, consideraremos siempre como positivas á todas las abscisas AH, AY..... tomadas desde A á E en sentido de la marcha, por lo que no hay necesidad de acompañarlas de signo alguno. Las ordenadas GY, FL situadas á la derecha las llamaremos positivas, señalándolas