

CAPÍTULO IV.

TOMA DE DATOS DE CAMPO.

En el campo hay que tomar los datos necesarios para poder representar gráficamente con bastante exactitud la zona escogida para el desarrollo de la traza, y además todos los indispensables para redactar los documentos que constituyen el proyecto. Se tratará de unos y otros con la separación debida.

I.—DATOS RELATIVOS Á LA ZONA.

Como quiera que se suponen perfectamente conocidas las operaciones topográficas, bastarán ligeras ideas respecto á la manera de tomarlos. La zona puede definirse de dos modos distintos: 1.º, por una base y perfiles transversales; 2.º, por curvas á nivel. Aquel sistema se aplica, sobre todo, á comarcas llanas ó entrellanas, y éste á terrenos quebrados.

REPRESENTACIÓN POR UNA BASE Y PERFILES TRANSVERSALES.

Elementos que deben determinarse.—Elígese la base de modo que se aproxime lo posible al eje del camino, lo que no es difícil en países poco montañosos y con práctica de trazados. Conociendo el plano y perfil de dicha línea, así como suficiente número de secciones transversales ligadas á aquélla y que abarquen la zona en toda su anchura, se poseerán los datos indispensables de la planta y relieve del terreno para estudiar y comparar en el gabinete las soluciones admisibles. Es, pues, preciso dirigir las operaciones topográficas con la mira de llegar á ese resultado, levantando el plano y perfil de la base y sacando perfiles transversales, poniendo especial cuidado en multiplicar referencias y puntos de fe, para precaver toda clase de errores.

Plano de la base.—Quedará determinada la base en el momento que se conozcan las longitudes y ángulos de las alineaciones sucesivas. El Ingeniero hace estaci3n en los v rtices, que escoge en los sitios que verosímilmente obliguen   cambios de direcci3n, y observa, con cualquier instrumento que mida ángulos horizontales, los que formen las alineaciones, 3 los rumbos si se operase con brújula.

Entre cada dos v rtices consecutivos se traza la recta correspondiente, cuya longitud deduce un subalterno por los métodos ordinarios, no habiendo dificultad en tomar la que resulte como proyecci3n horizontal en los trabajos ulteriores,   menos que la pendiente sea muy acentuada y convenga fijarla para hacer después la reducci3n oportuna.

Para completar el plano, deben referirse   la base, por coordenadas rectilíneas 3 polares, cuantos puntos 3 líneas notables se encuentren   uno y otro lado dentro de la faja, contando entre aquéllas los caminos y vaguadas que hayan de atravesarse 3 quedar en las cercanías del trazado.

No hay necesidad de describir el modo de ejecutar estos trabajos ni los que en seguida se reseñarán, así como tampoco el modo de disponer los croquis y anotaciones: bastará indicar la conveniencia de dejar estacada la línea y aun de colocar hitos en ciertos puntos, multiplicando las señales, para conseguir que queden todavía algunas al replantear el eje, lo cual facilita en extremo esta operaci3n.

Perfil de la base.—Se efectúa por niveladas 3 por pendientes: este procedimiento, aunque menos exacto que aqu el, es admisible para proyectos de carreteras. Si se adopta el de niveladas, se encarga, por lo general, de realizarlo un Ayudante que marcha detrás del Ingeniero que hace la demarcaci3n de la línea. En caso de nivelar por pendientes, pueden tomarse los datos para el perfil   la vez que los del plano, con tal que el instrumento mida ángulos verticales y horizontales.

De ser posible, se ha de procurar calcular por las noches las cotas definitivas con los datos estampados en las libretas, para estar   tiempo de corregir en el campo cualquier error que se notare.

Perfiles transversales.—De ordinario se confía á un Ayudante ó Sobrestante la toma de datos correspondientes, verificándolo, según los casos, por niveladas, por pendientes ó con el auxilio de reglones y plomadas. Lo más común es que estos perfiles se tracen normales á la alineación de la base: de no ser así, se mide el ángulo que formen.

De todos modos, hay que cuidar: 1.º, de marcar con toda claridad los puntos de intersección de los perfiles con la base; 2.º, de tomarlos tanto más próximos cuanto mayores sean las inflexiones del terreno; 3.º, de darles la extensión necesaria para que se pueda trasladar al papel toda la faja en que se presume han de hacerse estudios para la fijación del trazado: aun en llanos, la anchura por cada lado no ha de bajar de 15 á 20 metros; 4.º, de no omitir perfil en los sitios en que se observen cambios bruscos de inclinación transversal, sinuosidades acentuadas ó fenómeno de cualquier especie que pudiera influir en la traza definitiva.

REPRESENTACIÓN POR CURVAS Á NIVEL.

Diferentes métodos.—Dibujados el plano y los perfiles longitudinal y transversales, es bien sencillo hallar cuantas curvas á nivel se deseen: el problema se resuelve en Topografía y hay que aplicarlo siempre que se procede conforme hasta aquí se ha dicho, pues, como en lugar oportuno se verá, los formularios vigentes exigen que se tracen aquellas curvas.

Pero directamente pueden tomarse en el campo los datos para ese objeto, y conviene hacerlo en los terrenos quebrados, en general, y muy en particular en los pasos difíciles que han de exigir tanteos minuciosos, como los estrechamientos de valles, laderas que no ofrezcan bastante desarrollo, cauces en que se dude el lugar más á propósito para cruzarlos, etc., etc. Lógrase el objeto por uno cualquiera de los métodos topográficos conocidos; pero el taquimétrico es el indicado por lo que abrevia los trabajos de campo, que son mucho más costosos que los de gabinete. En ciertos casos cabe también emplear sistemas especiales para formar un plano acotado.

PROCEDIMIENTO TAQUIMÉTRICO.—Se elegirán para estaciones los sitios desde que se descubra mayor extensión de la zona, á fin de reducir hasta donde sea posible el número de aquéllas y para que los trabajos marchen con celeridad. Requiere práctica el conocimiento de los puntos que han de tomarse para que no sólo la configuración general, sino los pormenores, queden bien determinados: las divisorias y vaguadas de diversos órdenes, las escarpas acantiladas, los caminos de toda especie, se fijarán con suficiente número de puntos, no olvidando tampoco los que ofrezcan cualquier singularidad.

Antes de dar por terminados los trabajos, es oportuno calcular las coordenadas polares de las estaciones á fin de comprobar los resultados, y repetir, si fuere preciso, las observaciones hechas desde algunas de ellas.

PLANOS ACOTADOS.—Los procedimientos ordinarios suelen presentar graves dificultades en terrenos muy montuosos, aunque las altitudes no sean considerables, sobre todo cuando las divisorias son verdaderas aristas de que arrancan laderas escarpadas; los valles estrechos y sinuosos, hasta el punto de tener tramos que descienden en direcciones contrarias; la propiedad muy dividida, y separados los predios por cercas de piedra ó por setos vivos; finalmente, la vegetación exuberante. En circunstancias tales, los reconocimientos y la toma de datos son penosísimos y costosos, á causa de no poder dar un paso sin pedir licencia para penetrar en fincas y de originar perjuicios de entidad en los árboles y cercados. Estos obstáculos que se encuentran en algunas localidades de España, en especial en las Provincias Vascongadas, no son raros en ciertos departamentos de Francia, y ya los señaló en 1836 el señor Tostain, Ingeniero de Puentes y Calzadas, respecto del de la Mancha.

Pues bien, en casos semejantes el medio práctico para representar la configuración del terreno consiste en levantar el plano y nivelar los caminos antiguos y sendas de explotación, que son siempre muy numerosas, por la misma división de las tierras, y así se logra reunir los elementos para dibujar un plano acotado, del que se deduzcan las curvas á nivel, en suficiente extensión por ambos costados de la dirección probable de la traza. Las lí-

neas determinadas pueden dejar fuera algún punto notable, para cuya fijación sea preciso penetrar en las fincas; mas las dilaciones y gastos se reducen al mínimo.

Por lo general, los caminos y cercas dan idea muy exacta de la localidad, constituyen su armazón y el conjunto se completa con corto número de puntos de relleno. Véase cómo se expresa el señor Tostain en algunos párrafos de su Memoria:

«Los caminos que cruzan la comarca y las cercas de heredades no se han trazado á capricho, como pudiera creerse. Estas últimas siguen siempre aproximadamente las direcciones de las líneas á nivel y de máxima inclinación, á fin de facilitar las labores agrícolas. Al pie de los contrafuertes se encuentra un cercado paralelo al valle y que sirve de límite á los prados que ocupan parte de aquél; cercado que tiene ligerísima pendiente y por cuyo pie corren las aguas que se derivan del arroyo para regar las praderas. En general, cuando hay cambio de dirección en los vallados, puede asegurarse que varía también la inclinación del suelo.

»Los caminos principales van, por lo común, próximos á las divisorias, altura á que se conservan hasta descender rápidamente al valle y subir del mismo modo á la ladera opuesta, á menudo por las líneas de pendiente máxima. Háyanse abierto estas vías por la mano del hombre ó sigan la dirección de los primeros transportes á través de montes y llanuras, antes de roturar y repartir las tierras, es lo cierto que, admitiendo pendientes fuertes, están muy bien trazadas (1).

»En casi todos los valles se encuentra en una ú otra orilla, y á poca distancia del cauce, un camino paralelo á la vaguada, que no sirve más que para explotar aquéllos y que está enlazado con las vías principales por otras que se desarrollan por las líneas de máxima inclinación de las laderas, á uno y otro costado; vías que facilitan además las comunicaciones entre las dos vertientes de la cuenca.

»Aparte de estos caminos que forman la red general del país, y que se establecieron en épocas remotísimas, existen otros muchos que van de una á otra vivienda ó que unen los caseríos, y por los cuales se efectúa el movimiento agrícola. Estas consideraciones explican el conocimiento que se adquiere de la topografía de la zona, con el estudio de sus sendas y vías rurales.»

II.—OTROS DATOS QUE HAN DE TOMARSE EN EL CAMPO.

Los elementos relativos á la configuración del terreno no son suficientes para redactar el proyecto y presuponer los gastos: se

(1) Véase página 333, en que se expuso la misma idea.

necesitan otros muchos que se puntualizarán en este artículo.

Naturaleza del suelo.—Á fin de formarse idea del coste aproximado de la faja que habrá de expropiarse para asentar el camino, se hace indispensable tomar notas circunstanciadas de la clase de cultivos, de los precios medios corrientes en la localidad y de los asignados en los amillaramientos á la hectárea de cada especie de terreno, así como de los perjuicios que desde luego se advierta ha de ocasionar á las fincas la apertura del camino. Los datos relativos al cultivo deben irse anotando en la libreta de perfiles transversales.

Naturaleza del subsuelo.—Es estudio interesantísimo bajo varios aspectos:

1.º Para apreciar la altura máxima que puede admitirse en los desmontes, que será tanto mayor cuanto más fáciles los movimientos de tierra.

2.º Para fijar la inclinación de los taludes, con sujeción á lo que se dijo en la pág. 41.

3.º Para clasificar los productos de la explanación y presuponer su coste. Compréndese bien que conviene definir el terreno, á este fin y á los consignados en los dos párrafos anteriores, no por sus caracteres geológicos, sino por la facilidad que presentan para ser removidos, la cual se estima, por lo común, examinando en el mismo terreno los cortes en que aparezcan al descubierto los bancos ó masas, y los pozos ó norias de las cercanías, y aun practicando sondeos si aquellas indicaciones no satisficieran y la importancia de la obra lo reclamase. En cada perfil transversal se marca la proporción en que se presume han de encontrarse las respectivas clases de terreno, siendo oportuno admitir la clasificación establecida en los formularios, que comprende los cinco grupos siguientes: *tierra franca*, *tierra compacta*, *tránsito de tierra á roca*, *roca floja* y *roca dura*.

4.º Para servir de guía en la investigación de materiales y de condiciones que reuna el terreno para asentar sobre él un camino ó cimentar una obra importante. Asuntos delicados son éstos, en especial el último, que requieren la aplicación de los conocimientos de Geología; por desgracia, suelen dar margen á vacilaciones y á que en lo futuro se produzcan graves accidentes.

Dimensiones de obras de fábrica.—Cuando se trate de aguas permanentes, como las que corren por ríos ó canales, se fijarán las dimensiones de las obras que hayan de cruzarlos, teniendo en consideración el régimen ordinario, las noticias que se adquieran acerca de las mayores avenidas y los puentes ya construídos. Para obras pequeñas, destinadas á salvar vaguadas de escasa entidad, bastarán los datos recogidos de los prácticos del país, y observar la superficie de la cuenca: como regla empírica pueden admitirse luces de 0^m,50 á 2 metros por cada 1.000 hectáreas de vertientes, correspondiendo los límites respectivos á terrenos llanos ó muy escabrosos (1). No es común, sin embargo, apelar á estos cálculos, porque la experiencia enseña bien pronto á discernir con suficiente exactitud los desagües adecuados en cada caso para tajeas, alcantarillas y pontones.

Las dimensiones de los puentes dependen, como es natural, del sitio en que se establezcan, cuestión delicada que se ha de discutir con toda clase de detalles. Al efecto, se cuidará de tomar los datos necesarios para representar la planta y relieve del cauce en extensión suficiente, que puede fijarse como mínimo en un kilómetro agua-arriba y abajo del punto que se elija.

Naturaleza y procedencia de materiales.—Aparte de los datos que acerca de este punto suministran los estudios geológicos, hay que explorar las canteras, fábricas y almacenes en que se puedan adquirir los materiales de toda especie que hayan de emplearse, tomando noticias circunstanciadas del coste de su preparación, del estado y condiciones de los caminos por donde deban verificarse los transportes, de las distancias medias á las obras, etc., etc. El examen de la calidad de los materiales, cuando no se conozca previamente, reclama mucho esmero, huyendo de aceptar, por economía mal entendida, los que inspiren temores de que no han de dar resultados satisfactorios.

Jornales de operarios y medios de transporte.—Son guarismos de todo punto indispensables para calcular el precio de las diversas unidades: nada más sencillo que enterarse de los jornales corrientes en la localidad.

(1) Garrán, *Tratado de la formación de los proyectos de carreteras*: Madrid, 1862.

Riqueza y tráfico de la zona.—Conviene reunir cuantos antecedentes sea posible sobre estos factores, no para demostrar la utilidad pública de la línea, que está reconocida de hecho, si se trata de una carretera del Estado, provincial ó municipal, por haberla incluido en el plan respectivo, sino: 1.º, para proponer el orden de preferencia que se le debe asignar entre los caminos no ejecutados todavía, y en ciertos casos la variación de la anchura normal; 2.º, para que sea factible hacer entrar elementos de tanta monta en las comparaciones de trazados. La riqueza amillarada, las contribuciones, las mercancías exportadas é importadas á los centros que atraviere el camino, el movimiento de viajeros, darán alguna idea del tráfico probable, por más que su apreciación esté sujeta á errores de bulto, según se ha manifestado repetidas veces.

CAPÍTULO V.

TRABAJOS DE GABINETE.

En tres artículos diferentes se explicarán: 1.º, la traslación al papel de los datos tomados en el campo referentes á la planimetría y altimetría de la zona; 2.º, el estudio de la traza en planta y perfil; 3.º, las demás operaciones que deben practicarse para ultimar el proyecto.

I.—REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ZONA.

Para seguir el mismo orden que en el capítulo anterior, se supondrá sucesivamente que se determina la faja por una base y perfiles transversales ó por curvas á nivel.

REPRESENTACIÓN POR UNA BASE Y PERFILES TRANSVERSALES.

Planta.—Con los datos de campo se tienen los suficientes para trazar la línea quebrada, que sirve de base, así como las va-