

# SIMPLIFICACION DE LAS OPERACIONES

## I CÁLCULOS DE TAQUIMETRÍA

---

La serie de operaciones i cálculos de la taquimetría es bastante fatigosa i complicada para que sea práctica i digna de atencion toda modificacion que conduzca a reducciones apreciables. El retículo ideado i construido por el señor Krahnass disminuye en mucho los cálculos ulteriores de las distancias i alturas, pero conserva un inconveniente grave para toda persona que no desea fatigar mucho la vista. Es la dificultad de leer en la mira por la complicacion i número de líneas gravadas en el retículo, sobre todo a grandes distancias. De aquí que la nitidez de la imájen en el taquímetro corriente le haga preferible para la jeneralidad de los operadores, aun cuando prolongue los cálculos ulteriores.

En ámbos casos queda subsistente la confusion que se produce en las lecturas de mira a largas distancias, en cuyo caso no es posible leer los números en ella grabados, i es preciso contar las divisiones de la mira, trabajo largo, fatigoso para la vista, i espuesto a errores.

Este inconveniente se remediaria usando una mira dividida en centímetros solamente en el metro superior, dejando el resto marcado de sólo cada 50 cm. Colocando los hilos de modo que uno quede sobre una de estas grandes divisiones de la mira i el otro en la parte superior de ésta, se hace instantáneamente la lectura del número jenerador, sin vacilaciones ni dudas, puesto que la cuenta de decímetros i centímetros se hace sólo sobre una amplitud de un metro, i, por decirlo así, gráficamente.

La seguridad que este sistema puede inspirar a un operador es tal que hace innecesaria la comprobacion del número jenerador por la lectura axial.

Para facilitar las lecturas se divide i numera la mira en la misma forma de una escala gráfica, colocando el cero en el punto de separacion de las divisiones pequeñas i grandes, como se ve en la figura. De esta manera el número sobre que se coloca el hilo inferior, da las centenas del número jenerador, leyéndose las decenas i unidades en la parte superior de la mira, dividida en centímetros, donde los números son innecesarios.

Se obtiene por este procedimiento el número jenerador inmediatamente, pero en cambio no es posible leer con exactitud la lectura axial al cero de la mira, bastando jene-

ralmente para ello con el movimiento del tornillo de tangencia del limbo vertical. Esta operacion se hace conjuntamente con la rectificacion del número jenerador despues de su inscripcion en la cartera, rectificacion que se hace siempre con todas las lecturas, i no hai así que considerar ese desplazamiento del hilo axial como una operacion especial, que demanda un tiempo apreciable.

Con el anteojo así dirigido al cero de la mira, se lee el ángulo vertical. Es indudable que al hacer el desplazamiento del hilo axial se ha tomado un ángulo de altura distinto del correspondiente al número jenerador leído, pero es fácil ver que esta variacion no es de consecuencia. Si calculamos el error de distancia  $d.D$  proveniente de un desplazamiento  $e$  del hilo axial, a una altura angular  $\alpha$ , tenemos:

$$d.D = -e \operatorname{sen} 2\alpha$$

Si nos fijamos en que conviene colocar los hilos para leer el número jenerador, i en el desplazamiento necesario del hilo axial para llegar al cero en cada caso, podemos ver que los desplazamientos  $e$  son variables con la distancia, aunque no en proporcion. Así para diversos valores del número jenerador  $G$  se tiene:

Para $G$ comprendido entre 0 i 200, el valor máximo de $e$ es 0,25 m.					
id.	id.	200 i 250,	id.	id.	0,50 m.
id.	id.	250 i 300,	id.	id.	0,75 m.
id.	id.	300 i 350,	id.	id.	1,00 m.
id.	id.	350 i 400,	id.	id.	1,25 m.

Para las distancias intermedias  $e$  es siempre menor que las cifras anotadas. Así para  $G=100$ ,  $e$  es cero, para  $G=200$ ,  $e$  es tambien cero, etc.

A fin de apreciar en cada caso los errores que se cometen, he formado un cuadro de los diversos valores de  $d.D$  deducidos de la fórmula de mas arriba, que va a continuacion:

Angls. Grad. sex. Valores de  $d.D$  para los  $e$  de cada columna. Ambos en metro.

	$e=0,25$	$e=0,50$	$e=0,75$	$e=1,00$	$e=1,25$
5	0,04	0,09	0,13	0,17	0,21
10	0,09	0,17	0,26	0,34	0,42
15	0,13	0,25	0,38	0,50	0,62
20	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80
25	0,19	0,38	0,57	0,77	0,96
30	0,22	0,43	0,65	0,87	1,08
35	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18
40	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23
45	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25

Con las dos tablas anteriores se puede en cada caso estudiar los límites de aplicacion del sistema, en congruencia con los errores admisibles. Haré solamente algunas observaciones para los casos de uso mas corriente del taquímetro.

En la taquimetría mas usual, la empleada para el estudio de los ante-proyectos de ferrocarriles, canales, caminos, etc., se forma jeneralmente un polígono cuyos lados tienen como término medio 200 m i como máximo 300 de longitud. La zona que se estudia raras veces debe pasar de 100 m por costado en terreno accidentado, o de 200 en las partes planas. Los puntos que se toman fuera de estos límites tienen mas bien un objeto ilustrativo, i su posicion puede ser determinada con ménos rigor. El polígono se coloca con sujecion a un plan determinado por los reconocimientos anteriores, i lleva siempre una pendiente en relacion con lo que se proyecta, que raras veces pasa de 5.º

Resulta de esto que las distancias normales máximas a que se visan los puntos no pasa de 200 m, i que pueden ser determinadas por el procedimiento que estudiamos con un error menor de 0,25 m, i cualquiera que sea el ángulo de altura. Resulta tambien que las mas largas distancias i los lados del polígono estarán en pequeñas pendientes, i que hasta ángulos verticales de 10º podrán determinarse con errores menores de 1 : 1000 como se ve en los cuadros anteriores. En el primer caso los errores quedan con mucho mas abajo de los apreciables en la escala de los planos, i en el segundo casi llegan a ese límite, i son tambien el límite de apreciacion de las lecturas de la mira.

En los puntos situados a los costados o límite de la zona de estudio, i en otros mas centrales que un operador diestro reconoce sin esfuerzo, es inútil preocuparse de leer los milímetros, i el número jenerador se determina al centímetro mas próximo. En estos casos no hai inconveniente en llegar con este sistema hasta 250 m para cualquier ángulo, i hasta 15º para toda distancia.

Estas dos limitaciones son bastante fáciles de retener en la memoria para que puedan dar lugar en la práctica a confusiones o pérdida de tiempo. Por otra parte, en ella se encierra casi la totalidad de los casos de aplicacion práctica, como he podido comprobarlo tomando 3,903 puntos de estudios hechos en terrenos accidentados, de los cuales sólo 26 han quedado fuera de las dos limitaciones espresadas. Para los 3,877 puntos restantes se habria podido trasladar el hilo axial al cero de la mira diseñada, anotando para dicha lectura 0 en las carteras.

Cuando los puntos no están en alguna de las categorías espresadas, se trasladará el hilo axial no al cero de la mira, sino a la division mas próxima, de modo que el desplazamiento no pase de 0,25 m, no cometiéndose entónces mayor error de distancia que 0,25 m, cualquiera que sean la distancia i la altura del punto observado. La lectura axial se tomará en la mira tal como aparece de su numeracion, i se anotará en la misma forma.

Si se opera con media estadía, se colocará el hilo axial en una de las grandes divisiones de la mira, leyendo con el hilo superior los centímetros. En tal caso queda inmediatamente colocado el hilo axial para hacer la lectura, i no hai error de distancia. Esa lectura se anota como en el caso anterior.

En los casos en que se quisiera precisar mas todavía la determinacion de las dis-

tancias, se calcularia la lectura axial por las extremas, sin desplazar el hilo axial. Aunque este cálculo no sea tan rápido a causa de la numeracion de la mira, no da lugar a mayores dificultades por la excepcionalidad de los casos de aplicacion.

La exactitud de los números generadores es importante para determinar las alturas. Si para leer esos números nos ceñimos a las reglas anteriores, resultarán errores muy pequeños para las alturas que, cuando se juntan todas las circunstancias desfavorables, se pueden reducir a un máximo absoluto de 0,25 m, necesitándose para ello de ángulos verticales de 45°. Fuera de que semejantes ángulos no se encuentran en la práctica, se puede notar que ese error no puede influir en la colocacion de las curvas de nivel de los planos en tales pendientes. Además el error de relieve seria nulo si la pendiente del terreno fuera constante entre el instrumento i el punto observado o igual a esta pendiente en el espacio errado.

Los cálculos de la altimetría se reducen apreciablemente con este sistema. Las lecturas normales axiales al cero de la mira equivalen en realidad a 3 m uniformemente, i puesto que esta cantidad es siempre sustractiva, bastará hacer la resta de una vez por todos en cada estacion, para que no sea necesario hacerla en cada punto.

Para esto se disminuye la «Cota del Instrumento» de 3 m, cuya cota se calcula entónces por la cota del punto de estacion, mas la altura del instrumento, ménos 3 m. Para calcular las cotas de los puntos visados bastará agregar o quitar a aquella el cateto vertical o altura calculada por las tablas. Sólo habrá que exceptuar los puntos cuya lectura axial es distinta de cero, pasando por un cálculo intermedio que se reduce a «agregar» la lectura de mira. Estas sumas excepcionales son muy fáciles, puesto que se tratará siempre de números redondos. La «adición» de estas lecturas proviene de la numeracion de la mira i de haberse ya restado 3 m a las cotas instrumentales.

A fin de evitar errores o equivocaciones posibles, es conveniente proceder primero al cálculo de las cotas de los puntos excepcionales, que son muy pocos, para continuar con los demas, que son objeto de un cálculo uniforme i sencillo.

Se acompaña al presente estudio un modelo de cartera, que posee las columnas necesarias i suficientes para hacer las anotaciones i cálculos. Su disposicion se acerca en lo posible a las carteras comunes de taquimetría para facilitar su uso. La reduccion del número de columnas ha permitido dedicar un espacio suficiente para los croquis, dejando así consignado en una sola cartera todos los elementos necesarios para ejecutar los planos.

Las columnas (1) a (5) sirven para recojer datos, (6) a (9) para los cálculos: la (10) se ha dejado a la derecha, aparte de las primeras, para la comodidad en el resto de las operaciones i en el dibujo del croquis.

Supongamos para fijar las ideas, que se levanta un polígono conforme a las indicaciones anteriores, cuyos elementos sean los marcados en el modelo de cartera adjunto. Los vértices están marcados con los números naturales i los puntos secundarios con letras.

En la columna (1) se anotan indiferentemente los puntos de estacion i los observados: basta dejar un renglon en blanco entre dos estaciones para que se distinguan. Además frente a los puntos de estacion no se anotan ángulos ni número generador. Allí la lectura

Puntos	ÁNGULOS				Lectura axial	Número Jenerador	Distancia Horizontal	ALTURA		COTAS		OBSERVACIONES I CROQUIS
	Horizontal		Vertical					Sobre la horizontal +	Bajo la horizontal -	De la lectura axial	Del punto	
	°	'	°	'								
(1)	(2)		(3)		(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)
<i>I</i>	—	—	—	—	1.47	—	—	—	—	248.65	250.18	Las cotas axiales están disminuidas de tres metros en toda la cartera, por haberse usado una mira especial.
<i>a</i>	187	25	8	47	—	89.5	87.3	13.50	—	—	262.15	
<i>b</i>	79	10	6	25	—	170.0	167.8	18.88	—	—	267.53	
<i>c</i>	6	50	0	15	—	177.0	177.0	0.93	—	—	249.58	
<i>d</i>	85	20	23	20	1	241.0	202.8	37.61	—	336.26	337.26	
<i>e</i>	205	20	89	51	—	121.5	121.5	—	0.32	—	248.33	
<i>f</i>	92	10	87	27	—	98.0	97.8	—	4.36	—	244.29	
<i>g</i>	350	—	4	41	—	65.0	64.6	5.29	—	—	253.94	
<i>h</i>	97	15	26	32	2	247.0	197.7	98.72	—	347.37	349.37	
<i>i</i>	240	—	0	19	—	117.5	117.5	0.65	—	—	249.30	
<i>j</i>	321	10	64	18	1	156.0	126.8	—	60.96	187.69	188.69	
<i>k</i>	269	10	89	40	—	120.0	120.0	—	0.70	—	247.95	
<i>l</i>	95	14	1	08	—	198.4	198.3	3.93	—	—	252.58	
<i>2</i>	—	—	—	—	1.53	—	—	—	—	251.11	252.58	
<i>I</i>	275	14	89	44	—	198.6	198.5	—	0.93	—	250.18	
<i>l</i>	179	23	7	18	—	95.0	93.6	11.97	—	—	263.08	
<i>m</i>	81	30	5	56	—	181.5	179.5	18.66	—	—	269.77	
<i>n</i>	7	—	0	45	—	184.0	184.0	2.41	—	—	253.52	
<i>o</i>	83	10	21	15	1	238.0	206.6	80.40	—	331.51	332.51	
<i>p</i>	207	—	89	12	—	130.5	130.5	—	1.82	—	249.29	

axial indica la altura del instrumento, como que ésta sería la lectura de una mira que se colocara sobre la estaca misma.

En la columna (2) van los ángulos horizontales i en la (3) los verticales, leídos despues del desplazamiento del hilo axial. En la (4) se inscriben las lecturas axiales, de las cuales, como se ha dicho, la de los vértices corresponden a las alturas instrumentales. Cuando esas lecturas son cero, como en el caso jeneral, las he anotado por una raya convencional, a fin de hacer resaltar, para el cálculo, los puntos que tienen otra lectura. La columna (5) sirve para los números jeneradores i la (10) para observaciones i cróquis.

El cálculo se inicia como de costumbre, por determinar los resultados de las columnas (6) i (7), sea por tablas o por gráficos. Se inscriben despues frente a los Vértices las cotas (9) obtenidas de la Nivelacion directa, o a falta de ella, por un cálculo aparte del promedio de las nivelaciones taquimétricas de los Vértices. En la columna (8) i frente a cada punto de estacion se inscribe la «Cota axial del Instrumento», que en este sistema es sólo ficticia, cota que es la suma de la del punto correspondiente, mas la altura del instrumento i ménos tres metros.

Así preparada la cartera se inicia el cálculo de las Cotas axiales de los puntos excepcionales, sumando o restando las alturas respectivas (7) de la Cota axial instrumental (8) e inscribiendo los resultados en la columna (8) A estos resultados se suman las lecturas axiales (4) de los puntos que la tienen, encontrándose con ello la cota de esos puntos, que se inscriben en (9). Para los puntos corrientes, cuya lectura axial es cero, se anotan directamente los primeros resultados en la columna (9), pues nada hai que sumar en ellos.

Hemos necesitado mas tiempo para dar esta esplicacion que el que se ha de emplear prácticamente en las operaciones respectivas.

Si se comparan las operaciones del terreno i los cálculos de la taquimetría corriente con la simplificada que propongo, se puede notar una reduccion bastante apreciable de trabajo i que se llega a la misma, sino a mayor seguridad en los resultados prácticos. Como complemento resulta tambien una simplificacion de las carteras, i la eliminacion de las especiales para los cróquis.

He usado este sistema en el estudio de un ante-proyecto de 100 km de largo, quedando perfectamente satisfecho de su celeridad i de sus resultados. Ningun punto hubo en que se notaran equivocaciones i que no guardaran perfecta similitud con los cróquis. Hecho este levantamiento en el desierto, me pareció desde un principio que este sistema era no sólo conveniente, sino tambien necesario, por cuanto allí el serpenteo de las miras por efecto del calor dura casi todo el día, i las lecturas en la mira ordinaria son demorosas, fatigan la vista i no dan seguridad.

Es, pues, con perfecto conocimiento de causas i de efectos que propongo este sistema, sobre todo cuando se debe operar en zonas o estaciones calurosas i en los casos en que se trabaje a largas distancias, como en los reconocimientos instrumentales. No por esta recomendacion especial exceptúo a los trabajos corrientes de taquimetría.

Santiago, Abril 10 de 1908.

EDUARDO BARRIGA.