

CAPITULO 4º

TRAZADO PRELIMINAR

Hecho el reconocimiento de la zona y elegida una vía, se procede a hacer lo que se llama "**Trazado preliminar**" lo que tiene por objeto: 1º obtener los datos necesarios para dibujar una línea quebrada que ha de acercarse lo más posible a la línea definitiva, y que por lo tanto debe ser trazada con una pendiente que se aproxime a la que ha de quedar como dominante; 2º adquirir los datos que se necesiten para dibujar el perfil de la línea, y 3º hacer los apuntes suficientes para poder proyectar mejor la vía. Además deben obtenerse los datos necesarios para calcular, aproximadamente, la cantidad de trabajo que se requiere, el costo de movimiento de tierras, alcantarillas, puentes, viaductos, etc.

Personal de que se compone la comisión de Trazado:

1º.—Un ingeniero de trazo o jefe de la comisión.

2º.—Un ingeniero de tránsito (primer ayudante) con sus respectivos ayudantes, así: dos cadeneros, un estaquero, uno que dé vista atrás y varios peones rozadores, según el terreno.

3º.—Un ingeniero de nivel con sus ayudantes: un portamira y un encargado de conducir el nivel.

4º.—Un ingeniero topógrafo con un portamira y varios peones.

5º.—Un ingeniero dibujante.

6º.—Dos cocineros, dos gariteros y un encargado de las mulas.

Deberes del personal:

El jefe de la comisión debe ser un ingeniero de muy buen criterio que haya ocupado todos los puestos de la comisión, desde dibujante hasta ingeniero de tránsito, y que además tenga dón de mando para manejar el personal y saber atenderlo como es debido.

Sus deberes principales son:

1º.—Dirigir todo el trabajo y responder por él;

2º.—Proyectar la línea;

3º.—Hacer los presupuestos y el informe y cumplir en general todas las órdenes de la dirección de la empresa donde trabaja;

4º.—Hacer el libro diario del trabajo.

El ingeniero de tránsito es el segundo de la comisión y debe reunir las mismas condiciones del jefe y llevar todo lo relacionado con el tránsito, haciendo el trabajo de la manera que se dirá más adelante. Debe llevar las carteras de tránsito y coordenadas.

El nivelador tiene como misión llevar su trabajo en la forma que se indicará adelante, y hacer el perfil.

El topógrafo es uno de los puestos más delicados de la comisión; para ser buen topógrafo se necesita muy buena fé y muy buen criterio. Este deberá ser uno de los puestos mejor remunerados porque es de trabajo pesado y para hacerlo bien

se necesitan condiciones especiales que no siempre son comunes. Es mal hecho dejar que los cadeneros tomen la topografía.

El dibujante debe ser muy cuidadoso y conocer bien la técnica del dibujo para evitar errores perjudiciales.

En el personal debe haber perfecta armonía y lealtad mutua para hacer llevadera la vida, siempre incómoda y dura, de un trabajo de esta clase. Es muy importante que los ingenieros no oculten los errores por miedo al superior, pues en la lealtad entra el darlos a conocer para corregirlos a tiempo.

Los deberes de los cadeneros quedan marcados en la forma de llevar el trabajo, como se explicará más adelante.

El primer cadenero es el capitán de la cuadrilla, y debe, no sólo saber la técnica de la medida, sino también saber mandar el personal y escogerlo. Es mala costumbre dar a manejar los aparatos a los cadeneros por más hábiles que ellos sean; esto es ocupación única del cuerpo técnico.

EQUIPO

Equipo de campo

2 taquímetros; 2 niveles Y; 2 lienzas metálicas de 20 metros; 12 cintas de trapo de 20 metros; 12 jalones; 6 miras de enchufe de 5 metros; 6 niveles de mano; 3 niveles Abney; 1 barómetro; una brújula de bolsillo; 3 juegos de 11 piquetes cada uno; 2 escuadras de madera para trazar normales en el campo; 2 hachas; 24 machetes; tizas para marcar estacas; 6 plomadas; tachuelas, carte-

ras de tránsito, nivel, topografía y coordenadas; 2 martillos para clavar estacas.

Equipo de dibujo

Una caja de compases; 3 escalas; 6 escuadras de varios tamaños; una regla metálica de 1 metro; 2 transportadores; tinta roja, siena, azul, amarilla y verde; tinta de escribir; block de papel fino para escribir; block de papel ordinario para operaciones; libro para cuentas; papel blanco para dibujo; papel cuadriculado; papel transparente; tarros de hojalata para cargar planos; lápices de H a 6H; una caja de chinches; una tabla grande para dibujo; una máquina portátil para escribir; hilo negro y blanco; plumas de dibujo y para escribir; una caja con curvas de xilonita para proyectar; sobres grandes y de carta; encabadores; cañamo.

Equipo de campamento

5 toldas con sobretoldo, de 4,5×5m.; 12 taburetes plegadizos; 2 mesas plegadizas; 6 catres plegadizos; 6 lámparas de petróleo; 6 candeleros; 24 cucharas para sopa; 12 dulceras; 12 tenedores; 12 cuchillos; 24 platos hondos de peltre; 24 pandos; 12 dulceros; 12 vasos de aluminio; una barra; un azadón; una pala; un reloj despertador; una caja de herramientas de carpintería con serrucho, tenazas, martillo, destornillador, etc.; una caja con drogas usuales; 8 mulas; 6 cantimploras para agua; 2 portacomidas grandes; 3 tazas y seis jarras para baño; toldillos donde se necesiten; enjalmas y aparejos para las bestias, inclusive lo necesario para herrarlas; 12 pocillos; un filtro.

Equipo de cocina

Un juego de ollas; un juego de bandejas locadas; sartenes, totumas, cacerolas, molino para moler maíz; un abridor de latas; un tirabuzón; cuchillos para cocina; cucharas para la cocina; una cafetera, una azucarera y una lechera; escobas para barrer; telas para secadores; olletas; saleros; soperas y los demás útiles que indique el cocinero.

Equipo personal

Los ingenieros, además de su ropa, deben llevar: montura, ropa de cama y las carteras y tablas de logaritmos, etc., que necesite en los trabajos.

El equipo, tanto personal como de campamento, debe ser fácil de empacar en bultos que puedan mover mulas, pues de otra manera se dificulta el transporte de un campamento a otro, lo que generalmente se hace por malos caminos o por trochas; por lo tanto, deben suprimirse baúles y camas grandes.

TRABAJO DE CAMPO

El método generalmente usado, es el siguiente:

Se traza la poligonal por deflexiones, midiendo los ángulos a la derecha y a la izquierda y sacando el rumbo calculado.

El rumbo calculado se deduce de la manera siguiente: si el rumbo calculado de la línea anterior es N. E., los ángulos a la derecha se suman y los a la izquierda se restan; si es S. E., los a la izquierda

se suman y los a la derecha se restan; si es N. W., los a la derecha se restan y los a la izquierda se suman.

Si el rumbo calculado difiere del rumbo magnético, indica esto que la lectura de la deflección o la del rumbo estuvo mal hecha y por lo tanto hay que hacerla de nuevo, hasta lograr que el rumbo calculado sea, próximamente, igual al rumbo magnético leído en la brújula que tiene el plato del aparato. Se dice que próximamente igual, porque debido a las atracciones locales y a otras causas, el rumbo magnético puede diferir del rumbo calculado.

Una vez leídos la deflección y el rumbo magnético, y calculado el rumbo, uno de los cadeneros toma un jalón y sobre él la altura del instrumento, la cual conviene apuntarla en la cartera de notas, se mueve al punto siguiente, que ha sido escogido de antemano por el ingeniero jefe, coloca sobre la estaca el jalón, y el encargado del tránsito mira a ese punto poniendo el hilo medio a señalar la altura del instrumento; luégo se lee el ángulo vertical; la tangente natural de este ángulo, multiplicada por la distancia, que la miden los cadeneros, da la diferencia de elevación entre los dos puntos, la cual, sumada o restada, según que se suba o se baje, a la cota negra del punto en donde está el aparato, da la cota negra del punto siguiente.

Para calcular la cota roja de este punto basta sumar o restar, según que se suba o se baje, a la cota roja del punto en que está el aparato, el producto de la distancia entre los dos puntos por la pendiente en % conque se trace la poligonal.

En resumen, en cada punto donde se centra el aparato hay que tomar los siguientes datos: a)

deflección; b) rumbo magnético; c) calcular el rumbo; d) calcular la cota negra y la cota roja del punto siguiente. Las notas se llevan en una cartera de tránsito cuyo rayado veremos más adelante.

La escogencia de los puntos de tránsito le corresponde al Ingeniero jefe, en lo cual hay que tener en cuenta multitud de circunstancias imposibles de anotar. Sólo con la práctica se adquiere habilidad para escoger estos puntos.

En algunos casos se escogen los puntos de tránsito de modo que no haya ni corte ni terraplén en esos puntos. Para esto basta poner el círculo vertical señalando un ángulo cuya tangente sea igual a la pendiente requerida; esta equivalencia se encuentra en unas tablas de tangentes naturales; luego, un cadenero que ha marcado de antemano la altura del instrumento en un jalón, se mueve hasta que el hilo medio coincida con la señal marcada en el jalón, y donde esto suceda se clava una estaca.

Ejemplo: se quiere trazar del punto A una línea con el 2,7% bajando. De las tablas de tangentes naturales se saca que $1^{\circ}-33'$ es el ángulo cuya tangente es 0,027. Luego para escoger el punto siguiente hay que poner el círculo vertical leyendo $1^{\circ}-33'$ y lo demás como se indicó atrás.

MEDIDA DE LA LINEA

La medida de la línea se hace con una cinta de acero, marcando las estaciones cada diez metros. Si el punto de tránsito donde va a empezarse la medida no queda en estación completa, se mide la fracción necesaria para completarla y allí se clava una estaca, y de allí se continúa clavando

estacas cada diez metros; a estas estacas no hay necesidad de ponerles tachuelas, sólo se les pone a los puntos de tránsito.

Ayudantes: un cadenero de adelante, un cadenero de atrás y un clavador de estacas.

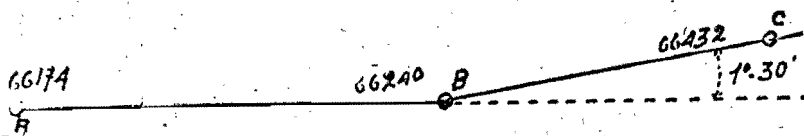
El cadenero de atrás toma la cinta por cero y la sujeta sobre la estaca de donde va a empezarse la medida; el de adelante lleva en una mano la otra extremidad de la cinta y en la otra mano un jalón; éste último señala en la cinta la medida necesaria para poner una estación completa, y manteniendo horizontal la cinta y vertical el jalón en ese punto, pone en línea el jalón moviéndolo hacia la derecha o hacia la izquierda, según las indicaciones del encargado del aparato; cuando lo haya puesto en línea deja caer el jalón y el estaquero clava una estaca en ese punto. Esta estaca debe tener una cara donde se marca el número de la estación. Una vez clavada la estaca, se mide de nuevo la línea con la ayuda de la plomada, marcando la medida con un punto encima de la estaca. Luégo el cadenero de atrás se pasa a este punto y sujeta la cinta sobre la estaca y en el punto que se marcó se continúa de la misma manera la medida.

Cuando el terreno es muy quebrado hay que hacer la medida de una estación por partes. Para evitar errores por suma de fracciones, se hace lo siguiente: el cadenero de adelante toma la cinta en 3,45, por ejemplo, hace la medida, clava un jalón y lo deja allí; luego el cadenero de atrás entrega su jalón al de adelante y toma la cinta en 3,45; el de adelante toma otro punto cualquiera de la cinta, supongamos 7 metros, mide esos siete metros, clava un jalón, y el cadenero de atrás se pasa a ese punto, coge la cinta en 7 metros, que le entrega el cadenero de adelante, y éste toma otro punto cual-

quiera; así, hasta que la longitud de la cinta haya quedado atrás, y cuando se haya completado la estación se clava una estaca.

Trazado de la poligonal

Vamos a explicar el método seguido para trazar la poligonal que representa la fig. 5. Se centró el aparato en la estación 66240 punto B, (véase fig. 5), que representa una parte de la poligonal, se puso el vernier horizontal leyendo cero y con el anteojo transitado se tomó línea en A, se fijó el movimiento inferior, se transitó y se aflojó el movimiento superior, se tomó línea en el punto C, se fijó el movimiento superior y se hizo la lectura de la deflección, $1^{\circ}-30'$ izquierda, y del rumbo magnético, S. $29^{\circ}-00'E$. Una vez hecha la lectura de los ángulos se calcula el rumbo. Como el rumbo calculado de la línea **AB** es S. $27^{\circ}-06'E$. y la deflección es a la izquierda, se suman. Luego el rumbo calculado de la línea **BC** es S. $28^{\circ}-36'E$. que, como se ve, es próximamente igual al rumbo magnético. Esto comprueba que las lecturas estuvieron bien hechas lo mismo que los cálculos.



(Fig. 5)

Luego se puso el hilo medio señalando la altura del aparato que se había marcado sobre un jalón que uno de los cadeneros colocó en el punto C, y se hizo la lectura del ángulo vertical, $0^{\circ}-18'$, y de las tablas se sacó el valor de la tangente natural de $0^{\circ}-18'$ (0,00524) se multiplicó por 192, que es la distancia entre B y C, y de esta manera se obtuvo la diferencia de elevación entre B y C ($0,00524 \times 192 = 1,01$ metros, diferencia de elevación entre B y C). Como la cota negra del punto B es 1271,15 la cota negra del punto C, será $1271,15 + 1,01 = 1272,16 =$ cota negra del punto C. La cota roja del punto C se halló restando a la cota roja del punto B (1272,18) el producto de $192 \times 0,027$, siendo 192 la distancia BC y 2,7% la pendiente; luego $1272,18 - 192 \times 0,027 = 1267$, cota roja del punto C. Conociendo la cota roja y la cota negra se puede hallar el corte o terraplén en cada punto. Así, en la estación 66432, punto C, hay un corte de $1272,16 - 1267 = 5,16$ metros.

Una vez tomados estos datos se pasó el aparato a la estación 66432; punto C, y se repitió el procedimiento anterior, y así hasta terminar.

Las notas se llevan siempre de abajo para arriba, haciendo el chequeo al final de cada página.

CHEQUEO DE LA CARTERA

Distancias

Las distancias se chequean con las estaciones; se suman las distancias y esta suma debe ser igual a la diferencia entre la primera estación de la página y la última.

(Véase modelo cartera páginas siguientes).

Notas de la Preliminar de la Estación 66174 en adelante
 Pagina de la izquierda

Estación	Distancia	Deflec.	Rumbo M.	Rumbo C.
			N. 63-00 E.	N. 63-24 E.
66740		33 I.		
	25		S. 84-00 E.	S. 83-36 E.
66715		18 D.		
	23		N. 78-45 E.	N. 78-24 E.
66692		75 I.		
	117		S. 27-00 E.	S. 26-36 E.
66575		22 I.		
	143		S. 5-00 E.	S. 4-36 E.
66432		24 D.		
	192		S. 29-00 E.	S. 28-36 E.
66240		1-30 I.		
	66		S. 27-35 E.	S. 27-06 E.
66174				
<u>566</u>	<u>566</u>	131-30 I. 42-00 D.	Chequeo de la pág.	
		<u>89-30 I.</u>		

Continuación

Página de la derecha

Cota N.	Cota R.	Pendiente	Observaciones A, I, y Croquis
1262,88	1258,69		1,40
1264,57	1259,36		1,40
1263,00	1259,98		1,35
1272,62	1263,14		1,40
1272,16	1267,00		Estación 366 Cañada con agua 1,45
1271,15	1272,18		Estación 317 Acequia Estación 266 agua 1,38
1286,06	1273,96		1,40

NOTA.—En la página siguiente de la cartera se repite la estación 66740 última de la página del modelo anterior.

Deflecciones

Las deflecciones se chequean con los rumbos. Se suman las deflecciones a la izquierda y a la derecha separadamente, se hace la diferencia y con este resultado y el primer rumbo de la página se deduce el último, esto es, el de la última línea, de la manera indicada atrás. Así, en las notas de la primera página de la cartera se ve que la diferencia entre la suma de los ángulos a la izquierda y los de la derecha es igual a: $131-30' - 42 = 89-30'$; por otra parte, el rumbo de la primera línea es S.27-06E. Luego el rumbo de la última línea será igual a la suma, es decir: $89-30' + 27-06' = 116-36'$; como es mayor de 90 cambia de cuadrante, es decir, pasa a ser N. E. y por lo tanto hay que restarlo de 180. Luego el rumbo de la última línea será: $180 - 116-36' = N.63-24E.$ que es igual al que está anotado en la cartera, luego las deflecciones chequean.

Cotas rojas

Como siempre se baja o se sube con una pendiente dada, para chequear la cota del último punto se multiplica la suma de las distancias por la pendiente dada en % y el producto sumado o restado a la primera cota se obtiene la última. Así, en este caso en que bajamos con 2,7%, tendremos para la primera página $566 \times 0,027 = 15,28$ que sumado a la primera cota de la página debe dar la última, es decir, $1258,69 + 15,28 = 1273,97$, cota roja de la última estación de la página.

Para pasar de una página a otra se procede como muestra el modelo, repitiendo el número de la última estación.

Nivelación

El ingeniero de nivel sigue tan de cerca como sea posible al ingeniero de tránsito, nivelando las estacas y los puntos de tránsito.

La nivelación parte siempre de un punto de cota conocida llamado **B. M.**

Ejecución

Se coloca el aparato en un punto conveniente desde el cual se vea la mira puesta sobre el **B. M.** y también el mayor número de estacas de la preliminar; se hace la lectura en la mira puesta sobre el **B. M.**; esta lectura será positiva, sumada a la cota del **B. M.** se obtiene la altura del instrumento.

Una vez hecha la lectura en el **B. M.**, el portamira coloca ésta al pie de cada una de las estacas de la preliminar y debe gritar el número de la estación para que el ingeniero tome nota. La lectura tomada en cada una de las estacas es negativa y restada de la altura del instrumento se obtiene la cota de cada uno de esos puntos.

Cuando la inclinación del terreno no permita leer en la mira, el ingeniero grita **cambio**; entonces el portamira clava una estaca pequeña de 0,30m. y de cabeza cónica donde se le indique; coloca la mira encima y el ingeniero hace la lectura; esta lectura será negativa, y restada de la altura del instrumento se obtiene la cota de ese punto. Este punto se llama **Punto de Cambio** (T. P.). Los puntos de cambio deben referenciarse con relación a la preliminar (véase la cartera de nivel más adelante).

Luégo se pasa el aparato a un punto conve-

niente, desde el cual se vea la mira puesta sobre el T. P. y el mayor número de estacas por nivelar, se hace la lectura que será positiva, y sumada a la cota del T. P., se obtiene la altura del instrumento. Con esta nueva altura del instrumento se continúa la nivelación de la misma manera.

Los T. P. deben ponerse, en cuanto sea posible, repartiendo la distancia entre uno y otro, es decir, que el nivel no quede muy cerca del uno y muy lejos del otro, pues un pequeño desajuste en un aparato puede dar un error grande, lo que no ocurriría en el caso de poner próximamente equidistantes los T. P. o cambios, pues los errores de toda clase tratarían de compensarse.

De trecho en trecho, entre 200 y 500 metros, hay necesidad de marcar puntos de cota conocida, B. M., que servirán más tarde para cerrar otras nivelaciones.

Generalmente se escoge para B. M. una raíz de un árbol, en la cual se labra un punto saliente (generalmente en forma cónica) sobre el cual se clava una puntilla. Sobre la puntilla se coloca la mira y se hace la lectura con tres decimales; dicha lectura restada de la cota del instrumento dá la cota del B. M. que se apunta en una cara labrada del tronco del árbol.

Al suspender la nivelación del día hay necesidad de poner un B. M. que servirá de punto de partida para continuar la nivelación al día siguiente.

El ingeniero tiene que contranivelar al día siguiente lo hecho el día anterior. Esta contranivelación se hace partiendo del B. M. final hacia el que sirvió de punto de partida, contranivelando los puntos de cambio; la cota con que se llegue a este B. M. debe ser igual a la que tiene marcada. En los fe-

rocarriles se admite en la contranivelación una diferencia, dada por la fórmula:

$$d=0,0025 \sqrt{k}$$

siendo d en metros y k en kilómetros.

Así para una nivelación de dos kilómetros se admite un error máximo de:

$$d=0,0525 \sqrt{2} = 0,035 \text{ m.},$$

es decir, 3,5 centímetros.

Las notas se llevan siempre de arriba para abajo, haciendo el chequeo al final de cada página. Los datos de contranivelación se llevan al final de la cartera.

NOTA.—El chequeo debe hacerse en el campo al terminar cada hoja y las cotas de las estaciones deben sacarse inmediatamente después de que se hace la lectura o mientras cambian de posición el aparato.

(Véase en la página siguiente el modelo de cartera de nivel).

Para poder chequear las operaciones al final de cada página hay necesidad de separar las lecturas hechas en las estacas de la preliminar de las lecturas tomadas en los T. P. Las lecturas tomadas en las estacas de la preliminar se anotan en la columna de las visuales intermedias, y las lecturas tomadas en los T. P., se anotan en la columna de las visuales negativas.

MODELO DE CARTERA DE NIVEL

Est.	V+	A. I.	V-	V.int.	Cotas	Observaciones
B. M.	0,134	1286,622			1286,488	B. M. en un árbol de "Laurel" a la derecha de la línea frente a la estación 66176.
66180				2,55	1284,07	
T. P.	0,224	1282,622	4,224		1282,398	A 2,50 izquierda de la esta. 180.
66190				1,41	81,21	
200				3,59	79,03	
210				4,58	78,04	
T. P.	0,217	1278,049	4,790		77,832	A 3,00 derecha de la estación 210.
220				1,85	76,19	
230				4,56	73,48	
T. P.	0,063	1273,212	4,900		73,149	En el eje estación 235.
240				2,06	71,15	
B. M.	0,523	1270,995	2,740		70,472	B. M. en un carbonero en la línea entre los es- taciones 230 y 240.
250				2,28	68,71	
260				2,63	67,36	
270				5,63	1265,76	
280			3,950		1267,045	
	1,161		20,604		1286,488	
			1,161			
			19,443		19,443	

Chequeo de la cartera de nivel

Se suman las visuales positivas y las negativas, poniendo como negativa la última visual intermedia de la página; se hace la diferencia, y esta diferencia, sumada o restada, según el caso, a la primera cota de la página se obtiene la última cota de la página, si las operaciones están bien hechas.

En la primera hoja de la cartera de notas, puede verse:

Suma de las visuales negativas= 20,604

Suma de las visuales positivas= 1,161

Diferencia 19,443

Esta diferencia restada a 1286,488, que es la cota primera de la página, se obtiene 1267,04, así: $1286,488 - 19,443 = 1267,04$ última cota de la página.

Al pasar de una página a otra se repite la última estación, poniendo como vista más la última lectura de la página, como se ve en las notas.

N. B.—Cuando se va nivelando por una cañada, para suprimir los errores que resultarían de la bajada y vuelta a subir, se hace subir el portamira al otro lado de la cañada y se pone allá un punto de cambio; luego se hace la nivelación de la cañada con un nivel de mano, cerrando la nivelación en el punto de cambio que se puso al otro lado. Una vez terminada la nivelación de la cañada, se continúa la nivelación general, con el nivel Y, partiendo del punto de cambio. Así los errores de la nivelación en la cañada no afectan la nivelación general, sino que quedan en ese corto trayecto.

Topografía

El procedimiento general usado para levantar la topografía del terreno, es el llamado de las **SECCIONES TRANSVERSALES**. Este procedimiento que es el más rápido, da una representación muy aproximada de todas las variaciones del terreno con detalles que por otros métodos se escapan y ocasionan con frecuencia dificultades en el dibujo.

Se da el nombre de **sección transversal** a una nivelación que se hace normalmente a la línea principal o poligonal del trazado, que tiene por objeto tomar los detalles topográficos del terreno que ésta atraviesa.

Las normales se trazan de 10 en 10 metros con una escuadra de madera (Tamanuá). Este procedimiento es el más empleado por ser el más sencillo y por lo tanto el más rápido. En algunos casos un cadenero hábil va adelante del topógrafo poniendo las normales y haciendo la rocería de la faja.

Si en el terreno hay detalles importantes que no quedan comprendidos en estas secciones de 10 en 10 metros, se toma una sección adicional para obtener esos detalles.

La comisión la componen: un ingeniero topógrafo, un portamira, dos cadeneros y dos o tres peones rozadores.

Instrumentos: un nivel de mano, una mira (5 mts.) y una cinta de trapo.

Las secciones transversales se toman con nivel de mano a cota completa de dos en dos metros verticales, de la manera siguiente:

Método que se sigue para tomar la topografía

Sección transversal de la estación 66170.

Ejecución.—Lo primero que se hace es poner la normal, si no está puesta, a la línea preliminar en la estación 66170. Una vez determinada esa normal, se fija en esa dirección un punto lejano para alinear al portamira.

De la cartera de nivel se saca que la cota de la estación 66170 es de 1286,68. Vamos a tomar las curvas que estén más altas que la estación, es decir, las curvas de cota 1288-1290-1292, etc.

El topógrafo se coloca con el nivel de mano en un punto tal que pueda leer en la mira, colocada al pie de la estación, el mayor número posible de metros. Entonces para buscar la cota 1288 hay que subir verticalmente $1288 - 1286,68 = 1,32$ m. que restados a los que se lean en la mira puesta en la estación, da lo que se debe leer en la mira para encontrar la curva de cota 1288. Así, si puesta la mira en la estación 66170, se lee 4,60, entonces en el punto de cota 1288 se debe leer $4,60 - 1,32 = 3,28$ metros.

Para leer 3,28 en la mira, basta que el portamira suba en la dirección normal hasta que la visual intercepte esta cantidad en la mira. La posición de este punto queda determinada midiendo la distancia a la estación. En este caso esa distancia es de 7,60 metros. El resultado se apunta en una cartera especial para topografía, de la manera siguiente:

$$\frac{1,288}{7,60}$$

Estos puntos no se marcan en el terreno porque no tiene ningún objeto.

Para encontrar el punto de cota 1290 basta hacer subir al portamira a lo largo de la normal hasta que se lea en la mira 1,28 metros.

Una vez hallado este punto se mide la distancia a la estación. En este caso esta distancia es de 16,50 metros, de tal modo que en la cartera se apunta así: $\frac{1290}{16,50}$

Para tomar otro punto, como ya no se puede leer más en la mira, se deja ésta en el punto de cota 1290, es decir, en el último punto; luego cambia de lugar el topógrafo, eligiendo otro punto de donde pueda leer el mayor número de metros en la mira; de este punto continúa tomando puntos sobre las normales, cuyas lecturas en la mira vayan disminuyendo de 2 en 2 metros, que es el espacio entre las curvas. Debe tomarse siempre la distancia de estos puntos a la estación. De esta manera se puede hacer la sección tan ancha como se quiera.

Curvas que están más bajas que la estación

El topógrafo se coloca en un punto, de tal modo que pueda leer cero en la mira colocada al pie de la estación. Como ya vimos, la cota de la estación es 1286,68, luego las curvas que tratamos de buscar son la 1286-1284-1282, etc.

Para encontrar la curva correspondiente a la cota 1286 basta que el portamira descienda a lo largo de la normal hasta que la visual intercepte en la mira $1286,68 - 1286 = 0,68$ metros.

La posición de este punto queda determinada midiendo la distancia de la estación al punto. En este caso que consideramos, esta distancia es de 2,70 y el resultado se apunta así: $\frac{1286}{2,70}$

Para encontrar el punto de cota 1284, basta hacer bajar al portamira a lo largo de la normal hasta que la visual intercepte en la mira 2,67 metros. Para fijar la posición de este punto, basta medir la distancia a la estación.

Para tomar el punto de cota 1282, basta leer en la mira 4,68 y medir la distancia a la estación.

Para tomar otro punto, como ya no se puede leer más en la mira, el topógrafo tiene que cambiar de posición y continuar de la misma manera indicada atrás.

N. B.—El ingeniero topógrafo debe tener suficiente criterio para juzgar del ancho de la faja que debe topografiarse pues hay lugares en donde no tiene interés el extenderse mucho si el terreno sigue con la misma pendiente, en tanto que en otros habrá necesidad de extenderse para que al proyectar la línea no se salga de la zona topografiada. Esta faja es, generalmente, entre 20 y 50 metros horizontales.

El registro de las operaciones se hace en una cartera de rayado especial para secciones transversales.

Página de la izquierda.—La página de la izquierda, lo mismo que la de la derecha, es cuadrículada y lleva una raya en el centro que representa el eje o línea principal, y sobre ésta se marcan las estaciones y también las cotas. Las notas deben llevarse siempre de abajo para arriba, de modo que, colocado el observador en frente de la dirección que lleva la línea, la sección transversal anotada a la derecha le quede al lado derecho.

La página de la derecha es cuadrículada y se usa para observaciones: ancho y profundidad de los arroyos, dirección de sus corrientes, naturaleza general del suelo, maderas, vegetación, edificios y otros detalles importantes junto con el croquis que es esencial en la topografía.

En algunos casos se acostumbra dejar la página de la izquierda para la sección de la izquierda y la página de la derecha para la sección de la dere-

cha, anotando los detalles un poco debajo del punto.

En la página siguiente se ve el modo de llevar las notas. Como se dijo antes, el numerador representa la cota y el denominador la distancia al eje.

En el croquis se debe poner cuidado especial, llevando, si es posible, de la oficina la poligonal dibujada y acotada con la escala convencional que se emplee.

TRABAJO DE OFICINA

Dibujo de la poligonal.—El método más exacto y por lo tanto el más usado para el dibujo de la poligonal, es el método de las coordenadas.

Lo primero que se hace es deducir la orientación del estudio, es decir, el rumbo general de la ruta escogida, y luego hacer que las coordenadas generales tengan la misma orientación, a fin de lograr que todas las coordenadas sean positivas, es decir, que estén en un mismo cuadrante.

Para lograr esto, se toma el origen de coordenadas bastante retirado del punto escogido como origen en el trazo. Así, en un trazado cuya orientación general es S. E. se toma como origen del trazado un punto cuyas coordenadas sean, por ej.:

S. 10000

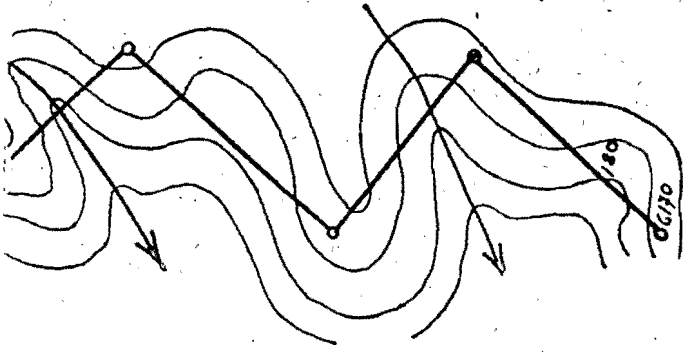
E. 10000

De esta manera se logra que todas las coordenadas sean positivas, es decir, que sean S. E.

En la página 78 se ve un modelo para las notas en la cartera de coordenadas.

Coordenadas parciales.—Las coordenadas parciales se pueden calcular o por las tablas (tablas trasversas) o por logaritmos.

PAGINA DE LA DERECHA
Observaciones y croquis



MODELO DE CARTERA DE TOPOGRAFIA

PAGINA DE LA IZQUIERDA

Centro pagina

84	82	80	78
<u>25,60</u>	<u>13,60</u>	<u>12,60</u>	<u>35,90</u>
86	84	82	82
<u>17,60</u>	<u>14,60</u>	<u>13,10</u>	<u>19,90</u>
90	88	84	82
<u>18,40</u>	<u>14,60</u>	<u>16,20</u>	<u>23,40</u>
92	90	86	84
<u>29,60</u>	<u>16,50</u>	<u>2,70</u>	<u>10,60</u>
			<u>23,40</u>

Diferencia de latitud $l \cos \alpha = \text{distancia} \times \text{coseno}$ del rumbo.

Diferencia de longitud $l \sin \alpha = \text{distancia} \times \text{seno}$ del rumbo.

Las coordenadas N. y S. son $l \cos \alpha$, y son positivas al norte y negativas al sur.

Las coordenadas E. y W. son $l \sin \alpha$, y son positivas al E. y negativas al W.

Una vez calculadas las coordenadas parciales se anotan en la forma que indica el modelo, y luego se procede a calcular las coordenadas generales. Para este caso en que se escogió como cuadrante de trabajo el S. E., se procede de la manera siguiente: las coordenadas parciales S. se suman a las coordenadas generales S.; y las coordenadas parciales N. se restan; las coordenadas parciales W. se suman a las coordenadas generales W., y las coordenadas parciales E. se restan. En resumeen, se suman S. con S., W. con W., N. con N. y E. con E.

Ejemplo: Como se vé en el modelo de notas, para hallar las coordenadas generales de la estación 66240 basta sumar a la coordenada general S., del punto anterior, la coordenada parcial S., así: $13012,02 + 58,75 = 13070,77$, que es la coordenada general S. de la estación 66240. Para obtener la coordenada general E., basta sumar a la coordenada general E. la coordenada parcial E. Así: $10457,27 + 30,06 = 10487,33$, que es la coordenada general E. de la estación 66240.

Chequeo de la cartera de coordenadas

Antes de hacer el chequeo de las coordenadas, se hace el chequeo de las deflecciones con los rumbos y el de las distancias con las estaciones, de la misma manera indicada atrás.

Las coordenadas parciales con las coordenadas generales se chequean de la siguiente manera: la diferencia entre la suma de las coordenadas parciales N. y S. debe ser igual a la diferencia entre la primera y la última coordenada general S. ó N., según el caso. De la misma manera, la diferencia entre la suma de las coordenadas parciales E. y W. debe ser igual a la diferencia entre la primera y última coordenada general E. ó W., según el caso.

En el modelo de notas se ve el modo como se hizo ese chequeo:

Suma de las coordenadas parciales N. 36.94

Suma de las coordenadas parciales S. 519.97

Diferencia 483.03

Diferencia entre la primera y la última coordenada general S. $13495,05 - 13012 = 483,03$. Como se vé estas dos diferencias resultan iguales, lo que indica que las operaciones estuvieron bien hechas:

Suma de las coordenadas parciales E. 373,68

Suma de las coordenadas parciales W. 00,00

Diferencia 373,68

Diferencia entre la primera y última coordenada general W. $10830,95 - 10457,27 = 373,68$. Luego las operaciones estuvieron bien hechas. Este chequeo se hace al final de cada página.

Debe procurarse calcular la cartera a medida que se dibuja. Este trabajo es del ingeniero de tránsito con la ayuda del dibujante.

(Véase modelo de cartera en la página siguiente).

Una vez calculadas las coordenadas se procede a cuadricular el papel con mucho cuidado en cuadros

MODELO DE CARTERA DE COORDENADAS

Est.	Dist.	Defl.	Rumbo C.	Coordenadas Parciales				Coor. Generales	
				N.	S.	E.	W.	S.	E.
66174	66	23.00 I	S. 27.06 E		58.75	30.06		13012.02	10457.27
66240	192	1.30 I	S. 28.36 E		168.55	91.89		13070.77	10487.73
432	143	24.00 D	S. 4.36 E		142.53	11.45		13239.32	10579.22
575	117	22.00 I	S. 26.36 E		104.60	52.37		13331.55	10590.67
692	23	75.00 I	N. 78.24 E	4,62		22.52		13486.45	10643.04
715	25	18.00 D	S. 83.36 E		2.77	24.83		13481.83	10635.56
740	27	33.00 I	N. 63.24 E			24.13		13484.60	10690.39
767	41	3.00 I	N. 60.24 E	12,08		35.63		13472.52	10714.52
808	91,45	27.30 D	S. 62.06 E	20,24		80.80		13452.28	10750.15
899,45		113.30 D						13495.05	10830.95
<u>725,45</u>	<u>725,45</u>			<u>36,94</u>	<u>519,97</u>	<u>373,68</u>		<u>483,03</u>	<u>373,68</u>
					<u>36,94</u>	<u>0,00</u>			
					<u>483,03</u>	<u>373,68</u>			

cuyo tamaño depende de la escala en que se vaya a dibujar la poligonal. Para una escala de $\frac{1}{1000}$, que es la que se usa generalmente para esta clase de trabajos, la cuadrícula se forma de 10 cms.

Cuando esté cuadrículado el papel se procede a poner la línea con las coordenadas que ya se tienen.

Luégo, se divide la línea en estaciones de 10 en 10 metros y se levantan normales en estos puntos.

Después, de la cartera de nivel se sacan los datos para hacer el perfil de la preliminar. Este perfil se hace en un papel cuadrículado especial para perfiles, tomando una escala vertical 10 veces mayor que la escala horizontal. Se marcan en la línea horizontal las estaciones y en la vertical las cotas correspondientes.

Del perfil se sacan los datos para acotar la poligonal, dibujada antes, de 2 en 2 metros verticales. Hecho esto se procede a pasar la topografía, así: sobre las normales ya trazadas se miden, partiendo del eje, las diferentes distancias a que están las diferentes cotas, según los datos que suministra la cartera de topografía.

Cuando se han pasado al plano las notas de la topografía, se unen con ayuda del croquis, por curvas irregulares (curvas de nivel) todos los puntos de igual cota. Para mayor claridad las curvas de nivel que van de 10 en 10 metros verticales se dibujan con tinta negra y las de 2 en 2 metros con tinta sepia.

PROYECTO

Criterio para proyectar

Al hacer el proyecto es bueno tener en cuenta las siguientes reglas generales:

1º.—Es preferible proyectar túneles que cortes de más de 25 metros, y viaductos, que terraplenes mayores de 18 metros. Cortes en cajón largos y de poca altura son difíciles de atacar.

2º.—En terrenos movedizos, como el cretáceo, en donde hay necesidad de hacer muchos drenajes, es preferible proyectar cortes que terraplenes, por ser éstos más difíciles de sostener.

3º.—En terrenos firmes, si hay necesidad de proyectar retrocesos, debe procurarse que las dos líneas no tengan una separación menor de 40 metros, y en terrenos movedizos, de 60 metros.

4º.—Si entre dos curvas del mismo sentido no se puede proyectar una tangente siquiera de 80 metros es preferible poner una curva compuesta.

5º.—En caso de no necesitarse proyectar la pendiente máxima sino en trayectos cortos, es preferible acumularla en un solo tramo y no en varios, para facilitar así la composición de los trenes.

6º.—Entre las dos espirales de dos curvas contiguas debe procurarse dejar un tramo en recta siquiera de 2 metros. Deben, por lo tanto, proyectarse las espirales de 200 veces el peralte, según que la tangente mínima sea de 30 metros y la curva de 14º y de 400, cuando la tangente sea de 50 metros y la curva de 10º, procurando, para unificar y facilitar el trazado, no estar cambiando de una espiral a otra, sino adoptar la misma para todo el trazado.

7º.—En materia de taludes es preferible pecar por defecto que por exceso y, por consiguiente, debe adoptar un talud inferior al que el terreno exige para después modificarlo, según las necesidades, que uno superior al necesario, lo que implica un derroche en el movimiento de tierra.

8º.—La rasante no debe proyectarse nunca a menos de 4 metros de altura sobre las aguas altas,

cuando se va siguiendo un río.

9º.—En terrenos de más de 33 grados de inclinación no deben proyectarse terraplenes sino muros, cuando éstos sean más económicos que los cortes.

10º.—Para proyectar la luz de las obras de arte, es necesario tomar el área de drenaje y todos los datos que se puedan obtener de las aguas altas en un período largo de tiempo para evitar proyectar obras insuficientes o de luz exagerada.

11º.—En terrenos de inclinación mayor de 15º, debe proyectarse la mesa de las obras en escalones.

12º.—Para subir a una misma altura no debe aumentarse distancia para rebajar la pendiente.

13º.—Cuando se necesita emplear pendiente máxima no debe desmejorarse el alineamiento para disminuir pendiente, porque es preferible un buen alineamiento a una rebaja en la pendiente.

14º.—Las contrapendientes no deben proyectarse sino cuando ellas mejoran el alineamiento, acortan distancia, disminuyen el movimiento de tierra y siempre que ellas no constituyan una limitante de tráfico.

En resumen, el ingeniero que quiera hacer un buen proyecto, debe tener buen criterio y no sólo conocer las reglas anteriores, sino también todos los demás detalles que lo pongan en condiciones de proyectar la mejor línea desde el punto de vista técnico y económico.

Una vez dibujada la poligonal y la topografía, se hace el proyecto de la vía.

Proyectar una línea es poner en el plano la vía que ha de construirse.

En el estudio de un ferrocarril, sobre el papel,

hay que tener presente las especificaciones a que debe sujetarse la vía. Tales especificaciones son: pendiente máxima, límite de los radios de las curvas y longitud mínima de las tangentes.

Las especificaciones generales para el trazado de ferrocarriles de montaña, son: pendiente máxima compensada, 3%; radio mínimo de las curvas $R=80,16$ que corresponde a curvas de $14^{\circ}-20'$, y longitud mínima de las tangentes 28 metros en curvas reversas y 80 en curvas del mismo sentido.

El estudio de la vía sobre el papel le corresponde al ingeniero jefe.

Lo primero que se hace antes de proyectar, es trazar la **rasante o línea de ceros**; esta línea corresponde a la intersección de un plano de pendiente dada con la superficie del terreno, y se traza de la siguiente manera: supongamos que la parte que vamos a proyectar tenga una pendiente del 2,5% bajando, es decir, que para bajar verticalmente 2,5 metros se necesita recorrer 100 metros; que las curvas estén dibujadas de 2 en 2 metros verticales; entonces, con una abertura del compás que en la escala en que esté dibujado el plano nos represente la necesaria para bajar verticalmente 1 metro, se va marcando sin interrupción, y a partir de un punto de cota conocida, todos los puntos donde caiga la punta del compás así abierto, teniendo el cuidado de que siempre caigan las dichas puntas en puntos cuyas cotas vayan disminuyendo, para este caso, de metro en metro.

En este caso para bajar un metro verticalmente tenemos que recorrer $\frac{100}{2,5} = 40$ mts., y como el plano está dibujado en una escala de $\frac{1}{1000}$ la abertura del compás será de 4 cms.

Una vez trazada la rasante, se proyectan los a-

lineamientos rectos procurando seguir lo más de cerca que sea posible la rasante. Luego se unen los alineamientos rectos por medio de curvas. Para este trabajo se usa una serie de curvas de diferentes grados, marcados en ellas, trazadas a la misma escala del dibujo y hechas de una materia transparente (xilonita). De esta manera se pueden ensayar las diferentes curvas hasta encontrar la que se acomode mejor.

Una vez hecho el proyecto se divide en estaciones de 10 en 10 metros y se ve en cada punto la cota tomada de la topografía. Con estos datos se dibuja en un papel especial para perfiles, el perfil de la línea proyectada (perfil figurado). De suerte que para hacer el perfil figurado se atiende exclusivamente al plano.

Sobre el plano del perfil se procede a proyectar el perfil de la rasante con la pendiente dada.

Si en el primer tanteo del perfil se observa que hay muchos cortes y terraplenes muy grandes, se modifica éste, procediendo a proyectar una nueva línea y a repetir este proceso. Cuando el terreno se preste, se debe procurar la compensación, entre cortes y terraplenes y de nó, tener en cuenta las reglas anteriores para proyectar.

En el perfil se anotan los nombres de los lugares típicos, como ríos, cañadas, etc., y también las obras de arte. El modelo está al final de estos apuntes.

En un preliminar se pueden trazar como promedio 10 kilómetros mensuales, entre bueno y mal terreno, y su costo, con los sueldos de \$ 200 a \$ 600 por ingeniero, y de \$ 1 a \$ 3 por cadenero, puede ser de \$ 400 el kilómetro como máximo.

El modo de hacer el presupuesto en un preliminar es semejante al que indicamos atrás para las líneas trazadas con taquímetro, empleando las mis-

mas tablas y diagramas que quedaron atrás para el cálculo de movimiento de tierra y obras de arte, y los mismos cuadros de pendiente, curvatura, etc.

En el informe, van:

1º.—Ruta general y estudio de sus condiciones.

2º.—Características técnicas del trazado, como: pendiente, radio mínimo, tangente mínima, alineamiento en recta, alineamiento en curva con deflexión derecha y deflexión izquierda y grado de curvatura por kilómetro, izquierda y derecha;

3º.—Especificaciones, como ancho de vía, ancho de banca, peso de rieles, longitud de traviesas y su número por kilómetro, espesor de balasto y taludes empleados;

4º.—Presupuesto detallado en un cuadro, así:

Km.	Movi- niento de tierra C. T.	Tubos	Obras de arte				Observa- ciones
			Alcan- tarillas	Puentes y pontones	Viaductos	Túneles	

Promedio por kilómetro, así:

Obras de arte.....m³

Movimiento de tierra.....m³

Después el presupuesto de costo con los siguientes capítulos:

1º.—Localización, chaflanes, etc.... \$

2º.—Valor de movimiento de tierra a \$ por m³ \$

3º.—Valor obras de arte a \$ por m³ de mampostería pegada..... \$

	Valor obras de arte a \$ por m ³	
	de mampostería seca.....	\$
4°.	—Valor de estructura metálica, así:	
	Puente (abscisa total).....	\$
	Pontón (abscisa total).....	\$
	Viaducto (abscisa total).....	\$
5°.	—Valor de zonas, a \$ el kilómetro	\$
6°.	— Super-estructura: balasto, dur-	
	mientes, rieles a \$ el kilómetro.	\$
7°.	—Estaciones y apartaderos a \$ el	
	kilómetro.....	\$
8°.	—Material rodante y equipo a \$ el	
	kilómetro.....	\$
9°.	—Dirección técnica y administra-	
	tiva a \$ el kilómetro.....	\$
10°.	—Imprevistos, 5%.	
11°.	—Intereses durante la construcción.	
12°.	—Descuento inicial (cuando el di-	
	nero es de empréstitos contratados	
	con tal descuento).	

Para el presupuesto anterior se deben tener en cuenta los siguientes datos:

En vías de 0,914 y 1 metro el ancho de banca en corte es de 4,90, con taludes de $\frac{1}{4}$ a 1×1 , según el caso; el ancho en terraplenes es de 4,5 con taludes de $\frac{3}{2}$; peso de rieles, 60 libras por yarda; traviesas de $0,20 \times 0,15$ y 2 metros de largas y 1650 por kilómetro; espesor de balasto, 0.20 m.

Equipo:

- 1 locomotora por cada 10 kilómetros.
- 1 carro de primera.
- 2 carros de segunda.
- 3 carros de tercera.

5 carros de carga.

Claro está que los datos anteriores no son absolutos sino que dependen del tráfico.

El preliminar se presenta con el informe y presupuesto anteriores y además lo siguiente: un plano en escala de $\frac{1}{1000}$, en papel transparente; copia de las planchas unidas en la forma que indica la fig. 6; otro plano reducido en una escala de $\frac{1}{10.000}$ a $\frac{1}{100.000}$ según la longitud del preliminar. Este debe tener una reducción del perfil en escala conveniente.

Un perfil, según el modelo que está al final, con las siguientes escalas:

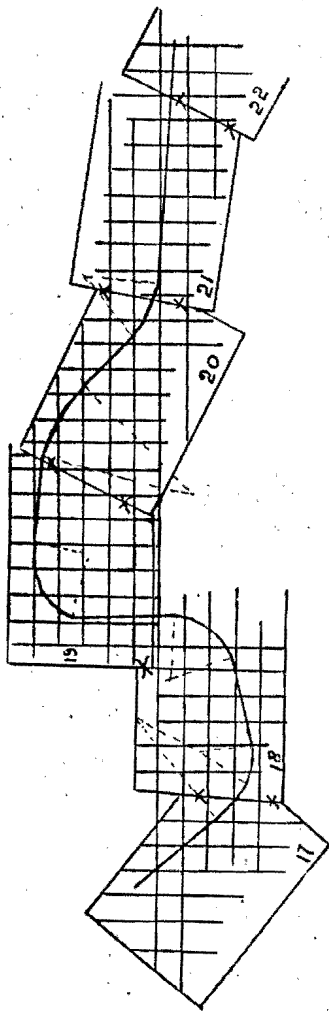
1-2000 horizontal.

1-200 vertical.

La copia de las carteras de tránsito, nivel, topografía, coordenadas y movimiento de tierra.

Modelos de estos planos y carteras quedan adjuntos.

Modelo para empalmar las planchas de dibujo en el trazado preliminar.



(Fig. 6)

Nota.—El tamaño de estas planchas es generalmente de 0.90 × 0.60 mts.