

cunscrito, como se ve en la figura 169 (lám. 7), en la cual el lado AG es común al polígono dado y al principal ABCDEFG del canevas. La parte ABC de este último se halla inscrita; el lado CD costa al contorno del polígono dado, estando parte inscrito y parte circunscrito, y por último, la parte DEFG del canevas se halla circunscrita al mismo polígono.

Las operaciones de campo y de gabinete, así como las de replanteo, son idénticas á las explicadas anteriormente, debiendo solamente observar que en el registro del contorno habrá en este caso ordenadas positivas y negativas sobre los lados del polígono principal. Las de los puntos 1, 2 y 3 serán positivas, y las de los 4, 5, 8, 9, 10 y 11 negativas. Los puntos 6 y 7 tienen ordenada *cero*. En la construcción del plano deberán resultar en línea recta los tres vértices 1, B y 2.

343. **Contornos curvilíneos.**—De los dos casos acabados de exponer en las figuras 168 y 169 (lám. 7) para los polígonos cuyo contorno se halla compuesto de un gran número de rectas, se pasa sin ninguna dificultad y procediendo exactamente de la misma manera al levantamiento del plano de aquellos cuyo contorno es curvilíneo ó mixtilíneo, como los representados en las figuras 170 y 171 (lám. 7), que conservan respectivamente la misma forma que los de las 168 y 169, y cuya sola inspección basta para comprender todo cuanto á ellos se refiere; pues cada trozo de curva *AmB* (fig. 170, lám. 7) puede considerarse como una porción de contorno rectilíneo compuesto de rectas sumamente pequeñas, por lo que la operación será tanto más aproximada á la exactitud, cuanto mayor sea el número de ordenadas que se levanten sobre cada uno de los lados del polígono principal; pero con objeto de llevar los trabajos con orden y evitar equivocaciones, es preferible hacer que todas las abscisas sean múltiples de la primera, levantando, por ejemplo, una perpendicular á cada diez metros, que se determinarán al tiempo mismo de medir con la cadena el lado correspondiente AB del polígono principal, apreciando con exactitud la medida de la última fracción. Dibujando después cuidadosamente en el croquis la parte de curva comprendida entre los extremos de cada dos ordenadas, se obtendrá la figura del contorno con aquella aproximación que es dable en esta clase de operaciones.

Cuando el terreno es tan irregular como el representado en la figura 172 (lám. 7), y presenta dificultades la inscripción del polí-

gono principal, se podrá establecer una serie de ejes AB, BC, CD y DE, perpendiculares entre sí, que se comprobarán repitiendo la operación en sentido de E á A, y referir á ellos, como se ve en la figura, los puntos del terreno. Este método se puede emplear también, entre otros, en el levantamiento del plano de una isla pequeña.

Observaremos que en el caso de los contornos curvilíneos se obtiene mayor expedición, puesto que se determinan levantando perpendiculares, lo que no exige tanteos, al contrario de lo que se verifica con los rectilíneos, los cuales se hallan bajando perpendiculares.

344. **Terrenos inaccesibles en su interior.**—*Contornos rectilíneos.*—Cuando el polígono es rectilíneo y está compuesto de un corto número de rectas, como el ABCDEF (fig. 173, lám. 7), se elegirán los ejes en el exterior de modo que formen un cuadrado ó un rectángulo MNPQ, que es lo más general, para lo cual se trazará una recta MN que pase por uno de los vértices A, sobre la cual se bajará la perpendicular PN desde el punto más saliente C; sobre la NP se bajará la PQ, y sobre ésta la MQ, con lo cual se tendrá el rectángulo circunscrito MNPQ. Bajando ahora perpendiculares sobre los lados de este rectángulo tomados por ejes desde los otros vértices B y D, y procurando referirlos á aquellos con respecto á los cuales resulten menores las perpendiculares, se tendrán todos los datos necesarios para la determinación del contorno, valiéndose del croquis.

El registro es muy fácil; se toma el M como punto de partida, siguiendo los lados del rectángulo en el sentido que ya otras veces hemos indicado, observando que en este caso todas las ordenadas son negativas, y *cero* las de los puntos A, C, E y F.

345. *Contornos curvilíneos.*—Si el polígono es curvilíneo ó mixtilíneo, como en la figura 174 (lám. 7), se seguirá el mismo procedimiento, dibujando en el croquis con exactitud las diferentes porciones curvas AB, BC, CD.....; pero si se desea obtener con más precisión, puede emplearse el procedimiento siguiente, cuando el contorno no presenta tránsitos violentos en sus curvaturas.

Después de circunscrito el rectángulo MNPQ (fig. 175, lám. 7) como en el caso anterior, se tantearán cuatro puntos A, B, C y D, desde los cuales las perpendiculares bajadas desde cada uno de ellos, B por ejemplo, sobre los lados contiguos MN y NP del rectángulo sean próximamente iguales, con el fin de evitarse el te-

ner que medir después perpendiculares mucho más largas. Entre las bajadas desde los puntos A y B, se levantarán sobre la A'B' á distancias iguales otras varias, cuyos extremos servirán para fijar mejor la curva que empieza en A y termina en B, repitiendo la misma operación sobre los demás lados. Si las circunstancias impidiesen dividir las A'B', C'B'', D'C'' y A''D'' en partes iguales, se dividirían en partes desiguales del modo más conveniente.

Si las curvas que forman el contorno son de la naturaleza de la que representa la figura 176 (lám. 7), en que los tránsitos de un punto á otro son violentos, entonces será preciso bajar perpendiculares sobre la AB, que representa uno de los lados del polígono principal inscrito ó circunscrito al contorno del terreno, desde los puntos 2, 6 y 8 que se hallan á mayor distancia de la AB, y que se llaman *de máxima*; desde los 1, 4 y 9 que están más próximos, y se llaman *de mínima*, y desde los 3 y 5 en que la curvatura cambia de sentido, y que se llaman *puntos de inflexión*, así como desde el 7, que es *de retroceso*, salvo á fijar además aquellos otros puntos que puedan servir para la reproducción más exacta de la curva en el papel.

El modo de llevar el registro y el de hacer el replanteo en los últimos casos expuestos no presenta dificultad alguna.

346. Terrenos accesibles solamente en las proximidades del contorno.—El método que vamos á explicar, y que puede adoptarse cuando el terreno es llano y accesible en su interior y su exterior, tiene su principal aplicación en el caso de ser solamente accesible en las proximidades del contorno, siendo inaccesible en su parte interior A (fig. 177, lám. 7), por ser el terreno pantanoso, estar cubierto de bosque espeso ó ser un pueblo, representando la figura el contorno de los alrededores cuyo plano se quiere levantar.

Para esto se colocará la escuadra en un punto E; desde el cual se vean á ángulo recto dos puntos notables A y 1 del contorno, trazando y midiendo las rectas AE y E1; se hará estación en el punto 1 y se levantará á la E1 la perpendicular F1, sobre la cual se bajará otra E2 desde otro punto notable 2, y así se seguirá sucesivamente, como indican las líneas de trazos de la figura, unas veces caminando por el interior, como en la parte que hay desde A hasta H, otras por el exterior, como desde H hasta M, y otras por el interior y el exterior, como desde M hasta D, según sea más conveniente y permitan las condiciones del terreno, hasta

volver de nuevo al punto de partida A. Esta operación puede comprobarse volviéndola á repetir desde este mismo punto, pero en sentido contrario, abreviándose cuando se usan dos escuadras partiendo en sentidos contrarios desde el mismo punto A hasta encontrarse en el opuesto B ó en otro cualquiera.

Se aseguraría más el éxito de la operación si el terreno fuese llano, ó aunque desigual y montañoso, no estuviese poblado de árboles y permitiese trazar un eje principal AB en sentido de la mayor dimensión y otros varios perpendiculares á él, como se ve en la figura, trazándolos y midiéndolos horizontalmente, como hemos explicado en los terrenos inclinados (63); pues fijos entonces los puntos extremos de estos ejes, se podría hacer, independientemente una de otra, la comprobación de cada una de las partes AH comprendida entre cada dos de ellos.

En ambos casos puede calcularse también si la suma de las distancias horizontales medidas á un lado de la recta mayor AB equivale á la de las medidas en el lado opuesto, y lo mismo respecto de las distancias medidas á uno y otro lado de la mayor recta CD, perpendicular á la primera AB, combinándolas en uno y otro caso de la manera conveniente; de modo que deberá resultar:

$$1.^\circ AN' + 22M' + 21L' + J'Y' + H'G' + F'E' + D'C' + B'A' + ZY = AE + 1F + 2G + HY + JL + MN + OP + QR + ST + XB = AB.$$

$$2.^\circ H'Y' + J'L' + 21M' + 22N + E1 + F2 + (NO - GN'') = PQ + (XT - RS) + YB + (G'F' - E'Z'') = CD.$$

Obsérvese que para hacer la comprobación ha habido que prolongar MN hasta N'', y ZY hasta Z''.

Si ahora se quisieran fijar otros nuevos puntos del contorno, se haría la referencia por medio de ordenadas á las rectas trazadas, como se ve entre D y 4, 6 y 7, 20 y 21.

347. Las distintas precauciones tomadas en los varios casos expuestos y las que tomemos en lo sucesivo, no tienen otro fin que poder lograr que cierre el polígono al construirle en el papel, lo que sólo puede conseguirse cuando se tiene ya bastante práctica, así en los trabajos de campo como en los de gabinete, pudiendo establecerse por regla general que dicha construcción tiene por objeto reducir á los menores límites posibles las diferencias que resultan de la imperfección de los instrumentos, unidas á las difi-

cultades locales que pueden ofrecerse en las medidas de las líneas y los ángulos que han de servir para la construcción de las figuras semejantes á las del terreno, combinándolas de modo que puedan resolver de una manera conveniente la cuestión.

348. **Con la cadena ó cinta, piquetes y jalones.**—Empleando tan sólo estos medios puede determinarse también el contorno de un polígono, si á la circunstancia de ser el terreno de corta extensión reúne la de ser llano y despejado, trazando una red de triángulos y midiendo todos sus lados para construir después el polígono en el papel, por el trazado de cada uno de los triángulos que le componen, y cuyos lados se conocen.

349. **Levantamiento del plano de los objetos interiores de un polígono.**—Operaciones análogas á las expuestas se practican con los diversos objetos que se hallan en el polígono, y que pueden formar parte de su contorno, sean interiores ó exteriores. Daremos ligeramente una idea del modo de levantar el plano de los objetos que se presentan con más frecuencia.

350. **Lagunas.—Pantanos.**—Cuando en el interior de un polígono se encuentran pequeñas lagunas ó porciones de terrenos cercados ó pantanosos, se procederá como en los casos á que se refieren las figuras 174 y 175 (lám. 7).

351. **Ríos.—Caminos.**—Se empezará por establecer una alineación ADEH (fig. 178, lám. 7), en sentido de la longitud del río ó camino: sobre las partes AD y EH, que pueden considerarse como los ejes principales de polígonos terminados por las curvas del río, se bajarán perpendiculares de los puntos B, C, F y G, uniéndolos entre sí y con los D y E donde el eje AH corta al río por medio de las AB, BC....., á fin de tener los lados de los polígonos principales inscritos en las curvas ABCD y EFGH. En los puntos A y B se levantan las perpendiculares AY y BL, y en un punto Y de la AY la perpendicular YL á esta recta, poniendo después jalones en los puntos Y y L, equidistantes de A y B, con lo que tendremos construido un rectángulo ABLY, que encerrará una parte del río, cuyo contorno quedará determinado bajando ordenadas, como se ven indicadas algunas en la figura sobre los dos lados AB y LY de dicho rectángulo. Para determinar el valor de BL = AY se buscará un punto L' en la AB, desde el cual se vea bajo el ángulo de 45° el jalón L, y se tendrá BL' = BL. La anchura aproximada del río será igual á BL—(Ld + Be), y la verdadera, que es la tomada en el sentido de la normal á la curva del río,

puede determinarse por medio del triángulo rectángulo, formado por la normal *ac*, la *ab* y la perpendicular *bc*, en el cual se conocen el ángulo recto y las *ab* y *bc*, que se pueden hallar; buscando, pues, el valor de *ac*, se tendrá para la anchura del río *ac' = ac - cc'*, ó bien después de establecida con jalones la normal *ac'*, se podrá medir por cualquiera de los métodos expuestos (260).

Repitiendo el estudio hecho en el primer rectángulo en todos los demás, y uniendo los puntos L y M y los N y O..... para referir por ordenadas á las LM, NO..... las partes de curva comprendidas entre las BL y BM, y las CN y CO....., tendremos el polígono YLMNOPQ y el RSTXJZV circunscritos á las porciones correspondientes del río.

Si la línea AH prolongada no volviese á cortarle, se cambiará también de dirección, siguiendo su curso y trazando una segunda línea principal HH', que forme con la primera AH uno de los ángulos que permite la escuadra, ó bien valiéndose del *abrazadero* para fijarla.

Antes de abandonar el terreno se ensayarán las comprobaciones siguientes: 1.^a Si los ángulos de los rectángulos que no se han tomado primeramente con la escuadra, como el L, son rectos. 2.^a Si cada dos lados opuestos de los mismos son iguales. 3.^a Si resultan también PQ = RS, PR = QS, y rectos aquellos de los ángulos P, Q, R y S que no se han tomado entre los datos necesarios para la construcción del plano.

La construcción en el papel por medio del croquis ó registro no presenta dificultad, y habiendo procedido en el terreno del modo expuesto, los errores serán parciales, pues no traspasarán los límites del rectángulo á que corresponden, y para la comprobación se verá si los valores que da la escala para las rectas correspondientes á las LM, NO..... representan las medidas halladas para éstas en el terreno.

352. Si se tratase de un camino irregular, después de establecida la AHH', bastaría trazar solamente las líneas quebradas ABCD y EFGH que hacen veces de polígonos inscritos, y levantar sobre sus lados AB, BC....., ordenadas como la B*d*, que terminan en la orilla opuesta, marcando en el croquis las distancias B*d* y Be del punto B á los jalones colocados en los *e* y *d*.

353. Si es una carretera, como representa la fig. 179 (lám. 7), bastará establecer en sentido de su eje la línea quebrada ABC, haciendo los ángulos B de 45° ó 135°, ó fijándolos cuando no tengan

estas graduaciones por medio de abrazaderos formando triángulos; se tomará además el valor de la perpendicular *ab* á la *AB*, que representa la anchura de la carretera. Un punto cualquiera *C* del eje se determina tomando la mitad de la distancia *mn* entre dos puntos cualesquiera de las *aristas* ó *bordes* de la carretera.

354. **Arroyos.—Veredas.**—Si los arroyos son estrechos y se pueden salvar sin dificultad, se seguirá en estos y las veredas el método expuesto (353). Pero muchas veces es tal su figura y presenta curvaturas é inflexiones de tal naturaleza, que es más conveniente en muchos trozos establecer, como se ve en la fig. 180 (lám. 7) una línea quebrada *ABCDE* en sentido de una sola de sus orillas, siguiendo su curso lo más aproximadamente posible, y valiéndose de los ángulos que permite la escuadra, ó de los abrazaderos en caso necesario. Para determinar la curvatura de la parte *F* se ha tomado como eje la ordenada *de*; para la de la *G* los lados del rectángulo *r*, y para la de la *H* los del triángulo rectángulo isósceles *t* construido sobre el eje auxiliar *fg*. En el trozo anterior se han tomado como más convenientes por ejes los lados del triángulo *abc*.

355. **Edificios.**—El contorno poligonal, cualquiera que sea su forma, de un edificio aislado ó de una manzana de casas, se determina por cualquiera de los métodos expuestos (344), y también por el de rodeo, determinando los valores de los ángulos por medio de sus opuestos por el vértice.

Puede tratarse además de conocer la distribución interior del edificio, la construcción de que se ha hecho uso y la decoración ó aspecto exterior, así como también las formas, dimensiones y proporciones de las diferentes partes que le componen para representarlo todo en el papel.

Desde luego se comprende que no bastaría un solo plano para el conocimiento de todas las circunstancias dichas, por lo que se usan varios, horizontales y verticales, dispuestos de la manera más conveniente para obtener las proyecciones de una y otra clase.

356. **Plantas ó secciones horizontales.**—Se conciben planos horizontales que cortan á los diferentes pisos del edificio y sobre los cuales se obtienen sus proyecciones horizontales ó *plantas*. Las figuras semejantes á estas proyecciones, trazadas en el papel con arreglo á una escala dada, se llaman los planos de las *plantas*.

En cada una de estas secciones se ha adoptado el convenio de

representar todos los objetos situados en el mismo piso inferiores al plano de proyección, figurando además en las piezas abovedadas las aristas entrantes y salientes de las bóvedas, y en las escaleras los escalones ó peldaños situados encima del plano hasta el suelo del piso superior inmediato. Debe advertirse que todas las líneas situadas en el plano de la sección ó debajo del mismo y que han de representar la distribución interior, se trazan con *líneas llenas*, adoptando el que sean de *trazos* cuando indican las líneas situadas encima de dicho plano, y haciendo de *puntos* las que han de representar líneas ocultas.

El plano horizontal se traza en los sótanos ó cuevas donde empieza el arranque de las bóvedas; en los pisos bajos, principales y sotabancos á la altura de un decímetro sobre el dintel inferior ó batiente de los balcones ó ventanas, y en los desvanes ó buhardillas trasteras, sobre el mismo suelo.

Para formarse una idea completa al concebir un edificio cortado por un plano horizontal, debe suponerse que se puede separar la parte superior para que quede al descubierto todo lo que debe representarse de la inferior.

La primera operación es determinar el contorno exterior por el método más á propósito de los que llevamos expuestos, á fin de que los lados del polígono obtenido representen todas las líneas de fachada si el edificio está aislado, ó las que sólo presente al exterior en el caso contrario; pues las demás que se llaman *laterales* ó *de costado* hay que deducirlas después de las operaciones en el interior. Se empieza la medición por el exterior, anotando, á partir del extremo de cada línea, la distancia hasta el primer hueco de puerta ó ventana, llamado *entrepaño*; después la anchura del hueco, y así sucesivamente hasta el otro extremo de cada línea de fachada. Las dimensiones obtenidas en la planta baja para el contorno, ligeramente modificadas, sirven para el exterior de los demás pisos.

Para hacer estas operaciones se usan los rodetes de cinta de hilo, las reglas y reglones, el nivel de albañil y el de aire.

En la distribución interior se da principio por la planta baja y los sotabancos ó cuevas; después se determina la planta principal y así sucesivamente, hasta la más elevada. La primera operación es recorrer toda la planta baja, examinando todas las piezas que la componen, su disposición y dimensiones respectivas, á fin de distribuir y figurar convenientemente dentro del contorno ya tra-