CAPITULO 3º

RECONOCIMIENTO

El reconocimiento es uno de los capítulos más importantes en el trazado de ferrocarriles, y la base de acierto en la escogencia de una buena línea. Wellington dice: "Los más grandes errores de localización se originan en el reconocimiento".

Para la primera parte del reconocimiento, que es el estudio económico de la región y de las especificaciones de la línea de acuerdo con la topografía y con la inspección ocular del terreno, se necesita un personal técnico muy escogido, de gran criterio y que pueda dar una opinión que sea garantía de acierto.

En Antioquia el reconocimiento del troncal fue hecho por tres profesionales notables: los ingenieros Cornell, Pedro Uribe Gauguín y Carlos Cock, y su informe puede servir como modelo de estudios de esta clase.

En esta primera parte del reconocimiento no se necesitan más instrumentos que los de mano, es decir, un barómetro o hipsómetro, una brújula, un nivel Abney y un podómetro. Se necesita, además, un buen mapa de la región (ojalá acotado) y todos los datos estadísticos que se puedan conseguir para el estudio del tráfico probable de la línea.

En este trabajo se estudian todas las características de la línea y se fijan, a rasgos generales,

su dirección, su costo, sus especificaciones técnicas y el tráfico que la línea podrá tener.

Es, pues, el estudio de una zona amplia y el de las varias soluciones que la línea pueda tener entre sus puntos extremos.

En esta inspección se estudian: los pasos obligados de las cordilleras, las direcciones generales que debe tener la línea, las aguas que debe seguir, etc.

En los reconocimientos hay que tener en cuenta las líneas de valle y las de montaña. Si son de valle hay dos casos: primero, cuando en él no hay sino problema de dirección por su fácil topografía, como por ejemplo en el Valle del Cauca, la Sabana de Bogotá, etc. En este caso el estudio se reduce a fijar las direcciones entre los puntos que se van a unir. Esto, si no hay mapa de la región, se puede hacer por triangulación o por poligonales para fijar los puntos en un plano y sobre él trazar las líneas de dirección.

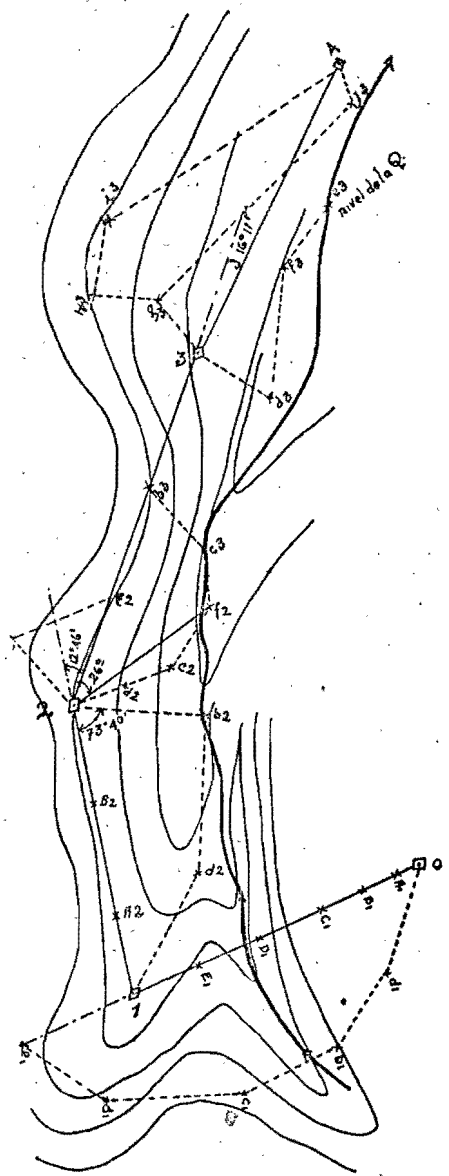
Cuando el valle es estrecho y hay problemas de pendiente y topografía, es lo mismo que en montaña. Si no hay mapa acotado, se hace una poligonal a taquímetro de las distintas soluciones que no se eliminen a ojo y se toma, también a taquímetro, la topografía en zona amplia y la nivelación, para de esta manera poder apreciar la distancia, las pendientes y la curvatura.

El estudio a taquímetro se hace de la siguiente manera: se escoge el punto de partida en el punto obligado, siempre haciendo el estudio de las partes más altas, depresiones, etc., hacia los valles, en las líneas de montaña. Una vez conocida o asignada la cota de partida, por el barómetro o el hippsómetro, se empieza la poligonal, tomando los siguientes datos:

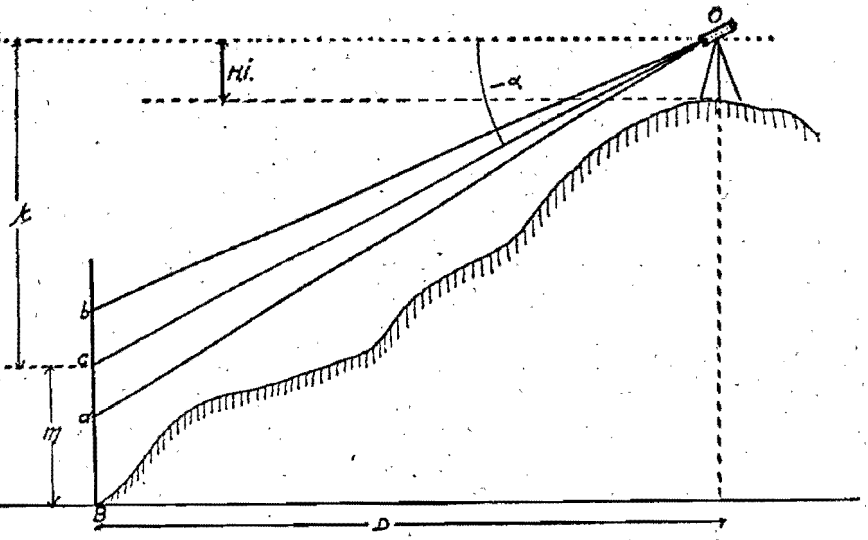
MODELO DE CARTERA DE TAQUIMETRO

Est,	A. I.	Ang. H.	Rumbos	L H.	G	Ang. V.	Gcos² *a*	Gsen*a* cos*a* (t)	m	—m±t	I.	Cotas
△1	1,43										1001,43	1000
△0			S 34° E	2,05 / 1,00	105	4°-17'+	104,41	7,85	1,52	6,33		1007,76
A_1				1,82 / 1,04	78	1°-39'+	77,94	2,27	1,43	0,84		1002,27
B_1				1,72 / 1,15	57	2°-40'—	56,87	2,65	1,43	— 4,08		997,35
C_1				1,60 / 1,16	44	8°-52'—	42,95	6,70	1,43	— 8,13		993,30
D_1				2,83 / 2,59	24	20°-27'—	21,06	7,86	2,72	—10,58		990,85
E_1				1,44 / 1,31	13	15°-10'—	12,11	3,28	1,43	— 4,71		996,72
a_1		45-47 D		1,76 / 1,10	66	5°-20'+	65,41	6,11	1,43	4,68		1006,11
b_1		65-32 D		1,72 / 1,14	58	2°-50'—	57,86	2,87	1,43	— 4,30		997,13
c_1		83-23 D		1,63 / 1,23	40	3°-22'+	39,83	2,34	1,43	0,91		1002,34
d_1		95-29 D		1,60 / 1,26	34	14°-54'—	31,75	8,45	1,43	— 9,88		991,55
e_1				1,50 / 1,36	14	14°-24'+	13,13	3,37	1,43	1,94		1003,37
△2		118-47 D	S 84-47 W	1,57 / 1,29	28	1°-00'+	27,99	0,49	1,43	— 0,94		1000,49
△2	1,32										1001,81	
△1				1,46 / 1,18	28	1°-00'—	27,99	0,49	1,32	— 1,81		1000
A_2				1,42 / 1,22	20	1°-38'—	19,98	0,57	1,32	— 1,89		999,92
B_2				1,36 / 1,29	7	3°-38'—	6,97	0,44	1,32	— 1,76		1000,05
a_2		73-40 D		1,43 / 1,20	23	22°-27'—	19,64	8,12	1,32	— 9,44		992,37
b_2		91-00 I		1,48 / 1,17	31	28°-8'—	24,11	12,89	1,32	—14,21		987,60
c_2		151-00 I		1,53 / 1,11	42	20°-50'—	36,69	13,96	1,32	—15,28		986,53
d_2		151-00 I		1,43 / 1,20	23	25°-15'—	18,81	8,88	1,32	—10,20		991,61

Observaciones y Croquis

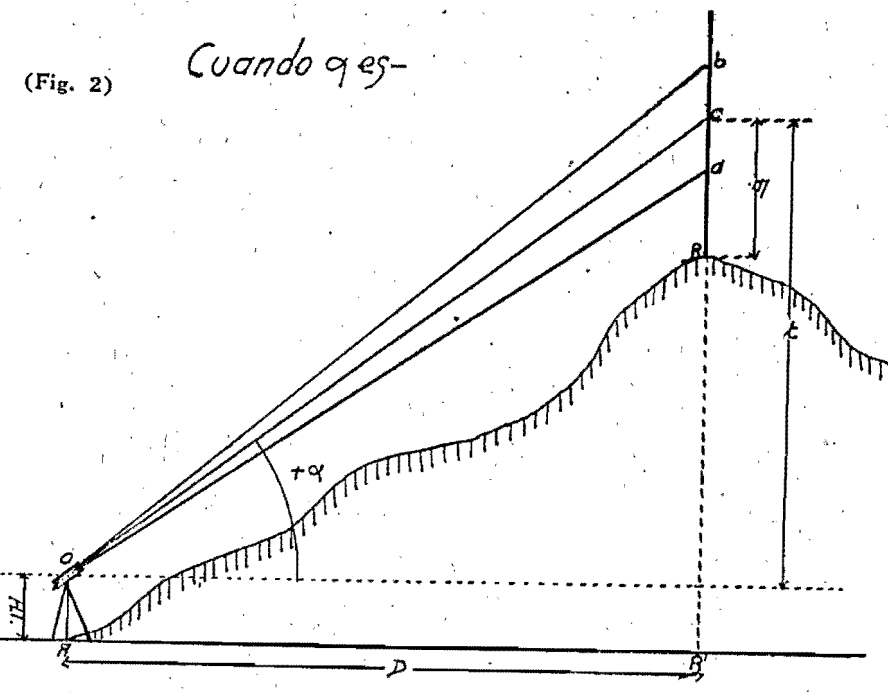


(Fig. 1)



(Fig. 2)

Cuando α es-



Cuando α es+

(Fig. 3)

El cuadro se explpica así: en la primera columna van las estaciones y los puntos intermedios que se tomen tanto sobre la línea como a los lados. En estos puntos la nomenclatura usada es: 0-1-2 3 etc., para los puntos de tránsito; Ao-Bo-Co- etc., para los puntos intermedios que se tomen sobre la línea, poniendo Ao, Bo, etc., los que se tomen de la estación 0; A_1-B_1-C_1- etc., los de la 1, y así los demás, y, a_o-b_o-c_o- etc., para los puntos de topografía tomados a lado y lado de la línea desde la estación 0; a_1-b_1-c_1- etc., para los tomados de la l, y así los demás. En la segunda columna va la altura del instrumento medida con la lienza o una mira. Esa altura, como se vé en la figura, se toma del suelo al eje del anteojo.

En la tercera columna van las deflecciones o azimutes, según como se trabaje.

En la cuarta, los rumbos, calculado y magnético.

En la quinta, la lectura de los hilos superior e inferior en la mira.

En la sexta se pone el generador que es la diferencia entre la lectura de los dos hilos multiplicada por la constante de estadia que generalmente es 100.

En la séptima columna va el hilo medio que es el número que intercepta en la mira el hilo central del aparato (figs. 2 y 3); el hilo medio es igual a $\frac{a+b}{2}$

En la octava columna va el ángulo vertical con su signo + ó − según que el terreno baje o suba.

En la novena columna va la distancia horizontal que se calcula en las tablas taquimétricas (las de Jadanza, Jordan, Kennedy o cualquiera otra). La fórmula de la distancia es: G. $\cos^2\alpha$ cuando se calcula por logaritmos.

En la décima columna se pone la diferencia de altura, **t**, (figs. 2 y 3). Esta diferencia de altura es entre **c**, hilo medio, y el plano horizontal que pasa por el anteojo. En la fig. se vé claro. Se puede calcular en las mismas tablas taquimétricas citadas atrás o por logaritmos con la fórmula **G seno** α **cos** α

En la undécima columna queda la diferencia taquimétrica o de elevación (-**m** ± **t**). Esta tiene signo negativo y se quita de **I**, cota del instrumento en **o**, (figs. 2 y 3), cuando α es negativo, y tiene signo + y se agrega a **I** cuando es positivo. Puede suceder también que α sea + y sin embargo -**m** ± **t** se deba restar de **I** por tener signo negativo y es el el caso en que **m** sea mayor que **t**, y puede resultar igual a 0 cuando siendo positivo sean iguales **m** y **t** que es el caso en que se lee el hilo medio a la altura del instrumento.

En la columna doce va **I**, o sea la cota del aparato, es decir, la cota del punto donde está el instrumento sumada a la altura del instrumento (figs. 2 y 3.

En las columnas trece y catorce van la cota negra o del terreno y la roja o de la rasante, y por último siguen las observaciones y el croquis minucioso del trabajo. En este croquis se deben poner todos los detalles del terreno, especialmente los puntos que tienen entre sí una pendiente constante y pueden por lo tanto interpolarse. En la fig. 1 se vé el modo de llevar este croquis. Las líneas de interpolación van unidas entre sí por líneas de puntos.

Procedimiento

El trabajo para el reconocimiento a taquímetro se dispone así:

Escogido el punto de partida de la poligonal con una cota conocida y teniendo todos los datos necesarios, se coloca el instrumento en la estación 0 y después de determinado el punto de adelante por el ingeniero jefe, se empieza a tomar los datos de campo en el siguiente orden:

1º.—Se toma la altura del instrumento en una mira o lienza;

2º.—Dirigida la visual al punto **1**, se busca el rumbo de la línea;

3º.—Se leen los tres hilos en la mira puesta en el punto **1** y el ángulo vertical.

Cuando hay necesidad de tomar topografía con el taquímetro, como sucede siempre en los reconocimientos de montaña, se toman en el campo, primero sobre el eje, todos los puntos en donde haya un cambio de ondulación en el terreno, para poder acotar bien el eje; en estos puntos sólo se toman los tres hilos y el ángulo vertical.

Una vez leídos estos puntos se hace colocar la mira a derecha e izquierda en todos los puntos salientes del terreno, procurando no omitir ninguno importante y se señalan en el croquis con líneas de puntos todos los que se puedan interpolar por haber entre ellos una pendiente uniforme. En esta topografía se toma una faja ancha.

Una vez tomados todos estos puntos en donde se lee siempre el ángulo horizontal, el vertical y los tres hilos, se calcula con un computador o de cualquiera otra manera rápida la cota negra y la roja, en el caso de que el reconocimiento se esté haciendo con una pendiente fija. En el caso de que sólo se esté estudiando una zona amplia para estudio de pendiente, no hay necesidad de buscar en el campo estas cotas.

Una vez terminadas las operaciones en el pun-

to **0**, se pasa el aparato al punto **1** y allí, primero que todo, antes de empezar operaciones entre el **1** y el **2**, se lee el rumbo inverso y se leen de nuevo, poniendo la mira en el punto **0**, el ángulo vertical y los tres hilos, con el objeto de comprobar si estuvo bien leída la distancia del **0** al **1**. En taquímetro siempre debe hacerse esta comprobación.

En el punto **1** se repite lo mismo que hemos explicado para el **0** y así en los demás puntos.

Algunas veces, cuando hay necesidad de tener una nivelación más precisa que la taquimétrica, se acostumbra controlar el taquímetro con un nivel de Y, nivelando sólo los puntos de tránsito. Al hablar del preliminar explicaremos cómo se hace bien la nivelación.

Trabajo de oficina

Con los datos de campo anteriores se empieza por calcular y comprobar la cartera en la oficina. Se sacan primero los generadores y con éstos y el ángulo vertical, se buscan la distancia horizontal con la fórmula **G. cos²α** y la **t** con la fórmula **G. sen α cos α** Encontradas éstas, se pone la primera distancia como abscisa del punto **1** y así se va haciendo con el **2, 3, 4,** etc., sumando las respectivas distancias. Teniendo a ± t se calcula ± (-m ± t) y teniendo la cota del punto **0** y la altura del instrumento, se suman y se calculan a **I**; calculada ésta se le suma o resta --**m** ± t y se obtiene la cota del punto **1.** Así se hace con los otros puntos.

La distancia y cota de los puntos intermedios se pueden calcular con el diagrama taquimétrico que va adjunto, en lugar de usar las tablas, o con un computador. Para encontrar la cota y distancia de cada

uno de estos puntos, se emplea el mismo procedimiento anterior. En el modelo de cartera anexo a este capítulo, está bien claro todo ésto.

Una vez calculada la cartera, se dibuja la poligonal por coordenadas, si el trabajo es largo y hay que enlazar en el mismo plano varios estudios, o por tangentes naturales o transportador con vernier, si el trabajo es corto. La técnica de este dibujo se explicará bien en el capítulo sobre el trazado preliminar.

Una vez dibujada la poligonal, se acota el eje y se ponen en el plano, con un transportador, todos los puntos de topografía que se hayan tomado a lado y lado, con sus cotas. Después, valiéndose del croquis, se ven los puntos entre los cuales puede interpolar; se fijan las cotas de dos en dos metros; con ayuda del mismo croquis, se unen los puntos de la misma cota, y se completa así el plano topográfico.

Este plano se hace en una escala que varía de uno en dos mil a uno en quinientos, según que la topografía del terreno sea suave o arrugada.

Una vez acotado el plano, se hace sobre él el estudio de curvatura y pendiente y se proyecta una línea que sirva de base para una buena preliminar y también para un presupuesto aproximado que permita escoger entre varias la mejor línea, que es el objeto del reconocimiento.

Los detalles y el criterio para proyectar, los veremos mejor en el preliminar; pero en todo caso, para proyectar, hay que poner una línea de rasante de 20 en 20 metros con la pendiente que se va a proyectar y sobre esta línea se acomoda el proyecto, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas, lo mejor posible a la topografía del terreno; trazado el eje del proyecto se divide con un compás en distan-

cias de 10 en 10 metros y se saca de la topografía del plano el perfil figurado, viendo cada división de 10 metros en qué cota queda y poniendo ésta en el perfil. Hecho el perfil se acomoda a él la rasante, y si ha quedado satisfactorio se adopta ese proyecto, y si nó, se repite el proyecto hasta que quede bien.

Debe proyectarse, especialmente en línea preliminar, a medida que se va trazando la línea, sin dejar coger mucho avance a los trabajos de campo, con el objeto de ir corrigiendo las cotas rojas en la cartera y evitar que, en caso de una diferencia grande entre la distancia que da el proyecto y la que da la poligonal, quede de pronto faltando topografía y haya qué ampliarla volviendo atrás. Este es un detalle muy importante para evitar el perder trabajo y es necesario tener ésto en cuenta porque si la poligonal no ha estado bien trazada, seguramente da una diferencia grande con el proyecto, y la cota roja de la cartera es distinta de la que da el proyecto.

Una vez proyectado y sacado el perfil de la línea, se procede al presupuesto. Tanto en el plano como en el perfil se deben poner varios datos importantes. En los modelos se señala cuáles son.

Presupuesto

Como el presupuesto que se hace en un reconocimiento es solamente para comparar varias líneas que se han estudiado con taquímetro y escoger la mejor, no hay necesidad, al hacerlo, de tener en cuenta sino el movimiento de tierra, que es distinto en cada línea; las obras de arte, que también varían, y los detalles de pendiente, curvatura, alineamiento recto, etc. Los demás capítulos, co-

mo estaciones, superestructuras, etc., son comunes a todas las líneas y por lo tanto sólo se estudian al hacer el presupuesto final para el preliminar. Por eso no se explicará en seguida sino el modo de calcular en cada línea el movimiento de tierra, la mampostería y las especificaciones de curvatura, pendiente, etc.

El primer cuadro necesario para el presupuesto es el de movimiento de tierra, que es así:

Esta.	Angulo de Inclinación	Diferencias		Areas	Areas	Volumen	Volumen	Totales
		Corte	Terraplén	Corte	Terraplén	Corte	Terraplén	
0	20°	6						
10	—30°	4,50						
17	—25°	5						
20	30°	1,5 0						
21		00						

Este cuadro se forma así:

Hecho el proyecto y dividido en trayectos de 10 en 10 metros, se saca el perfil figurado, en la forma indicada ya, y una vez puesta en el perfil la rasante, se van sacando de él las diferencias de corte, los 0 0, o sea los puntos de paso de corte a terraplén y viceversa, y los terraplenes, para llenar la 1ª, 3ª y 4ª columna del cuadro anterior.

Hecho esto, se buscan las inclinaciones transversales del terreno con el diagrama adjunto o también con la escala del plano; teniendo la distancia y la diferencia de altura y dividiendo la una por la otra se busca la tangente del ángulo de inclinación.

Para buscar la inclinación con el diagrama, basta hacer coincidir el principio y el fin de la esca-

la del diagrama (que está en la misma escala del plano) con dos curvas de nivel del plano, se cuentan las curvas intermedias entre estas dos curvas y siguiendo la última línea del diagrama se cuenta en las divisiones que tiene el diagrama un número de divisiones igual al de curvas intermedias; el ángulo que indique la línea de la última división es el de inclinación del terreno. Este ángulo se anota en la segunda columna del cuadro.

Una vez buscado el ángulo de inclinación, en las tablas que se acompañan, se busca el érea. En dichas tablas están los taludes usales de ½ y $\frac{2}{3}$ para corte en un ancho de banca de 4,90, y $\frac{3}{2}$ para terraplén en un ancho de banca de 4.50. Teniendo la diferencia de corte o de lleno, el talud, el ángulo de inclinación y el ancho de banca, las tablas dan el área en cada estación; teniendo las áreas se saca la semisuma de éstas y se multiplica por la distancia entre estaciones y se obtienen los volúmenes. Hecho este trabajo con cuidado, se obtiene un resultado bastante aproximado para el presupuesto de movimiento de tierra. Véanse las tablas de movimiento de tierra que van en seguida.

Una vez encontrados los volúmenes se saca el total de corte y lleno por kilómetro, y después el promedio general.

MANEJO DE LAS TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

La primera columna vertical es la altura de cortes o terraplenes en metros y medios metros.

Las siguientes columnas verticales son metros cuadrados de la sección.

La cifra que encabeza estas columnas son los

grados de inclinación trasversal que tiene el terreno, lo que se puede averiguar sea midiendo la separación que tienen las curvas de nivel en el plano o por medio del diagrama especial adjunto, que es el procedimiento más rápido.

Para MAYORES alturas de 30 metros se aplican las siguientes fórmulas valiéndose de las mismas tablas así:

$$h = \frac{H - a}{2} \qquad A' = 4A'' + 3A$$

H= altura mayor que la más grande de las tallas.

a=altura del triángulo debajo de la banca del corte o de encima de la corona del terraplén, formado por la continuación de las líneas de los taludes y el ancho de la banca o corona, para un talud dado.

A= área del triángulo a que se hace referencia anteriormente.

h= altura que está comprendida en las tablas.

A''=área de las tablas correspondientes a h. Cuando h no figura precisamente en las tablas, el área se halla por interpolación.

A'=área del corte o del terraplén que no figura en las tablas y correspondiente a la altura de H.

Talud	a	A	3A
1/2	4,90	12,00	36,00
2/3	3,67	9,00	27,00
3/2	1,69	3,80	11,40

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=½

	0°	5°	10°	15°	20°	25°
½	2,6	2,6	2,6	2,9	3,1	3,4
1	5,4	5,4	5,4	5,7	6,0	6,4
.5	8,5	8,5	8,7	8,9	9,2	9,6
2	11,8	11,8	12,0	12,2	12,6	13,1
.5	15,4	15,4	15,6	15,9	16,3	17,0
3	19,2	19,2	19,4	19,8	20,3	21,0
.5	23,3	23,3	23,6	23,9	24,5	25,3
4	27,6	27,6	27,9	28,3	29,0	29,9
.5	32,2	32,2	32,5	33,0	33,7	34,7
5	37,0	37,0	37,4	37,9	38,7	39,8
.5	42,1	42,2	42,5	43,1	44,0	45,2
6	47,4	47,5	47,8	48,5	49,4	50,8
.5	53,0	53,1	53,5	54,2	55,2	56,7
7	58,8	58,9	59,4	60,1	61,2	62,8
.5	64,9	65,0	65,5	66,3	67,5	69,3
8	71,2	71,3	71,8	72,7	74,0	75,9
.5	77,8	78,0	78,5	79,4	80,8	82,9
9	84,6	84,8	85,4	86,4	87,9	90,1
.5	91,7	91,9	92,5	93,5	95,2	97,6
10	99,0	99,2	99,9	101,0	102,8	105,3
.5	106,6	106,8	107,6	108,7	110,6	111,4
11	114,4	114,6	115,4	116,7	118,7	121,6
.5	122,5	122,7	123,5	125,0	127,1	130,2
12	130,8	131,1	131,9	133,4	135,7	139,0
.5	139,4	139,7	140,6	142,2	144,6	148,0
13	148,2	148,5	149,4	151,1	153,7	157,4
.5	157,3	157,6	158,6	160,4	163,1	167,0
14	166,6	166,9	168,0	169,6	172,7	176,8
.5	176,2	176,6	177,7	179,6	182,6	187,0
15	186,0	186,4	187,5	189,6	192,7	197,3
.5	196,1	196,5	197,7	199,9	203,2	208,0

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA—4,9 MTRS. $T = \frac{1}{2}$

	30°	35°	40°	45°	50°
½	3,9	4,6	5,7	7,4	10,6
1	7,0	7,8	9,1	11,2	14,9
.5	10,3	11,3	12,9	15,3	19,7
2	13,9	15,1	16,9	19,8	24,9
.5	17,8	19,2	21,3	24,5	30,4
3	22,0	23,5	25,8	29,6	36,4
.5	26,5	28,2	30,9	35,2	42,6
4	31,2	33,1	36,0	40,8	49,4
.5	36,2	38,3	41,6	46,9	56,6
5	41,4	43,8	47,5	53,4	63,9
.5	47,0	49,6	53,7	60,1	71,7
6	52,8	55,6	60,2	67,2	80,0
.5	58,9	62,0	66,9	74,7	88,6
7	65,2	68,6	74,0	82,4	97,6
.5	71,8	75,6	81,3	90,5	107,0
8	78,7	82,8	89,6	98,8	116,8
.5	85,9	90,3	96,4	107,8	126,9
9	93,4	98,1	105,2	116,7	137,6
.5	101,1	106,2	113,8	126,2	148,5
10	109,1	114,5	122,6	136,0	159,8
.5	117,3	123,2	131,9	146,0	171,5
11	126,0	132,0	141,5	156,5	184,6
.5	134,6	141,3	151,2	167,2	196,1
12	143,8	150,7	161,3	178,4	208,8
.5	153,1	160,6	171,6	189,9	222,4
13	162,8	170,6	182,4	201,7	236,0
.5	172,7	181,1	193,5	213,8	249,9
14	182,9	191,6	204,7	226,0	264,1
.5	193,3	202,4	216,3	238,7	279,4
15	204,0	213,6	228,2	251,8	294,7
.5	215,1	225,3	240,6	265,4	310,3

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=½

	0°	5°	10°	15°	20°	25°
16	206,4	206,8	208,1	210,4	213,8	218,9
.5	217,0	217,4	218,8	221,2	224,8	230,1
17	227,8	228,3	229,7	232,2	236,1	241,5
.5	238,9	239,4	240,8	243,5	247,4	253,3
18	250,2	250,7	252,2	255,0	259,2	265,2
.5	261,8	262,3	263,9	266,8	271,1	277,5
19	273,6	274,1	275,8	278,8	283,3	289,9
.5	285,7	286,2	288,0	291,1	295,9	302,8
20	298,0	298,6	300,4	303,7	308,6	315,8
.5	310,6	311,2	313,1	316,5	321,6	329,1
21	323,4	324,1	326,0	329,5	334,9	342,7
.5	336,5	337,2	339,2	342,9	348,4	356,5
22	349,8	350,5	352,6	356,4	362,2	370,6
.5	363,4	364,1	366,3	370,2	376,3	384,8
23	377,2	378,0	380,2	384,4	390,6	399,5
.5	391,3	392,1	394,4	398,6	405,1	414,4
24	405,6	406,4	408,8	413,2	419,9	429,6
.5	420,2	421,1	423,5	428,1	435,0	445,0
25	435,0	435,9	438,4	443,1	450,3	460,7
.5	450,1	451,0	453,7	458,5	465,9	477,1
26	465,4	466,3	469,1	474,1	481,8	492,8
.5	481,0	482,0	484,8	490,0	497,9	509,2
27	496,8	497,8	500,7	506,1	514,1	525,9
.5	512,9	513,9	517,0	522,5	530,8	543,0
28	529,2	530,3	533,4	539,0	547,7	560,2
.5	545,8	546,9	550,1	556,0	564,8	577,8
29	562,6	563,7	567,0	573,1	582,3	595,6
.5	579,7	580,9	584,2	590,4	599,8	613,5
30	597,0	598,3	601,6	608,1	617,8	632,0

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=½

	30°	35°	40°	45°	50°
16	226,3	236,8	252,9	279,0	326,5
.5	237,8	249,0	266,0	293,4	343,1
17	249,6	261,4	279,1	307,8	359,6
.5	261,7	273,9	292,6	322,5	376,9
18	274,1	287,0	306,2	338,7	394,4
.5	286,7	300,1	320,3	352,8	412,4
19	299,6	313,5	334,6	368,7	430,6
.5	312,8	327,3	349,2	385,0	449,7
20	326,2	341,2	364,2	401,3	468,7
.5	340,0	355,8	379,3	418,4	487,8
21	353,9	370,3	395,0	435,4	507,6
.5	368,1	385,1	410,9	452,9	528,3
22	382,7	400,3	427,2	470,9	548,1
.5	397,5	415,9	443,5	488,6	569,4
23	412,6	431,7	460,4	507,5	591,0
.5	427,9	447,7	477,3	526,1	612,8
24	443,6	464,1	494,7	545,0	635,1
.5	459,5	480,7	512,6	564,4	657,7
25	475,7	497,5	530,5	584,5	680,0
.5	492,2	514,7	549,1	604,6	704,1
26	508,9	532,0	567,4	624,9	727,9
.5	525,3	549,9	586,4	645,5	752,0
27	543,1	567,8	605,7	666,8	776,8
.5	560,5	586,3	625,2	688,1	801,4
28	578,3	604,7	645,0	709,4	826,7
.5	596,3	623,8	665,1	731,7	852,2
29	618,8	643,0	685,6	754,3	878,8
.5	633,3	662,2	706,2	776,9	904,7
30	652,4	682,1	727,1	800,5	932,0

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=2/3

	0°	5°	10°	15°	20°
½	2,6	2,6	2,8	3,0	3,3
1	5,6	5,7	5,8	6,1	6,5
.5	8,8	8,9	9,1	9,4	9,9
2	12,5	12,6	12,8	13,2	13,8
.5	16,4	16,5	16,8	17,2	18,0
3	20,7	20,8	21,1	21,7	22,6
.5	25,3	25,4	25,8	26,4	27,4
4	30,3	30,4	30,9	31,6	32,8
.5	35,5	35,6	36,1	37,0	38,3
5	41,1	41,3	41,7	42,8	44,2
.5	47,1	47,3	47,9	49,0	50,6
6	53,4	53,6	54,3	55,5	57,3
.5	60,0	60,2	61,0	62,3	64,3
7	66,9	67,2	68,0	69,4	71,7
.5	74,2	74,5	75,4	77,0	79,4
8	81,8	82,1	83,1	84,8	87,5
.5	89,8	90,1	91,2	93,1	96,0
9	98,0	98,4	99,5	101,5	104,7
.5	106,0	106,4	107,6	109,8	113,3
10	115,0	115,4	116,8	119,1	122,8
.5	124,3	124,8	126,2	128,7	132,7
11	133,9	134,4	135,9	138,7	142,9
.5	143,8	144,3	146,0	148,9	153,4
12	154,1	154,7	156,4	159,5	164,4
.5	164,7	165,3	167,2	170,5	175,6
13	175,6	176,2	178,2	181,7	187,2
.5	186,9	187,6	189,7	193,4	199,2
14	198,5	199,2	201,4	205,4	211,6
.5	210.5	211,3	213,6	217,8	224,3
15	222,7	223,5	226,0	230,4	237,3
.5	235,3	236,1	238,7	243,4	250,7

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=2/3

	25°	30°	35°	40°	45°
½	3,8	4,6	5,9	7,9	11,9
1	7,2	8,1	9,7	12,3	17,3
.5	10,7	11,9	13,8	16,9	23,1
2	14,8	16,2	18,5	22,3	29,7
.5	19,1	20,8	23,5	28,0	36,8
3	23,9	25,9	29,0	34,3	44,5
.5	29,0	31,3	34,9	41,0	52,8
4	34,5	37,1	41,3	48,2	61,7
.5	40,3	43,3	47,9	55,8	71,2
5	46,5	49,8	55,1	64,0	81,3
.5	53,1	56,9	62,8	72,7	92,1
6	60,1	64,3	70,8	81,9	103,3
.5	67,4	72,0	79,3	91,5	115,2
7	75,1	80,2	88,2	101,7	127,9
.5	83,1	88,7	97,5	112,3	141,0
8	91,6	97,7	107,3	123,4	154,8
.5	100,4	107,1	117,5	135,0	169,1
9	109,5	116,7	128,0	147,0	184,0
.5	118,4	125,6	138,4	159,0	198,8
10	128,4	135,2	149,9	172,1	215,0
.5	138,7	147,7	161,8	185,6	231,8
11	149.3	159,0	174,1	199,6	249,1
.5	160,3	170,6	186,8	214,0	266,9
12	171,7	182,7	200,0	229,0	285,5
.5	183,4	195,1	213,5	244,5	304,6
13	195,5	208,0	227,5	260,4	324,3
.5	208,0	221,2	241,9	276,8	344,6
14	220,8	234,8	256,8	293,7	365,5
.5	234,1	248,9	272,1	311,2	397,0
15	247,6	263,3	287,7	329,0	409,1
.5	261,6	278,1	303,9	347,4	431,8

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=2/3

	0°	5°	10°	15°	20°
16	248,3	249,2	251,9	256,8	264,5
.5	261,6	262,5	265,4	270,6	278,6
17	275,2	276,2	279,2	284,6	293,1
.5	289,1	290,1	293,3	299,0	307,8
18	303,4	304,5	307,8	313,7	323,0
.5	318,0	319,1	322,6	328,8	338,5
19	332,9	334,1	337,7	344,2	354,4
.5	348,2	349,4	353,2	360,0	370,6
20	363,8	365,1	369,0	376,1	387,2
.5	379,7	381,0	385,2	392,6	404,1
21	396,0	397,4	401,7	409,4	421,4
.5	412,6	414,0	418,5	426,5	439,0
22	429,5	431,0	435,7	444,1	457,1
.5	446,8	448,4	453,2	461,9	475,4
23	464,4	466,0	471,0	480,1	494,3
.5	482,3	484,0	489,2	498,6	513,1
24	500,6	502,3	507,8	517,5	532,6
.5	519,2	521,0	526,6	536,7	552,3
25	539,1	541,0	546,8	557,2	573,4
.5	557,4	559,3	565,4	576,1	592,9
26	577,0	579,0	585,2	596,4	613,7
.5	596,9	599,0	605,4	616,9	634,9
27	617,2	619,3	626,0	637,9	656,5
.5	637,8	640,0	646,8	659,2	678,2
28	658,7	661,0	668,1	680,8	700,6
.5	680,0	682,4	689,7	702,8	723,2
29	701,6	704,0	711,6	725,1	746,1
.5	723,5	726,0	733,8	747,7	769,4
30	745,8	748,4	756,4	770,8	793,1

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

BANCA=4,9 MTRS. T=2/3

	25°	30°	35°	40°	45°
16	276,0	293,3	320,5	366,3	455,2
.5	290,7	308,9	337,5	385,6	479,1
17	305,8	324,9	354,9	405,5	503,3
.5	321,1	341,1	372,5	425,5	528,2
18	336,9	357,9	390,8	446,3	553,9
.5	353,1	375,1	409,5	467,6	580,2
19	369,6	392,6	428,6	487,5	607,1
.5	386,5	410,5	448,1	511,5	634,6
20	403,8	428,8	468,1	534,3	662,7
.5	421,4	447,5	488,5	557,4	691,3
21	439,4	466,7	509,3	581,2	720,7
.5	457,8	486,1	530,5	605,3	750,5
22	476,7	506,4	552,7	630,9	782,6
.5	495,9	526,3	574,3	655,2	812,1
23	515,2	547,0	596,8	680,8	843,8
.5	535,0	568,0	619,7	706,9	876,1
24	555,5	589,5	643,1	733,5	909,0
.5	575,8	611,3	666,9	760,6	942,4
25	597,8	634,5	692,1	789,3	977,6
.5	618,1	656,2	715,8	816,3	1011,2
26	639,8	679,2	740,9	844,8	1046,6
.5	661,8	702,6	766,3	873,7	1082,3
27	684,3	726,4	792,3	903,4	1118,9
.5	707,1	750,6	818,6	933,3	1156,0
28	730,6	775,1	845,4	963,7	1193,6
.5	753,8	800,1	872,6	994,8	1232,0
29	777,7	825,5	900,2	1026,3	1270,8
.5	802,0	851,2	928,3	1058,2	1310,3
30	826,7	877,4	956,8	1090,6	1350,4

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

T=3/2 CORONA=4, 5 MTRS.

	0°	5°	10°	15°
½	2,6	2,7	3,0	3,8
1	6,0	6,2	6,7	7,7
.5	10,1	10,3	11,1	12,7
2	15,0	15,3	16,3	18,5
.5	20,6	21,0	22,4	25,2
3	27,0	27,5	29,2	32,8
.5	34,1	34,7	36,9	41,3
4	42,0	42,8	45,4	50,7
.5	50,6	51,5	54,6	61,0
5	60,0	61,1	64,7	72,2
.5	70,1	71,4	75,6	84,3
6	81,0	82,5	87,3	97,2
.5	92,6	94,3	99,8	111,1
7	105,0	106,9	113,0	125,8
.5	118,1	120,2	127,1	141,5
8	132,0	134,3	142,1	158,0
.5	146,6	149,2	157,8	175,5
9	162,2	164,8	174,3	193,8
.5	178,1	181,2	191,6	213,1
10	195,0	198,4	209,8	233,0
.5	212,6	116,3	228,7	254,2
11	231,0	135,0	248,5	276,0
.5	250,1	254,5	269,0	299,0
12	270,0	274.7	290,4	322,5
.5	290,6	295,7	312,5	347,1
13	312,0	317,4	335,5	372,6
.5	334,1	339,9	359,3	399,1
14	357,1	363,2	383,9	426,2
.5	380,6	387,2	409,2	454,6
15	405,0	412,1	435,4	483,4
.5	430,1	437,6	462,4	513,6

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

T=3/2 CORONA=4; 5 MTRS.

	20°	25°	30°
½	5,1	8,4	20,6
1	9,8	15,0	33,0
.5	15,8	23,0	50,7
2	22,6	32,6	70,4
.5	30,8	43,6	92,7
3	39,8	56,1	118,5
.5	50,0	70,0	146,8
4	61,1	85,5	178,8
.5	75,5	102,4	212,9
5	86,8	120,8	250,7
.5	101,3	140,6	291,0
6	116,8	161,9	334,8
.5	133,4	185,3	381,1
7	150,8	208,9	430,9
.5	169,7	234,6	483,2
8	189,3	261,9	539,1
.5	210,3	290,4	597,4
9	231,9	320,6	659,2
.5	255,1	352,1	723,6
10	278,9	385,2	791,4
.5	304,2	419,7	861,8
11	330,1	455,8	935,6
.5	357,9	493,1	1011,9
12	385,9	532,1	1091,8
.5	415,6	572,4	1174,2
13	445,8	614,4	1219,5
.5	477,5	657,7	1348,4
14	510,0	702,6	1440,3
.5	550,5	706,7	1534,6
15	579,2	796,6	1631,2
.5	614,3	845,7	1732,9

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

T=3/2 CORONA=4, 5 MTRS.

	0°	5°	10°	15°
16	456,0	464,9	490,2	544,2
.5	482,6	491,2	518,8	576,0
17	510,0	518,9	548,2	608,5
.5	538,1	547,6	578,5	642,4
18	567,0	577,0	609,6	677,0
.5	596,6	607,1	641,4	711,9
19	627,0	638,1	674,1	748,5
.5	658,1	669,7	707,5	785,5
20	690,0	702,2	741,8	823,6
.5	722,6	735,3	776,8	862,5
21	756,0	769,3	812,7	902,3
.5	790,1	804,0	849,3	943,0
22	825,0	839,5	886,8	984,6
.5	860,6	875,7	925,1	1027,1
23	897,0	912,8	964,2	1070,5
.5	934,1	950,5	1004,1	1114,7
24	972,0	989,1	1044,8	1159,9
.5	1010,6	1028,4	1086,3	1206,0
25	1050,0	1068,5	1128,7	1253,0
.5	1090,1	1109,3	1171,7	1300,8
26	1131,0	1150,9	1215,7	1349,6
.5	1172,6	1193,2	1260,4	1399,2
27	1215,0	1236,4	1306,0	1449,8
.5	1258,1	1280,2	1352,3	1501,1
28	1302,0	1324,9	1399,5	1553,5
.5	1346,6	1370,3	1447,4	1606,7
29	1392,0	1416,5	1496,2	1660,9
.5	1438,1	1463,4	1545,7	1715,8
30	1485,0	1511,1	1595,1	1771,8

TABLAS PARA EL CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

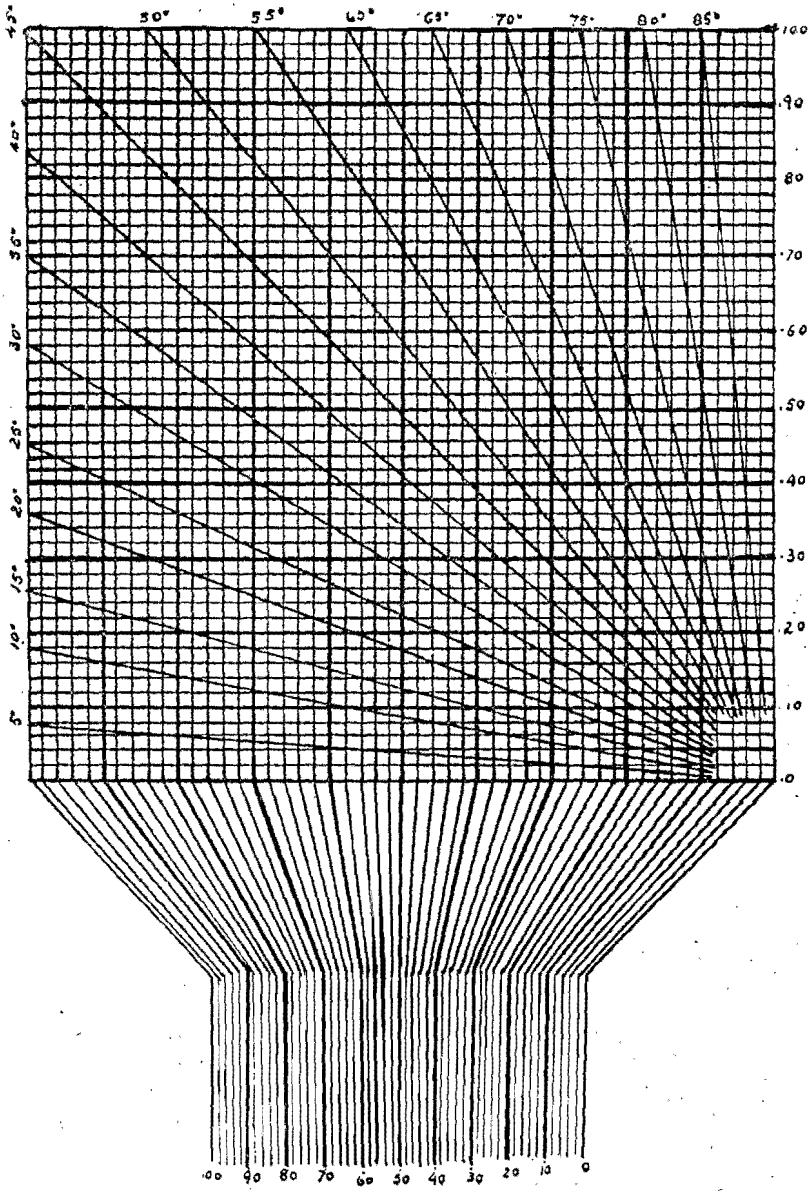
T=3/2 CORONA=4, 5 MTRS.

	20°	25°	30°
16	651,0	896,5	1836,8
.5	688,6	984,5	1943,2
17	728,0	1002,2	2053,1
.5	768,1	1057,2	2165,5
18	809,3	1113,9	2281,4
.5	851,4	1171,8	2399,8
19	894,7	1231,4	2521,7
.5	939,0	1292,3	2646,1
20	984,5	1354,8	2774,0
.5	1030,9	1418,6	2904,5
21	1078,5	1484,1	3038,4
.5	1127,1	1550,8	3174,8
22	1176,8	1619,2	3284,8
.5	1227,5	1688,9	3455,2
23	1279,4	1760,2	3603,2
.5	1332,2	1832,9	3751,6
24	1386,2	1907,1	3903,6
.5	1441,2	1982,7	4058,0
25	1497,4	2059,9	4216,0
.5	1553,5	2137,4	4335,4
26	1612,8	2218,6	4538,4
.5	1672,0	2300,0	4706,6
27	1732,4	2383,1	4876,8
.5	1793,8	2467,5	5049,3
28	1856,4	2553,5	5225,3
.5	1919,9	2640,8	5403,8
29	1984,6	2729,8	5585,8
.5	2050,3	2820,0	5770,3
30	2117,2	2911,9	5958,3

Diagrama para buscar la inclinación del terreno para el cálculo de movimiento de tierra en planos de escala $\frac{1}{2.000}$

Instrucciones: Colóquese el o sobre una curva cualquiera y cuéntese los metros verticales hasta que coincida una curva con una línea horizontal del diagrama. Sígase esta línea horizontal hasta la intersección con la vertical que marca el mismo número de metros, la radial que pasa por ese punto de la intersección dará el ángulo buscado.

(Véase el diagrama en la página siguiente).


50°
55°
60°
65°
70°
75°
80°
85°
45°
40°
35°
30°
25°
20°
15°
10°
5°
.100
.90
.80
.70
.60
.50
.40
.30
.20
.10
.0
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Terminado el movimiento de tierra, se sigue con el presupuesto de obras de arte y se hace un cuadro así:

Ks.	Muros	Tubos N.º	Tubos Lar.	Caños N.º	Caños Cubo	Alcantarillas Lar.	Alcantarillas Cubo	Pontones N.º	Pontones Cubo	Puentes Cubo Mam.	Puentes Mam.	Puentes Est. Met.	Viaductos Mam.	Viaductos Est. Met.	Túneles Lar.	Túneles Sec

Para llenar el cuadro anterior se procede así:

A los tubos y alcantarillas se les averigua el largo con dos diagramas donde estén en uno las distintas inclinaciones del terreno, en un papel cuadriculado y en el otro las distintas alturas del terraplén, de 0,50 a 20 metros.

Superponiendo el uno en el otro se ve el largo, o también dibujando las secciones en un papel cuadriculado y midiendo el largo horizontal.

Conocido el largo de los tubos, se averigua su valor comercial el día que se esté haciendo el presupuesto. Los tubos usados son de barro o metálicos.

Para los caños se calculan secciones de 0,30×0,40 y un largo de 4,90.

En las alcantarillas hay que tener en cuenta la fundación,, cuyo ancho es igual a la luz, más el grueso de los dos muros más, una zarpa de 0,20 m. a lado y lado.

El grueso de la fundación es de 0,50 para piedra seca y de 0,40 para piedra pegada. El largo es el de la alcantarilla más lo necesario para las aletas. El modo de cubicar ésto es muy sencillo, pues todo se reduce a buscar el volumen de

figuras conocidas, ya que los muros, fundaciones, etc., son rectángulos.

Para pontones, puentes y muros, se busca el volumen conociendo la altura, grueso y largo en cuanto a las estructuras metálicas, su valor se calcula por el peso al precio del mercado el día que se haga el presupuesto.

En los viaductos se calcula a 4 m^3 de mampostería por metro lineal de viaducto, y en los túneles se calcula una sección de 25 m^2 y un precio que fluctúa entre $ 400 y $ 600 el metro lineal con revestimiento.

Una vez llenado el cuadro de movimiento de tierra y obras de arte, y sacado el promedio de mampostería seca, mampostería pegada, hormigón y volumen de corte y terraplén, por kilómetro, se hace el cuadro de pendiente y curvatura, así:

Km.	Pendiente Sube.		Pendiente Baja		Nivel	Grado de curv. a Izq.	Grado de curv. a Der.	Trayecto en recta	Trayecto en curva
	Pen.	Mts.	Pen.	Mts.					

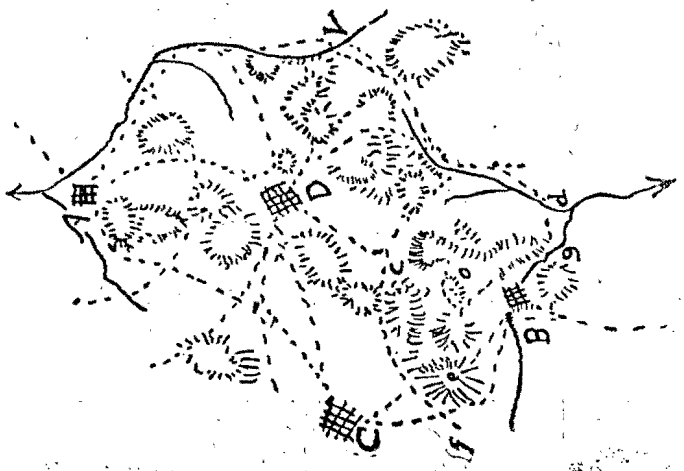
Con los tres cuadros anteriores se comparan las distintas líneas de reconocimiento que se hayan estudiado y se escoge la mejor como línea definitiva, para hacer en ella primero el preliminar y después la localización.

Cuando hay necesidad de hacer desarrollos para bajar de una cordillera a un valle, debe estudiarse en el reconocimiento una zona más amplia de topografía, especialmente en los puntos que se pres-

ten para el desarrollo, sea para el retroceso o para lazos abiertos o cerrados.

Estos desarrollos debe procurarse hacerlos buscando favorecer con ellos una región grande y evitar, en cuanto sea posible, los desarrollos forzados que no favorecen a nadie y son muy difíciles de sostener.

En Antioquia tenemos como modelo de desarrollo forzado el del Limón a Cisneros, en donde hay cinco líneas paralelas en una zona de un kilómetro de ancho, y como caso de desarrollo amplio, que trata de favorecer una región grande, está el de El Pedrero a Cajones, acercándose a Fredonia.

Al final de estos apuntes se ve un modelo de desarrollo en lazo abierto, lazo cerrado y retroceso.

En el reconocimiento se debe, pues, estudiar una zona muy amplia, ver todas las soluciones posibles, comparar unas con otras y escoger, con criterio netamente técnico y económico, la mejor línea. En el croquis que está al final de este capítulo se ve el modo de hacer un reconocimiento de montaña entre los puntos A y B. Las líneas de puntos fueron las distintas soluciones que se encontraron y estudiaron.