
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

SUMARIO.—El taquímetro chileno, por Alfredo Krahnas.—Los últimos estudios del puerto de Valparaiso (continuacion), por Domingo Casanova O.—Actas.—Bibliografía.—Revistas recibidas.

EL TAQUÍMETRO CHILENO

INTRODUCCION

1.—Creo muy probable que ninguno de los constructores de *Pseudo-Taquímetros*, (como Richer, Brosset, Morin, Charnot, Troughton, Salmoiraghi, Tesdorpf i muchos otros que no recuerdo), nunca hayan consultado a los ingenieros-operadores prácticos respecto de si les convenia suprimir el cúmulo de tiempo perdido, de cálculos i de errores orijinados por la *constante analítica*, el *número jenerador* de Moinot, la *reduccion al horizonte*, el *cateto vertical*, las *reducciones de rumbos* i el *empleo de un factor diastimométrico que no sea 100* exactamente.

Sólo en este último punto han consentido *uncierto número* de fabricantes, no todos, en oír las justas quejas de los operadores.

Declaro desde luego que, si los constructores rechazan unánimemente las disposiciones de la lente analítica i la reduccion automática de Porro, (no conocen todavía, salvo Tychy i su constructor, Starke, la *auto-altimetría*), bajo varios pretextos i todos engañosos, es únicamente para poder continuar haciendo pingües ganancias con sus *teodolitos provistos de una estadía*, que no son otra cosa, cuyo costo a lo sumo será veinte francos mas que un simple teodo-

lito de igual dimension (1). Ninguno de ellos se ha dignado comparar prácticamente la luz i nitidez de las imágenes de dos anteojos de *igual poder i dimension*, uno analático, el otro nó.

Para rechazar la reduccion automática, alegarán talvez que el resultado es inexacto; que un aparato en el que los rozamientos son inevitables se gastará mui pronto; i ademas, que la interposicion de otra lente hará perder muchísima luz.

Indudablemente, todo ello sucederá si el constructor no quiere renunciar a las pingües ganancias ya aludidas.

Pero si se resigna a emplear buenos (i caros) objetivos (2); a ejecutar un mecanismo bueno (i caro); a estudiar siquiera, una vez por todas, una buena combinacion de focos para sus lentes analáticas, reductoras i oculares (cuyo estudio cuesta tiempo i dinero), ninguno de los inconvenientes aludidos tendrá lugar.

I en compensacion de resignarse los fabricantes a ganar ménos en cada instrumento i a suministrar taquímetros verdaderos, el gremio de operadores les compraria miles de taquímetros, miéntras que hoi no se les compra ni siquiera por centenas.

Es indiscutible que si el comprador de un instrumento, desea que éste ademas de ser puramente taquímetro, grande, lujoso i susceptible de triangulaciones esmeradas, el precio de tal instrumento habrá de ser elevado, como lo es el de un simple teodolito que llene tales condiciones.

Pero si un comprador, recién recibido de ingeniero, desea *nada mas que un taquímetro* bueno, las condiciones que envuelve esa palabra, se hallan, casi todas, en el tipo sencillo i barato, conocido

(1) Deben exceptuarse Troughton i Salmoiraghi, puesto que dan siquiera objetivos excelentes i anteojos poderosísimos. Pero los aparatosos objetivos de Richer, Brosset, Morin i otros son casi de última clase.

(2) En cuanto a *objetivos buenos*, a mas de los de Troughton Simms i de Salmoiraghi, debo citar los verdaderamente *excelentes* de Starke i Kammerer, (Viena) con los que, con un diámetro mui moderado de 32 a 33 milímetros, el taquímetro Tychy da una amplificacion de 30 diámetros, con una luz tan brillante i nitidez de imagen tan perfecta que podrian seguramente dar hasta 40 diámetros, con luz aun mui suficiente. I nótese que *tienen lente analática*, así como los de Troughton i de Salmoiraghi.

bajo el nombre de *Pantómetro*; i para llenarlas todas, bastaria reemplazar al actual anteojo de vision natural de esos instrumentos por otro, no mas largo, pero de ocular astronómico, (para ganar amplificación sin alargar el anteojo); reemplazar tambien a la actual division en grados del círculo vertical por la division en tanjentes, (de centésima en centésima), i agregar, en el plano focal del ocular, mis micrómetros reductores i altimétricos. Se concibe fácilmente que dichos cambios i supresiones aplicados al pantómetro, pero *sin variar su tipo ni dimensiones*, i bajo forma de un *modelo único*, ejecutado por *obreros baratos i con las mismas máquinas* que los pantómetros actuales, merecerian apenas un leve aumento de precio respecto del actual (1).

Peró los fabricantes europeos explotan i *fomentan* la ignorancia en que se hallan muchos ingenieros de las *condiciones que bastan para un taquímetro*, i de las que *fácilmente i a poco costo* pueden ser realizadas en sus fábricas, provistas de toda la maquinaria necesaria i de obreros malamente pagados.

De aquella ignorancia resulta que los compradores pagan a precios exorbitantes simples *teodolitos con estadía*, en lugar de taquímetros.

2.—Pasemos al exámen de las condiciones que debe llenar un taquímetro.

Conviene formarse un concepto cabal del exceso inútil de *tiempo*, de *espacio* (en la cartera), de *cálculos* aridísimos i de *errores*, orijinados por los métodos taquimétricos comunes, que son, con pocas variaciones, el de Moinot.

Dejando a un lado las anotaciones *inevitables*: estaciones, puntos, rumbos, inclinaciones, interseccion axial, distancia reducida, ca-

(1) He trasformado en esa forma un pantómetro mio, hace poco tiempo, i conseguido fácilmente una buena imájen con amplificación de 25 diámetros sin modificar en nada el tamaño de la caja del instrumento, el que constituye desde entónces un excelente taquímetro reductor i altimétrico, i, ademas, *livianísimo*.

teto vertical, desnivel, altitud del plano de nivel, cota del terreno i observaciones, ¿cuánto cuestan indebidamente las inútiles operaciones siguientes?

1.^a—Inscribir en una primera columna superflua las dos lecturas destinadas a suministrar el número jenerador.

2.^a—Restarlas e inscribir la resta, multiplicada por 100, en una segunda columna superflua (1).

3.^a—Calcular la interseccion axial en lugar de leerla directamente.

4.^a—Calcular la reduccion al horizonte.

5.^a—Calcular el cateto vertical.

6.^a—Calcular, aunque esto en el escritorio, las reducciones de rumbos.

En suma, seis operaciones *absolutamente indebidas* i esto para cada punto observado!

Así es que el operador que ha observado, en un dia, siquiera 200 puntos, (i no es mucho, pues hay quienes observan 500), tiene que paralizar sus operaciones *todo el dia siguiente* para efectuar los 1,200 cálculos orijinados por los 200 puntos observados, a mas de los cálculos *inevitables* de desniveles, altitudes del plano de nivel i cotas del terreno, pero que son muy breves.

Si el operador tiene un ayudante calculador podrá continuar sus operaciones, *sin saber qué terreno pisa*; quiero decir, sin saber si sus operaciones del dia anterior son buenas o malas, útiles o inservibles, circunstancia de poco momento tratándose de simple topografía, pero de interes capital en trazados i reconocimientos.

En una palabra, la taquimetría por el método Moinot es aplicable únicamente a topografía i cuando se dé poca importancia a la economía de tiempo, de dinero i de errores.

(1) Otra columna superflua e irracional es la de la *altura del anteojo encima de la estaca*, la que, siendo un simple *golpe atras de nivelacion*, DEBE ser inscrita en la columna de *desniveles*, que no emplea Moinot porque le falta el espacio para ello, gracias a sus *cuatro columnas superfluas*; porque a las tres ya enunciadas, Moinot agrega todavía otra mas, empleando una doblecolumna de *alturas ascendentes i descendentes*, en lugar de una sola, con los signos + i —, i esponiéndose a las confusiones de columnas, tan fáciles de cometer cuando se tiene que calcular 200 a 500 puntos cada dia.

Pero ésa no es taquimetría.

La palabra *taquimetría* escluye terminantemente todas las causas de error i de pérdida de tiempo i dinero que puedan ser evitadas.

3.—En el oríjen de la taquimetría, el número *jenerador* tuvo su razon de ser; pero tan luego como alguien (?) ideó el gran mejoramiento, que consiste en *elejir la situacion del pelo superior en la mira*, haciéndolo caer siempre en un metro cabal (sin fraccion), el uso del número *jenerador* debia inmediatamente desaparecer, así como el singular e irracional método de *calcular la interseccion axial*, sin leerla, cosa que es realmente un colmo de cálculo-manía!

Y hasta tal grado ha llegado esa cálculo-manía, que se han calculado para ello unas tablas especiales, i forzosamente voluminosas, puesto que tienen que consultar una infinidad tanto de inclinaciones como de alturas interceptadas, para ser prácticamente útiles.

¡Es de no creerlo!

Mientras mas se calcula mas se yerra, i para evitar yerros no basta siempre calcular dos veces!

4.—Debido al abuso de columnas superfluas, Moinot se ha visto obligado, por falta de espacio, a suprimir la *indispensable* columna de *desniveles* i a acumular en una sola *cotas del instrumento* i *cotas de mira*, cuya supresion i acumulacion son lo mas irracional que se puede dar.

La cota del instrumento que debe ser llamada, racionalmente i sin confusion posible, *altitud del plano de nivel* debe quedar *tan visible i aislada como sea posible* en su columna, puesto que ella es la que sirve para obtener, *por simples restas algebraicas*, todas las cotas del terreno, imitando, en ello, la mui racional i perfecta *cartera inglesa* de nivelacion, de la que Moinot ha pretendido, evidentemente, apartarse cuanto pudo.

5.—Es cosa evidente que la perfeccion taquimétrica consistiría en poder leer i anotar *directamente*, en el terreno, los datos siguientes, sin cálculo alguno:

Rumbo EXACTO, distancia horizontal i cota del terreno; pues únicamente ellos son los que se necesita obtener.

Aunque el primero sea fácil de obtener por mi método del *paralelismo constante* o *continuo* del diámetro $0^{\circ} - 200^{\circ}$, que explicaré mas adelante, la casi totalidad de los operadores no lo obtiene sino por medio de la mui laboriosa i *peligrosa reduccion de rumbos*.

El segundo de los datos deseados, *distancia horizontal*, ha sido obtenido directamente desde 1824, por José Porro, por medio de su mui ingenioso i sencillo aparato *reductor automático*, que la suministra con exactitud mui suficiente para topografía, aunque no bastante para trazado.

Algunos inventores, como los señores Peaucellier i Wagner en su *Metrógrafo*, 1870, lo han aceptado con mui poca variacion, i yo igualmente, en el Taquímetro chileno, 1883.

Por mi parte he construido en 1884, i para mi propio uso *mi micrómetro auto-reductor*, el que suministra, *con exactitud i para toda inclinacion*, la distancia horizontal, sin cálculo ninguno.

6.—En cuanto al tercer dato, *cota del terreno*, ningun inventor, que yo sepa, ha podido imaginar un medio de obtenerlo *directamente* (1).

Todos se han visto reducidos al método *indirecto* de la medida del cateto vertical, i, por consiguiente, obligados a aceptar los elementos indispensables de dicha medida: inclinacion, interseccion axial, cateto, desnivel i altitud del plano del nivel.

La inclinacion i la interseccion axial son leídas directamente sin dificultad; pero nó el cateto.

El inventor Tychy ha ideado, hace pocos años, un ingenioso, pero *costoso i lento* taquímetro, que suministra la *auto-reduccion* i

(1) Tratándose de instrumentos *sin mecanismo fácilmente alterable*.

la *auto-almetría*. Por mi parte, he completado en 1893 mi método por la contrucción de mi *micrómetro auto-almétrico*, con el que el cateto se lee directamente en la mira con la aproximacion de un centímetro, i sin mecanismo alguno en el instrumento.

Pero construiré dentro de poco un mecanismo tan sencillo como el reductor de Porro, i que será *almétrico-automático*.

7.—No puede ser motivo de estrañeza el que las ideas de: *analitismo*, division en *tanjentes* del círculo vertical, *reduccion automática*, *auto-reduccion*, *auto-almetría*, *almetría-automática*, etc., se encuentren hasta hoi diseminadas entre muchos instrumentos taquimétricos.

No todo se le ocurre a cada inventor.

José Porro, con toda su fecunda inventiva e intelijencia clara de las necesidades prácticas i teóricas de la taquimetría, (inventada por él) no halló i talvez no buscó la auto-almetría, ni siquiera el círculo de tanjentes, casi tan rápido como la auto-almetría.

Sauguet, con mucha anterioridad a Tychy i a mí mismo, solucionó bien el doble problema, pero por medio de un instrumento defectuoso como exactitud, mecanismo i duracion, aunque mui sencillo.

Tanto Tychy como yo hemos resuelto el doble problema en instrumentos *inalterables*, especialmente mi *segundo tipo*, que no contiene mecanismo alguno.

Otros muchos han solucionado el doble problema por medio de combinaciones, tan injeniosas como se quiera, pero con tanta complicacion de mecanismos que tales instrumentos no son buenos mas que *dentro de la vidriera* del óptico que les ofrece en venta.

8.—Para obtener, por medio de instrumentos inalterables o casi inalterables, la supresion de los cálculos de reduccion al horizonte, el

inventor está obligado involuntariamente a usar una de las tres soluciones siguientes:

1.^a La de Porro: mecanismo mui sencillo i duradero, de reduccion puramente óptica, con estadía de tamaño invariable.

2.^a La de Tychy: mecanismo mas sencillo aun, mas duradero i *mas exacto*, (es un tornillo micrométrico) i con estadía de tamaño variable.

3.^a La mia: enteramente inalterable, sin mecanismo alguno, puesto que consiste en un micrómetro grabado en cristal i es aun mas exacta.

Para obtener, en condiciones instrumentales igualmente buenas, la supresion de los cálculos de altimetría, hai tambien tres soluciones:

1.^a El *círculo vertical de tanjentes*, que construí desde 1883 para el señor Hanley de Lacy i veo que Tesdorpf lo acepta en sus taquímetros desde hace pocos años atras.

2.^a La *estadía variable* de Tychy, movida por un tambor micrométrico.

3.^a El *micrómetro auto-altimétrico*, sin mecanismo, que construyo desde 1893.

En homenaje a la verdad, es preciso declarar que, si el taquímetro de Sanguet no estuviera basado en un mecanismo de *poca duracion i exactitud*, ese instrumento resolvía con felicidad i mucha sencillez el doble problema de la reduccion automática i altimetría rapidísima.

9.—Mi primer tipo, que llamé *Taquímetro chileno* i que construí en setiembre i octubre de 1883, es: *reductor automático i auto-altimétrico*. Mi segundo tipo, que construí parcialmente en 1884, es *auto-reductor* por su micrómetro; i *altimétrico rápido* por su círculo de tanjentes. Lo completé en 1893 por mi micrómetro *auto-altimé-*

trico, aunque sin renunciar al círculo de tanjentes cuyo uso es de indispensable utilidad para el cotejo rapidísimo de la altimetría de los puntos de estacion del instrumento.

El primer tipo no es aplicable sino a los anteojos invariablemente unidos a sus muñones, mientras que el segundo se aplica a cualquier clase de anteojo.

Ambos tipos son *analíticos centrales*; con *círculo vertical de tanjentes* (centésimas de inclinacion); con *division centesimal* en su círculo horizontal (1); ambos son *auto-altimétricos*; están provistos de una *ampolla de reversion* (de dos caras paralelas) unida al anteojo (no a los nonios del círculo vertical); como tambien de mi *anteojo-brújula* i de mi aparato *automático de inclinacion constante*.

No hai para que decir que ambos tipos son de *estadía centesimal* (2); los micrómetros altimétricos son de *estadía decimal*.

Esos dos tipos realizan el propósito que formé en 1876 i 1877, de *suprimir todos los cálculos i anotaciones posibles*.

I, conforme al mismo propósito, he suprimido el número jenerador i adoptado la *lectura directa de la interseccion axial*, así como el método del *paralelismo absoluto i continuo del diámetro 0°—200°* en todas las estaciones, (para suprimir las reducciones de rumbos); adoptando tambien el *uso esclusivo de los centésimas enteras de inclinacion*, (sin nonios, pero con un simple índice unilineal); el método tan sencillo i cómodo de la *eleccion de la inclinacion*; el no ménos importante de la *alteracion pequeña de la inclinacion* (para evitar al número jenerador i una de las lecturas, tanto para distancias como para alturas.)

I para hacer a mis taquímetros adaptables a todas las circunstancias, he agregado un *micrómetro de milésimas de inclinacion* (para estacar i trazar con inclinaciones exactas de milésimas i medios milésimas sin inclinar el anteojo); una *estadía de trazos verticales* (para usar la mira horizontal cuando se ofrece el caso); i, por

(1) Condicion de gran comodidad práctica, aunque no indispensable.

(2) Es absurdo, anti-taquimétrico, el emplear un factor que no sea 100 o 10.

fin, una division o *círculo curvógrafo* en el círculo horizontal, para trazar automáticamente curvas circulares sin cálculos i sin lecturas de nonios.

No hai por que agregar que empleo la *mira natural* dividida en metros, decímetros i centímetros naturales. (1)

PRIMER TIPO DEL "TAQUÍMETRO CHILENO"

(REDUCTOR AUTOMÁTICO) (2)

10.—Despues de ver i apreciar los resultados que, en manos del señor Hanley de Lacy, dió mi taquímetro reductor automático, en su campaña de 1883, entre Victoria i Temuco, el señor don Aurelio Lastarria resolvió mandar construir en Lóndres seis taquímetros de condiciones jeométricas idénticas, agregándoles varias condiciones de gran comodidad práctica que, por ser *teodolito transformado*, no llenaba aquel primer taquímetro, i, en consecuencia, despues de bien estudiada la cuestion entre los tres, nos pusimos de acuerdo para realizar el programa siguiente:

- 1.º *Supresion de la constante* por medio de la lente analática.
- 2.º *Supresion de todo cálculo de reduccion al horizonte* por medio del aparato reductor automático.
- 3.º *Altimetría rapidísima* por medio del círculo de tanjentes.
- 4.º *Anteojo poderoso*, sin el que no es posible operar a gran distancia ni hacer buenas lecturas.
- 5.º *Division centesimal* para el círculo horizontal.
- 6.º *Estadía de factor 100*, v. g. *centesimal*.

(1) Aunque pueden emplearse ventajosamente los *dobles centímetros naturales*, para aumentar mucho el alcance del anteojo, pero conservando los decímetros i metros naturales.

(2) Creo conveniente reservar las palabras: *auto-reductores* i *auto-altimétricos* a los instrumentos que, sin ser automáticos ni contener mecanismo, suministren la distancia horizontal i el cateto vertical *sin cálculo*, como son el de Tychy i mi segundo tipo. Tambien creo que puede llamarse *taquímetro* todo instrumento que, *sin emplear dos punterías del anteojo*, sea *auto-reductor* i *auto-altimétrico*.

He construido cuatro de ellos (para los señores Sacleux, Alessandri, Covarrubias i uno para mí).

7.º *Ampolla de reversion* unida al anteojo, para poder nivelar con precision.

8.º *Lectura directa de la interseccion axial*, (por los motivos ya apuntados).

9.º *Mira comun, natural, decimal i vertical* con todas sus divisiones en un mismo plano.

10. *Inmovilidad del observador*.

Para obtenerla, la division en tanjentes es grabada *en el canto* del círculo vertical; uno de los nonios del círculo horizontal se halla próximo al plano vertical que describe el ocular del anteojo; i hai un espejo sobre la ampolla de nivel del anteojo.

11. Mi *anteojo-brújula* fijado invariablemente debajo del círculo horizontal i unido con él.

A lo anterior agrégue mas tarde:

12. El *sencillo aparatito de inclinacion* constante automático.

13. El *micrómetro de milésimas* que, (siendo automática la reduccion al horizonte en este instrumento) constituye, al mismo tiempo, un excelente micrómetro altimétrico, con el que quedaban suprimidos los cálculos de catetos.

14. Mi método del *paralelismo continuo del diámetro 0.º—200º*, (que suprimia, por su parte, los cálculos de reduccion de rumbos;) de consiguiente, todo cálculo quedaba suprimido, salvo los de cotas i los de coordinados horizontales.

Nótese que la presencia de un círculo de tanjentes *sin nonio*, i de un micrómetro altimétrico de un número de trazos forzosamente limitado, entrañan, a mas de todo lo anterior, el uso de mis métodos:

15 i 16. La *Eleccion de la inclinacion* i la *Alteracion pequeña* de la misma, los que muí en breve voi a describir.

11.—Creo necesario justificar, del modo mas conciso posible, algunas de las condiciones del programa anterior.

Número 1.º La constante analítica podría ser aceptada para levantamientos; aun en este caso, es una causa de mui regular molestia para el observador i una fuente de errores; pero en trazados estacados con distancias *obligadas*, la constante es tan molesta que tiene que ser suprimida.

Números 2, 3, 4, 5, 6. No creo necesario justificar esas condiciones por ser demasiado obvia su inmensa ventaja.

Número 7. La *ampolla de reversion* del ingeniero frances M. Simon, tan poco apreciada hasta hoi, que la he visto únicamente en los taquímetros Richer i en un sólo nivel aleman, es, sin embargo, el *nec plus ultra* como exactitud i rapidez en nivelacion. Ella sola, a mi juicio, mereceria un largo capítulo aparte, para dar a conocer, en forma debida, sus exelentes cualidades, comparándola, por un exámen crítico detallado, con los demas sistemas niveladores conocidos (tipos Gravatt, ingles; Egauz i Lenoir, franceses, etc.). La vulgarizacion de ése sin par aparato de nivelacion seria, indudablemente, de mucha utilidad para el gremio de ingenieros.

Números 8, 9. Estas dos condiciones son de obvia i no poca utilidad.

Número 10. La inmovilidad del observador, sumamente cómoda i económica de tiempo aun en terrenos planos, se hace imprescindible en terrenos inclinados. En ellos es necesario que el operador pueda efectuar el levantamiento completo de un punto sin verse en la obligacion de trasladarse al rededor del instrumento.

Número 11. Imaginé, en 1884, mi *anteojo-brújula* con el objeto de que el operador, sin necesidad de determinar previamente la declinacion magnética por la determinacion del meridiano astronómico, pueda, en cualquier momento, rectificar el exacto paralelismo de la línea N-S de la brújula con la visual del anteojo taquímetro, siempre que el cero del nonio del círculo horizontal se halle puesto en coincidencia con el grado 0º.0000 de la division; en cuyo caso las dos visuales tienen que dirigirse a un mismo punto, si es suficientemente lejano.

Número 12. *Aparato de inclinacion constante automático*. En

todo trazado estacado, sea a nivel, sea bajo inclinacion del anteojo, la lectura de las ditancias obtenida, sea por medio de la alteracion de la inclinacion de la visual, sea por medio de dos lecturas al milímetro i de una resta en seguida, constituye de todos modos una seria molestia i pérdida de tiempo mui sensible, cuya molestia i demora quedan suprimidas si se dispone de un aparato auxiliar que permita *restablecer automáticamente* la primitiva inclinacion, despues de alterarla para leer cómodamente la distancia.

Declaro que este sencillo aparatito me ha prestado servicios grandísimos.

Número 13. El *micrómetro de milésimas de inclinacion*, que describiré mas adelant, es otro aparato de utilidad importante i aun diré, imprescindible en un taquímetro.

Números 14, 15 i 16. Describiré mas adelante mi método del *paralelismo continuo* del diámetro 0° — 200° , al que atribuyo igual utilidad que a la *auto-reduccion* i *auto-altimetría*; así como la *eleccion de la inclinacion* i la *alteracion* de esta última.

DETALLES DEL MODO DE OPERAR

12.—Nótese que, siendo automática la reduccion al horizonte, la distancia puede ser leida indiferentemente en una parte cualquiera de la mira i *sin conocer previamente la inclinacion*, (no pasando ésta del límite del funcionamiento exacto del mecanismo). Ésta es la ventaja principal de la reduccion automática, i es ventaja imponderable en trazados con visuales inclinadas i especialmente en curvas.

Distancia.—Gracias a esa primera propiedad del instrumento, será siempre tan posible como fácil dirigir el trazo superior (1) *A* de la estadía (Fig. 1) *sobre un número cabal* de uno de los metros de la mira, tanto para evitar un error en esta primera lectura, como para leer directamente, con toda comodidad (i sin resta) el número de centí-

(1) *Superior*: porque, siendo astronómico el anteojo, el trazo superior es el que se proyecta en la parte *inferior* de la mira.

metros i milímetros intersectado por el trazo inferior *B* de la estadía.

Es claro que si he puesto *A* en 2.^m000 i *B* cae en 4.^m827, veo, *sin restar*, que tengo 282.^m7 por distancia.

A causa de ser tan estremadamente sencilla esta operacion mental el uso del número jenerador debe ser suprimido.

Cateto vertical.—En cuanto al cateto, es claro que, si me es permitido *elejir* siempre, por inclinacion, un número entero de centésimos, como porejemplo, ± 0.08 , ± 0.17 , ± 0.46 , etc.; quedará reducido a bien poca cosa el cálculo del cateto.

Por ejemplo:

$$\begin{array}{r}
 282.^m7 \\
 0.46 \\
 \hline
 16962 \\
 11308 \\
 \hline
 \text{Valor del cateto } 130.042
 \end{array}$$

i esto sin cargar con el peso i el bulto de una regla logarítmica que, siendo portátil, no dará nunca el centímetro exacto, ni será mas breve que mi calculito, pero sí, mui molesta i cansada para la vista del calculador.

I nótese que, en la operacion anterior, nunca hai que escribir a *parte* de la cartera sino los dos productos parciales:

$$\begin{array}{l}
 16.962, \text{ que es igual a } 6 \times 2.827 = 6 \times \frac{1}{100} 282.7 \\
 113.080, \text{ " " " " } 40 \times 2.827 = 40 \times \frac{1}{100} 282.7
 \end{array}$$

puesto que los dos factores se hallan bajo *la vista*, ya inscritos en la cartera en sus columnas respectivas, i que la suma 130.042 debe inscribirse *directamente* en la columna de catetos.

Mas aun: no se puede negar que, salvo en terrenos mui fragosos, la mayor parte de las inclinaciones no pasa de 0.10; i que, en terrenos

fragosos, no pudiendo ser largas las visuales sino rara vez, se podrá emplear las inclinaciones 0.10, 0.20, 0.30 con frecuencia.

Siendo así, no habrá ninguna operación que *inscribir a parte de la cartera*, puesto que estando *bajo la vista* ya inscritos los dos factores; por ejemplo:

$$D = 282.{}^m7 \quad i = 0.08$$

se inscribirá directamente, en la columna de catetos, su producto 22.{}^m616 *hecho a la vista*.

Compréndese por este ejemplo que la regla logarítmica se queda muy atrás, gracias a nuestro *círculo de tangentes*.

13.—Pero ¿se puede, acaso, *elejir* siempre por inclinación un número entero de centésimos?

Nótese que: *siempre que la parte visible de la mira alcance a ser siquiera igual a la centésima parte de la distancia, dicha parte visible será intersectada indefectiblemente por una de las inclinaciones espresadas por centésimos enteros; i siendo así, ELIJO esta inclinación, que es la que me acomoda. No puedo experimentar la menor dificultad en fijarla por medio del índice i del tornillo tanjencial, i leo en el acto i ántes que todo, la intersección axial.*

¿Hai, acaso, en ello mas trabajo o mayor complicación que por los métodos usuales? I, por el contrario, ¿no es, acaso, diez veces mas fácil i seguro el leer un centésimo entero con un índice *unilineal* que no una inclinación de grados i centésimos con un nonio *multi-lineal*?

¡Esto cae de por sí!

I para realizar aquello, basta ver un metro de mira a 100^m, dos metros a 200^m, etc.

En terrenos limpios, la mira taquimétrica de cinco metros lo permite, hasta 500^m de distancia, que es lo que se podría pedir.

14.—*Micrómetro de milésimas*.—Pero, con la adición de mi *micrómetro de milésimas MM'* (Fig. 1), que (unido a la reducción automática) tiene la propiedad de fraccionar los centésimas de inclina-

cion en milésimas exactos bajo toda inclinacion de la visual (hasta la de 25 grados próximamente) el operador dispone de la nueva comodidad de poder medir la distancia *sin que el pelo axial intersec-te la mira*, puesto que diez milésimas consecutivas cualesquiera forman una *estadía centesimal*, i puede, ademas, en lugar de diez intervalos, tomar cinco, cuatro, dos, etc., (con los factores 200, 250, 500) si las circunstancias se lo imponen i, de consiguiente, alcanzar a dar visuales *provechosas* en todos los casos posibles.

Ademas, el micrómetro de milésimas, empleado con el anteojo exactamente nivelado por su ampolla, suministra milésimas *exactas* de inclinacion a partir de la visual horizontal, i bajo esta forma me ha prestado inmensos servicios, especialmente para la colocacion de *estacas para enrielar* una vía férrea en construccion. Pero no paran allí las propiedades del micrómetro de milésimas en un anteojo reductor-automático.

15.—*Auto-Altimetría*.—Nótese que, con una inclinacion cualquiera i una distancia de 100 metros, por ejemplo, la estadía centesimal intercepta siempre 1.^m000 en la mira i, entónces, si nos hallamos con inclinacion de 0.24 por ejemplo, i consideramos 24 intervalos consecutivos del micrómetro de milésimas, veremos que esos 24 intervalos interceptarán en la mira 2.^m400, puesto que 10 intervalos interceptan 1.^m000. Pero nótese que, al mismo tiempo, 2.^m400 son justamente la *décima parte del cateto vertical actual*, puesto que $100^m \times 0.24 = 24.^m000$.

En una palabra: *En un anteojo reductor-automático que se halle con inclinacion de N centésimas, N intervalos consecutivos del micrómetro de milésimas interceptan en la mira la décima parte cabal del valor del cateto vertical (1)*.

De consiguiente, el micrómetro de milésimas (en un anteojo reductor-automático) es, al mismo tiempo, *un excelente auto-altimétrico*. I tanto mas cuanto que, cuando el campo libre del ocular

(1) No siendo la inclinacion mayor de los 25°, límite de la reduccion exacta,

sea menor que los N milésimas necesarios, bastará tomar sólo $\frac{N}{2}$ intervalos, pero será necesario duplicar el resultado (1), siendo entonces 20 el factor i 2 centímetros la aproximación obtenida para el cateto.

Normalmente i siendo 10 el factor, dicha aproximación es de un centímetro, puesto que el error total de lectura es de sólo un milímetro.

16.—Pero nos queda que salvar una dificultad.

Nótese que, contrariamente a lo que tiene lugar en la lectura de distancias, (núm. 12) con el reductor-automático, la visual, para altimetrar exactamente, deberá hallarse, al parecer, *bajo la exacta inclinación elejida*, de igual modo que en el empleo del círculo de tangentes como lo he explicado (núm. 12). I, por consiguiente, ninguno de los dos trazos que tenemos que emplear caerá, sino por una rara casualidad, en un metro o un decímetro exacto i, si no arbitramos algún medio para salvar esta dificultad, nos veremos obligados a ejecutar *dos lecturas al medio milímetro* i restarlas en seguida, procedimiento que hemos rechazado desde el principio de esta reseña.

Pero el remedio es mui sencillo.

17.—*Alteración pequeña de la inclinación.* Todo observador de buena voluntad que se digne hacer el experimento podrá convenirse de que: —Una *pequeña alteración de la inclinación que no pase del límite de ± 8 minutos sexagesimales o $0.^\circ 015$ centesimal*, no modifica siquiera en un milésimo de su verdadero valor la parte de mira interceptada. Por lo demás, un cálculo trigonométrico mui sencillo (2) lo demuestra mejor aun que el experimento. Empero, dicha *alteración de $\pm 8'$* corresponde a un movimiento de $0.{}^m 24$ del

(1) Mi segundo tipo no goza esta última i tan importante propiedad.

(2) Tómese $i=0.30$ i $D=100^m$ para simplificar el cálculo, i siendo entonces $30.{}^m 000$ el valor del cateto i $3.{}^m 000$ la parte de mira interceptada, i 0.03 la *tanjente del ángulo altimétrico* empleado, (puesto que debe comprender 30 intervalos de milésimos), calcúlese, ¿qué altura de mira interceptará este mismo ángulo? reemplazando la inclinación de $i=0.30$ por las dos inclinaciones sucesivas $(0.30 + 0.002)$ i $(0.30 - 0.002)$ del anteojo, v. g., del pelo axial.

pelo axial en la mira con distancia de 100^m i a 0.^m048, con distancia de 20^m. Es decir que, aun con distancias tan cortas como la de 20^m se puede *siempre* hacer caer el pelo superior sobre el pié de un decímetro exacto de la mira i, por consiguiente, leer el cateto vertical con igual comodidad que, hemos visto (núm. 12), se lee la distancia reducida (1) (2).

Pero, téngase mui presente que habrá que leer i anotar la interseccion axial *antes* de alterar la inclinacion.

18.—Llegado a este punto de mi esposicion, se puede conceptuar cuán *fácil* i *descansado* se hace el obtener todos los elementos de un punto del levantamiento.

La serie de operaciones es como sigue, con el anteojo reductor-automático:

Levantamiento de un punto.—1.º *Rumbo:* (3)

Dirijir el trazo vertical de la estadía hácia el centro de la mira, leer el rumbo i anotarlo.

2.º *Inclinacion:*

Elejir la inclinacion, (véase número 13) fijarla i anotarla.

3.º *Interseccion axial:*

Leerla inmediatamente i anotarla.

4.º *Cateto vertical:*

Alterar un poquito la inclinacion (véase número 17) para leer el cateto i luego anotarlo.

5.º *Distancia:*

Alterar, cuanto se quiera, la inclinacion (véase número 12) para leer la distancia i anotarla.

(1) Véase el procedimiento mui práctico que espougo mas adelante, número 28, nota al pié.

(2) En el terreno, i para aprovechar toda la comodidad del método de la *alteracion*, será fácil recordar que el movimiento *hecho* de alteracion en la mira es de 5 c/m. a 20^m; 10 c/m. a 40^m; 25 c/m. a 100^m; 50 c/m. a 200^m, i que desde 200^m para arriba se podrá *siempre* traer el pelo superior sobre un metro cabal, i desde 100^m, sobre un medio metro cabal.

(3) Digo *rumbo*, porque son realmente rumbos *exactos* i *reducidos* los que muestra mi método del paralelismo continuo. (Número 22).

En pos de ello, no queda mas que efectuar dos restas aljebraicas para obtener el *desnivel* i luego la *cota del terreno*.

19.—La operacion mui sencilla de la *alteracion* de la inclinacion nos ha permitido leer el cateto con suma facilidad i con error de lectura menor que por ningun otro método, pero, *al mismo tiempo* i gracias al *círculo de tanjentes*, obtenemos un control brevísimo de los catetos.

Véase (número 12) cuán breve es la altimetría por medio del círculo de tanjentes, i cuán poco cuesta comparar, no por cierto los puntos aislados e intermedios, pero sí los *puntos de estación* del instrumento.

Teniendo el operador a su disposicion dos medios diferentes de obtener el cateto, i ambos sumamente breves i sencillos, no tendrá escusá para omitir dicha verificacion, quedando entónces *absolutamente seguro* de la exactitud de la nivelacion de su polígono.

20.—Nótese que el micrómetro altimétrico es igualmente controlador tanto de las distancias como de las inclinaciones.

Es claro que si el operador ha *leído* por cateto 20.^m000 con inclinacion de 0.20, la distancia tiene que ser 100.^m00; pues: $\frac{20.00}{0.20} = 100.$

Tambien es claro que si con distancia de 100.^m00 el operador ha leído para el cateto 20^m.000, la inclinacion tiene que ser 0.20, aunque se hubiera anotado otra por equivocacion u olvido.

21.—*La cartera*.—Teniendo presente todo lo anterior, se comprende que la cartera presentará las columnas siguientes:

1. ^a	Columna.	Estaciones del instrumento.
2. ^a	„	Puntos.
3. ^a	„	Rumbos.
4. ^a	„	Inclinaciones.
5. ^a	„	Interseccion axial.
6. ^a	„	Cateto.
7. ^a	„	Distancia.
8. ^a	„	Desnivel.
9. ^a	„	Altitud del plano de nivel.
10. ^a	„	Cota del terreno.
11. ^a	„	Observaciones.

22.—*El paralelismo continuo del diámetro 0°—200°.*—Al orientar el instrumento en cada estacion, es harto preferible al método comunmente usado, el de *preparar el rumbo atras* en el círculo horizontal con $\pm 200^\circ$ respecto del rumbo obtenido en la estacion anterior sobre la actual; dirijir hácia la estacion anterior la visual así preparada; apretar entónces la pinza inferior, completar la puntería con el tornillo tanjencial inferior i entónces leer i anotar *la posicion* de la aguja imantada.

Esto es un complemento obligado de mi antiguo propósito de suprimir todo cálculo posible.

Me ahorro así los interminables i *enredados* cálculos de reduccion de rumbos, puesto que mi diámetro 0°—200°, en todas las estaciones, permanece siempre paralelo a su primitiva direccion. (1)

(1) En caso de que el levantamiento o trazado abarcase varios grados de longitud terrestre, habría que introducir correcciones que la jeodesia enseña a calcular; pero sólo en caso de querer representar en un mapa del país el plano de las operaciones.

TAQUÍMETROS DEL SEGUNDO TIPO (1)

23.—Este tipo no es reductor automático, pero sí *auto-reductor* puesto que, sin cálculo, suministra la distancia reducida al horizonte, pero por el conocimiento previo de la inclinación.

No hai mecanismo alguno en este tipo. No tiene ninguna traba el movimiento de tránsito; el anteojo es tan libre como el de un teodolito de tránsito comun.

Sus propiedades taquimétricas quedan todas condensadas en las escalas micrométricas grabadas en el lugar del retículo comun.

Micrómetro reductor.—Sabido es que, empleándose una mira vertical, (único método practicable en Chile) la reducción al horizonte se obtiene (fig. 2) multiplicando $100 \times ab$ por $\cos^2 i$, o por $(1 - \sin^2 i)$ i se concibe fácilmente que si AB (fig. 3) es la estadía, i que se haya trazado el intervalo tB igual a $AB \times \cos^2 i$, siendo i el ángulo cuya tangente es 0.40, los trazos t i B darán la distancia reducida bajo la inclinación 0.40.

Mi micrómetro reductor lleva trazos tan sólo para las inclinaciones espresadas por un número de centésimos múltiplo de 4.

Mi larga práctica personal ha corroborado mis previsiones: nunca se necesita mayor número de trazos, porque todas las inclinaciones múltiples de 2 están virtualmente contenidas en ese micrómetro, i aun tambien las impares. (Véase nota en pos del núm. 28).

Sólo en caso de grandes distancias, con mira corta u obstruida, puede verse el operador obligado a aceptar una inclinación impar, i rara vez sucede.

El cálculo demuestra tambien que no se necesita de que dicho micrómetro afecte una figura simétrica respecto del trazo axial NN , quedando así mui espedito su empleo.

(1) He construido 30 taquímetros de este tipo.

24.—*Micrómetro altimétrico.*—Muy poco mas se necesita para obtenerlo: una segunda escala $X X'$ (Fig. 1) (pero simétrica respecto de NN por causa de su gran amplitud) i en la que todos los trazos simétricos se hallan en las condiciones siguientes: que los dos trazos $t t'$ por ejemplo, destinados a la inclinacion 0.20, se hallen uno de otro con distancia de

$$tt' = 10AB \times \cos^2 i \times \tan j, \text{ siendo } \tan j = 0.20$$

Dicha escala suministrará el cateto vertical con el factor 10; v. g. $t i t'$ intersectarán, en la mira, la *décima parte exacta del cateto vertical*, puesto que trazados con distancia de sólo $AB \times \cos^2 i \times \tan j$, dichos trazos interceptarian tan sólo la *centésima parte* del cateto vertical.

En una palabra, a distancia de 100 metros i bajo inclinacion de 0.20, los trazos $t i t'$ interceptan $2,000 \text{ m/m}$ en la mira. A distancia de $177. \text{m}^2$, interceptan

$$3. \text{m}^574 = \frac{1}{10} \times 35. \text{m}^74 = \frac{1}{10} \times D \times 0.20$$

Nótese que, entre los trazos $t t'$ hai 20 intervalos elementales de la escala micrométrica, siendo la tanjente espesada por 20 centésimas. (Véase núm. 15.)

25.—Así es que si se tuviese que emplear una inclinacion *impar*, por ejemplo 0.19, se tomaria el par de trazos $t t''$ o bien el par $t''' t'$, que abarcan 19 intervalos, sin incurrir en ningun error apreciable.

Nótese tambien, que siendo 10 el factor altimétrico, el error de altimetría rara vez pasa de 10 milímetros, *por parte de la lectura*, puesto que es fácil leer la parte de mira interceptada con aproximacion de un milímetro, i nótese que un centímetro de error es menor que el debido a la division del círculo, siquiera con distancia de 50 metros.

26.—Pero es tambien de advertir que, si bien este anteojo es de

resultados *enteramente exactos*, (1) es preciso con él leer tanto la distancia como el cateto vertical bajo una inclinacion apénas diferente de la exacta que se elijió para leer la interseccion axial, i ademas que, *no siendo equidistantes* los trazos de este micrómetro altimétrico, no se puede altimetrar bajo una inclinacion mayor que la que alcance a dar el campo del ocular, salvo que se haga móvil este ocular, como lo hice en el taquímetro del señor Rabinel i en el nivel del señor A. Renjifo.

Agregando a los dos micrómetros anteriores el de *milésimas*, cuyos trazos son equidistantes, tenemos reunidas en este anteojo todas las propiedades del anteojo reductor automático, salvo las que acabo de advertir i esta otra: que el micrómetro de milésimas deja de dar milésimas en las visuales inclinadas.

27.—El manejo de este segundo tipo sólo difiere del del primero en que se necesita conocer i tener presente la inclinacion para leer las distancias i catetos, i conservar esta inclinacion para medir tanto la distancia como el cateto, salvo la mui pequeña *alteracion* anteriormente esplicada. (N.º 17.)

He trazado varios micrómetros altimétricos de factor 20, con los que se alcanza a las inclinaciones de 0.80 i aun 1.00. Pero el error de altimetría es entónces de 20 milímetros. El factor 10 es mucho mas cómodo de emplear, pero no alcanza a mas de 0.40 o 0.50 de inclinacion, en jeneral, salvo el caso de poseer un ocular móvil.

28.—No está de mas, ahora que se ha visto i comprendido el uso práctico de mis micrómetros, el insistir en una circunstancia que he tratado ántes mui brevemente.

(1) *Enteramente exactos*.—Con toda efectividad i especialmente en la auto-altimetría por un micrómetro de factor diez, cuyos resultados son *mas dignos de fe* que los del círculo de tanjentes (o de grados) combinado con la distancia.

Examínense las varias causas i valores de los errores que se cometen en la medida de la distancia i de la inclinacion, al contrario de que la auto-altimetría puede tan sólo pecar en *cinco centímetros* (cuando mas mal ejecutada) en euanto al valor del cateto, i permite *rectificar el valor* de una inclinacion algo dudosa, i al mismo tiempo, la interseccion axial.

Siendo inevitable la limitacion del número de trazos de dichos micrómetros por dos motivos perentorios, el primero que, un mayor número de ellos (especialmente en el micrómetro reductor), produciria confusion i dificultaria bastante la lectura; i el segundo que, no necesitándose usar inclinaciones mas numerosas que los centésimos sucesivos (lo que demostré anteriormente), i por ese motivo el círculo de tanjentes no ofrece sino esos mismos centésimos; queda patentizado que son indispensables mis dos métodos: la *eleccion previa de la inclinacion* con valor de una centésima cabal, i la *alteracion pequeña de dicha inclinacion*, ésta para suprimir en el levantamiento de cada punto, dos lecturas al medio milímetro, las restas (1) consiguientes i obtener mayor seguridad en las alturas de mira interceptadas, si no mayor facilidad, puesto que las lecturas pueden entónces hacerse al milímetro simplemente.

Estos dos métodos introducidos por mí en la taquimetría, son, pues, inseparables del uso de mis micrómetros. (2)

(1) *Método mui fácil para leer las alturas interceptadas.*—Por mi parte, desde el primer dia que usé una estadia, jamas he tratado siquiera de leer las dos intersecciones de la estadia, con sus metros, decímetros, centímetros i milímetros, i a pesar de que no vine a conocer la obra de Moinot sino bastantes años mas tarde, lo primero que se me ocurrió fué precisamente lo de traer el pelo superior sobre un metro o siquiera un decímetro cabal; i desde allí, contar los metros, decímetros i centímetros, recorriendo con la vista la mira i diciendo mentalmente, (por ejemplo para 376.^m8): una, dos, trescientos, siete, seis, tres, v. g. (salvo la centena definitiva), *pronunciando mentalmente* o mejor, *dictándome* a mí mismo las cifras sucesivas del guarismo por inscribir en la cartera. Pero debo de advertir que mis miras, que siempre me propuse *ver a gran distancia*, estaban pintadas de modo que *resaltasen los principios de los metros i de los medio-metros*, i tambien cada decímetro, resultando de ello sumamente fácil el contarlos como acabo de decir. Altimetrando se cuentan simplemente los decímetros, puesto que cada uno es un metro de cateto i en jeneral son pocos, i se dictan los centímetros i milímetros.

(2) *Algunos pormenores prácticos de la operacion.*—Poco queda por agregar, despues de lo anterior. Para elejir la inclinacion, dirigida la visual próximamente hácia la mediania de la mira o', mejor *hácia el pié de la parte visible* (cuidándose únicamente de que dicho pié no alcance a verse dentro del campo del ocular) se aprieta inmediatamente la pinza del círculo vertical, se mira al indice de tanjentes, i se *hace subir* la visual hasta que el indice venga a coincidir con la centésima PAR mas próxima, esto porque el uso del micrómetro reductor no es cómodo con inclinaciones impares.

Hecho aquello, se lee inmediatamente la *Interseccion axial* i se la anota.

En cuanto a la distancia i cateto, hemos dicho ya lo suficiente sobre lo relativo a inclinaciones impares con el reductor.

(Véase fig. 10.) Si por una circunstancia inevitable la inclinacion es impar, como la de 25 centésimos, i que se quiera operar con exactitud, se lee previamente en la

29.—*Posible supresion del círculo de tanjentes.*—Segun lo he esplicado (N.º 19) la presencia simultánea del círculo de tanjentes con el micrómetro altimétrico, suministra con toda rapidez i comodidad un control importantísimo de la altimetría, el que se aplica especialmente a los puntos de estaciones del instrumento.

Pero no cabe la menor duda de que *no es indispensable* el círculo de tanjentes junto con el micrómetro altimétrico: este último basta por sí solo. I en consecuencia, se le trazará, no ya para tanjentes, sino para grados del círculo vertical, i su empleo no diferirá absolutamente del del trazado para tanjentes. Se ahorra el costo del círculo de tanjentes, pero no se tendrá la importante condición de la verificación rápida ya aludida.

30.—*Aplicacion a la mensura de minas.*—El taquímetro es tan provechoso dentro de una mina como en la superficie exterior, puesto que, precisamente, es dentro de una mina donde la mensura con cadena o cinta presenta las mayores dificultades materiales, a pesar de que se miden simplemente las hipotenusas.

Mui de mi opinion es el distinguido ingeniero de minas señor Eduardo Lemaître, quien, tan luego como le dí a conocer mis micró-

mira cuantos milímetros son interceptados entre los trazos de 24 i de 28, i si son, por ejemplo, 87mm, cuya cuarta parte es 22mm, se hace caer el trazo 24 *22 milímetros mas abajo* (1) del pié del decímetro mas próximo, leyéndose luego el trazo B como siempre, o' con 27 los centésimos de inclinacion, se hace caer el trazo 28 *22mm mas arriba* (2) del pié del decímetro mas próximo.

Tal dificultad no existe en el empleo del micrómetro altimétrico, conforme hemos visto, N.º 25.

En cuanto al micrómetro de milésimos (N.ºs 14, 15 i 25) haré sólo notar, ademas de lo dicho, que es un *exactísimo clinómetro* para inclinaciones de hasta ± 15 ó ± 20 milésimos (los que quepan en el campo del ocular), i presta utilísimos servicios en estacados para enrielladuras, para canales o para caminos; i sin dejar de *trabajar a nivel*, con la ampolla bien nivelada, permite medir distancias i catetos *sin que el trazo axial corte la mira*, puesto que las intersecciones de los milésimos sucesivos con la mira son todos *exactamente equidistantes*.

(1) Mas abajo efectivo, i mas arriba aparente.

(2) Mas arriba efectivo i mas abajo aparente.

metros, me encargó inmediatamente la trasformacion de su teodolito, i en las condiciones especiales que paso a explicar.

En topografía exterior, el caso de la inclinacion de 35° sexagesimales es tan raro que, en los ciento cuarenta kilómetros de *trazado estacado* en serranías que he efectuado entre 1873 i 1889; he tenido sólo una vez el caso de $36\frac{1}{2}^\circ$ (en el Malleco), una vez el de 40° (en las Zorras) i una vez el de 45° (en Ibacache).

En ningun otro caso he llegado siquiera a 35° o 30° . Por ello mis micrómetros topográficos son suficientes con sus inclinaciones de hasta 30° .

Pero en minas, las inclinaciones de mas de 45° son frecuentes, i un taquímetro para minas debe permitir el uso de todas las inclinaciones hasta la vertical.

He examinado en mi memoria, "La Tachéométrie sans calculs," (Société Scientifique du Chili, 1893) la mui fácil i provechosa aplicacion de mi taquímetro auto-reductor i auto-altimétrico (2.º tipo) a las minas i demostrado como sucede que, pasando la inclinacion de 45° , *quedan invertidos* los papeles de mis micrómetros i que, sin cambio alguno en ellos, (1) i tan sólo con leer las inclinaciones del círculo vertical *desde 90° hácia 45°* , el micrómetro altimétrico suministra las distancias horizontales i el micrómetro reductor, los catetos verticales,—con tal de que *la mira sea colocada, no ya vertical sino horizontalmente, i en el propio plano vertical descrito por el anteojo*, cuya colocacion, aunque *nueva*, no ofrece dificultad dentro de una mina.

I nótese que una mira *que descansa en soportes invariables*, i sin oscilacion ninguna, permite obtener un grado de precision mui superior al de una mira vertical, siempre en oscilacion.

(1) En realidad, se necesita de un cambio pequeño, el de construir el micrómetro altimétrico para el factor 20, (en lugar del factor 10) con el objeto de que quepa dentro del campo disponible del ocular la inclinacion de 45° .

EL ANTEOJO REDUCTOR-AUTOMÁTICO

31.—*Su disposicion mecánica.*—El gravísimo inconveniente de la pequeñez de la imájen inicial formada en el plano focal del reductor de Porro ha sido motivo bastante para que yo lo rechazara del todo, en 1883, despues de experimentarlo. Su lente reductor es convexo, i reduce a la mitad de su tamaño natural la imájen aludida, exijiendo entónces que se le aplique unos oculares excepcionalmente poderosos para obtener las amplificaciones necesarias en taquimetría. Pero tales oculares son de campo tan pequeño que tanto Porro como su sucesor Salmoiragli, de Milan, se vieron obligados a emplear tres oculares dispuestos en el plano vertical, uno en frente de cada pelo de la estadía *ANB*.

Era solución irrealizable para mis circunstancias, i tuve que hallar otra.

En mi reductor (Figs. 5 i 6) la lente reductora *C* es cóncava i, al contrario del de Porro, aumenta el tamaño natural de la imájen, permitiendo el empleo de oculares de fuerza no poca, pero que se pueden conseguir en Santiago i Valparaiso.

Por, lo demas el anteojo Porro contiene igual número de lentes que el mio, ántes que llegue la imájen al plano focal.

Un tubo de largo invariable $t_c t t' t''$ lleva al objetivo *O* i a la lente analática *N*, i es ésta la parte del anteojo que se mueve para el afocamiento.

La parte fija, unida invariablemente a los muñones es *TT'*, i lleva a los micrómetros *mm'* i al ocular.

Un tubo interior *WW'* ajustado sin juego pero con fricción mui suave dentro del tubo fijo *TT'* lleva al reductor cóncavo *C*, que conviene sea acromático.

La figura 5 representa las posiciones respectivas de las lentes i piezas para la distancia infinita i visual horizontal, v. g., las distancias *CM* i *NM* están en sus valores mínimos.

A es un punto fijo exterior al anteojo i *B* un punto perteneciente al tubo móvil *WW'*. En esos dos puntos está articulada la biela *AB*.

La distancia inicial de N a C es tal que la lente C no puede chocar con N , en las inclinaciones máximas del anteojo.

Haré notar desde luego que esta gran distancia indispensable, NC es el único inconveniente de mi reductor, consistiendo en que la imájen inicial ab es un poco menor que si la lente analática pudiese ser colocada en nn' por ejemplo.

Pero el inconveniente desaparece en la práctica, puesto que el valor del foco del reductor C i la distancia CM quedan siempre a la disposición del constructor, i basta elejirlos convenientemente, para que la imájen quede del tamaño que se quiera.

Consideremos ahora la marcha de los rayos *analáticos* AS , BS , (Figs. 7 i 6), cuya interseccion es el centro S de los muñones del anteojo, siendo el ángulo BSA invariable (1). Éste es el ángulo *diastimométrico*.

Al pasar por el objetivo, los dos rayos analáticos aludidos se refractan en virtud de las mismas leyes de la refraccion que rijen para todos los rayos, i se intersectan en un punto Z , que *no es foco*, (puesto que dos rayos emanados de dos puntos distintos no forman foco), pero que obedece a la lei jeneral de dióptrica, que en este ejemplo es espresada por

$$\frac{1}{O'Z} = \frac{1}{F} + \frac{1}{OS} \quad (\text{Fig. 6})$$

(F es la distancia focal principal del objetivo.)

Desde el punto Z , dichos rayos prosiguen su marcha rectilínea, llegando a herir la lente analática N , i es claro que si se hace la distancia ZN precisamente igual a la distancia focal principal de N , los rayos emergentes a , b , *serán paralelos*. Así es que, sea cual fuere la distancia que se dé entre N i C para *afocar* i hacer caer la imájen,

(1) I, en consecuencia, todas las partes de mira interceptadas BA , B_1A_1 , B_2A_2 son *proporcionales* a las distancias respectivas DS , D_1S , D_2S , al centro del instrumento. Es éste el *analatismo central* o vulgarmente *analatismo*.

en M , dichos rayos analíticos $a_1 a_3, b_1 b_3$, herirán siempre en a i b al micrómetro M , puesto que la distancia CM no varia miéntras no se dé inclinacion al anteojo.

Ahora si inclinamos el anteojo, C se aparta de M , i la imájen nueva $a_2 b_2$ (Fig. 6) será mayor que ab para una misma distancia horizontal de la mira, pero $a_2 b_2$ es de tamaño invariable, bajo la inclinacion nueva, sea cual fuere la distancia de la mira bajo esta inclinacion (1).

33.—En virtud de lo espuesto, el anteojo de mi primer tipo es analítico central para todas las inclinaciones (hasta 25° próximamente).

En cuanto a la reduccion al horizonte, nótese que los rayos $a_3 a, b_3 b$, emergentes de la lente cóncava C concurren al foco virtual principal O de la lente cóncava, puesto que, $a_1 a_3$ i $b_1 b_3$ son paralelos.

Llamemos, para mayor comodidad, *distancia inicial del reductor* la distancia OM , i teniendo bien presente que la *distancia focal principal* OC es invariable; que, con visual horizontal, la estadía $a_1 b_1$ intercepta en la mira una altura igual a $\frac{D}{100}$; i que, no existiendo la lente C , la estadía fija ab interceptará en la mira una altura $\frac{D}{100} \times \frac{1}{\cos^2 i}$ cuando fuere i la inclinacion; se obtendrá la reduccion automática con hacer que la imájen primitiva ab crezca en la proporcion $\frac{ab}{\cos^2 i} = a^2 b^2$, puesto que entónces se tendrá: $ab = a_2 b_2 \cos^2 i$.

Este resultado se obtiene por medio de una lente cóncava C (Figs. 5 i 6) accionada por una simple biela AB , de largo conveniente, i calculada en vista del valor de la distancia SA (del muñon

(1) Nótese, para desvanecer toda oscuridad en esta demostracion, que, con éste u otro anteojo reductor automático, es constante, en la mira, para una distancia dada horizontal constante, aunque con inclinacion variable, la distancia de dos puntos AB , que forman sus imágenes en la estadía a i b . Miéntras que, en un anteojo no reductor, dos puntos A, B , fijos en la mira, dan una imájen tanto menor cuanto mas inclinado se halle el anteojo, i por consiguiente, una estadía fija ab abarca en la mira una altura tanto mayor cuanto mas inclinada sea la visual.

Sal punto fijo A); del valor del *foco* OC del reductor, i de la *distancia inicial* OM , viéndose por ello que se dispone de *cuatro* cantidades variables (1), de las que dos cualesquiera son siempre elejibles, pero determinan entónces los valores de las otras dos.

34.—El límite de la reduccion *prácticamente* exacta para topografía puede llegar hasta 28° i 30° sexagesimales, pero hai que limitarlos a 18° o 20° si se quiere limitar a $\frac{3}{1000}$ los errores máximos en la medida de la distancia. Con 30° dicho error máximo llega a $\frac{6}{1000}$.

Resolviendo, al efecto, los triángulos sucesivos (Fig. 8) SAB , SAB_2 , etc., para obtener las distancias SB_1 , SB_2 , etc., i comparando dichas distancias con las que *debieran ser* para reducir exactamente, se hallan (hasta $i=30^\circ$) unas diferencias bien pequeñas respecto del largo total SB_1 i SB_2 , pero asaz sensibles respecto del valor de la distancia inicial CM (Fig. 3) i de las siguientes, i mas sensibles aun respecto del valor de la estadía ab , que nunca pasa de 3 milímetros (2).

Por lo demas, este defecto es *inherente a la biela*, (es igual en los reductores de Porro i de Peaucellier Wagner,) i se necesitaria un mecanismo bastante mas complicado, poco práctico i de duracion efímera para subsanar el defecto señalado.

La Fig. 9 es la esquema jeneral de la relacion que hai entre la circunferencia $B_0B_1B_2B_3B_n$ descrita por la biela AB_0 , con centro en A , i la curva verdadera que deberia describir el punto B_0 : v. g. $B_0b_1b_2b_3b_n$. Si se diera a la biela (sin mover S ni B_0) el radio conveniente, mayor que AB_0 para que el arco de circunferencia pasara por b_1 , el error de la reduccion creceria rápidamente para las inclinaciones mayores que Sb_1 .

Combinando, entónces, los valores de SA i de AB_0 , así como el *foco* del reductor i su *distancia inicial* OM (Fig. 6) de modo que el error *máximo*, cometido entre B_0 i B_2 , no pase de un límite dado,

(1) SA i $AB-OM$ i foco OC .

(2) Salvo en anteojos enormes.

se tiene la seguridad de que entre B_0 i B_2 i aun poco mas allá, el error quedará dentro de este límite máximo.

35.—En el taquímetro del señor don J. P. Alessandri, por ejemplo, los elementos son:

$$\left. \begin{array}{l} SB_0 = 92.{}^{\text{mm}}75 \\ AB_0 = 58.75 \\ SA = 34.00 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{con distancia inicial } (OM) = 24^{\text{m}} 2725 \text{ i foco} \\ \text{de } C \text{ (próximamente) } 18^{\text{mm}} \end{array}$$

i se tiene lo siguiente:

INCLINACION	$Sb - SB$	Error relativo de la distancia leída
0° (sex.)	0	0
5°	+ 0.{}^{\text{mm}}0522 =	- $\frac{1}{24}$
10°	+ 0.0587 =	- $\frac{1}{27}$
15°	+ 0.0776 =	- $\frac{1}{36}$
20°	± 0. =	± 0
25°	- 0.3119 =	+ $\frac{1}{3}$
30°	- 1.1333 =	+ $\frac{1}{2}$

Un error máximo de 0.0030, 3 metros en 1,000, hasta la inclinación de 21° (sexagesimales), o sea $i = 0.37$ o 0.38, es prácticamente mui aceptable en topografía, pero no en trazados de ferrocarriles, por ejemplo.

36.—Es verdad que, en un instrumento especialmente destinado a terrenos accidentados, puédesse adoptar un arbitrio que reduce a la mitad los errores del cuadro anterior, v. g. a 0.{}^{\text{mm}}15 en 100^m, i hace al instrumento mui aceptable para trabajos serios. El arbitrio es como sigue;

En lugar de combinar el reductor para 0° i 20° , hacerlo exacto para 4° i 16° o mui poco mas o ménos, tomando para la biela el *largo medio* entre Ab_1 i AB_1 , (Fig. 9) *sin modificar ninguna otra cosa*.

El error quedaria reducido a $\pm \frac{1}{816}$ para las inclinaciones de 0° , 10° i 25° i a nada para las de 4° i 16° .

No se ha hecho así para el señor Alessandri, porque su taquímetro operará, en jeneral, bajo inclinaciones mui pequeñas.

CÍRCULO CURVÓGRAFO (1)

37.—Aplicado a trazados de ferrocarriles, un taquímetro es incompleto si carece de este círculo curvógrafo.

Todo el que haya trazado muchas curvas, aunque por el excelente i sencillísimo método ingles, comprenderá que un operador ferrocarrilero desee librarse de los innumerables contratiempos, especialmente en terrenos algo accidentados, que resultan del empleo de la cadena, como tambien de la obligacion de primero calcular un gran número de ángulos al medio minuto siquiera i despues irlos leyendos sucesivamente con el nonio, sin error ninguno.

El empleo del taquímetro reductor al horizonte, i especialmente del automático, es ya un enorme alivio, gracias a que los errores cometidos en tal o cual punto de la curva *quedan aislados*, i fácilmente correjibles despues, i ademas que todos los obstáculos materiales, salvo los que alcanzaren a ocultar por completo la mira, son superados con facilidad.

Para ello basta el que el ingeniero trazador posea una tabla manuscrita de las *cuerdas totales*, (en ingles: *long chords*) i de los ángulos sumados previamente (2).

(1) He construido tres de ellos. (Señores Walker, Fehman i Sacleux).

(2) Tal tabla cabe en unas 5 hojas de papel del tamaño de la cartera, i se coloca dentro de ella misma.

Pero siempre le queda la molestia i peligro de las numerosas lecturas con nonio.

He hallado, en 1889, una buena solución de la dificultad, i que consiste en un círculo curvógrafo.

Tomando en cuenta que, en la práctica, los radios comprendidos entre 100^m i $1,000^m$ bastan para todo, i que son ménos de diez los empleados, la serie de radios 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 700 i $1,000$ sería la conveniente para hacer frente a todas las eventualidades.

Así es que si un círculo curvógrafo puede suministrar, entre los límites de 50^m i de $2,000^m$, una cincuentena de radios diferentes, será todo lo que se pueda pedir.

La división del círculo curvógrafo cabe simplemente en la orilla del círculo horizontal, en ciertos instrumentos. En otros hai que agregar un círculo metálico nuevo debajo del horizontal.

En este círculo nuevo se traza deizisiete escalas que comprenden cada una treinta i un trazos i treinta intervalos iguales. *Cada intervalo de éstos corresponde a un arco de 10 metros* i, de consiguiente, cada escala alcanza para un arco total de 300 metros. Si la curva por trazar es de mas de 300 metros de largo, basta retrotraer la visual sobre el primer trazo de la escala i hacer jirar el círculo mismo con el antejo, hasta que caiga la puntería nueva sobre la última estaca colocada.

Las diecisiete escalas corresponden a los radios sucesivos de: 200^m , 250 , 300 , 350 , 400 , 450 , 500 , 550 , 600 , 650 , 700 , 750 , 800 , 850 , 900 , 950 i $1,000^m$, trazados por arcos de *10 en 10 metros*.

Si consideramos cada intervalo como de 20^m , los radios quedan duplicados i dan la serie nueva de 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1,000, 1,100, 1,200, 1,300 etc., hasta $2,000^m$.

Si consideramos cada intervalo como de 5^m , obtendremos una tercera serie de radios 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, etc., hasta 475 i 500^m .

En esas tres series hai catorce radios repetidos, pero quedan 37 radios útiles, que son los de: 100^m a 500^m , creciendo de 25 en 25

metros; los de 550 a 1,000, creciendo de 50 en 50 metros; i los de 1,100 a 2,000, creciendo de 100 en 100 metros.

Considerando, todavía, que cada intervalo corresponda tan sólo a $2^{\text{m}}50$ de arco, (v.g. saltando del trazo 0° al 4° al 8° al 12° , etc. para trazar arcos de 10^{m} .) obtenemos la serie nueva de 50^{m} , $62^{\text{m}}50$, 75^{m} , $87^{\text{m}}50$, 100^{m} , $112^{\text{m}}5$, 125^{m} , $137^{\text{m}}5$, 150^{m} , etc., hasta $237^{\text{m}}5$ i 250^{m} , en la que diez radios son nuevos i utilizables, en ciertos casos *obligados*.

En el mismo órden de ideas, puede aun considerarse tres intervalos como correspondientes al arco de 10^{m} i obtener los doce radios nuevos: $66^{\text{m}}\frac{2}{3}$, $83^{\text{m}}\frac{1}{3}$, $116^{\text{m}}\frac{2}{3}$, $133^{\text{m}}\frac{1}{3}$, etc., etc.

Tambien pueden considerarse tres intervalos para trazar arcos de 20^{m} i obtener los siete radios nuevos, 376.66 , 433.33 , 466.66 , 533.33 , 566.66 , 633.33 , 666.66 , que no servirán, evidentemente mas que en casos apuradísimos. Todos los radios enunciados suman el número total de 66.

El curvógrafo tiene su índice propio, compuesto, no por una sola línea o trazo, sino por una escalita de trazos que corresponden a *metros* de arco, con el radio de 200^{m} , i, con los demas radios, a $1^{\text{m}} \times \frac{R}{200}$; por ejemplo, dichos trazos corresponden a 2^{m} con el radio de 400^{m} , i a 5^{m} con el radio de $1,000^{\text{m}}$.

Mui fácil es subdividir *a la vista* aquellos intervalos pequeños del índice para principios i términos de curvas, para estacar puntos intermedios, etc., etc., todo ello con la aproximacion de un minuto sexagesimal, puesto que el arco correspondiente a una division del índice es de sólo $8'30''$.

A. KRAHNAS.



TAQUÍMETRO CHILENO

(Tipo N.º 2)

NOTA.-El tipo N.º 1 contiene solo la escala de milésimas M. M.

A. N. B.—Estadia centesimal.

r r'—Es el micrómetro reductor al horizonte, centesimal.

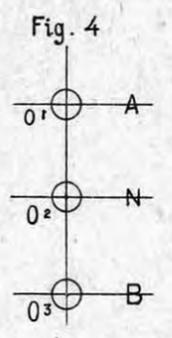
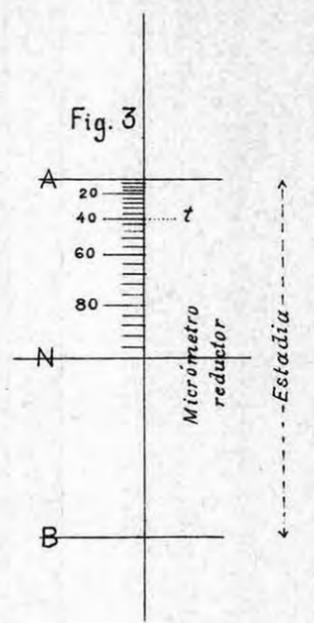
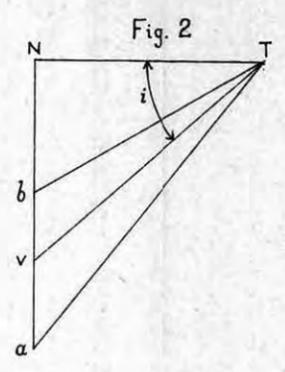
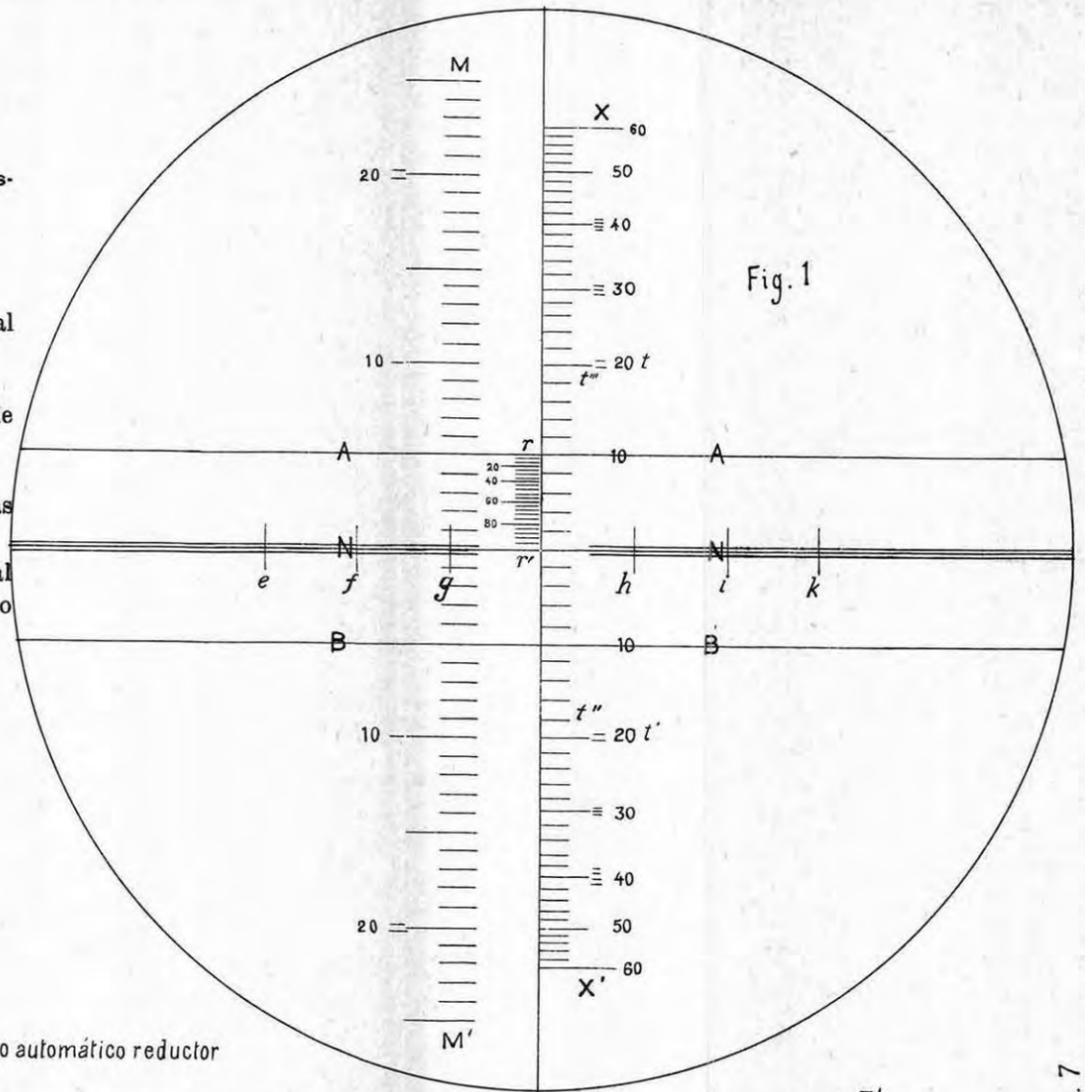
X X'—Es el micrómetro alimétrico de factor 10.

M M'—Es el micrómetro de milésimas de inclinación.

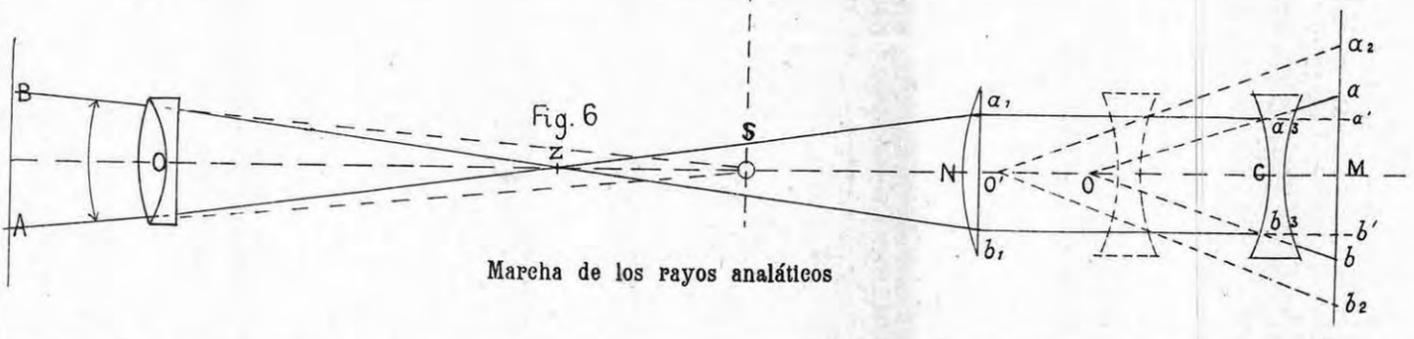
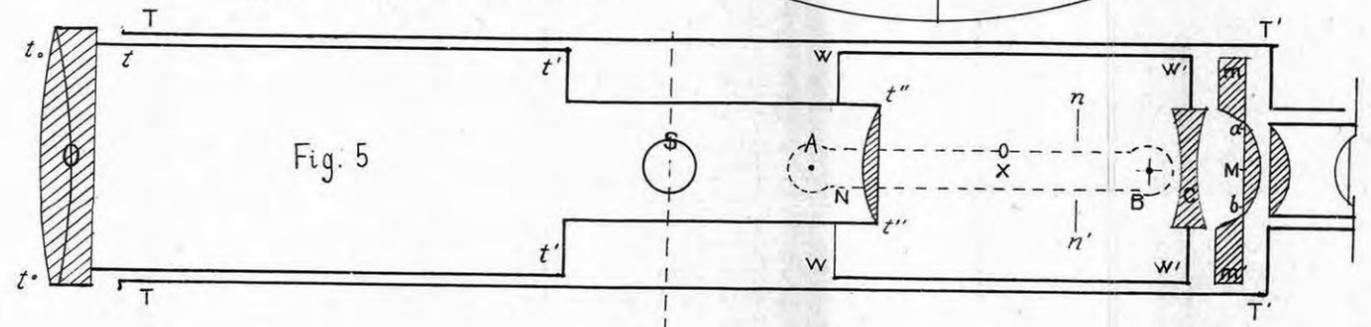
e. f. g. h. i. k. es la estadia vertical para mira horizontal i perpendicular o la visual.

NOTA. — Las cifras pequeñas que se ven aquí son puramente explicativas.
 —Los micrómetros, reductor i alimétrico pueden ser trazados para grados de inclinación.

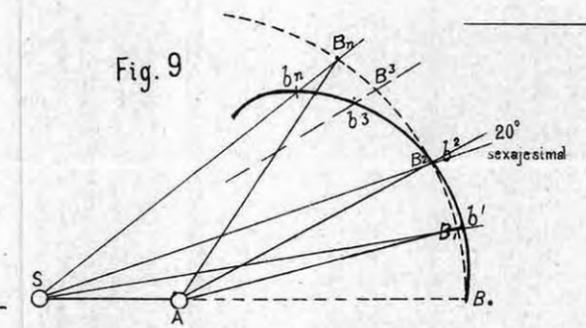
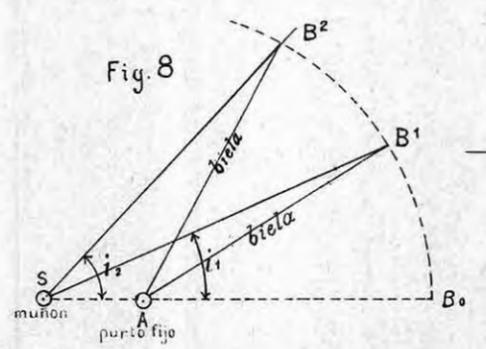
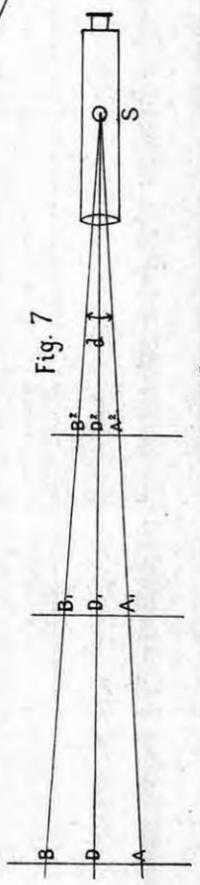
V. V. es el trazo axial vertical.



Esquema del anteojo automático reductor



Marcha de los rayos analíticos



B. b₁ b₂ b₃ b_n curva de reduccion
B. B₁ B₂ B₃ B_n circunferencia descrita por la biela.

