

## EL TAQUÍMETRO DE TICHY & STARKE

---

Hoy día existen 5 clases distintas de taquímetros, que no exigen el uso de tablas, de métodos gráficos, o de reglas logarítmicas, para producir los resultados de las mensuras. Son éstos:

- 1, el de Vreuter (aleman),
- 2, „ „ Wagner-Fennel (aleman),
- 3, „ „ Charnot-Mozin (frances),
- 4, „ „ Vrahnass (chileno),
- i 5, „ „ mi referencia.

Únicamente los dos últimos permiten una posición vertical de la mira, mientras que las otras tres clases exigen una posición inclinada de ella, debiendo formar ángulo recto con la visual del anteojo: operación que compromete mucho la exactitud de la mensura, ya que generalmente los operarios no tienen la paciencia necesaria para tener una mira en una posición inclinada i sin moverla, durante varios minutos.

El taquímetro de Tichy i Starke, que vende la casa de Starke i Kammerer, en Viena (Austria), en su aspecto exterior solo se distingue de un teodolito con círculo vertical por una rueda de m\m. 3 centímetros de diámetro, que se halla amarrada al anteojo, debajo del ocular i cuya circunferencia está dividida en 100 partes iguales; pudiendo jirar al rededor de un eje, rectangular al del telescopio.

Admite este taquímetro una inclinación del anteojo de algo mas de 40°. Tiene un círculo vertical de 14 i uno horizontal de 15 centímetros de diámetro, dividido éste último en 360°, i cada grado en

centésimos. El anteojo es analítico, tiene 34 milímetros de abertura i aumenta 28 veces; tambien permite una vuelta entera al rededor de su eje horizontal. No tiene el instrumento repetición, ni brújula, para reducir en lo posible su peso. El taquímetro solo pesa 6,7 kilogramos i con su buena caja 18,6 K. G.; el trípode pesa 6,2 K. G., i la mira 6,5. Estas últimas tienen 3 metros de largo, 2 pequeños niveles i 2 puntales (movibles cada uno en dos sentidos) para apuntalarla; a fin de que se puedan eliminar de una observacion los errores que provienen del movimiento involuntario de la mira.

El precio de este taquímetro en Viena es de 450 florines austriacos (m/m. \$500) i cada mira cuesta 50 florines.

Debido al largo de la mira, admite el instrumento mensuras horizontales hasta 300 M., pudiéndose a tal distancia apreciar perfectamente 5 milímetros; pero necesitándose *entónces* tener a la vista todo el largo de la mira.

La casa de Albert Ott en Kempten (Baviera) vende un taquímetro (llamado "Construcción Tichy i Ott"), que puede funcionar aunque solo se vea una pequeña parte de la mira; pero necesita tablas u otros auxilios para el cálculo de las mensuras reducidas. Además entiendo que los resultados que se desprenden de la observacion de un ángulo diastimométrico muy reducido, nunca podrán tener la misma exactitud que los que se desprenden de la observacion de un trecho bien largo de la mira; sin embargo muchas veces no permiten los obstáculos del terreno aprovechar toda la mira, i en tales casos no sirve el taquímetro de Tichy i Starke, para distancias muy grandes.

Es natural que el funcionamiento de este último aumente la cantidad de operaciones; por efectuarse en el terreno, pero en cambio evita completamente la larga i fastidiosa operacion de calcular en la casa u oficina las distancias i cotas reducidas.

Además con el taquímetro de Tichy i Starke se consigue en muchos casos la comprobacion inmediata del trabajo; al mismo tiempo que errores grandes (v. gr., una mala colocacion de la coma) i errores visibles en el terreno no se pueden cometer con él. Trazando un

polígono con él, colocando el instrumento sucesivamente en los puntos 1, 2, 3, . . . se verifica en el acto una operación anterior con la posterior. Así, por ejemplo, midiendo del punto 7 al 8, i después del 8 al 7 (siguiendo el polígono), ya se tiene forzosamente la comparación, entre las dos mensuras de la distancia i del desnivel entre estos dos puntos, en el terreno mismo. Es cierto que tal comprobación se puede efectuar también con cualquier otro taquímetro; pero entonces se sacrifica su sistema, porque no se acertaría el tiempo dedicado al terreno; que justamente debe caracterizarlo.

A pesar de las consideraciones anteriores, estoy lejos de recomendar el método Tichy i Starke en *todo* caso: lo que quiero es únicamente darlo a conocer, a fin de que el ingeniero pueda elegir el taquímetro mas adecuado para sus fines especiales.

En cuanto a la exactitud, he obtenido resultados muy satisfactorios en distancias, i si no he podido conseguir todavía un éxito análogo en la mensura de los desniveles, atribuyo esto a falta de práctica, ya que las mensuras altimétricas exigen mayor exactitud para dar buenos resultados.

Un error o una variación de 2,5 milímetros en la lectura de la mira cambia la distancia horizontal en 25 centímetros, lo que sobre 100 M. solo representa 0,25 por ciento, pero el mismo error cometido en la observación de un desnivel de 10 M., ya cambia la altura en 2,5 por ciento! Así que cuando un terreno tenga una pendiente media de 10%, entonces hai probabilidad de que las distancias se determinen con una aproximación 10 veces mayor que las alturas.

Debo agregar sin embargo que me refiero aquí a alturas que solo pueden determinarse por centuplicar la lectura de la mira, mientras que en el caso de una pendiente media del terreno de 10%, muchas veces se podrá fijar la altura solo por decuplicar la lectura de la mira.

A este respecto distingue el taquímetro en cuestión 4 casos, que dependen de la inclinación que debe darse al anteojo para ver la mira.

Siendo esta inclinación (sea depresión o sea elevación) menor

de  $0,^{\circ}1$  (=6 minutos), debe tomarse la décima parte del trozo de la mira comprendida entre las dos visuales correspondientes a los dos hilos horizontales del anteojo.

Siendo menor de  $0,^{\circ}6$  (=36 minutos), se calcula el trozo mismo de la mira.

Siendo la inclinacion del anteojo menor de  $5,^{\circ}8$  (=5°48'), deberá multiplicarse el mencionado trozo por 10.

I siendo, en fin, la inclinacion mayor de  $5,^{\circ}8$  (igual mas ó menos a 10%), entonces se debe centuplicarse la lectura de la mira.

Ahora corresponden estos límites respectivamente a las cantidades 0,005; 0,05 i 0,5 de una division especial que tiene una parte del círculo vertical: division que se llama II.

Indicando estos 4 casos o métodos por las letras *a*, *B*, *g* i *d*, resulta de lo anterior, que mas arriba me he referido a los casos *g* i *d*, diciendo que la aplicacion del método *d* exige mucha práctica a fin de producir buenos resultados, i haciendo presente que en este caso *d*, aplicado a un terreno con un declive medio de 10%, las mensuras altrimétricas tendrán una aproximacion 10 veces menor que las mensuras longitudinales.

Aprovechando una estadia en Las Coades, en el cajon del Mapocho, medí con el mencionado taquímetro una pequeña parte del trazado principal del camino carretero que conduce al mineral de Los Bronces (a mas de 3500 M. sobre el nivel del mar) i a varias minas mas.

Principié a una altura de 1700 M. sobre el mar, cuya cota fué determinada aproximadamente por varias mensuras barométricas.

Doí en seguida el resultado de esos ensayos, observando que los 28 puntos del polígono van siempre subiendo, i que los puntos 28 a *p* van siempre bajando hasta la misma cota (1700) de salida. Ademas se refieren las primeras de las 2 mensuras del desnivel (entre dos puntos subsiguientes) a una inclinacion del anteojo hácia:

arriba, para los puntos 1 — 28 ;  
 abajo „ „ „ 28 — *p* .

Por consiguiente se tomó la 2.<sup>a</sup> observacion bajo una inclinacion del anteojo hácia:

abajo, para los puntos 1 — 28 ;  
arriba, „ „ „ 28 — p .

La diferencia entre dos mensuras del mismo desnivel o de la misma distancia toma mayor importancia relacionándola con esos valores; por eso figuran esas diferencias en el siguiente cuadro como partes centesimales de la mensura media.

Puntos observados.	Distancias horizontales.		Diferen- cias en % del valor medio.	Alturas e indicacion del caso de la observacion.		Diferen- cias, en % del valor medio.
	M.	M.		M.	M.	
1 i 2	123,9	123,7	0,16	9,79; <i>g</i>	9,83; <i>g</i>	0,40=
2 „ 3	80,0	79,9	0,13	8,44;“	8,36; <i>d</i>	0,96
3 „ 4	127,5	127,5	0,00	9,58;“	9,64; <i>g</i>	0,62=
4 „ 5	62,7	62,5	0,32	5,91;“	5,71; <i>d</i>	3,44
5 „ 6	19,8	19,8	0,00	2,08;“	2,12;“	1,90
6 „ 7	32,1	32,0	0,31	3,00;“	3,00;“	0,00
7 „ 8	32,5	32,5	0,00	2,49;“	2,49; <i>g</i>	0,00=
8 „ 9	118,6	118,5	0,08	13,02; <i>d</i>	12,96; <i>d</i>	0,46=
9 „ 10	163,6	164,2	0,37	15,31; <i>g</i>	15,35; <i>g</i>	0,26=
10 „ 11	96,7	96,6	0,10	11,08; <i>d</i>	11,16; <i>d</i>	0,72=
11 „ 12	22,6	22,6	0,00	2,21; <i>g</i>	2,15;“	2,75
12 „ 13	94,0	94,1	0,11	9,51;“	9,19;“	3,42
13 „ 14	85,8	85,3	0,58	13,86; <i>d</i>	13,40;“	3,37=
14 „ 15	106,1	106,1	0,00	11,99; <i>g</i>	12,09;“	0,83
15 „ 16	35,2	35,2	0,00	2,54;“	2,50;“	1,59
16 „ 17	107,4	107,2	0,19	12,08; <i>d</i>	12,18;“	0,82=
17 „ 18	45,7	45,8	0,22	4,76;“	4,90;“	2,90=
18 „ 19	109,9	109,5	0,19	11,39; <i>g</i>	11,05;“	3,03
19 „ 20	54,0	54,1	0,19	6,45;“	6,43; <i>g</i>	0,31=
20 „ 21	90,2	90,1	0,11	8,97;“	9,01;“	0,44=
<i>Al frente.. ....</i>	1608,3	1607,2	3,06	164,46	163,52	28,22

Puntos observados.	Distancias horizontales.		Diferen- cias, en % del valor medio.	Alturas e indicacion del caso de la observacion.		Diferen- cias en % del valor medio.
	M.	M.		M.	M.	
<i>Del frente.....</i>	1608,3	1607,2	3,06	164,46	163,52	28,22
21 i 22	243,0	243,5	0,21	21,52;g	21,72;g	0,93=
22 „ 23	84,3	84,7	0,47	6,48;“	6,46;“	0,31=
23 „ 24	94,1	93,7	0,43	6,97;“	6,93;“	0,57=
24 „ 25	233,0	232,8	0,09	19,16;“	19,10;“	0,31=
25 „ 26	62,4	62,2	0,32	5,55;“	5,51;“	0,72=
26 „ 27	126,0	126,0	0,00	13,95;“	14,33;d	2,69
27 „ 28	68,4	68,6	0,29	6,90;“	6,92;g	0,29=
27	2519,5	2518,7	4,87	244,99	244,49	34,04
	Diferencia 0,80 M.		0,18	Diferencia 0,50 M.		1,26
28 i a	213,8	214,0	0,09	17,13;g	17,18;g	0,29=
a „ b	38,2	38,3	0,26	5,10;d	5,10;d	0,00=
b „ c	224,0	224,6	0,27	22,00;g	22,01;g	0,05=
c „ d	178,2	178,8	0,34	13,14;“	13,31;“	0,29=
d „ e	253,4	252,2	0,47	23,19;“	23,27;“	0,34=
e „ f	77,1	76,8	0,39	7,63;“	7,53;“	1,32=
f „ g	194,3	195,3	0,51	20,25;“	20,85;“	2,92=
<i>A la vuelta....</i>	1179,0	1180,0	2,33	108,44	109,25	6,21

Puntos observados.	Distancias horizontales.		Diferencias, en % del valor medio.	Alturas e indicacion del caso de la observacion.		Diferencias, en % del valor medio.
	M.	M.		M.	M.	
De la vuelta...	1179,0	1180,0	2,33	108,44	109,25	6,21
g i h	119,8	120,2	0,33	12,88; <i>g</i>	12,90; <i>g</i>	0,16=
h „ i	134,0	133,6	0,30	19,35; <i>d</i>	19,61; <i>d</i>	1,33=
i „ j	86,2	86,5	0,35	10,17; <i>g</i>	10,16; <i>g</i>	0,10=
j „ k	197,0	197,0	0,00	23,36;“	23,13;“	0,99=
k „ l	125,6	125,5	0,08	14,09;“	14,18;“	0,64=
l „ m	288,0	Invisible	?	24,15;“	23,59;“	2,35=
m „ n	48,8	48,7	0,21	2,23;“	2,24;“	0,45=
n „ o	156,2	156,0	0,13	12,38;“	12,36;“	0,16=
o „ p	204,1	204,4	0,15	18,02;“	17,83;“	1,06=
16	2538,7	2251,9	3,88	245,07	245,25	13,45
m - l	... sea ...	288,0	Dividi-			Dividi-
		2539,9	do por			do por
			16			16
	Diferencia=1,20 M.		0,24	Diferencia=0.18 M.		0,84

Los puntos 1-28 siguen el camino carretero (siempre subiendo) i los puntos 28-p siguen un trazado arbitrario (pero siempre bajando).

La diferencia entre los promedios de las dos série de nivelaciones taquimétricas, o  $245,16 \div 244,74$ , solo es de 0,42 M.



Del cuadro anterior resulta en primer lugar la siguiente esposicion:

DESCRIPCION	Puntos	Puntos	En
	1-28	28-p	conjunto
Número de mensuras dobles.....	27	16	43
Distancia media medida (M.) ....	2519,1	2539,3	5058,4
„ „ de cada mensura.....	93,3	158,7	117,6
Mayor error a las distancias, en % de la respectiva distancia media.....	0,58	0,51	<u>0,58</u>
Error medio en las distancias, id., id.....	0,18	0,24	0,20
Altura total medida (metros).....	244,74	245,16	489,9
„ media de cada mensura.....	9,06	15,32	11,39
Mayor error en las alturas, en % del respectivo desnivel medio.....	3,44	2,92	<u>3,44</u>
Error medio en las alturas, id., id.....	1,26	0,84	1,10

De esta esposicion se desprende, que en gran promedio se ha obtenido una aproximacion de 99,8 % sobre distancias de 117,60 (o sea un error de 0,24 M.), i de 98,9 % sobre desnivel de 11,39 M. (o sea un error de 0,13 M.); ahora suponiendo que los verdaderos valores de distancias i desniveles se acerquen al promedio aritmético de las 2 mensuras de cada incógnita, debemos solamente calcular la mitad; así que seria el error medio:

$$\text{en las distancias} = 0,1 \% \text{ de ellas} = \frac{1}{1000}, \text{ i}$$

$$\text{en las alturas} = 0,55 \% \text{ de ellas} = \frac{1}{180} .-$$

A pesar de que el tratado alemán sobre este taquímetro de A. Schell (Viena, 1880) le atribuye una exactitud muy superior en la vertical, he preferido comunicar lo que prácticamente he podido conseguir (trabajando en buenas condiciones de tiempo, sol, viento, jente, etc., i evitando en días de mucho sol las cuatro horas de demasiado vibración de la atmósfera  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ ).

De todos modos no hai inconveniente en fijar la altura de las estaciones de un polígono (cuya determinación es mas importante que la de los puntos intermedios del terreno) por el cálculo de la tanjente; ya que el cálculo vertical permite tambien la lectura directa del ángulo vertical en grados, i que el promedio de las distancias ha podido determinarse con bastante aproximación; no exigiendo p. e. un anteproyecto de un ferrocarril mayor exactitud. Pero tal procedimiento cuesta mas tiempo que la sencilla determinación taquimétrica de los desniveles.

He examinado si existe alguna relacion entre las inexactitudes i el valor de las distancias i alturas: fenómeno que se explicaria talvez por una vista corta. Con este objeto he clasificado las distancias i desniveles por órden de su valor, repartiéndolas en seguida en cuatro grupos de a 10 u 11 observaciones, i tomando por fin el promedio de las distancias i alturas de cada grupo, junto con el promedio de las diferencias en el tanto por ciento. He aquí el resultado:

Número de distancias	DISTANCIAS HORIZONTALES	Número de alturas	ALTURAS O DESNIVELES
11	41,26 M con 0,17%	11	3,84 M con 1,28%
11	87,51 „ „ 0,27 „	11	8,67 „ „ 0,83 „
11	128,38 „ „ 0,17 „	11	13,10 „ „ 1,25 „
9	215,74 „ „ 0,24 „	10	20,82 „ „ 0,96 „

No es posible deducir de estos 85 ensayos alguna proporción entre el valor de las medidas i su error; lo que confirma la teoría de este taquímetro i que prueba al mismo tiempo que el telescopio es muy bueno, i que el sistema de apuntalar las miras asegura mucho la exactitud de las operaciones.

Los signos (=) en la última casilla del primer cuadro indican que ambas medicuras alimétricas hayan sido efectuadas por el mismo método, mientras que la ausencia del tal signo indica que una vez se encontró el observador en el caso *g* i la otra vez, para la remensura, en el caso *d*.

En el primer caso se podrían esperar diferencias mas pequeñas, sobre todo cuando ambas operaciones hayan podido hacerse por el método *g*.—Revisando estos signos, se observará p. e. que las medicuras entre los puntos 13 i 14 han sido muy defectuosas, mientras que la diferencia de desnivel, hallados entre los puntos 4 i 5; 12 i 13 i 18 i 19 pierden algo de su importancia.

Una vez colocado i ajustado el taquímetro i las 2 miras, me costó la determinación de cada estación o punto, en término medio, seis minutos, incluyendo el tiempo para anotar todos los datos de la medición (el ángulo horizontal tambien) i para comparar una remensura con la primera; entendiéndose que en ese tiempo ya tenia apuntado en la libreta la cota definitiva i la distancia reducida al horizonte.

Creo que con bastante práctica podrá reducirse ese tiempo.

El procedimiento para medir es sencillísimo:

El anteojo tiene en el campo de vista, en vez de hilos, dos punteros o manos horizontales: el superior (en realidad el inferior) es fijo; el inferior es movable por medio de la rueda, mencionada ya al principio de esta descripción.

1. Después de haber medido el ángulo horizontal, se dirige el puntero firme—por el movimiento del anteojo—sobre un número redondo de la mira: al cero, si es posible, i si no, a 0,10 M.; 1 M.; etc., apuntando este número.

2. En seguida se hacen dos lecturas sobre el círculo vertical: una

a la izquierda, se relaciona con la altura, llamándose  $H$ , i la otra, a derecha, se refiere a la distancia, llamándose  $D$ . Estas lecturas se anotan tambien en la libreta.

3. Ahora se jira la rueda hasta que indique  $H$ , con cuya operacion se arregla la distancia entre la mano movible i la fija; i se procede:

4. A la lectura de la visual del puntero movible sobre la mira. Disminuyendo este número con la indicacion sobre la mira del puntero firme (cuyo número ya se conoce), se tiene directamente la distancia vertical entre la horizontal del anteojo i este punto arbitrario de la mira, indicado por la punteria del hilo fijo (tomando en cuenta los casos  $a$ ,  $B$ ,  $g$ , o  $d$ , segun he esplicado mas arriba).

5. Despues se jira la rueda una segunda vez, hasta que se indique la lectura  $D$ , i se hace otra vez:

6. La lectura del trozo de la mira, comprendido entre los dos punteros, cuya lectura da directamente la distanचा horizontal.

Naturalmente es indiferente, si se determina primero la distancia o el desnivel; como igualmente puede suprimirse del todo una de estas dos operaciones.

Siendo tan sencilla la mensura de desniveles grandes, se recomienda—en el caso de tratarse de puntos importantes, tal como lo son las estaciones del taquímetro—medirlas dos veces; siempre si se quiere evitar la operacion mas larga de calcular la tanjente (para lo cual seria ademas indispensable llevar consigo las tablas de Bremiker, Berlin, 6.<sup>a</sup> edicion, 1892; que tienen la subdivision centesimal del grado).

Cambiando, para la segunda mensura, la punteria de la mano firme, i haciendo otro tanto de la estacion siguiente (hácia la anterior), se podrán obtener, en pocos minutos, cuatro observaciones distintas del mismo desnivel; lo que permitirá su determinacion con todo la exactitud, que se puede esperar la taquimetría.

Santiago, Diciembre de 1897.