

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-

zado en el croquis los muros ó paredes de fachada, las paredes maestras y los tabiques, de modo que la figura terminada por el contorno quede dividida en tantas partes como piezas tiene la habitación. Examinando después pieza por pieza, se marcarán en el croquis los huecos de las puertas y ventanas, la figura de sus alféizares, las escaleras, etc., y se empezará la medición tomando primero los datos para determinar las figuras de las piezas, y después en sentido de su contorno los necesarios para poder construir la figura con todas las circunstancias señaladas en el croquis, anotando en éste cuidadosamente y con claridad los resultados de las medidas obtenidas, y procurando no olvidar ninguna, á fin de no pasar á otra pieza sin haber concluido por completo la anterior.

Cuando las piezas son rectangulares, como la número 1 (figura 181, lám. 8), bastará medir su largo y ancho; bien que para la comprobación convendría medir también las dos diagonales. Si las piezas fuesen trapecios ó cuadriláteros cualesquiera irregulares, como la número 2, se medirán sus cuatro lados y una de las diagonales, y se tendrán los datos necesarios para la construcción en el papel, aun cuando se medirá también la otra diagonal para que sirva de comprobación.

Si son poligonales, como la número 3, se medirán las diagonales *ac* y *ad* y todos sus lados, á fin de construirlas en el papel por medio de triángulos. Puede medirse además otra diagonal *bc* para la comprobación.

Si la pieza tiene una parte curva *GF*, como la número 4, se medirá la diagonal *mr* y se trazará, valiéndose de un reglón y de un yeso ó un lápiz blanco, la cuerda *mn*, que se medirá para construir los dos triángulos que se ven en la figura, y para obtener la parte curva, se trazarán ordenadas con el yeso, valiéndose de una escuadra grande de madera y de una regla, ó haciendo que sirva de escuadra el nivel de perpendicular, midiendo las abscisas y ordenadas con el metro de bolsillo. También se puede hacer el trazado de las líneas, cuando tienen bastante longitud, valiéndose de una cuerda impregnada de blanco ó de almazarrón.

Por último, cuando la disposición del interior de alguna pieza sea tal que no se pueda medir alguna de sus diagonales, se hará uso de triángulos auxiliares para fijar los ángulos, como se ha dicho ya, lo cual no viene á ser otra cosa que seguir el método de rodeo.

Los gruesos de los muros de fachada como el *AB* y los de las

paredes maestras como las que separan las piezas 1 y 2 de las 3 y 4, así como los tabiques de estas últimas que presentan huecos de puertas ó ventanas, se pueden medir directamente. Respecto á los que no presentan huecos, habrá que deducir sus gruesos, combinando las otras medidas que se conozcan. El grueso del muro *AG* será igual á $3^m,20 - (2^m,50 + 0^m,10) = 0^m,60$, como el de fachada; el del tabique *P* será $3^m,20 - (0^m,10 + 2^m,50 + 0^m,35) = 0^m,25$.

Las medidas deben hacerse en general con independencia unas de otras, es decir, sin hacer combinaciones para deducir unas de otras, excepto en aquellos casos en que no se puede pasar por otro punto, y de que acabamos de poner ejemplos; pues de este modo se podrán hacer comprobaciones, viendo si las longitudes totales de los lados de cada pieza resultan iguales á las sumas de las medidas parciales de puertas, ventanas y entrepaños.

Levantado el plano de la planta baja, se procede á levantar el de los sótanos, procurando establecer con precisión la correspondencia de sus muros con los del plano de aquella, lo que se consigue por medio de señales hechas en las fachadas ó en otras partes del edificio y relacionadas con los huecos de la planta baja y de las cuevas. Se representará también la disposición de las escaleras como en los demás pisos, y los sitios ó parte ocupada por las obras subterráneas, como son alcantarillas y atarjeas, que se construyen para las conducciones de las aguas. Pasando después á los pisos superiores y las buhardillas, cuyos planos se levantan por los mismos procedimientos, se obtiene el de las armaduras proyectando sobre los suelos ó pisos de las últimas las diferentes piezas de madera que las componen, empleando en esta operación la plomada, las reglas, el yeso y las cuerdas impregnadas; debiendo advertirse que la uniformidad en tamaño y disposición de las partes que constituyen este género de construcciones, facilita la operación.

Por último, para obtener la planta de los edificios ó posesiones de grande extensión, en los que se hallan patios de varias figuras y tamaños para distintos usos, terrenos cercados para servir de huertas y jardines y otras dependencias, se hará uso de los métodos explicados en este capítulo para levantar el plano de los terrenos de corta extensión.

357. *Alzados ó elevaciones.*—Para los alzados se conciben planos verticales que dejen todo el edificio á un mismo lado, sobre los cuales se proyectan las caras principales ó fachadas, teniendo no sólo por objeto su representación, sino la determinación de to-

das las alturas de las distintas partes del edificio y la elevación total del mismo. El plano en que se proyecta cada fachada se supone paralelo á ella.

Los croquis de las elevaciones ó alzados se hacen con facilidad, pues todo lo que se ha de dibujar se halla á la vista, y la mayor parte de las dimensiones horizontales se deducen de las plantas de todos los pisos, teniendo que determinar solamente las que pueden faltar, así como todas las verticales. Es preciso tomar con precisión los detalles de arquitectura, teniendo que colocar andamios cuando el edificio es de consideración.

Para obtener las dimensiones verticales, se hace uso de un reglón que se coloca verticalmente, y por medio de una plantilla ó escuadra se van tomando las diversas alturas directamente y con independencia unas de otras para que haya lugar á verificaciones, y dividiendo la operación por pisos; comprobando después con la altura total del edificio, que en general hay que obtenerla de una manera indirecta, como más adelante veremos; ó bien no comprobando más que hasta el vuelo de las cornisas ó alero de los tejados, suspendiendo una plomada y midiendo después la longitud del hilo.

Observaremos con este motivo, que la apreciación de la longitud del hilo ha de hacerse procurando que tenga la tensión que experimentaba al tomar la medida, lo que se consigue con facilidad disponiendo horizontalmente la unidad de medida en una ventana ó balcón de los pisos altos, á fin de tomar su longitud en el hilo, empezando por la parte superior de este último, en tanto que queda suspendida la restante al exterior del edificio y en estado de tensión por el peso del perpendicular. De lo contrario la contracción del hilo alteraría la medida de la altura.

Como las escalas adoptadas al tratarse de los planos generales son muy pequeñas para presentar con claridad todos los detalles, se adoptan escalas quintuplas ó décuplas de las primeras para dibujar en mayor tamaño los objetos que merecen mencionarse especialmente. El plano que contiene estas figuras se llama *plano de detalles*.

358. *Cortes ó secciones verticales*.—Para formarse una idea de estas secciones se concibe cortado el edificio por varios planos verticales, unos perpendiculares y otros paralelos á la línea de fachada y en sentido de las mayores dimensiones. En cada uno de estos planos se proyectarán solamente los objetos comprendidos entre

él y las paredes más próximas al mismo. Para formarse una idea exacta, es fácil concebir que seccionado el edificio por un plano vertical se quita ó separa la parte anterior para dejar al descubierto la que debe ser representada.

Por medio de estas secciones se conoce también el espesor de los muros ó paredes y el de los suelos, y se representan los materiales de que se hallan formados y sus diversas disposiciones, así como también la dirección que tienen en cada piso los cañones de las chimeneas y otros que puedan existir en el interior de los muros.

En la formación del croquis de las secciones verticales se debe proceder con el mayor acierto, pues la importancia de ellas es fácil de concebir; logrando por su medio conocer la naturaleza de la construcción del edificio. Esta parte exige, para ser desempeñada con acierto, mucha práctica y otros conocimientos ajenos á este lugar. Respecto á las dimensiones, se deducen fácilmente en cada piso de las respectivas plantas y alzados. Los gruesos de los entramados horizontales que constituyen los techos de las habitaciones inferiores, y los suelos de las superiores inmediatas, se determinan indirectamente, como hemos dicho para las paredes que no contenían huecos.

Con el objeto de que los edificios tengan mayor estabilidad, no se construyen los muros ó paredes de fachada de modo que los planos que los limitan sean ambos verticales, sino que se da al paramento exterior una ligera inclinación hacia el interior del edificio, á fin de que vaya disminuyendo gradualmente el grueso desde la base, donde es mayor, hasta que en el último piso quede con el que le deba corresponder. Al mismo tiempo se va disminuyendo el grueso en cada piso, retirando un poco en cada uno hacia la parte exterior los paramentos interiores, que siempre son verticales. Las paredes divisorias disminuyen de grueso, aproximándose á ambas caras una misma cantidad. La disposición de esta clase de muros se representa en la fig. 182 (lám. 8), que es la sección vertical de una pared de fachada; y con el objeto de obtener su figura verdadera en el plano de la sección vertical del edificio, hay que medir la inclinación del paramento exterior, valiéndose de una plomada, dispuesta de modo que, suspendida de la parte superior del muro, vaya á tocar con su extremo inferior el pie del mismo: tomando entonces la distancia *ac*, su relación con la longitud *ab* del hilo dará la inclinación que se deseaba. Esta relación, que es

la tangente del ángulo abc que forma con la vertical el paramento del muro, se llama el *talud* de este último. Si suponemos que se tiene $ac = 0^m,1$, y $ab = 5^m$ el talud será de $0^m,02$ por metro. Respecto á la disminución *rs* de los gruesos en el interior, se obtiene fácilmente por las medidas tomadas en las plantas de los pisos respectivos.

Una disposición análoga á la de los muros de fachada de los edificios se da á los *muros de sostenimiento ó de contención de las tierras*, siendo mayores los taludes ó escarpes, y también los retoños que forman el escalonado interior, á los que se da el nombre de *zarpas ó bermas*.

Las dimensiones interiores de las cañerías ó tubos de las chimeneas se deducen de las que tienen en el exterior, en especial á su salida en las buhardillas, y de los demás indicios á que da lugar la naturaleza y dimensiones de la construcción.

Para tener una idea de las dimensiones de los cimientos, no hay otro medio que practicar *sondeos* en los sótanos y por la parte exterior del edificio.

Para completar la operación se hace uso de los *perfiles*, llamándose así las secciones de los detalles de Arquitectura, como cornisas, molduras, etc., causadas por planos, en los cuales sólo se consideran las líneas situadas en ellos.

359. *Ejemplo de los planos de un edificio*.—La figura 183 (lámina 8), representa el sencillísimo ejemplo de la *planta ó sección horizontal* de una casilla para dos peones camineros, en virtud de la sección dada según AB en la fig. 184 (lám. 8), que representa el *alzado ó elevación*. La fig. 185 (lám. 8) manifiesta el *corte ó sección vertical* por un plano cuya traza horizontal es la recta CD en la fig. 183 (lám. 8).

Por medio del croquis se procede sin dificultad á la construcción del plano en el papel con arreglo á la escala elegida.

360. *Replanteos*.—Recíprocamente, formado el proyecto de un edificio en el papel y bien estudiado en su conjunto y detalles, para trasladar su planta al terreno en sus dimensiones naturales, lo que se llama *trazado del proyecto*, se procede de la manera siguiente: una vez elegido el sitio donde ha de construirse el edificio, se empieza por desembarazar el terreno de todos los obstáculos, dejándole lo más horizontal que sea posible ó *banqueado*, según las circunstancias, con el objeto de que pueda hacerse el trazado con exactitud, con lo cual se tendrá hecha la *explanación*.

Después se traza como base de las operaciones una recta que sea la más principal del proyecto, ó las que determinen naturalmente las circunstancias locales. En efecto, en un edificio aislado, cuya posición no ha de estar sujeta á ninguna condición, se puede tomar por base una de las líneas de fachada, ó bien si es simétrico, el eje de simetría; pero si el edificio ha de llenar ciertas condiciones, como en el caso de formar parte de una calle sujeta á rigurosa alineación, se tendrá que tomar como base la línea de fachada; resultando que la figura del edificio y las circunstancias locales son las que determinan aquella línea que está llamada á ser la principal en el trazado, y á la cual deben referirse todas las demás del proyecto.

Trazada la dirección de la base con toda la exactitud posible, se procede á medir la longitud total que debe tener, fijando bien sus límites y repitiendo la operación varias veces; por lo que no se hará uso en estas ocasiones de la cadena, sino de reglones bien contruidos, colocados al tope y dispuestos horizontalmente (68). Se marcan después sobre la base los puntos por donde pasan los ejes secundarios del edificio, trazándolos y midiéndolos con las mismas precauciones; y se va continuando el trazado y medición de las demás líneas, procediendo de las mayores á las menores, determinándolas en su totalidad y tomando después en cada una las partes de que consten para que las diferencias parciales que puedan resultar se distribuyan entre todas y se hagan inapreciables; lo que no sucedería si se procediese de las partes al todo, pues entonces se irían acumulando los errores parciales.

Cuando ya se han señalado las distancias á que deben hallarse los muros y demás partes del edificio y sus direcciones respectivas, se marcan los espesores por medio de piquetes clavados de trecho en trecho, y formando líneas paralelas á los ejes correspondientes, los cuales se unen por cuerdas de cáñamo llamadas de *atirantar*. En Madrid se usan cuerdas delgadas de esparto llamadas *tomizas*.

Con el fin de que no desaparezcan estas líneas del trazado, como sucede al abrir las zanjas ó practicar los desmontes, se hace uso para señalar los anchos y las distancias de unos listones de madera MN, RS (fig. 181, lám. 8) llamadas *camillas*, que se colocan horizontalmente á mayor altura que el terreno y se sujetan á estacas verticales clavadas en éste, de modo que se hallen unas de otras á mayores distancias que los anchos de las zanjas. Al princi-

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