

admiración de cuantos se interesaban por instalaciones de fuerza motriz.

Estos motores son de extrema sencillez, no necesitan caldera ni gasógeno; sus accesorios se reducen á unos depósitos del combustible y á unas botellas de aire comprimido; son de marcha sumamente regular y segura, arrancan simplemente con abrir una válvula; no tienen aparato alguno de encendido de mezcla de combustible y han sido ideados para quemar un combustible que hasta ahora no tenía apenas valor, resultando, por tanto, la fuerza con ellos sumamente barata. Consumen combustible líquido que, en algunos puntos de Europa, se vende á 30 francos la tonelada, y por término medio á 50, y consumen, próximamente, 200 gramos por caballo-hora. Los motores Diesel se construyen en muchos países y por gran número de constructores, y ya hay algunos instalados en España, de fuerza desde 20 hasta 600 caballos.

Estos motores sólo convienen á partir de 20 caballos de fuerza, y en España está algo restringido su empleo por la dificultad de aprovisionamiento de combustible, que es casi imposible importar por la inseguridad de los derechos de aduana que debe aplicársele. Dicho combustible se produce ya en varios puntos de España, y aumenta sin cesar esta clase de destilerías en Barcelona, en Bilbao, etc., y puede obtenerse este combustible á próximamente 120 pesetas la tonelada.

Para instalaciones de elevación de aguas para riegos en que sea preciso emplear motor térmico, la elección de tipo tiene que depender de las circunstancias locales, no pudiendo afirmarse en general la conveniencia de los de una clase sobre los de otra.

En la redacción de un proyecto de elevación de aguas para riegos, en que la primera condición ha de ser la seguridad del servicio, requiere calcular con amplitud todos los elementos de la instalación, muy especialmente las pérdidas de carga, la velocidad de la bomba, y, sobre todo, la fuerza del motor, que en todo caso debe ser por lo menos 10 por 100 superior á la que dé el cálculo como necesaria, para tener en cuenta resistencias momentáneas adicionales que se presentan frecuentemente.

Si en toda instalación bien ejecutada deben cuidarse los detalles y seguir las reglas de buena construcción y las precauciones que señala la hidráulica práctica para el establecimiento de tuberías de conducción de agua á presión, con más razón deberán exigirse estos cuidados y precauciones cuando se trate de elevaciones de agua en que, forzosamente, el régimen es irregular, aun empleando bombas centrífugas.

Una instalación de elevación de aguas bien establecida con todos los accesorios necesarios es de la mayor sencillez porque lo es el útil la máquina elevatoria, y por ser sencilla es de fácil manejo relativamente á su importancia y de larga duración y puede confiarse plenamente en su eficacia.

Resumimos lo expuesto, proponiendo al Congreso las conclusiones siguientes:

1.^a El empleo de máquinas para elevar agua no encarece ni dificulta generalmente los riegos de modo que pueda considerarse un obstáculo para establecerlos, cuando las instalaciones están bien concebidas y ejecutadas, lo que exige la intervención de un Ingeniero con verdadera práctica.

2.^a La máquina elevatoria generalmente preferible para riegos es la bomba centrífuga.

3.^a El motor que generalmente conviene en esta clase de instalaciones, cuando se dispone de corriente, es el eléctrico acoplado, si es posible directamente á la bomba.

4.^a Las instalaciones de elevación de agua exigen para su seguro funcionamiento estar calculadas con amplitud las pérdi-

das de carga, velocidad de la bomba, etc., y, sobre todo, la fuerza del motor.

5.^a Todas las reglas y precauciones que señala la hidráulica práctica para la colocación de tuberías de conducción de agua á presión debe cumplirse exageradamente en las tuberías de impulsión de las elevaciones de agua, en razón de la irregularidad del régimen.

6.^a Las instalaciones de elevación de aguas bien hechas son, en general, fáciles de manejar, de seguro funcionamiento y de larga duración, dando por su eficacia completa satisfacción á sus propietarios.

Levantamiento de planos

POR MEDIO DE LA FOTOGRAFÍA ESTEREOSCÓPICA ⁽¹⁾

POR

JOSÉ MARÍA TORROJA

Ingeniero de caminos, canales y puertos, Doctor en Ciencias é Ingeniero geógrafo.

INTRODUCCIÓN

Cuando, aun no hace tres años, tuve ocasión de visitar por vez primera el magnífico Instituto Geográfico Militar de Viena, y de estudiar en él y manejar yo mismo el «estereoautógrafo» inventado pocos meses antes por el entonces Teniente del ejército austriaco, caballero Eduardo von Orel, pude experimentar, á la vez que la satisfacción de conocer un aparato que me interesaba muy especialmente, por las escasas noticias que de él habían hasta mí llegado, una impresión de verdadera sorpresa.

El caso no era para menos. Porque bastó que yo, sentado ante el aparato, observase por un estereoscopio un panorama inmenso de las montañas del Tirol, con efecto completo de relieve, y que por medio de dos manubrios hiciera deslizarse por sus laterales un triángulo que en el campo del aparato flotaba, para que en un papel colocado sobre el tablero que á éste acompaña, apareciera dibujada con un trazo continuo, ligeramente temblón por mi falta de práctica, una curva de nivel.

Hizo el Capitán deslizar suavemente una abrazadera sobre su guía, sujetándola luego en su nueva posición, repetí yo la operación de antes, y otra curva de nivel vino á completar la primera, ajustándose perfectamente á todas sus inflexiones, sin cortarla jamás.

Y tras estas dos, otra, y otra, y otras varias; y en breve rato tuve ante mi vista un precioso plano, que acusaba admirablemente las bruscas inflexiones del abrupto paisaje que en el estereoscopio se descubría. Y todo esto sin hacer una sola operación numérica, ni medir una sola distancia; bastaba sólo mirar y dirigir el índice con los manubrios que le hacían avanzar y retroceder, desviarse á uno ú otro lado.

Yo recordaba la abrumadora impresión de cansancio que se experimenta al encerrarse en su despacho, después de una temporada penosa de trabajos de campo, cuando se tiene sobre la mesa un montón de libretas taquimétricas—y esto después del nunca bien ponderado invento de Porro—y se piensa con esparto en otra temporada, aun más penosa, en que los días transcurren, primero, con las tablas taquimétricas en la mano, calcu-

(1) Del interesante libro publicado con este título por la «Junta para ampliación de estudios é investigaciones científicas» copiamos hoy la introducción y el comienzo de la tercera parte, en que se da cuenta de la aplicación práctica; en otro número publicaremos la parte relativa á la teoría.

lando números generadores y desniveles y cotas; doblado luego sobre el tablero, pasando al papel los azimutes y las distancias de cientos y miles de puntos, escribiendo junto á cada uno de ellos la cota correspondiente; haciendo después esfuerzos desesperados para conducir entre este laberinto de puntos unas cuantas curvas de nivel, y alternando los momentos en que éstas quedaban suspensas por falta de datos, con aquellos en que éstos se contradicen, fingen circunvoluciones inverosímiles, y acaba el operador por perder la paciencia, prescindir de los puntos que *estorban*, y dibujar un plano que sabe positivamente que es imperfecto.

Hubiérame parecido entonces cosa de magia el aparato que ante mí tenía, algo parecido á las famosas máquinas que para todos los usos atribuye la fantasía popular á los norteamericanos, si no conociera de antemano su teoría y su funcionamiento, tan sencillos, por otra parte, la una como el otro, siendo esta sencillez la más sólida garantía de la bondad del aparato y del éxito de su empleo.

Al despedirme de mi simpático amigo von Orel, cuyas delicadas y continuas atenciones, que nunca agradeceré bastante, tuvieron no pequeña parte en la gratísima é imborrable impresión que en mí produjo la capital del imperio austriaco, me suplicó mantuviera secreto el fundamento de su aparato hasta que hubiera obtenido la patente de invención que tenía solicitada, y que después lo diera á conocer en la Prensa técnica de España.

Año y medio hace que recibí el folleto en que von Orel publicaba por vez primera su invento (1); tan pronto como me fué posible, redacté una traducción libre de él; é iba ya á entregarla á la imprenta, cuando la Junta para ampliación de estudios é investigaciones científicas me envió á seguir estudiando en Austria y otros países los métodos fotogramétricos.

Suspendí, pues, la publicación del citado trabajo, y hoy ve la luz pública completado con los nuevos modelos del fototeodolito y del estereoautógrafo, que manejamos el verano último, y con multitud de datos y observaciones que proceden ya del ilustre von Orel, ya de los trabajos que en el campo y en el gabinete realizamos nosotros mismos durante el disfrute de nuestra pensión.

No intentaremos hacer aquí una apología del método estereofotogramétrico; mejor lo hará por sí sólo el que lea las siguientes páginas.

Tan sólo nos permitiremos decir que nosotros, que en el ejercicio de nuestra profesión de Ingeniero de caminos hemos tenido ocasión de apreciar de cerca las dificultades casi insuperables con que se tropieza al efectuar levantamientos topográficos en regiones montañosas y elevadas, y el tiempo y dinero que estos trabajos absorben, aun resultando indiscutiblemente imperfectos; y hemos seguido después al Capitán von Orel en su campaña de 1912 por los Alpes de la Estiria, y le hemos acompañado en el manejo del estereoautógrafo en su oficina del Instituto Geográfico Militar de Viena, y en la de la nueva Sociedad Stereographic (2), podemos dar fe de las ventajas indiscutibles del nuevo método, y asegurar desde luego que en pocos países será tan necesaria su aplicación como en España, que tan extensos macizos montuosos comprende, y donde tantos trabajos topográficos quedan por hacer.

(1) *Der Stereoaograph als mittel zur automatischen Verwertung von Komparatordaten*, von Eduard Ritter von Orel, k. u. k. Oberleutnant, Leiter der photogrammetrischen Abteilung des Militaergeographischen Institutes. Separatabdruck aus den Mitteilungen des k. u. k. Militaergeographischen Institutes.—XXX Band. Wien, 1911.

(2) Stereographic. Stereophotogrammetrisches Vermessungs Institut. Viena. Sociedad que bajo la dirección de von Orel acaba de constituirse para la explotación de la patente del estereoautógrafo.

El Instituto Geográfico y Estadístico de nuestro país llegará muy pronto, en el levantamiento del plano general de la nación, á las abruptas estribaciones del Pirineo: los Oficiales de Ingenieros y del Estado Mayor luchan hace tiempo con grandes dificultades en sus trabajos geográficos del Norte de Africa. Unos cuantos aparatos fotográficos bastarían para abreviar extraordinariamente el trabajo de campo, que tan penoso hacen los fríos en un caso y los rifeños en otro.

Esperemos lleguen á convencerse de esto los jefes de los dos servicios citados, y todos los que á este género de trabajos se dedican; si á tal resultado podemos contribuir en algo con las siguientes páginas, daremos por bien aprovechado el tiempo que en prepararlas y escribirlas hemos empleado (1).

Aplicación práctica del método estereofotogramétrico.

I

Trabajos de campo.

Casos en que debe aplicarse el método fotográfico. — El método de levantamiento de planos topográficos por medio de fotografías estereoscópicas puede aplicarse con más ó menos ventaja en casi todos los casos que en la práctica se presentan. Claro es que estando fundado en la apreciación del relieve del terreno, esta ventaja será tanto mayor cuanto más pronunciado sea este relieve, sin que con esto queramos decir que el estereocomparador no dé excelentes resultados en terreno llano, como quedó palmariamente demostrado en el trabajo de comprobación que á fines de 1909 se realizó en Hajmásker (Hungria). Consistió este trabajo en levantar independientemente con la plancheta y con los aparatos fotográficos el plano de una extensa zona, cuyo mayor desnivel era de 15 metros; la identidad entre las curvas de nivel obtenidas de metro en metro por los dos procedimientos fué sorprendente.

Pero á pesar de esta posibilidad que existe en todos los casos, hay algunos especiales en que debe, desde luego, emplearse el método fotográfico y el aparato del Capitán von Orel.

Ante todo, citaremos el del terreno de alta montaña, con vertientes grandes y despejadas, en que las ventajas de la fotografía colocan á ésta, sin disputa, delante de todos los métodos no fotográficos. En estas regiones áridas, de clima muy frío, á las que sólo puede llegarse contadas semanas durante el verano, faltas ó escasas de poblados y vías de comunicación, siendo por esto difíciles de recorrer y molesta la estancia en ellas, el trabajo topográfico ordinario es penosísimo y de abrumadora lentitud, y las desfavorables condiciones en que ha de efectuarse impiden que todas sus operaciones alcancen la exactitud que en otro caso pudiera exigirse. En cambio, un par de estaciones desde dos puntos próximos que dominan gran extensión de terreno y que duran una hora ó poco más cada una, pueden cómodamente hacerse, y el trabajo que de ellas se dedujo con menos molestias y menos gasto merece confianza mucho mayor. En este caso—que es el de tantas comarcas de nuestra Patria—no es posible, prácticamente, aplicar otro método que el estereoscópico.

Sin llegar al caso extremo que acabamos de citar, hay otros muchos en los que el método que nos ocupa ofrece notable ventaja. En general, en todo terreno quebrado la determinación de las curvas de nivel por interpolación entre puntos aislados, es penosa é inexacta; un dibujo automático de aquéllas por medio del estereoautógrafo, teniendo á la vista el relieve del terreno, es sin duda preferible.

(1) Estando en prensa estas páginas, el Instituto Geográfico ha acordado comenzar los ensayos del método estereoscópico.

Si se trata de regiones cubiertas de bosque espeso (de las que desgraciadamente tan pocas quedan en España) el método fotográfico resulta poco práctico; hay que reconocer, no obstante, que no lo es mucho más el taquimétrico, porque si el terreno resulta invisible desde las alturas que lo dominan por la vegetación que lo cubre, tampoco será fácil á través de ésta ver los vértices consecutivos de los itinerarios con que se cruce para aplicar los métodos no fotográficos. Y una pequeña zona arbolada en una región desnuda no es óbice para la aplicación de la fotografía; al colocar las vistas en el estereocomparador nunca faltan claros por los que entre los árboles se distinga el suelo y en los que puede hacerse descansar el índice del estereomicroscopio. Además, en ellas se aprecia la altura media de los árboles que las rodean y pueden dibujarse las curvas de nivel llevando el índice, no apoyado sobre las copas de éstos, sino hundido en su masa la cantidad que se juzgue precisa para que aquél llegue á la superficie del terreno invisible.

El estudio de vías de comunicación es otro de los casos en que el método estereoscópico está casi siempre indicado. Desarrolláuse aquéllas en gran parte por valles más ó menos amplios, determinados necesariamente por los puntos de paso que con antelación se fijan y en los cuales hay que proyectar el trazado, tanteando alturas, desarrollos y pasos especiales. Un itinerario trigonométrico á lo largo de las crestas que por uno ú otro lado limitan el valle (1), y una serie de bases convenientemente elegidas en las laderas de éste, nos dan un plano mejor y más barato que el obtenido por otro procedimiento. Porque hay que tener en cuenta que las placas encierran los datos de las vertientes del valle en toda su altura, y cada trazado posible puede estudiarse en la zona conveniente, mientras que el plano taquimétrico, preparado siempre con escasa holgura alrededor de la línea que se estima probable, resulta frecuentemente escaso, y obliga á volver al terreno á completar lo que se juzga ahora indispensable y antes se abandonó.

Hay, en fin, multitud de pequeños trabajos topográficos para proyectos de pantanos, saltos de agua, puentes, obras de fortificación, encauzamiento de ríos, etc., en las que un par de fotografías, obtenidas desde los extremos de una base, medida como ya sabemos, pueden suministrar con ventaja todos los datos de campo necesarios.

Los casos citados en las líneas precedentes bastan para poder formar un criterio sobre las condiciones en que el método estereoscópico puede emplearse con ventaja más ó menos considerable.

Pero precisa huir de la idea de que es el nuevo procedimiento capaz de sustituir á los antiguos en todos los casos. Tan falta de sentido es esta afirmación como la de aquellos que creen que no puede hacerlo en ninguno. En los trabajos de escasa importancia, fácil será la elección entre los diversos sistemas; en los que abarcan zonas extensas, seguramente habrá de hacerse uso de varios de ellos, y el buen criterio del operador será el único que puede determinar la parte que á cada uno corresponde.

Triangulación previa.—El enlace de las partes de plano obtenidas desde los extremos de las diferentes bases exige que en cada par de fotografías aparezcan al menos tres puntos cuya posición se conozca exactamente, y á los cuales se refiera la de aquellas bases.

Para lograr esto es preciso establecer en toda la zona cuyo plano ha de levantarse una triangulación trigonométrica con la distribución de puntos que para el indicado objeto se juzgue pre-

cisa. Ninguna regla puede darse para efectuar este trabajo: al recorrer el terreno, sin olvidar el fin concreto que con la red de triángulos se persigue, podrá exigirse en cada caso la solución más conveniente.

Claro es que la red habrá de ser tanto más espesa, cuanto más quebrado sea el terreno y limitados los horizontes que en él se descubran. Y que uno de los tres vértices que para cada par de fotografías hemos dicho eran necesarios, puede ser una de las estaciones fotográficas, que de este modo estará ligada con los otros dos puntos trigonométricos.

Los triángulos de la red habrán de satisfacer á todas las condiciones que la topografía ordinaria y la trigonometría imponen; será ventajoso, cuando pueda lograrse, que algunos de los vértices sean á la vez estaciones fotográficas.

Si la zona de terreno que ha de abarcarse es reducida, podrá convenir la sustitución de la red de triángulos por un itinerario que la rodee ó la cruce, según su configuración. Y si toda ella se abarca con un solo par de fotografías, ó con las obtenidas desde los extremos de una sola base, aunque sean más de dos, á ésta se referirá todo el trabajo, sin necesidad de punto alguno de referencia.

En general, los vértices de la triangulación ó itinerario habrán de hallarse en las cumbres más elevadas, para ser vistas desde mayor extensión. Y las estaciones fotográficas, por el contrario, se elegirán á media ladera para abarcar desde ellas toda la altura de las vertientes que se extienden á su vista.

Elección de base estereoscópica.—Dos son las cuestiones que esta elección comprende: primera, emplazamiento; segunda, magnitud de la base en relación con la zona que desde ella se quiera obtener.

Respecto al primero, ninguna regla general puede darse, toda vez que depende de multitud de circunstancias que varían por completo de un caso á otro de la práctica.

Hay que tener en cuenta, ante todo, que el método estereoscópico exige que cada zona de terreno aparezca en las fotografías obtenidas desde los extremos de cada base; estos extremos, por tanto, han de dominar la mayor cantidad posible de horizonte común, que será el único, cuyo plano podrá deducirse de aquellos datos. Y que en cada par de fotografías han de aparecer, por lo menos, tres vértices de la triangulación previa.

Para que el aprovechamiento de las fotografías sea mayor, hay que elegir la base de un punto desde el cual se domine, además, la mayor extensión posible. No conviene que aquélla esté muy elevada, porque habría en las placas gran parte de cielo y no se alcanzarían en ellas las vaguadas profundas y, además, el relieve resultaría menos aparente al ser observado desde gran altura. Tampoco podrá estar muy baja, porque dejaría de alcanzar las crestas más elevadas y éstas resultarían quizá ocultas por las secundarias que ante ellas existan ó confundidas con ellas; además, en este caso quedaría algún valle detrás de pequeños contrafuertes que pudieran ocultarlo. Compensando unos con otros estos inconvenientes, y, sobre todo, adquiriendo personalmente la práctica necesaria, es como puede llegarse á una acertada elección de la zona en que la base estereoscópica ha de emplazarse.

Además de las condiciones que llevamos expuestas, hay que satisfacer otras, que no dejan de tener importancia.

Refiérese una de ellas á la facilidad para trasladarse el operador de uno á otro de los extremos de la base, toda vez que habrá de hacerlo varias veces: primero, para cerciorarse de que dominan próximamente las mismas zonas de terreno, y luego, con los aparatos, para obtener y orientar las fotografías que desde uno y otro han de impresionarse.

(1) Un itinerario ó triangulación trigonométrica son necesarios siempre, como luego veremos, para todo levantamiento estereofotográfico de alguna extensión.

Otra circunstancia que hay que tener muy presente, es la de elegir la luz preferible para obtener vistas claras y fáciles de observar en el aparato de gabinete. Al contrario de lo que á primera vista pudiera creerse, es preferible la luz difusa de un día nublado á los fuertes contrastes que origina el sol directo. El sol ha de estar á espaldas del observador, circunstancia á la que habrá de subordinarse la distribución de trabajo. En general, las vistas han de obtenerse en las horas del centro del día, en que la luz está más uniformemente repartida por todo el paisaje, y éste presenta contrastes menos vivos. Y en más de un caso podrá decidir esta circunstancia la elección entre dos zonas, en cualquiera de las cuales pudiera la base cumplir las demás condiciones que en las anteriores líneas le hemos impuesto.

Fijada ya la zona donde ha de emplazarse la base estereoscópica, hay que determinar la longitud de ésta en relación con la exactitud que en el plano se desee y la escala de éste, la distancia focal de la cámara empleada y la distancia de los más alejados entre los puntos que desde aquella base han de determinarse.

Al estudiar la exactitud del método estereoscópico, veremos más adelante que, para una distancia focal de 0,20 metros y una escala de 1 : 25000, valores ambos muy corrientes, suponiendo que en la medida de las paralajes se comete un error de 0,00001 metro, que es la apreciación del estereocomparador que las mide, y que en la situación de los puntos en el plano admitimos un error de 5 metros, representando aquella escala por 0,0002 metros, las bases habrán de medir 250 metros para puntos que disten hasta 5 kilómetros, 350 metros hasta 6 kilómetros, 490 metros hasta 7 kilómetros, 640 metros hasta 8 kilómetros, etc.

Si admitimos errores dobles del anterior, y conservamos constantes los demás datos, las bases podrán ser, para las mismas distancias, mitad de las anteriores.

Al aumentar la escala ha de crecer con ella la base, ó conservándose ésta fija disminuir la distancia máxima á que los puntos pueden determinarse con la exactitud deseada. Pudiera obtenerse el mismo resultado empleando una cámara de mayor distancia focal.

Los datos que acabamos de consignar permiten formarse una idea de la magnitud que á las bases estereoscópicas puede darse en algunos casos de los que más frecuentemente se presentan en la práctica. Para poder elegir aquella en un caso particular pueden consultarse los ábacos que insertamos al fin de este trabajo, cuyo cálculo explicaremos al hacer el estudio de los errores que en el método estereoscópico pueden cometerse y cuyo empleo es sumamente sencillo.

Aproximadamente, y como regla general, puede suponerse que esta base oscila entre $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{30}$ de la distancia de los puntos más lejanos.

El Capitán von Orel, fundado en su larga experiencia, recomienda, además, que no se determinen gráficamente puntos cuya distancia á la base sea, á la escala del plano, mayor del triple de la distancia focal de la cámara en su verdadera magnitud. Es decir, que si esta distancia es de 0,20 metros, podrán determinarse los puntos situados á 3 kilómetros en la escala de 1 : 5000; 6 kilómetros en la de 1 : 10000; 15 kilómetros en la de 1 : 25000, etcétera.

Para conocer la distancia á que de la base se encuentran los más alejados entre los puntos que en el plano han de figurar, y deducir luego de este dato la longitud de la base, lo mismo que para efectuar una primera medida aproximada de ésta, pueden usarse con ventaja los telémetros estereoscópicos que construye, de poco tiempo á esta parte, la casa Zeiss.

Material de campo y modo de transportarlo.—Aunque en cada caso concreto podrá el operador disponer el transporte de los aparatos como juzgue conveniente, creemos útil dar una idea del modo cómo hemos visto efectuarlo en el Instituto Geográfico Militar Austriaco, después de la experiencia de dos ó tres campañas.

El peso total de los instrumentos, que era de unos 100 kilos, se repartía en partes, próximamente iguales, entre cinco hombres que iban provistos de bastones de montaña para las ascensiones difíciles que en los Alpes habían de realizar. Este material comprendía una caja con la cámara, otra con un taquímetro, dos tripodes, dos cajas con las plataformas de éstas, otra con dos señales para hacer la puntería, tres con cuatro chasis dobles cada una, y otra con seis cajas de placas, fabricadas éstas especialmente para la fotogrametría por la casa Sigurd, de Dresde.

Cada hombre llevaba su carga en una especie de atril de alambre grueso, que cuelga de los hombros y apoya en la cintura, teniendo en la parte que en aquéllos y en ésta descansa un almohadillado. Con esta disposición puede el aire circular entre la espalda de los peones y las cajas, siendo mucho más cómodo y fácil el transporte de éstas, y no aumentando apenas el peso total que ha de transportarse.

Modo de operar en el campo.—Elegidos ya los extremos de la base estereoscópica, en los cuales ha de hacerse estación, se coloca en cada uno de ellos uno de los tripodes, cargando de piedras, si es preciso, para aumentar su estabilidad, las bolsas de cuero que de sus pies pueden suspenderse. Esta precaución es muy conveniente en estaciones azotadas por viento fuerte.

En uno de los tripodes se coloca la cámara, que se nivela cuidadosamente, y en otro, y cuidando de que quede normal á la base, la señal que en lugar oportuno describimos. Colocado el antejo del aparato paralelo á la placa, si no lo está invariablemente, se dirige á la señal, y en esta posición puede obtenerse la fotografía normal. Con la disposición especial de cada aparato, explicada más arriba, se hace girar á la placa 30° á uno y otro lado, y se obtienen las dos fotografías oblicuas, si son precisas para alcanzar alguna zona interesante, que en la placa normal no figurara.

Colocando luego la cámara en el lugar de la señal, y ésta en el de aquella, y efectuando las operaciones que acabamos de indicar, se obtienen las fotografías correspondientes al otro extremo de la base.

Con las operaciones anteriores puede, en general, darse por terminado el trabajo de campo, salvo el caso de tratarse de una zona reducida, en el que, como antes dijimos, no teniendo puntos de referencia en que apoyar el plano, es preciso medir directamente la base por el método de que cada aparato fotográfico disponga, es decir, por el tornillo micrométrico en los dos fototeodolitos de Zeiss; por la escala milimétrica del segundo de ellos, empleando entonces mira vertical por el ángulo estadimétrico, en el aparato de Más, y por el limbo graduado y el nonius correspondiente en el fotogrametro dirigido por el que escribe estas líneas.

Aunque no es preciso, como más adelante veremos al exponer los trabajos de gabinete, las brigadas del Instituto Geográfico Militar Austriaco suelen tomar desde la estación de la izquierda (mirando al terreno fotografiado), que se toma como directora, con los órganos adecuados de fototeodolito, ó con el teodolito independiente que los suple, los rumbos y ángulos de altura de tres ó cuatro de los vértices de la triangulación que desde aquel punto se divisan.

Para terminar con todo lo referente á las operaciones de campo que en el método estereoscópico han de realizarse, haremos

algunas observaciones de detalle, que no dejan de tener importancia en la práctica.

Antes de sacar las fotografías hay que colocar el objetivo en la posición debida, entre las varias que puede recorrer, para que en la placa se abarque la región que sea más conveniente; para ello, se coloca un vidrio esmerilado en lugar del chasis, y en él se observa el paisaje.

Las placas que en fotogrametría se emplean han de ser perfectamente planas, y tener emulsión de grano muy fino, como las que fabrica, exclusivamente para este uso, la casa Sigurd, de Dresde. La falta de cualquiera de estas dos condiciones podría producir errores inaceptables en las mediciones que sobre las placas efectúa el estereocomparador.

Para obtener detalle y limpieza en los tonos verdes que en los paisajes predominan, y en los últimos términos utilizables, que llegan á veces á distar 12 ó 15 kilómetros de la cámara, va ésta provista de un vidrio amarillo perfectamente plano y de diafragmas bastante pequeños. Como estos dos elementos (cristal amarillo y diafragma) son siempre los mismos, y otro tanto sucede con la clase de placas, el operador se acostumbrará pronto á dar á éstas, en cada caso, la exposición conveniente, auxiliándose, si es preciso, con un fotómetro de cualquiera de los tipos que en el comercio se expenden.

Antes de introducir en la cámara cada uno de los chasis, es preciso inscribir en el borde del marco de aquélla ciertas indicaciones útiles, que han de aparecer impresas en la gelatina. Son éstas, en general, la fecha, extremo de la base desde la cual se obtiene la fotografía, posición de ésta (normal, izquierda ó derecha), y algunos otros que cada operador varía, según su criterio personal, y todos los cuales corresponden á los de un registro especial, que al efecto se lleva, y sirve para consignar todas las observaciones que á cada placa se refieren.

Sólo diremos ya, para no alargar demasiado estas líneas, que es indispensable en todas las operaciones descritas el mayor esmero, como es preciso disponer de aparatos y placas de inmejorable calidad; muy especialmente hay que procurar que las placas se hallen en la debida situación al ser impresionadas, y para conseguir este resultado es preciso, después de colocado el objetivo en la conveniente posición de su carrera, y abierta la tapa del chasis, comprobar con esmero la nivelación del aparato y la puntería de la alidada.

En éste, más aún que en otros métodos topográficos, el buen resultado del trabajo depende, en gran parte, de la precisión con que se lleven á cabo todas sus operaciones.

Para saber en cada instante la parte de terreno que va fotografiada, evitar repeticiones y conocer las lagunas que en el trabajo van quedando, es muy conveniente marcar el área dominada por cada base en un plano del conjunto ó en un esquema de la triangulación previa. Estas lagunas habrán de completarse con bases destacadas, ó si esto no es fácil, por los procedimientos no fotográficos.

II

Trabajos de gabinete.

Cálculo de la triangulación previa y de las bases estereoscópicas y su fijación en el plano.—Respecto del cálculo y dibujo de la triangulación previa poco hemos de decir, toda vez que se efectúa por los procedimientos ordinarios de la trigonometría, sin que en éstos influya para nada el destino ulterior que á esta triangulación haya de darse. Y lo mismo sucede con los polígonos é itinerarios abiertos que á la triangulación sustituyen cuando la zona que hay que levantar así lo exige. Calculada y dibujada la red

de estos puntos, hay que proceder á la fijación de las estaciones directoras de las bases, es decir, de aquellas desde las cuales se han dirigido visuales á puntos de la triangulación.

Esta fijación puede efectuarse por el método gráfico de trazar en un papel transparente las visuales citadas y fijar el punto de que ellas parten cuando cada una de aquéllas pase por la proyección del punto correspondiente de la triangulación. Medidas entonces las distancias de la estación á cada uno de los vértices observados desde ella, y calculados varios valores de la cota de la misma deducidas de las de éstos, podremos tomar como valor de la cota buscada el promedio entre todos los que para ella hemos hallado. Este modo de fijar planimétrica y altimétricamente las estaciones directoras es el más rápido, pero sólo puede emplearse en planos dibujados á pequeñas escalas, de 10.000 en adelante, en que los vértices de la triangulación no se hallan muy separados unos de otros.

Pero si la escala es grande (de 1/1.000 por ejemplo), el método gráfico explicado resultaría poco inexacto, y habrá que acudir al analítico de Pothénot ú otro equivalente, para calcular los valores de las coordenadas planimétricas de cada estación directora. Su altura se calcula como en el párrafo anterior hemos explicado.

Aunque la fijación (analítica ó gráfica) de cada estación exige sólo la observación de tres vértices, los resultados que de ésta se obtengan pueden comprobarse ó corregirse—y así conviene hacerlo—con los datos deducidos de otro ú otros vértices, si desde la estación se divisan.

Al ocuparnos del empleo del estereoautógrafo, veremos que este aparato puede evitarnos los cálculos y construcciones anteriores y la toma de los datos para ellos necesarios. También puede, usándose este aparato, prescindirse de dibujar en el plano la dirección de las bases estereoscópicas, que en otro caso habrá de efectuarse deduciéndolo de los ángulos de orientación de éstas y de las visuales que desde ellas se dirigieron.

Restáanos tan sólo, para poder comenzar la determinación de los puntos del plano, el cálculo de la longitud de la base estereoscópica, cuando ésta no ha sido medida directamente.

Esta longitud se deduce de la aplicación de la fórmula conocida

$$b = D \frac{\pi}{f}$$

á dos ó más de los vértices de la triangulación. Por el cálculo de las coordenadas de la estación directora, ó por medida directa, si nos basta una aproximación menor y hemos aplicado el método gráfico, conocemos la distancia D á que de la estación directora se halla el plano de frente que contiene cada vértice: la paralaje de éste puede medirse en el estereocomparador, y la distancia focal de la cámara es conocida. Aplicada la citada fórmula á varios vértices, nos dará otros tantos valores de la base b , y la media de todos ellos será la que nos sirva para los cálculos posteriores.

Nótese que, tomando la distancia D reducida al horizonte, se obtiene la base b con la misma reducción, es decir, como ha de entrar en el cálculo de las coordenadas de los puntos del plano.

Más adelante veremos que la exactitud con que las bases estereoscópicas pueden medirse por el método indirecto que acabamos de explicar, es igual ó superior al que por la medida directa pudiera obtenerse.

(Continuará.)

