

3. A pesar de lo que llevamos dicho, las operaciones topográficas pueden extenderse casi indefinidamente apoyadas en otras de un orden superior de que trataremos en la *Geodesia*, las cuales, suministrando de trecho en trecho puntos fijos perfectamente determinados, sirven á la vez de base y de comprobación á las operaciones topográficas, dividiendo, por decirlo así, su marcha, á fin de que los pequeños errores inevitables de observación no se propaguen. De este modo puede formarse la topografía de una nación entera, pues si suponemos que por trabajos geodésicos se han situado de diez en diez leguas, por ejemplo, puntos de rectificación, las operaciones topográficas no salen verdaderamente de los límites que les hemos fijado, terminándose en realidad en cada punto geodésico para continuarlas hasta el más inmediato, independientemente de las que se practicaron antes, y así, procediendo por partes, se evita la acumulación de errores.

Vamos, pues, á ocuparnos en los métodos que se siguen para la descripción de terrenos que no excedan de 1° de amplitud, quiere decir, de unas 26 leguas de diámetro, ó cosa de 500 leguas cuadradas de superficie.

La triangulación en general se divide en dos clases, la de *triangulación de gran estension*, que es aquella en que los puntos que sirven de base para la triangulación se sitúan á grandes distancias de sí mismos, y la de *triangulación de pequeña estension*, que es aquella en que los puntos que sirven de base para la triangulación se sitúan á pequeñas distancias de sí mismos. La primera se llama también *triangulación de base*, y la segunda *triangulación de detalle*.

## PARTE PRIMERA.

### PLANOMETRÍA Ó LEVANTAMIENTO DE PLANOS.

#### CAPITULO I.

##### DE LA TRIANGULACIÓN EN GENERAL.

4. Esta parte de la Topografía se divide en dos clases de operaciones de distinta naturaleza. La primera, que designaremos con el nombre de *triangulación* ó planometría general, tiene por objeto determinar la posición de cierto número de puntos enlazados entre sí, y escogidos entre los más notables que ofrece el terreno. La segunda, llamada *levantamiento de detalles*, ó mejor planometría parcial, se ocupa de fijar con relación á los puntos suministrados por la triangulación, todos los demás para completar la configuración y situación relativa de los objetos. La diferencia entre estas dos partes del levantamiento, es análoga á la que hemos establecido entre las operaciones geodésicas y las topográficas; pues así como estas últimas deben subordinarse á las primeras, así la planometría parcial, que descende á los pormenores, se sujeta á las rectificaciones y bases que le proporciona la triangulación, la cual sólo abraza el conjunto del terreno.

5. Cuando la porción de superficie, cuyo plano se trata de levantar, es muy pequeña, la triangulación no es absolutamente indispensable, lo mismo que con respecto á la Topografía, no lo son las operaciones geodésicas, si el terreno no excede de 15 ó 20 leguas de extensión; pero en general, la armonía que debe existir entre los resultados aumenta en proporción de la división de los errores, que se consigue apoyándose en los puntos fijados por una triangulación previa del terreno; y por eso me parece conveniente asentar que, cuando se desea proceder con la posible exactitud, no deben suprimirse las operaciones trigonométricas, aun en superficies de una ó dos leguas cuadradas, más que en casos verdaderamente excepcionales. Por otra parte, la determinación de algunos puntos trigonométricos no es operación ni larga ni complicada, y facilita de una manera notable los trabajos ulteriores.

Para adoptar la marcha que se sigue en la práctica, trataremos primero de la triangulación, para ocuparnos después en el levantamiento de los detalles.

6. La determinación de los principales puntos del terreno se consigue suponiéndolos enlazados por medio de figuras geométricas cuyos elementos sean fáciles de conocer; ya sea por la observación directa, ó bien por los métodos que proporciona la trigonometría; y siendo el triángulo la más sencilla de estas figuras, es la que se ha adoptado de preferencia y á la que debe su nombre esta parte de la planimetría.

Para comprender el espíritu de la triangulación, imaginémosnos ligados por líneas rectas los puntos más importantes de un terreno, de tal modo que quede cubierto por una red de triángulos, y supongamos que se haya medido por lo menos uno de los lados y todos los ángulos de la red. Con estos elementos y el auxilio de la trigonometría se puede determinar la magnitud de los otros lados, y si además se observa el ángulo que uno de ellos forma con una dirección fija, tal como la del polo del mundo, tendremos todos los datos necesarios, no sólo para trazar en el papel la situación respectiva de todos los vértices, con arreglo á una escala, sino aun para *orientar* la cadena trigonométrica, esto es, para colocarla en la verdadera posición que

ocupa en la superficie de la tierra, relativamente á los puntos cardinales.

7. A la verdad, los triángulos así formados están en distintos planos, á causa de la diferente altura de los vértices; pero por lo que sigue, veremos que los instrumentos ó el cálculo proporcionan los medios de *reducirlos al horizonte*, esto es, de determinar las proyecciones horizontales de los lados y los ángulos que estas forman entre sí.

8. No basta por lo común el establecimiento de una sola cadena trigonométrica, puesto que sus vértices distan demasiado unos de otros para servir inmediatamente de base á las operaciones de los detalles; sino que apoyándose en los puntos de la triangulación *primaria*, se establece otra de *segundo orden*, cuyos lados sean menores, y aun muchas veces otras de *tercero* y *cuarto orden*, hasta que los lados no excedan de 1000 á 2000 metros.

9. Fácil es comprender que no puede darse una regla segura sobre la magnitud que deben tener los lados de una cadena primaria, puesto que en general depende de las localidades, de la mayor ó menor perfección de los instrumentos que se usen, del alcance de los anteojos, etc., y así, bástenos por ahora decir que debe procurarse que los triángulos sean en el menor número posible. Por otra parte, las denominaciones de *primaria*, *secundaria*, etc., son enteramente relativas, tanto entre sí como á la extensión del terreno en que se trabaja.

\* 10. Las operaciones que comprende la triangulación pueden reducirse á las siguientes, de las que las dos últimas deben considerarse como trabajos de gabinete.

I. La medida de uno ó varios lados que se toman por bases de las operaciones.

II. La elección de los vértices trigonométricos, para que los triángulos que resulten satisfagan á las mejores condiciones posibles.

III. La observación de los ángulos y la orientación de la cadena trigonométrica.

IV. El cálculo de los triángulos y de las coordenadas de sus vértices.

V. La construcción sobre el papel de la cadena trigonométrica, con arreglo á la escala que se adopte.

Vamos á ocuparnos en particular de cada una de estas operaciones.

8. No basta por lo común el establecimiento de una sola cadena trigonométrica, puesto que sus vértices distan demasiado unos de otros para servir inmediatamente de base á las operaciones de los detalles, y que repetidos en los puntos de la triangulación, para ser establecidos otros de segunda orden, cuyos lados sean menores, y aun muchas veces otros de tercer y cuarto orden, hasta que los lados no excedan de 1000 á 2000 metros. El fin es comprender que no puede darse una única cadena trigonométrica que deban tener los lados de una cadena primaria, pues to que en general depende de las localidades, de la mayor ó menor perfección de los instrumentos que se usan, del estado de los terrenos, etc., y así, distase por ahora de lo que debe preceder á los trabajos, sean en el terreno mismo ó en el papel, por otra parte, las determinaciones de vértices, secundarios, etc., son evidentemente necesarias, tanto entre sí como á la extensión del terreno que debe ser triangulado.

9. Las operaciones que componen la triangulación pueden referirse á las siguientes, de las que las dos últimas deben considerarse como tácticas de gabinete.

1. La medida de uno ó varios lados que se toman por bases de las operaciones.

2. La elección de los vértices trigonométricos, para que los triángulos que resulten satisfagan á las mejores condiciones posibles.

3. La operación de los ángulos y la construcción de la cadena trigonométrica.

4. El cálculo de los triángulos y de las coordenadas de sus vértices.

nes por ahora decir que opuesta esencialmente de un círculo cualquiera y de un anteojo cuyo eje óptico tiene movimiento en un plano perpendicular al del círculo. Establecido este instrumento de manera que el plano de su eje óptico sea horizontal y su centro correspondiente al punto al extremo de la base, si se dirige el anteojo á la señal situada en el otro extremo hasta lograr la coincidencia perfecta entre su eje óptico representado por la intersección de dos hilos muy delgados que se encuentran en el interior del tubo y el asta de la base, entonces el anteojo apuntará á ella todos los puntos del terreno que sean por la línea y perpendicular á ella todos los puntos del terreno que vayan coincidiendo con la intersección de los hilos de la línea que no faltará otra vez en los puntos de trazo en los que para poder ejecutar la medida.

CAPITULO II.

DE LAS BASES.

11. Para llegar al conocimiento de los lados de una triangulación, es necesario que la medida de uno de ellos, por lo menos, se reúna á la de los ángulos, sin lo cual el problema sería indeterminado. La medida de este lado ó de la base, es una de las operaciones trigonométricas que demandan más exactitud, porque sirviendo de fundamento á todas las demás, un error, aunque sea pequeño, que se cometa en ella, puede tener mucha influencia en los resultados, como veremos después.

12. Las llanuras extensas que no presenten desigualdades ni interrupciones bruscas y que sean sensiblemente horizontales, son los terrenos más á propósito para medir una base, la que debe proporcionarse á la magnitud de los lados de la triangulación, á fin de evitar el incremento demasiado rápido de los primeros triángulos que se apoyan en ella.

Hecha la elección de los puntos que la terminan, véamos cómo se traza la base en el terreno para proceder á medirla.

13. En uno de sus extremos se pone una señal que consiste generalmente en una bandera, cuya asta, que se sitúa verticalmente, tiene dos ó tres metros de largo y un grueso proporcionado á la distancia desde la cual se debe observar, siendo por lo común suficiente de ocho á diez centímetros. En el otro extremo de la base se coloca un