

CAPITULO II.

ALINEACIONES Y MEDIDA DE LAS RECTAS.

39. División de la Topografía en Planimetría y Nivelación y objeto que se propone cada una de estas partes.

—La Topografía se divide en dos partes bien distintas: una que tiene por objeto la determinación de las posiciones que guardan entre sí las proyecciones horizontales a, b, c, d, e (fig. 14, lám. 1), de los puntos A, B, C, D, E más notables del terreno que se trata de representar, para obtener su proyección horizontal $abcde$, y que se llama *Planimetría*, y la otra que se ocupa de hallar las distancias respectivas ó cotas de los mismos puntos relativamente al plano horizontal PN de proyección, y que se distingue con el nombre de *Nivelación ó Altimetría*.

40. *Objeto de la Planimetría.*—Si la figura del terreno fuese un triángulo, se sabe que sus tres vértices determinan un plano, que llamaremos el plano de los objetos situados en dichos vértices; pero si así no fuese, como sucede generalmente, imaginando unidos por medio de rectas los puntos A, B, C, D, E, resultará un polígono ABCDE, cuyos lados no están en general situados en un mismo plano, y sería por lo tanto muy difícil y casi imposible coordinar sobre el papel operaciones efectuadas sobre planos de diferente inclinación; esta es una de las razones por qué en la Planimetría se ha convenido en considerar las proyecciones de los vértices de los polígonos sobre un plano horizontal determinado de antemano. Estas proyecciones, unidas por rectas, nos dan también las proyecciones horizontales de los lados del polígono.

En efecto, si proyectamos todos los vértices A, B, C, D, E sobre un plano horizontal PN, situado por debajo de todos ellos, el polígono $abcde$ será la proyección del ABCDE. Los puntos a, b, c, \dots serán las de los puntos notables que se quiere determinar; las rectas ab, bc, \dots las de las distancias AB, BC, \dots entre estos puntos, y los ángulos a, b, c, d, e serán también las proyecciones horizontales de los A, B, C, D, E, ó los ángulos planos correspondientes á los diedros que forman entre sí los planos verticales que pasan por las rectas AB, BC, CD, DE y AE, lados del polígono y cuyas aristas son las verticales correspondientes á los puntos A, B, C, D, E.

Además de la razón expuesta para sólo considerar la proyección horizontal del terreno, hay también la de que no influye en la valoración de su superficie el tomar por ésta su proyección horizontal; pues en la agricultura se tiene en cuenta la circunstancia de que en un terreno inclinado AB (fig. 15, lám. 1) no aparecen los árboles en direcciones a, b, c, \dots perpendiculares á la línea inclinada AB, sino que tienen las posiciones verticales a', b', c', \dots perpendiculares á la proyección horizontal AC, llamada *base productiva* de la línea inclinada AB; por consiguiente, la superficie real de un terreno no producirá mayor número de árboles ó plantas mayores que su proyección horizontal, aun cuando ésta es menor; pues si bien un terreno inclinado contiene en más cantidad las mieses, hierbas y plantas rastreras que su correspondiente proyección horizontal, la experiencia ha probado que la diferencia es bien pequeña, si bien en los casos que convenga puede tenerse en cuenta. Por otra parte, un terreno inclinado tiene las desventajas de ser arrastradas por las lluvias la tierra vegetal y las simientes, ser más costoso el labrarlas, más penoso para el ganado, que padece mucho por las violentas posturas en que va con frecuencia fuera de su aplomo, y estos terrenos, unas veces sin bañarles el sol, otras abrasados por herirles de plano, no son ciertamente más á propósito que aquellos que se aproximan á ser planos situados en posiciones horizontales.

Los franceses llaman *cultelacion* á la operación que tiene por objeto sustituir á la superficie inclinada AB, la horizontal correspondiente AC; porque parece, en efecto, que se ha cortado la superficie inclinada con un cuchillo.

Consideraremos, por lo tanto, en Planimetría la proyección horizontal $abcde$ (fig. 14, lám. 1) del polígono ABCDE del terreno,

trazada sobre el plano PN; y como no sería posible presentar esta proyección en su verdadera magnitud, se trata de hallar sobre el plano, representado por el papel *pmno*, una figura *a' b' c' d' e'* semejante á la proyección horizontal *abcde* del polígono ABCDE del terreno. Este es el objeto que se propone la Planimetría.

41. *Objeto de la nivelación.*—Por medio de las operaciones de que se ocupa esta parte de la Topografía, se determinan las alturas *Aa, Bb, Cc.....* de los puntos A, B, C, D, E sobre el plano horizontal PN, refiriéndolas á una misma unidad, obteniendo de este modo las cotas de dichos puntos (Acots., 3). Estas cotas escritas al lado de las proyecciones horizontales *a, b, c, d, e*, nos manifiestan las diferentes alturas de los vértices del polígono, dándonos una completa idea de la forma del terreno que se quiere representar, para lo cual se escriben dichas cotas en los puntos *a', b', c', d', e'*, de la figura semejante construída en el papel.

42. *Plano geométrico ó topográfico.*—El polígono *a'b'c'd'e'* que así se obtiene, semejante á la proyección horizontal del polígono del terreno é igualmente acotada, se llama su *plano geométrico ó topográfico*.

Las proyecciones acotadas de los lados que constituyen el polígono del terreno sirven para la determinación de las curvas de nivel, que representan por completo la superficie que se considera (Acots., 129).

43. *Señales para marcar en el terreno los lados y ángulos de los polígonos.*—Sirven para este objeto los *piquetes, jalones y banderolas*.

44. *Piquetes.*—Se llaman así unas estacas de madera que generalmente no llegan á medio metro de longitud, y de cuatro á seis centímetros de grueso, y aguzadas por un extremo, si bien es mejor armar uno de éstos con un regatón de hierro terminado en punta, para introducirla en el terreno, y el otro extremo lleva un cincho ó anillo de hierro, á fin de que no se hienda á los golpes del mazo que se usa para clavarla. Otras veces se usan también clavos grandes de hierro, y cuando el terreno es duro para clavar unos y otros hasta lograr enterrarlos, se le remueve por medio del zapapico, se clava el piquete con el mazo y se apisona después la tierra que le rodea, colocándolo encima, ó á su inmediación si se ha enterrado todo, un montón de tierra, piedras ó ladrillos, para poder encontrarle cuando sea necesario. El uso de estos piquetes es para fijar de una manera estable los extremos de las líneas, y colo-

cados en los vértices de los polígonos, fijan también sus ángulos.

45. *Jalones.*—Enterrados los piquetes ó sobresaliendo muy poco del terreno, no serían visibles á cierta distancia, por lo cual se usan, cuando se opera, otros de forma cilíndrica y de mayor longitud, la cual ordinariamente es de dos metros, y se colocan en los puntos donde se hallaban los piquetes. Para hacerlos aún más visibles, se les pone en la parte superior una tablilla pintada de colores, ó bien un pedazo de tela encarnada (fig. 16, lám. 1); los ejes de los jalones, cuando éstos se han colocado bien verticalmente, determinan la vertical del punto del terreno en que se clavan.

46. *Banderolas.*—Cuando la altura de los jalones excede de los dos metros, reciben el nombre de *banderolas*, y sirven para colocarlas en los puntos que se hallan tan bajos, que no puede el observador distinguir punto alguno de la vertical determinada por un jalón. Muchas veces hay necesidad en la práctica de empalmar unos con otros los jalones y banderolas.

47. *Plantar* en el terreno un jalón ó una banderola *ab* (figura 16, lám. 1) es clavarle en tierra *verticalmente*, lo que puede comprobarse por medio de la plomada, haciendo que quede cubierto por el cordón en las dos posiciones *a'b', a''b''* del cordón; porque *ab* será entonces la intersección de los planos verticales *aba'b', aba''b''* (15—2.º), y por consiguiente vertical (17).

48. *Instrumentos topográficos.*—Los instrumentos empleados en la Topografía son unos aparatos destinados á la determinación de las longitudes y de los ángulos que forman entre sí las rectas que unen puntos determinados del terreno.

Para la medida de la recta que une dos de estos puntos se emplea otra magnitud lineal determinada, que se elige por unidad. Cuando ésta puede aplicarse sobre dicha recta en el sentido de toda su longitud, la medida se llama *directa*.

Existen también instrumentos, conocidos con el nombre general de *telémetros*, palabra griega que significa *medida á lo lejos*, por medio de los cuales pueden obtenerse las medidas de una manera *indirecta*, es decir, sin la aplicación directa de una unidad lineal cualquiera.

Los instrumentos que se emplean para hallar *gráficamente* los valores de los ángulos, se conocen con el nombre de *goniógrafos*, y se llaman *goniómetros* los que dan dichos valores expresados en grados y sus divisiones.

49. **Verificaciones y correcciones.**—Las operaciones que tienen por objeto asegurarse de que cada una de las partes de un instrumento está convenientemente dispuesta para los usos á que se le destina, toma el nombre de *verificación ó comprobación*, y el de *corrección* la que se emplea en disponerlas convenientemente cuando no lo están.

Habiendo tenido que dar á conocer (23 y 25) los niveles de perpendicular y de aire, expondremos ahora sus verificaciones y correcciones.

50. **Verificación y corrección del nivel de perpendicular.**—Se observa si en las dos posiciones opuestas que se le dan para marcar la línea de fe (24), y sin mover la regla, el cordón de la plomada coincide con esta línea. Si no, se marca su verdadera situación, como hemos dado también á conocer.

51. **Verificación y corrección del nivel de aire.**—Para esto observaremos que cuando un nivel n (fig. 17, lám. 1) está sujeto á girar alrededor de una recta ab que sirve de eje y es perpendicular por construcción á otra recta inclinada cd , que puede estar sola ó situada en un plano inclinado, estando ambas en un mismo plano vertical abc , si se quiere que dicha recta cd tome la posición horizontal, se hace girar al nivel n hasta que su eje se halle en el plano abc de dichas rectas, y se le da la posición horizontal n ; dándole después una semi-revolución, vendrá á ocupar la posición simétrica n' ; haciéndole tomar después una intermedia m , que corresponde á la bisectriz del ángulo nan' , quedará paralelo á cd , y moviendo todo el sistema hasta que el ángulo z se haga nulo, que será cuando la ampolla marque la posición horizontal, también se habrá hecho nulo el ángulo $r = z$, y la cd tomará la posición horizontal, en cuyo caso la ab toma la posición vertical.

La verificación y corrección del nivel de aire consiste, pues, en el paralelismo que debe existir entre el eje del nivel y la recta que pasa por su pie en la regla sobre que insiste y que se halla en el mismo plano que dicho eje, lo cual exige que las alturas de los soportes sean variables, á fin de poder hacer que sean iguales (25), y se consigue dando al nivel la disposición que presenta la figura 18 (lám. 1). Para hacer la verificación se observa si colocado el nivel sobre un plano y horizontada la burbuja, conserva ésta la posición horizontal después de dar al tubo una semi-revolución, invirtiendo la situación de sus extremos. Cuando se observa una

desviación, se corrige su mitad moviendo el tornillo t para hacer al eje del nivel paralelo á la regla, y la otra mitad moviendo ésta para disponer horizontalmente las líneas paralelas.

52. **Trazado y medición de las alineaciones.—Definiciones.**—Se llama alineación al plano que determinan las verticales de dos puntos dados A y B (fig. 19, lám. 1). La línea ondulada AEFB, intersección del plano vertical de los puntos A y B con la superficie del terreno, constituyendo su perfil (Acots., 124) es la *distancia natural* entre A y B. La recta AB que los une, su *distancia geométrica*, y es la intersección del plano vertical con uno cualquiera de los inclinados que pueden pasar por ellos. La *distancia horizontal* está representada por una de las horizontales AC ó BD tirada por uno de los extremos de AB hasta su encuentro con la vertical que pasa por el otro extremo; ó bien por una cualquiera GH paralela á las anteriores. Estas líneas son las intersecciones del plano vertical indicado con los horizontales que pasan por A, B, ó por otro punto cualquiera H.

La distancia horizontal es la proyección común á la natural y á la geométrica. Estas últimas deben reducirse siempre á su proyección horizontal, como diremos más adelante, considerando á la distancia natural como compuesta de elementos rectilíneos, cuyas pendientes deben conocerse.

También se considera muchas veces en las operaciones de nivelación la distancia BC del punto B al plano horizontal que pasa por el punto inferior A, ó su igual AD, que va desde este último al plano horizontal de B.

53. **Trazado de las alineaciones.**—Se obtiene disponiendo verticalmente los jalones (47) en cada uno de los puntos que la determinan, y que pueden ser los extremos de la recta ó dos puntos cualesquiera de ella. Supongamos primero que los puntos A y E (fig. 20, lám. 1) sean los extremos de una línea AE situada en un terreno horizontal ó próximamente horizontal: se dispondrán en dichos puntos los jalones a' y e' , con lo cual se tendrá determinada la alineación; para trazar la línea ó marcar otros puntos intermedios en el terreno, se plantará otro jalón c' de manera que la visual $a'e'$, dirigida desde uno de ellos a' al otro, pase por un punto del jalón c' , con lo cual este se hallará en el plano vertical de los a' y e' y se obtendrá el punto C del terreno. En efecto, los planos verticales $ACc'a'$ y $CEe'c'$, que tienen comunes la recta Cc' y la visual $a'e'$, son un solo y mismo plano vertical $Aee'a'$.

Valiéndonos después de dos cualesquiera de los jalones dispuestos en la alineación, podremos determinar mayor número de sus puntos. Las visuales dirigidas á derecha é izquierda del jalón que se halla á las inmediaciones del observador deben ser tangentes á todos ellos para que la alineación esté bien trazada.

54. Cuando los accidentes del terreno ó la mucha distancia entre los puntos A y E impide el que se perciba desde uno de estos puntos el jalón dispuesto en el otro, se colocan dos observadores con jalones en dos puntos 1 y 2, proyecciones horizontales de dos puntos del terreno situados entre A y E, los cuales se proyectan en *a* y *e*. El primer observador, que debe ver el jalón fijo en *e*, hará que el segundo mueva el jalón 2 hasta que éntre en línea con los 1 y *e*; con lo que vendrá á ocupar la posición 3. Este hará á su vez que el primero mueva el jalón 1 hasta entrar en línea con los 3 y *a* en la posición 4; y así se continúa hasta que los jalones ocupen las posiciones *b* y *d* tales, que dirigiendo la visual desde el *b* al *e*, el jalón *d* se halle en línea recta con ellos, y lo mismo se verifique con el *b* respecto á los *d* y *a*. Entonces los cuatro jalones *a*, *b*, *d*, *e*, que se proyectan verticalmente en *a'*, *b'*, *d'*, *e'*, estarán en un mismo plano vertical, por ser comunes á los planos *ADd'a'* y *BEe'b'* las verticales *Bb'* y *Dd'*.

Si no se hallan dos puntos intermedios desde los cuales puedan verse los jalones colocados en los extremos de la línea, habrá necesidad de trazarla por tanteos con mayor número de jalones.

Este mismo procedimiento se sigue cuando el operador se halla entre los extremos de la línea AE no pudiendo trasladarse á ninguno de ellos.

55. Cuando el terreno presenta una elevación, como sucede de E á K, ó una hondonada, hay necesidad de colocar jalones muy próximos como *f'* respecto á *e'*, ó banderolas *e''*, *k''* en vez de jalones para conseguir el alcance de las visuales. También pueden fijarse los *g'* y *h'* como hemos indicado (54).

56. **Prolongación del trazado.**—Supongamos ahora que se tienen dos puntos de la recta, y se trata de prolongar el trazado de la misma en uno de los sentidos de su alineación ó en ambos. Sean los puntos A y B (fig. 20, lám. 1): se colocarán los jalones *a'* y *b'*, y por medio de ellos el *c'* en la alineación que determinan; valiéndose después de los *b'* y *c'* para alinear el *d'*, y así sucesivamente hasta llegar á E, donde cambia el terreno, como en el ejemplo actual en que empieza á elevarse, en cuyo punto se fijará el

jalón *e'* ó la banderola *e''* y otro *f'* próximo al *e'*, continuando del mismo modo hasta donde vuelva á cambiar el sentido de la inclinación del terrero. Para comprobar el trazado se dirigirá desde un jalón *g'* por ejemplo, situado en la cumbre, una visual que pase por el *e'* ó por la banderola *e''*, y que pase también por un punto de un jalón *d'* del terreno llano, en cuyo caso los dos planos verticales *AEe'a'* y *EGg'e'*, que tienen comunes la visual *e'* y la línea *Ee'*, serán un solo plano vertical *AGg'a'*.

57. **Intersección de dos alineaciones.**—Trazadas en el terreno dos líneas que se cortan, se halla su intersección colocándose el observador en un punto extremo de una de ellas; y valiéndose de los jalones que la determinan ó de la alidada de un instrumento, esperará el momento en que un peón, caminando en la dirección de la otra alineación primera éntre en la línea; trasladándose el observador entonces á un extremo de la otra, hará disponer de la misma manera el jalón en esta línea. Se repetirá la observación continuando del mismo modo hasta asegurarse de que dicho jalón ocupa una posición que corresponde á ambas alineaciones. Colocados dos observadores, uno en cada alineación, resolverían con más facilidad este problema, obedeciendo el peón alternativamente á las señales que le hiciesen.

58. **Medida directa de las líneas.**—Para la medida directa de una alineación se emplean las *cadena*s, las *cintas* y los *reglones*; no siendo todos ellos otra cosa que múltiplos de la unidad lineal, que es el metro, y tienen por objeto abreviar la operación y facilitar la apreciación de las longitudes que se miden.

59. **Cadena.**—Se compone de eslabones de alambre de hierro no muy grueso, unidos por anillas de lo mismo, á fin de que no sea muy pesada. La longitud *bc* (fig. 21, lám. 1) de cada eslabón es de dos decímetros, comprendida entre los centros de las anillas que los unen, y de cinco en cinco eslabones las millas *d'* son de latón para que se distingan los metros, á cada cinco de estos últimos hay unas medallas, también de latón, en las que va marcado el número de ellos que hay á partir de un extremo de la cadena. La mitad de la longitud de ésta se señala por un medio eslabón que pende de la anilla correspondiente, ó con una medalla de mayor tamaño que las que señalan los metros. Terminan las cadenas en ambos extremos por agarraderos dispuestos de manera que la distancia *ab* de su extremo al centro de la primera anilla, compone los dos decímetros que según hemos dicho hay igualmente entre *b* y *c*. La longi-

Tirso Carbalgo Zeñen

tud total de la cadena es ordinariamente de 10 ó de 20 metros. También las hay de metal de estas dimensiones; unas y otras tienen estuches de cuero para el transporte.

Acompaña á la cadena un juego de diez agujas formadas del mismo alambre que la cadena, y de una longitud variable de 0^m,35 á 0^m,40, y de 0^m,004 de diámetro, aguzadas por un extremo, y terminadas en el otro por una anilla de 0^m,03 á 0^m,04 de diámetro.

60. *Verificaciones y correcciones de la cadena.*—El uso hace que la cadena aumente de longitud, por alargarse las anillas que unen los eslabones, ó disminuya encorvándose éstos por los golpes que suelen recibir; variando también en virtud de las influencias atmosféricas.

Para comprobar su longitud se marca con toda precisión en un terreno llano, y mejor en el suelo ó en un muro de un edificio, la longitud exacta que deba tener la cadena, y se compara ésta de cuando en cuando con el marco ó patrón establecido. Para corregirla si ha aumentado de longitud, se cerrarán bien las anillas que unen los eslabones, y si no es suficiente se encorvarán ligeramente uno ó algunos de éstos. Si ha disminuído la longitud, se recorrerán todos los eslabones para rectificar los que hayan podido torcerse.

61. *Uso de la cadena.*—Para medir una línea AB (fig. 22, lám. 1) que supondremos en un terreno llano y próximamente horizontal, son necesarios dos peones; después de contadas las agujas, rectificadas la cadena y quitados todos los nudos que se suelen formar al extenderla, cogen los dos peones la cadena por sus agarraderos, colocándose todo lo posible en la alineación; para lo cual el más inteligente, que marchará detrás dirigiendo la medida, después de haber entregado al otro las diez agujas, coloca el extremo de la cadena en el punto A, y hace señas al segundo para que éntre en la línea: bien tendida la cadena horizontalmente, el segundo peón clava verticalmente en el terreno una aguja que enrase con el extremo de aquélla.

Hecho esto, y levantando ambos la cadena con el objeto de no tropezar á la aguja, dan un paso á derecha ó izquierda de la línea, y siguen marchando en dirección de aquélla hasta que el primer peón llega á la aguja clavada; entonces coloca el agarradero de la cadena de modo que enrase con ella, y teniendo cuidado de no moverla, hace entrar en línea al segundo peón; clava éste la se-

gunda aguja, como hemos dicho, y cogiendo el primer peón la primera, teniendo siempre cuidado de no cogerla hasta que el otro haya puesto la suya, se continuará la operación de la misma manera, hasta que el segundo peón haya clavado las diez agujas, cuidando de no levantar la última para no perder el punto donde concluye la medida; el primer peón al llegar á esta última aguja la levanta y marca bien el punto donde estaba en el terreno, clavando en él una estaquilla delgada de madera que lleva á la mano ó haciendo con la última aguja que ha levantado una cruz bien perceptible en el terreno cuya intersección coincida exactamente con el punto donde estaba clavada dicha aguja. Hecho esto, y cerciorado el primer peón que tiene recogidas las diez agujas, resultará que según que la cadena sea un decámetro ó dos, se habrán medido uno ó dos hectómetros.

El primer peón apunta en un cuaderno la medida, entrega después al segundo las diez agujas, y se repite de nuevo la operación explicada, hasta llegar al extremo B de la línea. En la última *tirada ó cadénada*, después de contadas las agujas recogidas por el primer peón, se verá el número de eslabones comprendidos entre la última y otra que el segundo peón clava donde termina la línea, para añadir al número de hectómetros los decámetros, metros y dobles decímetros que resulten. Si además hubiese una fracción de eslabón, se apreciaría por medio de un *doble decímetro de metal*.

La importancia que la medición de las líneas tiene en las operaciones topográficas, exige que la cadena esté siempre bien tirante, perfectamente alineada y que se lleve mucho cuidado con la cuenta de las *cadénadas*, contando también de tiempo en tiempo las agujas; pues la pérdida de una de ellas anularía la medida de toda la alineación.

62. *Ejemplo de una medición.*—Supongamos que en la medida de una línea se haya empleado la cadena de la longitud de un decámetro; que el peón que va detrás haya recogido y apuntado cuatro veces las diez agujas, y que al final tenga tres, habiendo además una fracción de cadena compuesta de cuatro eslabones y una parte de eslabón valuada en 0^m,13; resultará para el valor de la línea

$$10^m \times 4 + 10^m \times 3 + 0^m,2 \times 4 + 0^m,13 = 430^m,93.$$

63. *Medida de las rectas inclinadas.*—Puede obtenerse midien-