

pio se trazan con lápiz las dimensiones en las camillas por si hubiese necesidad de alguna rectificación, y cuando ya se tiene seguridad en el trazado del proyecto, se fijan con cortes de sierra las verdaderas magnitudes. Para referir al terreno las dimensiones señaladas en las camillas se emplean las plumadas, y se pueden señalar líneas horizontales en las estacas que sostienen las camillas, ó bien valerse del terreno mismo, si está bien horizontal ó nivelado, para la referencia de las profundidades respectivas de las zanjas.

361. **Situación de los objetos interiores ó detalles en el plano.**—Sea el terreno que representa la figura 186 (lám. 8), cuyo contorno se ha levantado con la escuadra, valiéndose de un eje AD y de varias ordenadas al mismo. Para colocar en su interior los varios objetos que contiene, y que se llaman también *detalles*, en sus verdaderas relaciones de posición, se referirán á los lados, al eje y á las ordenadas del polígono principal ABCDEF.

Cuando el objeto es sencillo, como por ejemplo un árbol L, bastará medir con exactitud una perpendicular bajada desde él á la recta que más se le aproxime de las tres AF, FG ó AG, lado del polígono principal la primera, ordenada la segunda, y parte del eje AD la tercera, midiendo también la abscisa correspondiente.

Si fuese una casa como R, bastaría bajar dos perpendiculares desde los extremos de la línea de fachada que estuviese más próxima á una de las rectas fijas del canevas, como se ha explicado antes, y que es la FE.

Para fijar la laguna N se han referido á la ordenada BH los extremos de una de las rectas del polígono circunscrito á la misma para levantar su plano.

El río y puente P se refieren á la línea quebrada FGMC, compuesta de la parte MG del eje y de las ordenadas FG y CM.

Valiéndose del croquis, que debe hallarse anotado con claridad y exactitud, es fácil la reproducción de la figura en el papel. Si se tratase de formar registro para la situación de los objetos interiores ó detalles, se empezará por los de más importancia, hasta concluir con los más sencillos, poniendo en la primera columna las líneas del polígono principal, lados, ordenadas ó directrices á que se hallen referidos; en la segunda, las abscisas; en la tercera, las ordenadas con su signo; en la cuarta, el nombre de los objetos, y en la quinta y última, las observaciones; separando con líneas ho-

rizontales las partes del registro correspondientes á cada uno de los objetos.

Entre las líneas elegidas para la situación de los detalles, la quebrada FGMC que parte de un vértice F y va á parar á otro C del polígono principal atravesándole, recibe particularmente el nombre de *transversal*.

Si el plano del terreno se hubiese levantado con la escuadra por otro método, como el de rodeo, ó con la cinta, entonces sería preciso para fijar los objetos interiores, como por ejemplo los de la figura 187 (lám. 8), trazar la transversal GHYLS, que en este caso parte de un punto G del lado FE y va á parar al S del AB. Las rectas GH, HY..... que componen la línea quebrada GHYLS, se pueden enlazar entre sí por ángulos de 90° ó de 135°, y en caso de necesidad por abrazaderos, que es el único camino que puede seguirse cuando se emplea sólo la cinta. Estableciendo otras nuevas transversales que puedan ser necesarias, se conseguirá fijar en el plano la posición de todos los objetos que deba comprender.

La casa R se ha situado valiéndose de una nueva línea establecida MN. Los grupos de casas ó pequeña población P se han situado relacionando uno de los lados del polígono principal circunscrito á la misma, que en el caso actual es un trapecio, con el CD del polígono principal correspondiente al terreno, por medio de dos ordenadas.

Otros varios medios pueden emplearse para la situación de los objetos, que podrán ser útiles según las circunstancias de las localidades. En la figura 188 (lám. 8), para fijar el objeto M se han prolongado las *ad* y *bc* hasta la AB, que representa parte de una transversal ó de un lado de un polígono, y medido las *aa'* y *bb'*, con lo cual en la construcción, después de obtenida la *a'b'*, se hará centro en los extremos de ésta con los radios *aa'* y *bb'* y trazando dos arcos, la parte *ab* de la tangente á los mismos, comprendida entre los puntos de contacto, representará la longitud y posición de la fachada del objeto M.

Para determinar el N se ha prolongado la *ad* midiendo la *aa'*, se ha bajado la perpendicular *cc'* y prolongado la *ab* hasta *b'*, con lo cual, midiendo las *bb'* y *b'c'*, después de obtener en la construcción la *a'c'*, se trazará desde el punto *a'* un arco con el radio *aa'*, se levantará en *c'* una perpendicular, en la cual se tomará la parte *b'c'*, y tirando por *b'* una tangente *b'a* á dicho arco, no habrá más

que tomar en ella la  $bb'$ , y se tendrá en magnitud y posición la  $ab$  que representa la fachada del objeto N.

Por último, un objeto P puede ser inaccesible, pero visibles sus cuatro fachadas desde cuatro directrices dístantes que formen parte del canevas. Para determinar su posición se han establecido alineaciones en sentido de sus líneas de fachada, que terminen en las directrices. Tomando en éstas las medidas necesarias para obtener los puntos  $a', b', c', d'$  y  $a'', b'', c'', d''$ , y trazando rectas por estos puntos, sus intersecciones  $a, b, c, d$  determinarán en magnitud y posición el objeto P.

362. Para la formación del registro de las transversales, como la GHYLS de la figura 187 (lám. 8), tanto para su determinación y situación como para las de los detalles que á ellas se refieren, se consignará á la cabeza del mismo la distancia á que el punto de partida G se halla de uno de los vértices F ó E del lado FE del polígono principal, así como también la posición del punto de arribo S. Después, en las columnas del registro se consignarán: en la primera, las longitudes de las GH, HY, YL y LS; en la segunda, los ángulos que estas líneas forman entre sí; en la tercera, las abscisas de cada una de ellas; en la cuarta, las ordenadas correspondientes con su signo; en la quinta, los nombres de los objetos, y en la sexta y última las observaciones, pudiendo expresar en esta ó en una nueva columna establecida al intento, la circunstancia cuando ocurra, de tener que valerse de los abrazaderos para la disposición entre sí de las rectas que componen la quebrada elegida por transversal.

363. **Levantamiento del plano de varios terrenos contiguos ó adyacentes.—Parcelación.**—Ocurre muchas veces tener que situar en los planos las líneas sinuosas que separan unos de otros los terrenos contiguos, ya por pertenecer á distintos propietarios, ya por ser de diferentes calidades ó destinarse á cultivos de distinta clase.

364. **Con la escuadra.**—Supongamos que se trata, por ejemplo, de levantar el plano de la porción de zona cuyos límites naturales son el río y el camino representados en la figura 189 (lám. 8), comprendida entre las líneas AB y CD, elegidas convenientemente. Esta parte de zona ABCD se halla compuesta de cinco porciones, y se quiere obtener en el plano el contorno de cada una de ellas.

En vez de ir determinando uno por uno estos cinco polígonos,

como ya se sabe, conviene, para abreviar, considerar al conjunto de ellos, ó sea á la parte ABCD, como un solo polígono en el cual se trata de fijar las líneas que le dividen, formando en su interior varias ramificaciones, como si se tratase de situar las márgenes de ríos y caminos que le atravesasen. Empezaremos por lo tanto trazando un eje principal MN, al cual se referirán por ordenadas los puntos B, E, F y C en sentido de la dirección del río, y los A, G, H, J y C del camino. Se relacionarán después las líneas poligonales interiores que dividen al polígono ABCD en otros cinco, bajando ordenadas desde sus vértices, ya al eje MN, como se ha hecho desde los puntos R, Z y T, ya á alguna de las ordenadas, como se ve en los puntos L y Q con respecto á la del punto H, y en P con relación á la de J; ya, por último, á los ejes secundarios del polígono principal, como en los S y X que están referidos á los BE y FC, así como también á éstos y al EF los demás puntos de la orilla del río, con lo cual se habrán tomado todos los datos necesarios para hacer la construcción total en el papel, pudiendo copiar con separación, si es necesario porque sean tierras de distintos propietarios, los planos de las cinco porciones. En el *Catastro* reciben estas porciones el nombre de *parcelas*, y cuando se levanta el plano de una cierta extensión de terreno, con el objeto de detallar en el mismo todas las parcelas que comprende, se le denomina *plano parcelario*.

365. La figura 190 (lám. 8) manifiesta un nuevo ejemplo, en el cual se han dispuesto las operaciones de modo que pueda haber lugar á mayor número de comprobaciones que las que permite la figura anterior, en la cual hubiera podido seguirse el mismo procedimiento. En efecto; trazada una recta AB por el vértice saliente Q, se ha levantado en el punto B una perpendicular BC que pasa por el vértice entrante N y otra AD en el punto A, y suponemos que las condiciones de localidad han obligado á trazar la oblicua DC, que pasa por el punto saliente Z, con lo que se tendrá un trapecio ABCD, en el cual se podrá comprobar la DC; en el punto G de la AB se ha levantado la perpendicular GH, cuya posición podría comprobarse en el caso de que el punto G dividiese á la AB en dos partes iguales, lo que hubiera podido prepararse así, viendo si resultaba la GH igual á la mitad de  $AD + BC$ . Se elegirá después en la GH un punto O tal, que colocando en él la escuadra y levantando la perpendicular EF á la GH, ésta corte en el mayor número posible de puntos á la línea quebrada que separa las par-

celas 1 y 2 de las 3 y 4; se referirán los vértices de esta línea tales como los P y R á la EF, y los de la otra línea quebrada que separa las parcelas 1 y 3 de las 2 y 4 á la GH, como se ve en los S y T.

Los demás vértices de las parcelas se hallan referidos á los lados del trapecio ABCD. Pueden también comprobarse, como se hace con éste, los lados DH y HC de los dos trapecios AGHD y GBCH en que aquél queda dividido, así como también los lados opuestos de los rectángulos AEOG y GOFB y los ángulos rectos en E y F que no se han tomado directamente.

366. **Con la cadena ó cinta, piquetes y jalones.**—Por iguales consideraciones á las expuestas para la escuadra, no se determinarán separadamente las siete parcelas que componen el polígono que representa la figura 191 (lám. 8). En efecto, considerando la operación como si se tratase de un solo polígono en el cual se hubieran de detallar después las líneas situadas en su interior, se trazará una diagonal BD, y prolongando la BJ se acabará de trazar el triángulo BDC, que se podrá construir, así como el ABD, midiendo sus lados. Se referirán después á los lados de estos triángulos las líneas que dividen las parcelas, de la manera siguiente: se medirán las RD y DS y los puntos R y S fijarán la RS, y midiendo ST se tendrá el punto T, que con el X extremo de la AX, que se medirá también, nos darán la dirección de la XT, la cual, prolongada, deberá pasar por el punto P, lo que servirá de comprobación al construir el plano. Se tendrá así el cuadrilátero ARTX, compuesto de las partes 1 y 2; midiendo las AZ y RV, y trazando la ZV, se obtendrán aquéllas separadamente, y de una manera análoga se procedería para fijar las parcelas 5, 6 y 7. Para determinar la 3, como ya se conoce la longitud de RD, se medirán las TP, DN, MN y DM para construir en el papel el triángulo DMN, y la línea MN prolongada deberá pasar por la proyección del punto P en el plano; pudiéndose medir para mayor comprobación la MP. Por último, la parcela 4 se obtendrá midiendo la recta QP y las CG y CY para trazar la GY y medir las partes GH y LY que nos darán los puntos H y L, que unidos á los J y P, terminarán la construcción.

Convendrá comprobar en el terreno si las medidas parciales tomadas en cada línea, tal como en la AB, componen la total de ésta; y en el papel se procederá en la construcción del todo á las partes, para que las diferencias queden distribuidas entre éstas, á fin de evitar la acumulación de los errores.

367. **Levantamiento del plano de una población pequeña.**—Cuando se circunscribe un polígono á una pequeña población para obtener su plano, se comprende fácilmente que deben considerarse los grupos de casas ó *manzanas* que la componen, como los objetos interiores que hay necesidad de situar en él, relacionándolas de manera que además de quedar bien determinados los contornos de todas ellas, constituyan entre sí la verdadera figura de las calles y plazas. Este caso no será, por lo tanto, más que un nuevo ejemplo, en el cual hay que considerar un número suficiente de transversales, el menor posible, y que el geómetra no debe establecer á capricho, sino de manera que á la par que reunan las condiciones más ventajosas á que dé lugar la naturaleza del caso, puedan ofrecer medios sencillos de comprobación, que proporcionen la seguridad de no haber cometido sino errores parciales, y esta tendencia á que no se acumulen afectando la totalidad de la construcción, encerrándolos dentro de límites que no puedan traspasar, que es á cuanto debe aspirarse, no debe separarse nunca de la imaginación del geómetra, siendo necesarias mucha práctica é instrucción para desempeñar con acierto esta parte esencial, que es donde más pueden hacer brillar estas dotes.

Advertimos que en las figuras que representen poblaciones y en las demás que sea necesario, no se cotejen sus dimensiones con arreglo á una escala dada, pues siendo nuestro objeto enseñar los procedimientos del levantamiento de los planos, tienen que disponerse aquéllas de modo que se hallen con claridad para satisfacer á las explicaciones, y si las hubiéramos sujetado á escala, hubieran resultado acaso confusas muchas de sus partes, que han de ser objeto de nuestra atención.

368. **Con la escuadra.**—Haremos aplicación de las ideas expuestas, en el levantamiento del plano de la pequeña población que representa la figura 192 (lám. 9), haciendo uso de la escuadra, acompañada como siempre de la cadena ó cinta, piquetes y jalones. Lo primero que se ha hecho ha sido trazar el trapecio ABCD, que permite la disposición del camino y del río que rodean la población, y que circunscribe á ésta. Colocada la escuadra en el punto E, se levantará una perpendicular EM que termine en el lado BC atravesando toda la calle principal, con lo cual el trapecio ABCD quedará dividido en otros dos ABME y MCDE. En los puntos convenientes F y H, se trazarán bajo ángulos de  $135^\circ$ , si lo

permite la disposición de las manzanas de casas, las rectas FG y HL que atraviesan dos calles afluentes á la principal, y que reúnen la circunstancia de dividir la FG al primer trapecio ABME en otros dos AGFE y GFMB, y la HL al segundo MCDE en los dos EHL y HLCM. Los cuatro trapecios ABME, MCDE, AGFE y EHL se podrán comprobar hallando el valor de las rectas BM, MC, GF y HL. Para comprobar el trapecio MHL, en que los lados MC y HL son oblicuos á las bases MH y CL, se trazará si es posible, como en el caso actual, la línea TS que une los puntos medios de dichos lados, y se verá si su medida es igual á la mitad de la suma de las bases MH y LC. Respecto al trapecio BGFM, análogo al anterior y en que no se puede establecer la línea que une los puntos medios de los lados FG y BM, se trazará la recta MM' perpendicular á AB, y se comprobará la GF en el trapecio GFMM'.

En el trapecio MHL, la TS se puede tomar como auxiliar para la separación de las dos manzanas que encierra, ó se puede establecer la ordenada YJ sobre la HL.

Réstanos dividir el trapecio HLDE que encierra las cuatro manzanas, números 2, 3, 5 y 6. En el punto P de la AD se levantará la perpendicular OP, que atravesando la calle que se ve en la figura, va á terminar hacia el centro de la plaza O, y fijando los puntos convenientes Q y O, se dirigirá desde el primero la alineación QR hasta que encuentre á la EM, y desde el segundo la OX formando ángulos de  $135^\circ$  con la OP, y con esta misma inclinación la XZ hasta terminar en la DC. Por último, se prolongará la OX hasta N, como se ve en la figura, tanto para fijar la calle que atraviesa la alineación *gh*, como para comprobar en el trapecio OPDN la  $ON = Om + gh + nN$ . En el trapecio EPQR se comprobará finalmente la RQ.

Resulta de la disposición explicada:

1.º Que cada manzana queda inscrita en un polígono, que en este procedimiento suele ser en general un trapecio, reduciendo así la cuestión á uno de los casos más elementales, pues no habrá más que referir á los lados del polígono por medio de ordenadas los vértices de dicha manzana.

2.º Que bien construídos estos polígonos, cuyo conjunto constituye lo que entre los prácticos se llama *poligonación*, y no es otra cosa que el *canevás*, cuyos lados están sujetos á las comprobaciones expuestas, los errores que se cometen serán parciales, pues el que se cometiese en la medida de una de las ordenadas que fijan

la manzana inscrita en cualquiera de los trapecios, por ejemplo, la 2, que lo está en el EPQR, cambiaría algún tanto la posición de dicha manzana: pero este error, no traspasando los límites del trapecio, no influiría en la colocación de las demás manzanas que contiene el plano.

Acabando de examinar la figura, se observa que si las líneas RQ y OX no se pudiesen fijar por el ángulo de  $135^\circ$ , habría que valerse del *abrazadero* para tener triángulos *a* y *b*, y que para fijar el ángulo total *e* ha habido que construir los dos triángulos *c* y *d*. Por último, el camino y el río se han referido á los lados CD y BC del trapecio ABCD, por medio del suficiente número de ordenadas.

369. **Con la cadena ó cinta, piquetes y jalones.**—Teniendo presente la manera de operar con estos medios, y siguiendo una marcha análoga á la explicada con la escuadra, se puede levantar también el plano de varios grupos de casas ó de un pequeño pueblo.

La sola inspección de la figura 193 (lám. 9) da á conocer las operaciones practicadas. Las líneas de trazos manifiestan el polígono circunscrito, cuyos lados son otros tantos ejes, así como las rectas que atraviesan las varias calles, circunscribiendo y aislando las diferentes manzanas. Refiérense á los expresados ejes las líneas de fachada, como GH, que prolongada termina en el lado AB y en la recta ZL, debiéndose medir las MG, GH y HL, juntamente con las demás que son necesarias para completar la operación. La RS prolongada termina en los lados DE y DC; las líneas que parten del punto V se han fijado por dos triángulos, y para más comprobación se pueden fijar por tres como en Z. Todo lo demás se comprende fácilmente.

370. **Construcción del plano.**—Las construcciones en el papel, en los casos expuestos en las figuras 192 y 193 (lám. 9), valiéndose del croquis ó registro, no presentan dificultad, siguiendo una marcha análoga á la del terreno, y en virtud de los conocimientos que ya se poseen.

371. **Levantamiento de los planos de los terrenos de mediana extensión.—Consideraciones generales.**—Si se echa una ojeada sobre cuanto hemos dicho acerca del levantamiento de los planos de los terrenos de corta extensión, se comprenderá fácilmente que habremos de seguir una marcha análoga al ocuparnos de los de mediana extensión, en los cuales se facili-

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;