

389. *Replanteo.* Se sigue el procedimiento que hemos dado á conocer (374) determinando por medio de los rumbos las direcciones de las rectas que han de trazarse en el terreno.

390. **Con la plancheta.**—Se colocará este instrumento en estación en el punto de partida A (fig. 202, lám. 10), después de haber trazado una línea indefinida *ab'* en el papel del tablero y situado uno de sus puntos *a* en la vertical del A del terreno; se declinará *ab'* sobre AB, y dirigiendo visuales con la alidada al vértice E y al punto O elegido anteriormente, se trazarán en la plancheta las líneas indefinidas *ae'* y *ao'*; hecho esto, se mide con toda precisión el lado AB para que sirva de base de las operaciones y se toma en la *ab'* la parte *ab* que representa su longitud en la escala elegida, tomando también el rumbo de la AB. Se trasladará la plancheta al punto B, colocando *b* en la vertical de B, y se declinará *ba* sobre BA por medio de la alidada ó de la declinatoria, y dirigiendo visuales á los puntos O y C, se trazarán en la plancheta las rectas *bo''* y *bc'*, de las cuales la primera nos dará en su intersección con la *ao'* la proyección *o* de O, y la segunda la dirección del lado BC del polígono, por lo que tomando en ella la parte *bc* que represente la longitud que se obtenga midiendo la BC en el terreno, se tendrá la proyección *c* del punto C.

En estas dos estaciones de la base debe ponerse todo el cuidado posible en las observaciones, así como en la medida de AB, pues todo depende de la exacta construcción del triángulo *aob*, que debe ser la verdadera proyección del AOB.

En efecto; trasladando la plancheta al punto C, y después de declinar *cb* sobre CB, al dirigir la visual al punto O, la línea *co* trazada en la plancheta pasará por *o* si *cb* es la verdadera proyección de CB; pero si en la medida ó transportación de ésta hubiese habido error y estuviera representada por *bc''* ó *bc'''*, las rectas dirigidas al punto O y trazadas por los puntos *c''* ó *c'''* colocados en la vertical de C no pasarían por el punto *o* de la plancheta; pero no habrá más que tirar una paralela *oc* por el punto *o* á dichas rectas, y se tendrá la verdadera proyección *bc* de BC; habrá, pues, que mover la plancheta para colocar como está en la figura el punto *c* en la proyección de C, y declinando *co* sobre CO, se observará si *cb* queda también declinada sobre CB. Se continuará del mismo modo, disponiendo la plancheta en los vértices restantes del polígono, y haciendo las mismas observaciones hasta llegar á la última estación E, en la cual debe verificarse que al dirigir la

Registro del polígono ABCDE, levantado con la brújula por el método de rodeo.

Estaciones ó vértices.	Lados del polígono.	Observaciones directas.	Observaciones inversas.	OBSERVACIONES DE COMPROBACIÓN.		Observaciones Generales.
1	2	3	4	Al punto O. 5	A los vértices. 6	7
A	AB = 785 ^m ,3	270°	90°	AO; 314° 30'	AE; 192° 30' AD; 154° 30' AC; 119° 30'	
B	BC = 592 ^m ,0	341°	161°	BO; 40° 30'	BA; BE; BD;	
C	CD = 655 ^m ,2	59° 30'	239° 30'	CO; 104°	CB; CA; CE;	
D	DE = 650 ^m ,0	125°	305°	DO; 181° 30'	DC; DB; DA;	
E	EA = 531 ^m ,2	192° 30'	12° 30'	EO; 259° 30'	ED; EC; EB;	

visual al punto de partida A, la línea *ea'* trazada en la plancheta se confunda exactamente con la *ae'* trazada primitivamente al dirigir la visual desde dicho punto A al de la última estación E. Debe verse también si tomada en la escala la *ae*, indica la medida que se obtiene para AE en el terreno.

Como los ángulos se determinan gráficamente con la plancheta, no existen las observaciones inversas cuando se hace uso de ella.

Fijando un papel transparente en la plancheta, se podrían trazar independientemente para cada vértice las direcciones de las visuales dirigidas á otros tres vértices consecutivos, á fin de comprobar cualquiera de los del polígono ó varios con el auxilio del problema de la Carta.

Obtenida en la última estación la proyección *abcde* del polígono ABCDE, valorados sus lados por medio de la escala, y gráficamente construídos sus ángulos, pueden también valorarse éstos por medio de los transportadores y ver si la suma de todos equivale á tantas veces dos rectos como lados tiene el polígono menos dos.

391. **Por doble intersección.**—*Con los goniómetros.*—Sea el polígono ABCDE (fig. 200, lám. 9). Se medirá con toda precisión un lado AB que sirva de base y todos los ángulos de los vértices, como se ha explicado (382), anotando en el croquis las medidas, ó en un registro que no difiera del expuesto (384), sino en que ahora no se necesita la columna de los lados, puesto que ninguno se mide, excepto el primero, cuya longitud y rumbo se consignan á la cabeza del registro.

En la construcción en el papel, lo mismo valiéndose del croquis que del registro ó de ambos á la vez, se sigue la misma marcha explicada (383) para el caso citado, sólo que después de haber tomado *ab* que represente á AB y formado en sus extremos los ángulos *oab* y *oba* iguales á los OAB y OBA para tener el punto *o*, como no se conoce el valor del lado siguiente BC, no se puede tomar en la escala la parte que le corresponde para colocarla de *b* á *c*; por lo cual en un punto cualquiera de la línea indefinida *bc''* se formará el ángulo *o''c''b* ó el *o''c''b* igual al OCB, tirando después por el punto *o* una paralela *oc* á la *o''c''* ó á la *o''c'*, determinando así la magnitud del lado *bc* homólogo del BC, y de la misma manera los vértices restantes. Pudieran tomarse también en el terreno los ángulos EAD y DAC, para comprobar la posición del

vértice *a* por el problema de la Carta, como se ha indicado (383).

392. *Con la brújula y plancheta.*—Se procede enteramente de una manera análoga á la que acabamos de indicar con los goniómetros, teniendo en cuenta las diferencias á que da lugar la naturaleza del instrumento empleado en la determinación de los ángulos.

393. *Observaciones.*—El método de doble intersección ofrece las ventajas siguientes:

1.^a Que es un auxiliar del de rodeo, cuando el polígono tiene lados cuya medida presenta dificultades.

2.^a Que no habiendo necesidad de medir más que la base y los valores de los ángulos, que se obtienen con una precisión suficiente, se abrevia mucho la operación y se tienen las condiciones de exactitud que pueden desearse.

3.^a Que el procedimiento empleado en la construcción no viene á ser otra cosa que el que se sigue en el levantamiento del plano por rodeo, cuando se trata de evitar la influencia de los errores en la medida de los lados (383).

De las observaciones precedentes puede deducirse la preferencia que debe darse en muchos casos al método que acabamos de exponer.

394. **Por radiación.**—Se reduce á descomponer el polígono rectilíneo en triángulos, partiendo de un punto interior cualquiera por medio de rectas tiradas á sus vértices y midiendo los ángulos formados en dicho punto y los lados que los comprenden, y se podrán construir en el papel los referidos triángulos. Difícilmente será posible aplicar este método á los terrenos de mediana extensión, aparte de que las comprobaciones necesarias para asegurarse de la exactitud en la medida de las rectas tiradas á los vértices exigiría situarse en éstos para la determinación de los valores angulares que fuesen necesarios, haciendo inútiles las medidas de dichas rectas y complicando la operación. En el caso de aplicar los goniómetros, brújula y plancheta á levantar por este medio los planos de terrenos de corta extensión, presenta más ventajas este procedimiento.

395. **Observaciones acerca de los métodos que anteceden.**—Como son tan distintas las circunstancias en que el geómetra puede encontrarse, ya por la naturaleza del terreno ó por los instrumentos de que dispone, no puede decirse de una manera absoluta qué método es preferible entre los explicados para el le-

vantamiento de un plano. Los conocimientos y la práctica del operador le guían en la elección de la marcha que debe seguir, en la manera de emplear más convenientemente los instrumentos de que puede hacer uso, y en la buena elección ó combinación de los diferentes problemas cuya resolución puede conducir á un pronto y exacto resultado.

Antes de continuar, advertiremos que en las operaciones de que nos ocupemos en lo sucesivo, cuando no se haga mención de los instrumentos con que se opera, se entenderá que hacemos uso de los goniómetros; pudiendo el lector generalizarlas á los demás, una vez que su uso está ya bien conocido y que se ha visto la uniformidad que puede guardarse en los trabajos de campo y de gabinete.

396. Deducción de los rumbos por el conocimiento de los ángulos de dirección, y de estos últimos conocidos los primeros.— Tanto en el método de rodeo como en el de doble intersección, puede suceder que habiendo levantado el plano de un polígono con los goniómetros ó la plancheta, en cuyo caso son conocidos los ángulos y el rumbo de una recta, que como hemos visto, se toma siempre para orientar el plano, pues en la plancheta se determinan también los grados de los ángulos y el rumbo por medio de los transportadores, se quiera también determinar los rumbos de las demás rectas, cual si se hubiera operado con la brújula; y reciprocamente, habiendo levantado el plano de un polígono con la brújula, con lo que se tendrán conocidos los rumbos de sus lados, pueden pedirse los valores de los ángulos, como si la operación se hubiera practicado con los goniómetros. Uno y otro problema son de la mayor importancia y se resuelven fácilmente con el auxilio de las fórmulas que pasamos á deducir:

1.º Supongamos conocidos los ángulos ABC, BCD..... (fig. 203, lámina 10), así como el rumbo r del lado AB, necesario para la orientación del plano, y tratemos de hallar el r' del lado BC: tendremos desde luego

$$r' = 360^\circ - m'' = 360^\circ - (ABC - m') = 360^\circ - (ABC - m),$$

y como se tiene también $m = r - 180^\circ$, sustituyendo en la expresión anterior, y ejecutando las operaciones sucesivamente indicadas, se obtiene la fórmula general

$$r' = r + 180^\circ - ABC; \quad [27]$$

la cual nos servirá para hallar el valor de cualquier rumbo, conocido que sea el de la línea anterior y el valor del ángulo de dirección que las dos forman entre sí.

2.º Recíprocamente, conocidos todos los rumbos, se tendrá para el ángulo en B, suma de m' y m'' , observando que $m' = r - 180^\circ$ y $m'' = 360^\circ - r'$, que bastará sumar estos valores y hacer las reducciones que se presenten, para obtener la fórmula general

$$ABC = r + 180^\circ - r'; \quad [28]$$

la cual da á conocer que para hallar el valor del ángulo de dirección B se sumará con el rumbo r de la línea AB de la izquierda del observador colocado en el vértice del ángulo la cantidad 180° , y de esta suma se restará el valor del rumbo r' de la línea BC de la derecha. Cuando se obtenga un rumbo negativo, se hallará el positivo correspondiente añadiendo al primero 360° .

Las fórmulas [27] y [28] que acabamos de hallar, pueden comprobarse aplicándolas á los valores numéricos de los ángulos y rumbos del polígono ABC..... (fig. 204, lám. 10), numéricamente conocidos.

397. Levantamiento de los planos de los polígonos rectilíneos compuestos de un gran número de rectas.— Para determinar su contorno se procede como en las figuras 168 y 169 (lám. 7), estableciendo polígonos de un corto número de rectas por los métodos acabados de exponer, que serán los polígonos principales, y refiriendo á sus lados los vértices de los polígonos dados por medio de ordenadas; todo exactamente análogo á cuanto se ha dicho (341), sin más diferencia que la supresión de las grandes ordenadas referidas al eje principal, resultando mayor comodidad en el establecimiento de los polígonos principales, valiéndose de los goniómetros, brújula y plancheta, por la facilidad de tomar toda clase de ángulos y la elección de los más convenientes. Cuando el terreno es de considerable extensión en los límites que nos hemos prescrito, pueden necesitarse para la comprobación del polígono principal dos ó más puntos interiores; entonces es preciso, para pasar de uno á otro, tirar á lo menos desde un vértice visuales á ambos puntos de comprobación, á fin de no interrumpir el enlace de las operaciones.

398. Contornos curvilíneos y mixtilíneos.— Se pasa

igualmente con la misma facilidad de los polígonos de las figuras 168 y 169 á los de las figuras 170 y 171 (lám. 7), como se ha explicado (343).

399. **Terrenos inaccesibles en su interior, rectilíneos ó curvilíneos.**—Se procede según las circunstancias, levantando con los goniómetros, brújula ó plancheta el plano del polígono principal; y el método de rodeo sirve igualmente cuando sólo se puede operar en sentido del contorno, pues el interior puede ser inaccesible y hallarse en esta parte el punto á que se dirigen las visuales, que han de servir para la construcción y comprobación del plano.

400. **Terrenos en parte accesibles y en parte inaccesibles.**—Se procede de un modo análogo, y cuando en este caso y en los acabados de exponer se hace uso de registros, se formarán: el del polígono principal como hemos indicado (384 y 388), y el del contorno como en (341).

401. **Levantamiento del plano de los objetos interiores de un polígono.—Extensas lagunas ó pantanos.**—Se circunscriben las figuras poligonales más convenientes, en virtud de la facilidad de tomar toda clase de ángulos, y se determinan sus contornos por ordenadas sobre los lados.

402. **Ríos, caminos, costas, islas, arroyos, veredas.**—Sea primero la línea poligonal ABCDEF (fig. 205, lám. 10), que puede considerarse como el eje de una carretera construída ó que se trata de construir, y cuyo plano se quiere levantar. Para obtener el seguimiento de esta línea, al mismo tiempo que se miden los lados AB, BC, CD..... y los ángulos de dirección ABC, BCD, CDE..... se dirigirán visuales desde los vértices á un punto O, que puede ser una torre, un árbol..... visible desde el mayor número de aquéllos, tomando los ángulos en las bases AB, BC....., todo como ya se sabe, con el objeto de hacer después bien la construcción. Cuando se llega á un punto en el cual la dirección de la CDEF ó los accidentes del terreno hacen sospechar que el punto O empezará á perderse de vista, se dirige desde el C otra visual á un nuevo punto P, que si no se encontrase á propósito se señalaría con un jalón, á fin de que dirigiendo desde D otra visual, se tenga fijo el punto P, y la CD se halle referida á él al mismo tiempo que al O. Se continuará del mismo modo dirigiendo desde todos los demás vértices que sea posible visuales al punto P, hasta que haya necesidad de elegir otro, y así sucesivamente. Ninguna difi-

cultad presenta la manera de llevar el croquis ó el registro y la construcción en el papel.

Este procedimiento es aplicable al levantamiento del contorno de una *costa*, y por consiguiente al de una *isla*, en cuya operación se pueden seguir también cuantos métodos hemos explicado para los terrenos accesibles en su interior.

Pero si se tratase de un camino irregular ó de un río de consideración, será preciso, además de lo expuesto, ir plantando jalones en la orilla opuesta, bien fuera de las visuales dirigidas á los puntos de observación O y P como los A' y E', bien en sentido de las visuales como los B', C', D' y F', á los cuales se dirigen también visuales desde los vértices A, B, C....., como se ve en la figura, con el objeto de obtener en el papel las proyecciones de los puntos A', B', C'....., que unidos por rectas, determinarán otra línea poligonal formada en la orilla opuesta. Refiriendo ahora en el terreno por ordenadas sobre las AB, BC..... A'B', B'C'..... los diversos puntos que constituyen las dos líneas sinuosas que limitan el camino ó río, se tendrán los datos necesarios para su representación en el papel.

Cuando los planos han de construirse en escala muy pequeña, no se determinan más que las dos líneas quebradas ABCD..... A'B'C'D'....., que comprenden los ríos ó caminos en su interior, pues la pequeñez de las ordenadas permite considerar confundidas sensiblemente dichas líneas con las sinuosas de los contornos de aquéllos; cuando únicamente se trata de fijar la dirección del río ó camino, se determina tan sólo la línea poligonal ABCD.....

En el caso de ser un arroyo ó vereda, se emplearán procedimientos análogos á los expuestos (353 y 354), según los casos (figuras 179 y 180, lám. 7).

403. Para mayor celeridad y exactitud se pudiera también hacer uso del método de doble intersección, para lo cual basta medir una sola recta tal como la AB. En la construcción, después de obtenido el punto *o*, se formará en un punto *c'* de la recta indefinida *bc'* el ángulo $o'c'b = OCB$, y tirando por *o* la *oc* paralela á *o'c'*, se tendrá la *bc*, proyección de BC, y cuyo valor se conocerá por la escala. La figura manifiesta el resto de la construcción.

404. **Camino en un bosque.**—Cuando se trata de abrir un camino á través de un bosque y se dan terminados el punto de partida y el de arribo, con el objeto de no cortar más árboles que los precisos en sentido de la dirección del mismo, se procederá en

primer lugar á levantar el plano exacto del contorno del bosque, proyectando en él la dirección del camino y pasando después á establecerle en el terreno.

Sea en efecto *abcefg hij* (fig. 206, lám. 10) el polígono construído en el papel, que representa el contorno ABCEFGHYJ del bosque, en el cual se trata de abrir un camino que parta de la población M y vaya á parar al caserío N. Si el punto de partida está determinado como el C y el camino ha de estar en línea recta, se trazará la recta *cr*, se tomará con el transportador el ángulo *bcr* y se formará con un goniómetro el BCR sobre la BC; se establecerán jalones en la dirección de la CR determinada por la alidada, plantando piquetes para dejar fija en el terreno la dirección del eje del camino y poder proceder después á su construcción.

Si se hace uso de la brújula, como siempre se toma el rumbo de una recta AB ó BC del polígono, se obtendrá por la fórmula [27] (396) el rumbo de la *cr* y se podrá determinar la CR.

Con la plancheta se opera con mucha facilidad en estos casos, pues se colocará el punto *c* en la vertical de C, se declinará *cb* sobre CB, y colocando el canto de la alidada en contacto con la *cr* no habrá más que plantar jalones en sentido de la visual.

Si el punto de partida *d* no está determinado en el plano, se tomará en la escala el valor de *cd*, se medirá la parte CD que representa, y se trazará la DR como anteriormente. Si por evitar dificultades hubiera que trazar el camino formando una línea quebrada *dopqr*, se procederá de una manera análoga para obtener la DOPQR; pues después de fijar la dirección de la DO y tomar en ella el valor que marque *do*, se determinará la dirección de OP, y así sucesivamente hasta llegar á R.

405. **Edificios y demás construcciones.**—Siempre se sigue el método expuesto en el capítulo anterior, párrafos 355 á 361. En las grandes posesiones ó heredades y en las huertas y jardines, ya se hallen ó no cercados, puede hacerse uso de los varios métodos é instrumentos que hemos dado á conocer para el levantamiento de los planos.

En el replanteo se puede seguir el método expuesto (360), ó bien hacer uso de los goniómetros, brújula y plancheta; y siendo esta última preferible en la operación de que se trata, nos limitaremos á ella, tomando por ejemplo el trasladar al terreno el proyecto de un jardín, cuya figura trazada en el papel de la plancheta, señalada con letras minúsculas y semejantes á las de la figu-

ra 207 (lám. 10) que representa el jardín después de trazado en el terreno, se sobrentenderá para evitar la repetición del dibujo.

Después de trazado el eje MN perpendicular á la línea CD paralela á la fachada AB de un edificio que ha de dar frente al jardín, se marcará el punto O proyección de *o*, y colocando la plancheta de modo que *o* se halle en la vertical de O, se declinará *mn* sobre MN y se pondrá la alidada sobre *ef* para trazar en el terreno la perpendicular EF: tomando las partes iguales OE y OF del valor que indiquen las del plano, y uniendo los puntos E y F con los C y D se tendrán las CE y DF. Se trasladará la plancheta al punto E, se colocará *e* en la vertical de E, se declinará *ec* sobre EC, y colocando la alidada sobre *eg*, se trazará EG marcando el punto G, y lo mismo se hará para obtener el punto H desde F. Como el punto N se puede señalar también en el terreno plantando un jalón como en los vértices que hemos determinado del contorno, servirá de comprobación el que los tres puntos G, N y H resulten en línea recta; lo que se averiguará colocando la plancheta en el punto G, declinando *ge* sobre GE, y colocando la alidada sobre *gh* para ver si la visual pasa por los puntos N y H; pudiendo también comprobar además para más exactitud el ángulo GHF.

Obtenida ya la cerca del jardín y trazado el grueso que deba tener, se fijará la distribución que ha de hacerse en su interior para los plantíos de árboles y flores, marcando los puntos O' y O'' para colocar en ellos la plancheta y determinar las líneas PR y P'R', en las cuales se fijarán con piquetes los puntos P, Y, L, T, S, Q, X y R, así como los P', Y', L', T', S', Q', X' y R', y quedarán trazadas las PP', YY', LL'... Del mismo modo se procederá en la parte comprendida entre las rectas EF y GH. Por último, haciendo centro en O y con radios tomados en la cadena ó cuerda, de las longitudes que indique el proyecto, se trazarán la circunferencia y los arcos que se ven en la figura, y que representan una fuente y cuatro trapecios circulares.

406. **Situación de los objetos interiores ó detalles en el plano.**—Estableciendo el número conveniente de transversales, y disponiendo estas líneas poligonales de modo que comprendan entre sí todos los detalles para referirlos á ellas por ordenadas ó por intersecciones de visuales, se tendrán los elementos necesarios para la situación de todos los objetos que deba comprender el plano del terreno.

La figura 208 (lám. 10) representa un terreno cuyo plano se tra-