

tarán los procedimientos por hacer uso de instrumentos más adecuados, como son todos los goniómetros, las brújulas y la plancheta, que nos proporcionarán las ventajas siguientes:

1.<sup>a</sup> La mayor facilidad y expedición en el establecimiento de los polígonos principales inscritos ó circunscritos, por el recurso de poder elegir ángulos y rumbos de todas magnitudes.

2.<sup>a</sup> La mayor precisión en la dirección de las visuales, y el mayor alcance que permiten los anteojos de que van acompañados la mayor parte de los referidos instrumentos, reduciendo así al menor número posible el de los lados de los polígonos principales; circunstancia apreciable en el caso actual de ser ya de alguna consideración la extensión de los terrenos cuyo plano ha de levantarse.

3.<sup>a</sup> Las más prontas y sencillas comprobaciones de que puede hacerse uso, fundadas en el conocimiento de los valores de todos los ángulos de los polígonos.

Debemos hacer también las siguientes advertencias:

1.<sup>a</sup> Que sólo se hace uso de los instrumentos dichos para el establecimiento de los contornos de los polígonos principales y de las líneas quebradas que sirven de auxiliares en la determinación de los detalles ú objetos interiores, debiendo entrar casi siempre en combinación la escuadra con el instrumento de que se haga uso, para referir á los lados de los polígonos principales y de sus transversales por medio de ordenadas, todos los vértices del polígono dado y los que haya necesidad de fijar entre los que presentan los objetos interiores.

2.<sup>a</sup> Que cuanto vamos á exponer puede igualmente aplicarse á los terrenos de corta extensión, en el caso de poderse disponer de los expresados instrumentos, facilitando y asegurando así el resultado de las operaciones.

Previas las ventajas y advertencias expuestas, pasaremos á la resolución de las cuestiones, haciendo uso de los métodos de intersección, rodeo, doble intersección y radiación, que son los propios y más exclusivos de los goniómetros, brújula y plancheta, aplicándolos según las circunstancias de la localidad.

372. **Determinación del contorno.—Polígonos rectilíneos compuestos de un corto número de lados.—Por intersección.—Con los goniómetros.**—Sea el polígono ABCDEF (fig. 194, lám. 9): se medirá con todo cuidado el lado AB que se elige como base; se hará estación en el extremo A tomando todos los ángulos que forman con la base las visuales dirigidas á los vértices

F, E, D y C, así como el rumbo de la AB con la brújula que acompaña al goniómetro, trazando en el croquis las direcciones de las visuales y los arcos correspondientes de los ángulos, y escribiendo en los extremos de estos últimos que terminan en aquéllas y en sentido de las mismas los valores de los ángulos, como se ve en la figura. Se pasará después á hacer estación al otro extremo B, para tomar los ángulos que forman con la base las visuales dirigidas á los mismos puntos F, E, D y C, anotando igualmente los valores en el croquis, con lo cual se tendrán los datos necesarios para la construcción del plano. Para comprobación convendrá tomar en la base AB un punto intermedio O, y midiéndolo y tomando por base la AO, hacer estación en O para medir los ángulos que con la AO forman las visuales dirigidas á los citados puntos F, E, D y C, anotándolos en el croquis. En el extremo A se ha escrito el rumbo 295° de la base AB; en el punto O la longitud 170<sup>m</sup> de la AO, y en el otro extremo B de la base la longitud total 315<sup>m</sup>,5 de la misma.

Si para consignar los datos se quisiese hacer uso de un registro, se formará éste como se ve á continuación:

Registro del polígono ABCDEF levantado con los goniómetros por el método de intersección.

LONGITUD DE LA BASE AB = 315<sup>m</sup>,50.

RUMBO DE LA MISMA = 295°.

Ángulos en la estación A.	Ángulos en la estación B.	Vértices.	Ángulos en la estación O, distante 170 metros de A.	Observaciones.
1	2	3	4	5
120°	30°	F	40°	
80°	66° 30'	E	81°	
44°	105°	D	122°	
20°	135°	C	153°	

En la primera columna se escriben los ángulos medidos en la primera estación A y en la tercera los vértices á que corresponden;

en la segunda los ángulos de la estación B con relación á los mismos vértices, y en la cuarta los ángulos en la estación intermedia O, disponiendo la quinta columna para escribir las observaciones que puedan ocurrir.

373. *Construcción del plano.*—Para construir el polígono en el papel, se tomará con arreglo á la escala elegida la *ab* que represente á la AB, y se irán formando en sus extremos con los transportadores los ángulos que se hallen consignados en el croquis ó en el registro, escribiendo en los extremos de las líneas que se tracen las letras minúsculas correspondientes. Observando después el punto en que se cortan cada dos rectas de una misma letra, *e* por ejemplo, y marcándole con el lápiz se volverá á escribir á su lado dicha letra, y se unirán entre sí con rectas los diferentes puntos de intersección y los extremos de la base, resultando de este modo construido el polígono *abcdef* semejante al ABCDEF.

Para comprobación, se tomará la *ao* que representa á la AO, y formando en *o* los ángulos que señale el croquis ó el registro, cada línea perteneciente á un punto *e* deberá pasar por la intersección de las dos rectas tiradas por los extremos de la base; donde vemos que el método de intersección se comprueba por él mismo, y esta razón, unida á la de que sirve también para comprobar todos los demás, ha sido la causa de darle la preferencia en el orden de exposición de los distintos métodos.

La marcha que hemos adoptado para llevar el registro permite determinar con claridad en el papel la proyección de un punto E y la comprobación del mismo, por la circunstancia de encontrarse en un solo renglón todos sus datos.

Por medio de la escala y el transportador de Troughton se pueden hallar los valores de los lados y ángulos del polígono en cuestión, y por el rumbo de la AB se le situará en el papel al ponerle en limpio en la posición que deba hallarse.

374. *Replanteo.*—Recíprocamente, dado el polígono en el papel, para construirle en el terreno en la suposición de ser conocidos los extremos de la base, se formarán con ésta los ángulos correspondientes, estableciendo alineaciones con los jalones en sentido de las visuales, y hallando como se ha dicho (57) el punto de intersección de las dos correspondientes á cada punto E, clavando después un piquete en dicho punto que ha de representar un vértice del polígono. Para comprobación, se podrá formar el ángulo en O correspondiente al punto E, antes de clavar el piquete, para ver si

la visual OE corta el jalón que señalaba la intersección de las visuales AE y BE.

375. Supuesto que en el papel se tiene ya trazado el contorno del polígono *abcdef* y se pueden tomar sus ángulos con el transportador, se podrá proceder también en el replanteo de la manera siguiente: se hará estación en B, dirigiendo la alidada fija al jalón del punto A, y tomando en el instrumento el ángulo *abc*, se plantará un jalón en sentido de la visual de la alidada movable, y establecida la alineación se tomará la BC de la longitud que marque la *bc* en la escala; se pasará después al punto C y se continuará de la misma manera hasta haber trasladado todo el polígono al terreno.

Cuando sólo se puede disponer de transportadores sencillos, es fácil cometer un error de 8 ó 10 minutos en la medida de un arco correspondiente á un ángulo dado en el papel, por lo cual se tomará un arco duplo, cuádruplo, óctuplo... del que se va á medir, y al cometer en este caso el mismo error en el arco total, dividiendo el número de grados hallado por 2, 4, 8... se tendrá el valor del arco dado con un error mitad, cuarta, octava parte... del que hubiera resultado si se hubiera medido directamente.

376. *Diferentes disposiciones que presentan los polígonos.*—Se procederá igualmente en la aplicación del método por intersección, si el polígono fuese cóncavo, y con respecto á las circunstancias de localidad, visibilidad y posición de los puntos pudiera elegirse una base fuera del polígono.

Puede emplearse en muchos casos, cuando el polígono del terreno tiene bastante extensión, aunque compuesto de un corto número de rectas, una base interior que parta de uno de los vértices A á otro D (fig. 195, lám. 9), ó que partiendo ó no de un vértice corte á los lados del polígono.

En todos estos casos se tomarán en la estación A (fig. 195, lámina 9) todos los ángulos á izquierda y derecha de la base AD, y suponiendo que el sentido de la marcha es de A á D se considerarán como positivos los ángulos tomados á la derecha de la AD en el expresado sentido, y como negativos los tomados á la izquierda, consignando entonces en el registro que se lleva de la misma manera el signo correspondiente á cada ángulo. Se procederá del mismo modo pasando á hacer estación al otro extremo D de la base y al punto intermedio O de comprobación.

La elección de la base depende, pues, de la condición de visibi-

lidad de los demás vértices desde sus extremos, y cuando aquélla es interior se supone que el terreno es accesible también en este sentido, ó á lo menos en la parte en que se establece la base; teniendo que elegir ésta fuera cuando el polígono es inaccesible.

Por último, la naturaleza del terreno no permite en muchas ocasiones que se descubran desde los extremos de la base AB todos los vértices del polígono principal, como sucede en la fig. 196 (lámina 9), en la cual sólo han podido determinarse los C, D, E, F y G; en cuyo caso, se tomarán las distancias EF y FG, entre puntos ya fijos como *bases auxiliares* para la determinación de los restantes Y, H y L, y así se continuaría si quedasen más puntos que determinar; siendo fácil concebir que por este método se podrían ir fijando los varios objetos comprendidos en una cierta extensión de terreno.

En el registro se consignarán las bases auxiliares en la columna donde se halle la base principal AB y á continuación de la misma, inscribiendo en las de los ángulos los que la correspondan con sus signos respectivos según el sentido de la marcha, que se puede indicar en la columna de observaciones.

377. *Observación general.*—En todos los casos expuestos del método de intersección se puede hacer uso también del problema de la Carta para conocer en la construcción del plano si las proyecciones de los puntos se hallan bien determinadas. En efecto, haciendo estación en uno de los vértices F (fig. 195, lám. 9), se tomarán los ángulos AFB y BFC con relación á los tres puntos A, B y C, y construyéndolos en el papel transparente, se verá si después de construido el polígono en el papel, y colocado sobre él el transparente de modo que los lados de los ángulos trazados en éste pasen por los puntos correspondientes á las proyecciones de los A, B y C, el vértice común de aquéllos coincide con la proyección de F. Se podría repetir la comprobación relativamente á los puntos B, C y E, y deberá siempre hacerse doble con el objeto de ver si las dos proyecciones se confunden, cuando se ha hecho estación en el terreno en un punto cualquiera situado en el interior ó en el exterior del polígono.

378. *Con la brújula.*—Se procede exactamente de la misma manera, y todo cuanto hemos dicho respecto de los procedimientos y comprobaciones con los goniómetros es aplicable á la brújula, sin más que hacer las dos observaciones siguientes:

1.<sup>a</sup> Que en el modelo del registro correspondiente al croquis de

la fig. 194 (lám. 9) se sustituya en los encabezamientos la palabra *ángulos* con la de *rumbos*.

2.<sup>a</sup> Que en el caso de la fig. 195 (lám. 9) no hay necesidad de la consideración de rumbos positivos y negativos; pues siendo ahora la verdadera base la posición de la aguja en cada una de las estaciones, el rumbo correspondiente en cada caso da la dirección de las visuales á los vértices; no sirviendo la base AD elegida en el terreno más que para fijar con la medida de su longitud la distancia de las dos estaciones A y D. Con los goniómetros, además de esta circunstancia reúne la de servir de base ó línea de referencia para la medida de los ángulos.

La sola inspección de las figuras 197 y 198 (lám. 9), sirve para aclarar cuanto acabamos de decir.

Se concibe fácilmente la manera de hacer la construcción en el papel y el replanteo en el terreno, empleando para esto último los rumbos en la determinación de las direcciones correspondientes á los lados del polígono en el procedimiento explicado (374) y que habrán de tomarse en el papel con el transportador.

379. *Con la plancheta.*—Sea un polígono cualquiera ABCDE (fig. 199, lám. 9). Se hará estación en el extremo A de uno de los lados AB, después de haber medido éste con toda precisión y haber trazado en la plancheta una recta *ab* que le represente con arreglo á la escala elegida. Habiendo horizontado el tablero de la plancheta, colocado el punto *a* en la vertical del A del terreno y declinado *ab* sobre AB, se dirigirán con la alidada visuales desde el punto *a* á los jalones colocados en los E, D y C del terreno, señalando con las letras *e'*, *d'* y *c'* las líneas trazadas con el lápiz en la plancheta. Antes de mover ésta para trasladarla á la estación B, será conveniente repetir la operación para cerciorarse de que no ha habido errores, así como igualmente no deberá olvidarse tomar con la declinatoria en el punto *a* el rumbo magnético de la recta AB con el objeto de valerse de él para la orientación del instrumento en las estaciones sucesivas (196). También deberá orientarse la línea *ab* para la colocación del polígono en el papel cuando se dibuje en limpio.

Hechas todas estas operaciones, se trasladará la plancheta al punto B, orientándola (196) y colocando el punto *b* en la vertical del B; se dirigirán las visuales á los puntos E, D y C, y en las intersecciones de las nuevas líneas trazadas de lápiz con las correspondientes anteriores se escribirán las letras *e*, *d* y *c*, que serán las

proyecciones de los puntos E, D y C del terreno. Deberá igualmente comprobarse la exactitud de las direcciones de las visuales antes de mover la plancheta.

Uniendo después entre sí por medio de rectas las proyecciones obtenidas en el papel del tablero, se tendrá la proyección *abcde* del polígono ABCDE, y por medio de la escala adoptada para la base *ab* y de los transportadores se podrán obtener los valores de todos sus ángulos y lados.

Cuando se hace uso de la plancheta puede también elegirse la base en cada caso particular de la manera más conveniente según las circunstancias.

380. *Comprobaciones.*—Conviene asimismo, antes de dejar el terreno, ejecutar las operaciones siguientes para que sirvan de comprobación:

1.<sup>a</sup> Se elegirá un punto intermedio O de la línea AB, se medirá la AO, y como si esta fuera una nueva base, se dirigirán visuales desde su extremo O á los puntos E, D y C, y si las líneas trazadas de lápiz por el canto de la alidada pasan exactamente por los puntos de intersección que marcan las proyecciones *e*, *d* y *c* de aquéllos, la operación estará bien ejecutada.

2.<sup>a</sup> Se colocará la plancheta en uno de los vértices D del terreno, después de haber pegado en cualquiera parte de ella los extremos de un papel transparente, y se dirigirán visuales desde la proyección de dicho punto á otros tres E, A y B, trazando las líneas correspondientes para tener los ángulos EDA y ADB; despegando después el papel y colocando los lados de los ángulos de modo que pasen á la vez por los puntos *e*, *a* y *b*; si su vértice común coincide con el punto *d* que ya se tenía en la plancheta, será una prueba de haber operado anteriormente con exactitud.

381. *Replanteo.*—Se podrá emplear cualquiera de los métodos expuestos (374 y 375). Supongamos que queremos emplear el segundo, que es siguiendo el contorno: después de colocar *b* en la vertical de B, se dispondrá el canto de la alidada de manera que coincida exactamente con la línea *ab* trazada en la plancheta, y se declinará *ba* sobre BA si el punto A está determinado en el terreno; procurando después que la plancheta no se mueva, se colocará el canto de la alidada en contacto de *bc*, se establecerá la alineación BC con jalones, se medirá una parte de ella que sea la que marque en la escala la *bc*, y se clavará un piquete en el punto C, continuando del mismo modo. Si el punto A no está determinado,

se trazará la alineación BA con el rumbo que deba tener, y se determinará el punto A como se ha explicado para el C. Es conveniente clavar dos agujas bien verticales en los extremos de cada línea *bc* al poner en contacto con ella el borde de la alidada, para examinar durante la operación si ésta enrasa siempre con aquéllas y no ha tenido por lo tanto movimiento alguno.

El replanteo por intersecciones se comprende fácilmente.

382. **Por rodeo.—Con los goniómetros.**—Sea un polígono cualquiera ABCDE (fig. 200, lám. 9); se buscará un punto interior O desde el cual se descubran todos los vértices del polígono, bien sea un árbol, una torre, etc., ó bien un punto elevado del terreno, en cuyo caso se establecerá en él un jalón ó banderola, así como en todos los vértices del polígono. Estos vértices deben satisfacer á la condición de que sean visibles desde cada uno de ellos el anterior y posterior y el punto O, que cuando es interior como en el caso actual, se le suele llamar *punto central*. Se hará la primera estación en el vértice A elegido para punto de partida, y se tomará el ángulo de dirección EAB anotando en el croquis su valor  $102^{\circ} 30'$  por la parte interior de la circunferencia trazada con un radio arbitrario, como se ve en la figura. La operación de tomar el ángulo interior de dirección del polígono, medido por el arco *abc*, puede llamarse *observación directa*; se tomará igualmente el ángulo exterior de dirección que mide el arco *cda*, y cuyo valor  $257^{\circ} 30'$  se anota también por la parte interior del círculo, á cuya operación llamaremos *observación inversa*, examinando si los dos ángulos *abc* y *cda* componen  $360^{\circ}$ , y repitiendo cuando es necesario las operaciones hasta lograr este resultado, como sucede en el caso que nos ocupa, pues se tiene  $102^{\circ} 30' + 257^{\circ} 30' = 360^{\circ}$ ; se tomarán igualmente los dos ángulos EAO y OAB para examinar si sus valores, que anotamos por la parte exterior al círculo, componen el valor del EAB; es decir, si sucede como en el caso actual, que es  $58^{\circ} + 44^{\circ} 30' = 102^{\circ} 30'$ . Por último, se tomarán los valores de los dos ángulos que forman las rectas tiradas desde A á otros tres vértices E, D y C por ejemplo, que son los EAD de  $38^{\circ}$  y DAC de  $35^{\circ} 30'$ , cuyos valores no se indican en la figura por evitar complicación. Todos estos datos son necesarios para proceder después con acierto en la construcción del polígono en el papel, logrando así que cierre completamente y sea una figura semejante á la del terreno, además de tener medios de hacer comprobaciones que corroboren el resultado; por lo que no se deberá abandonar la esta-