

EL CLEPS

I EL LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE LOS PLANOS

Para la determinacion de las propiedades de tierras como para el estudio de caminos, canales u otras grandes obras de construccion se necesitan planos del terreno; i siempre es útil, muchas veces necesario, que en ellos sean representadas tambien las alturas por medio de cotas numéricas de los puntos principales o mas bien con curvas de nivel equidistantes.

Como el levantamiento de estos planos, que con palabra griega se llamaron *eidipsométricos*, con los instrumentos ordinarios de topografía exige mucho tiempo, así se propusieron instrumentos i sistemas especiales con el objeto de reducir mas fáciles i rápidas las operaciones sobre el terreno, i con el mismo objeto todavia se estudian i se proponen nuevas invenciones mas o ménos respondientes a las exigencias i talvez a las varias ideas de los operadores. Entre estos instrumentos el mas poderoso i talvez el mas práctico me parece que quede siempre el teodolito llamado *cleps*: i como no es su uso tan jeneralizado como mereceria, así espero que puedan ser agradecidas algunas noticias particulares sobre este instrumento i su aplicacion al levantamiento rapido de los planos.

Los primeros ensayos de donde tomó su orijen el *cleps* se hicieron por el mayor Porro cerca del año 1850. En aquel tiempo el instrumento mas usado para levantamientos de planos era la *plancheta* (tavoletta pretoriana) que habia sido inventada por Pretorio a fines del siglo pasado. La facilidad, con que aquella mesita permite dibujar los planos sobre el terreno mismo sin necesidad de cálculos i sin peligro de equivocaciones le habia aficionado la mayor parte de los ingenieros. En cuanto a los instru-

mentos angulares el teodolito apenas desde poco tiempo habia bajado de los observatorios astronómicos i de los vértices trigonométricos para trazar las líneas de los ferrocarriles. La topografía se conformaba con el *grafómetro*, que consistia en un círculo o medio círculo graduado con un anteojo o no mas que una reglita con miras o *alidada* para dirigir al punto; este instrumento se usaba ordinariamente para pequeños levantamientos, en que, para ahorrar las medidas de rectas sobre el terreno, el ingeniero debia recurrir talvez a todos los teoremas de la geometría complicando así las construcciones gráficas necesarias para dibujar el plano.

Suprimir la pesada operacion de medir rectas con las cadenas o las reglas era entónces lo que mas se deseaba i por esto un constructor de instrumentos ópticos imaginó de colocar en el anteojo a igual distancia del eje óptico dos hilos paralelos, cuya imájen proyectada sobre la mira determina dos visuales, que forman un ángulo: una vez conocido este ángulo i la parte de la mira comprendida entre las dos visuales, si el eje del anteojo es horizontal, es claro que se puede deducir la distancia entre el anteojo i la mira.

El primer paso hácia la *taqueometría* era hecho; pero algo faltaba. El mayor Porro, que pertenecia entónces al ejército de Piamonte, demostró que el vértice del ángulo determinado por las dos visuales no se halla, como se habia creído, en un punto fijo, sino fuera del anteojo del lado del ocular i varia de posicion con la distancia de la mira: de manera que las distancias deducidas eran inexactas el error haciéndose mas sensible en las distancias cortas. Para reducir el vértice del ángulo *diastimométrico* fijo en el centro del instrumento se necesitaba una lente especial, que Porro llamó *analítica*, cuya curvatura i posicion se debe calcular por cada instrumento.

Hallado así el modo de medir las distancias rápidamente era mas fácil hacer del teodolito un instrumento apropiado para resolver el problema jeneral de la topografía, es decir determinar la posicion de un punto cualquiera del terreno por respecto a tres ejes coordenados: pues el instrumento mismo puede dar directamente las coordenadas polares.

El teodolito así perfeccionado se llamó *taqueómetro* i se cons-

truyó de principio en Paris bajo la direccion del mismo Porro mientras que el ingeniero Moinot jeneralizaba el uso de la *taqueometría*.

Pero Porro no se hallaba todavía contento por la dificultad de aplicar al instrumento un anteojo mui poderoso i por consiguiente mui pesado i largo. *Avant que de mesurer il faut voir* él decia, i para llevar a cabo su idea imaginó de hacer los círculos del teodolito tan pequeños, que pudiesen quedar escondidos en un cubo de bronce, con que terminó la columna central tambien de bronce del instrumento i al cual pudo asegurar un anteojo bastante grande sin comprometer la estabilidad. Para la lectura de los círculos mui finamente divididos puso microscópios de fuerte engrandecimiento con hilos suprimiendo los nonios i, para hacer las lecturas todavía mas espeditas, por medio de prismas hizo aparecer las divisiones de ámbos círculos en el mismo microscópio, de manera que con una simple mirada se puedan leer los ángulos horizontales i verticales. La division de los círculos hizo centesimal de manera que se aprecian las fracciones en el mismo modo que sobre la mira. Los grados son divididos en décimos, i, con mucha facilidad se leen a ojo los décimos de cada division, asi se alcanza a apreciar con seguridad el centésimo de grado que corresponde a cerca medio minuto de la division sexagesimal.

El instrumento en fin se completa con un nivel esférico colocado sobre el cubo, i con una brújula perfeccionada, que consiste en una reglita de acero magnética suspendida por el medio con un hilo de seda bastante largo dentro a la columna. Una cara de esta reglita es alisada como espejo i se mira por reflexion en un antejito colocado al pié de la columna, apareciendo sus oscilaciones proyectadas sobre una division.

Tal seria en su conjunto el cleps: ahora volvamos al anteojo i a los hilos diastomométricos. Hemos visto que, si el anteojo es analítico i horizontal, basta conocer el ángulo de las visuales determinadas por los dos hilos diastimométricos i la parte de la mira comprendida entre las visuales mismas para deducir la distancia entre el centro del instrumento i la mira: quedaria entonces para fijarse el ángulo diastimométrico en el modo mas conveniente para la práctica. Si la mira tiene 4 metros de largo i, para utilizar toda la fuerza del anteojo, ponemos por condicion

que a la entera mira comprendida entre las visuales corresponda una distancia de 1000 metros, llamando e el ángulo diastimométrico tendremos la ecuación:

$$\frac{1}{2} \times 4.00 \cotang. \frac{1}{2} e = 1000 \text{ metros de donde}$$

$$\cotang. \frac{1}{2} e = 500$$

Fijado así el ángulo diastimométrico, si llamamos m la parte cualquiera de la mira comprendida entre las visuales i d la distancia será

$$d = \frac{1}{2} m \times 500 = 250 m.$$

Para deducir la distancia se deberá entonces multiplicar la diferencia de las dos lecturas de la mira por 250 o bien sea por 1000 i dividir por 4. Pero este cálculo puede aun facilitarse dividiendo la mira, en lugar que en metros i centímetros, en partes de cuatro centímetros cada uno i tomando estas partes como unidades. Si llamamos m' , m'' las dos lecturas de la mira así dividida será

$$d = 10 (m' - m'')$$

de manera que bastará para calcular d hacer la diferencia de las dos lecturas trasportando la coma de un puesto a derecha.

El ángulo micrométrico, que acabo de describir es el que mas conviene para el levantamiento rápido de planos, pero para trabajos en que se exija mucha exactitud el cleps tiene otros dos que corresponden a distintos oculares. En el mas grande $\cotang. \frac{1}{2} e = 100$; de manera que con la mira de 4 metros no se puede llegar a mas de 200 metros de distancia, i seria

$$d = 2 (m' - m'')$$

Pero, como los hilos en lugar de dos son cuatro, dos de arriba i dos de abajo, así se hacen cuatro lecturas m' , m'' , m''' , m'''' , que producen dos diferencias $m' - m'''$ i $m'' - m''''$ iguales i se deduce

$$d = (m' - m''') + (m'' - m''')$$

Con este sistema no solo se consigue una exactitud mui grande, pudiéndose medir una distancia de 100 metros con la aproximacion de 1 centímetro, sino que queda una rigurosa comprobacion de las lecturas mismas: pues no solo debe ser $m' - m''' = m'' - m''$, sino tambien $m' - m'' = m''' - m'' = \frac{1}{10} (m' - m''')$.

El tercero ángulo diastimométrico del cleps es un intermedio entre los dos precedentes i corresponde a $\cotang. \frac{1}{2} e = 200$ con que se habria

$$d = 4 (m' - m'')$$

o mas bien por ser ocho los hilos en lugar de dos,

$$d = (m' - m'') + (m'' - m''') + (m''' - m''') + (m'' - m''').$$

Como se comprenderá fácilmente esta lectura no es mui espedita; pero puede servir en sustitucion de la de cuatro hilos en el caso en que o la distancia de la mira sea mas de 200 metros, o una parte de la mira no sea visible.

Entónces en el anteojo del cleps, comprendiendo los dos hilos centrales, deberian hallarse 16 hilos: pero, para evitar el peligro de desarreglos, se han sustituido a ellos rayas sobre cristal; estas rayas apareciendo en el campo de cuatro oculares, que por ser asegurados a una planchita móvil pueden descubrir, segun se quiere las varias combinaciones.

El cleps, que se construyó por la primera vez en Milan en el año 1865, no encontró desde luego la simpatía de los ingenieros, algunos hallándolo demasiado pesado, otros demasiado complicado; asi es que continuó a ser preferido el taqueómetro. Ni tampoco quedó destronada la plancheta; pues se le añadieron los hilos diastimométricos a su pequeño anteojo i un pedacito de círculo vertical, u otro arreglo para tomar las alturas, i de tal manera perfeccionada continuó a tener muchos partidarios. Asi quedaron tres instrumentos disputándose el campo de la taqueometria el cleps, el taqueómetro i la plancheta. ¿Cuál de los tres merece la preferencia?

Los aficionados a la plancheta celebran la sencillez de los procedimientos, con que sobre el terreno mismo se llega a la expresion gráfica definitiva del plano, i los operadores, que tienen con

ella mucha práctica aseguran tambien que consiguen una exactitud mui grande. Pero esto no sucede con todos los operadores, i de otra parte el instrumento no da ninguna comprobacion de sus resultados ni tampoco conserva memoria de los elementos directamente tomados sobre el terreno. En cuanto a la rapidez, si se toma en cuenta el tiempo total, que se necesitaria para levantar i dibujar el plano, puede ser que la plancheta sea algo mas espedita: pero en los campos bajo el sol de verano o los vientos helados en invierno uno no tiene la misma comodidad para dibujar i hacer cálculos como en su escritorio, i cuando llueve es preciso suspender el trabajo. Si se toma en consideracion todo esto será mui fácil demostrar, que con la plancheta los levantamientos de planos no resultan ni mas rápidos, ni mas baratos.

El taqueómetro i el cleps pertenecen a la misma clase: solo el primero tiene un anteojo de menor fuerza i por esto jeneralmente pesa ménos i tambien cuesta o debería costar ménos. Pero por el solo hecho de ser menor el engrandecimiento del anteojo para conservar el mismo grado de exactitud en la valuacion de las distancias es preciso dar al ángulo diastimométrico un valor mas grande, que ordinariamente corresponde a $\cotang \frac{1}{2} \approx 200$, i por consiguiente por una misma distancia la parte tomada sobre la mira es mas larga, lo que puede ser un inconveniente cuando la mira se encuentra en parte tapada por las ramas u otros obstáculos. Entónces el cleps sería en estos casos mas rápido. En cuanto a la cuestion del peso no es cosa que tenga importancia: pues el mismo sirviente que trasporta un instrumento puede trasportar tambien el otro. Ni tampoco es el caso de ocuparse de su complicacion que es solo en el aspecto, ni de su costo, que ahora no es por nada superior a el de un buen taqueómetro.

Dejando entónces las cuestiones de preferencia pasamos a describir el modo de operar con el cleps para levantar planos rápidamente.

El injeniero operador, admitiendo que pueda tener todas sus comodidades, será acompañado por dos ayudantes, uno para escribir las observaciones i hacer las cuentas, el otro para dirigir la mira i hacer los bosquejos. Escojido a ojo el punto del terreno que cree mas conveniente el injeniero empieza por poner el

instrumento de nivel es decir con el eje de la columna vertical, lo que consigue muy rápidamente por medio de un pequeño nivel esférico, que está sobre el tripode i del nivel mas sensible colocado sobre el cubo. Despues. haciendo libre el plato inferior, dirige el anteojo de la brújula de manera que se vea en él el magnete hacer oscilaciones iguales por respecto al cero de la escala. Apretado entónces el tornillo que tiene fijo el plato inferior, el instrumento queda listo i el ingeniero puede dirigir el anteojo a la mira, que ya debe encontrarse sobre el punto. En el mismo tiempo el ayudante, que está cerca del instrumento, ya tiene preparado en su libreta el número de la estacion i una corta descripcion de su posicion, el número del punto i una descripcion de él (punto de una línea de deslinde o esquina de una casa o punto de cambio de pendiente) i por consiguiente puede notar en la casilla, que les corresponde, las lecturas que hace el ingeniero. Si se usa el ángulo diastimométrico mas pequeño la lectura de la mira se compone de tres números, los dos extremos que deben leerse lo mas posible en el mismo tiempo, i, el de medio que corresponde al eje óptico i que sirve tambien para comprobacion debiendo ser iguales las diferencias entre él i cada uno de los dos extremos. Esta comprobacion debe hacerse por el ayudante en el acto mismo que escribe los números para alcanzar a parar la mira en el caso que haya error. Tambien en la lectura de los círculos, a lo ménos para los puntos mas importantes, conviene tener comprobaciones leyendo otro de los hilos que están en el mismo microscopio, o haciendo la lectura al segundo microscopio que corresponde al otro extremo del diámetro del círculo, la cual lectura debe por consiguiente presentar una diferencia de 200° con la primera.

La mira bajo la direccion del ayudante pasa sucesivamente en todos los puntos que se cree necesario levantar. Si en un punto la visual no es libre se puede poner la mira uno o dos metros apartada tomando nota de esto en el bosquejo; lo mas raramente que sea posible se deben cortar ramas, pues esto hace siempre perder mucho tiempo. En el último punto, que supondremos el mas lejano en la direccion que debe seguir el levantamiento, la mira queda firme i el ingeniero, entregado el cleps al sirviente que debe trasportarlo, pasa a escoger el punto de la nueva esta-

cion con la condicion de que sea visible el punto en donde se quedó la mira. el cual punto debe ser tomado otra vez desde la nueva estacion. Por lo demas se repiten las operaciones ya descritas.

Si entre los puntos que se quieren levantar hai algunos en que por la distancia o por la dificultad de acceso no conviene mandar la mira; siendo sin embargo, bien visibles i determinados como puntas de astas o cruces de torres de iglesias, éstos se pueden levantar por interseccion tomando desde distintas estaciones los ángulos horizontales i verticales de las visuales dirigidas a ellos, sin que sea necesario que las estaciones se hallen inmediatamente consecutivas.

Tampoco se necesita emplear la mira, cuando se quiera solo la pendiente del terreno cerca de la estacion, lo que es útil para levantamientos de faldas con el objeto de estudiar trazados de caminos o canales. En este caso se dirige solo el anteojo segun la línea de máxima pendiente del terreno por arriba i por abajo i se notan los ángulos verticales i horizontales correspondientes.

En fin cuando se presente visible desde distintas estaciones una línea bien determinada, como seria la cumbre de la cordillera, Porro enseñó un procedimiento, que llamó de intersecciones cónicas para levantarla sin que sea necesario tomar el mismo punto en dos estaciones distintas. Imagínese la línea tal como aparece de la primera estacion dividida en partes, que puedan considerarse como rectas o en otros términos a la línea aparente, imagínese sustituida una poligonal bastante próxima a ella i se noten los ángulos de las visuales a todos los vértices de esta poligonal. Una operacion semejante hágase en una o mas otras estaciones de donde sea visible la misma línea aun si con apariencia algo distinta por efecto de la perspectiva. Siempre que una visual dirigida por una primera estacion se encuentre comprendida entre dos dirigidas por la segunda, se podrá determinar la posicion del punto del terreno correspondiente a la primera visual. Pues si llamamos a , b los puntos a que se dirigieron las visuales de la segunda estacion fig. 1.ª i C'' el centro del instrumento en esta estacion es claro que el ángulo $AC''B$ determina un plano tanjente a la superficie del terreno i que en este plano debe encontrarse el punto d que corresponde a la visual de la primera estacion, puesto que

$a b$ aparece recta desde C'' . Entónces el punto del terreno d será la interseccion de la la visual $C'd$ con el plano a $C'' b$ [1].

Pero este sistema no se ha usado sino raras veces, así es que no es fácil decir qué valor tenga en la práctica.

Como hemos visto, el procedimiento ordinario para el levantamiento de un plano es lo mas sencillo, las operaciones que deben hacerse quedan siempre las mismas cualquiera que sea la forma del terreno i nunca el ingeniero debe recurrir a expedientes para superar dificultades, pues es bastante ver para medir i para ver él puede transportar su instrumento en donde quiere aun para tomar un solo punto. Pero los escrupulosos observan que con el sistema que acabo de describir, la orientacion en cada estacion se determina sola con la brújula, lo que espone el plano a los errores dependiente de las variaciones ordinarias i accidentales de las corrientes magnéticas.

Efectivamente la orientacion con la brújula no es exacta; pero, advirtiendo de no tomar los puntos de pasaje a distancia mayor de 150 metros (el sistema de mandar la mira a grandes distancias es siempre malo, pues no se trabaja ni exacto ni lijero), la aproximacion que se consigue en práctica es ordinariamente mas que suficiente sobre todo para planos, que deben servir para estudio de trazados, resultando por mi propia esperiencia el error medio total en la posicion de una estacion por respecto a otra de unos 6 a 7 por mil de la distancia. De otra parte este sistema de orientacion permite hacer sobre el terreno un trabajo doble i hasta cuádruplo de lo que se haria en el mismo tiempo con los sistemas mas exactos; i a mas de esto, como la orientacion se puede siempre reproducir con el mismo instrumento sin necesidad de ningun procedimiento jeométrico, si por una circunstancia cualquiera se debe completar el plano ya concluido o para agregarle mas pormenores, la operacion es mui fácil: pues basta buscar sobre el terreno la estaca de un punto del levantamiento, tomar éste como punto de enlace mandando en él la mira i levantar lo que falta siempre en el mismo modo. Los puntos nuevos colocados en el plano quedaran perfectamente de acuerdo con los levantados anteriormente.

[1] Las figuras se encuentran en la segunda lámina de estos ANALES.

Tambien es mui fácil con este sistema trasportar sobre el terreno el trazado de una línea estudiado en el plano. Si, por ejemplo; se quiere poner sobre el terreno un vértice de una poligonal se busca en el plano el punto que se encuentra mas cerca de él i se nota la direccion de la línea que junta el vértice mismo con este punto i la distancia entre los dos puntos. Entónces colocado el instrumento sobre la estaca correspondiente al punto escojido i orientado el plato inferior, se dirige el anteojo de manera que sobre el círculo horizontal se lea el ángulo ya medido en el plano i se manda la mira en la direccion del anteojo a una distancia a vista igual a la notada: hechas las lecturas normales de la mira i sacada la cuenta, si la distancia efectiva es mas o ménos la que debe hacerse se corrige la diferencia con un metro de bolsillo i el vértice queda colocado.

Con todo esto bien se entiende que no queda demostrada la conveniencia de usar la orientacion magnética en todos casos. Si se necesita la orientacion exacta segun el meridiano local, será preciso deducirla con observaciones a puntos trigonométricos i entónces será conveniente transmitir la con métodos jeométricos a lo ménos para los puntos principales, pudiéndose usar el sistema sobre descrito para los secundarios. Tambien un sistema misto convendría seguir en el caso en que se tratase de hacer un mapa de un terreno cuya superficie necesitase conocer con mucha exactitud. En este caso se podría levantar ántes exactamente algunos puntos principales transmitiendo la orientacion con el sistema de los *puntos superpuestos* (1) lo que se haria de un modo bastante espedito siguiendo, por ejemplo uno o mas caminos comprendidos en el terreno que se debe levantar, i determinando así como una línea poligonal de cintura: para los demas puntos del levantamiento se podría usar el sistema espedito, los

[1] El sistema que llamo de *puntos superpuestos* consiste, como todos saben, en fijar i levantar desde la estacion 1.^a el punto en que se quiere colocar la estacion 2.^a, i despues trasportado sobre este punto el instrumento, dirijirlo al punto de la estacion 1.^a Es evidente que el ángulo horizontal correspondiente a la direccion 2.^a-1.^a debe ser igual a el de la direccion 1.^a-2.^a mas 200 grados. Este sistema de trasmision de la orientacion es el mas sencillo i puede dar mui buenos resultados siempre que la distancia entre las dos estaciones sea mayor de 100 metros.

puntos de la poligonal sirviendo de enlace de los dos levantamientos.

Si se quiere el plano aun mas exacto convendria usar para el levantamiento de la poligonal el diastimómetro de cuatro hilos (cotang. $\frac{1}{2} e=100$) i despues calcular numéricamente las coordenadas de los vértices o puntos de estacion pudiéndose así aplicar las compensaciones. Llamando x', x'', x''' etc., y', y'', y''' etc., estas coordenadas con orijen en el vértice cero de la poligonal, i $\Delta x, \Delta y$ las diferencias $x''-x', x'''-x''$ etc.; $y''-y', y'''-y''$ etc. si la poligonal es cerrada deberá ser

$$\sum \Delta x=0 \quad \sum \Delta y=0$$

No resultando nulas estas sumas las pequeñas diferencias que quedan, se reparten en partes iguales en los términos de cada suma modificando así de muy pequeñas cantidades la posicion de cada vértice. Operando de esta manera se puede conseguir una exactitud parecida a la de una buena triangulacion de tercer orden.

Concluidas las operaciones sobre el terreno quedan por hacerse los cálculos i los dibujos.

Por la primera cosa el ayudante que tiene la libreta prepara las diferencias $10 [m' - m'']$ i reduce en metros la lectura media m^2 de la mira multiplicando por 4 i dividiendo por 100. Despues se deben calcular las distancias entre la estacion i los puntos i las alturas z de éstos por respecto al centro del instrumento i en fin las Z sobre el nivel del mar.

Las distancias pueden considerarse iguales a las cantidades $10 (m' - m'')$ siempre que el ángulo con la vertical sea comprendido entre 96° i 104° .

Si el ángulo de la visual media con la vertical tiene un valor cualquiera f la parte $m'm''$ [fig.] 2.^a comprendida sobre la mira entre las visuales se debe proyectar sobre una perpendicular a la visual media Cm_0 . Esta proyeccion será $m'm'' \times \text{sen } f$ i entónces $10 [m'm''] \text{sen } f$ representaria el largo de la visual Cm_0 ; la distancia horizontal será por consiguiente

$$[1] 10 [m'm''] \text{sen } f \text{sen } f = 10 [m'm''] \text{sen}^2 f$$

La diferencia de altura entre el punto *a* del terreno i el centro del instrumento *C* representada en la figura por *a b* se compone de $\overline{m_c b} - \overline{m_c a}$; i como $\overline{m_c b} = \overline{Cb} \cotang. f$, así quedará

$$2 \overline{a b} = 10 [m' - m''] \operatorname{sen}^2 f \cotang. f - m_c$$

indicando con *m*, la lectura media de la mira reducida en metros.

Las fórmulas (1) (2) representan todos los cálculos que se deben hacer. Para facilitarlos Porro estudió escalas logarítmicas apropiadas para este uso que hizo imprimir sobre carton, debiéndose tomar en ellas las cantidades por medio de un compas. Entre estas escalas hai una para tangentes i cotangentes, una para senos i cosenos, que sirve en el caso, en que se quieran calcular las tres coordenadas, i una de los números, que sirve tambien para senos i tangentes de los arcos menores de un grado, para los cuales se suponen aquellas funciones trigonométricas confundidas con los arcos mismos. La unidad logarítmica tiene 20 centímetros de largo i en la escala de los números está dividida en 320 partes, el doble que en las reglas ordinarias. En las escalas trigonométricas a mas de los grados i centésimos se encuentran notadas con cifras góticas en los puntos que les corresponden las características de los logaritmos; en uno de aquellos puntos debiéndose poner una punta del compas para tomar la parte correspondiente al logaritmo de la funcion que se quiere.

Para hacer con estas escalas los cálculos de las fórmulas (1) (2) basta tomar con el compas sobre la escala correspondiente, la parte que representa el logaritmo de la funcion trigonométrica i trasportarla sobre la escala de los números poniendo una punta del compas en el punto correspondiente al valor del factor distancia i dirijiendo la otra sobre la misma escala hácia la derecha o hácia la izquierda segun se ha tomado la funcion trigonométrica por medio del logaritmo (hácia la derecha) o del complemento logarítmico (hácia la izquierda): la otra punta del compas indicará el valor del producto.

El uso de estas escalas no presenta dificultad ninguna para los que ya tienen la costumbre de usar las reglas logarítmicas; pero los que no tienen bastante práctica deben hacer mucha atencion

para no equivocarse i sobre todo para poner bien la coma en el número, que representa el resultado. Para evitar todo peligro el ingeniero Soldati, que hizo muchos trabajos de levantamientos, calculó i publicó en Turin tablas numéricas, en las cuales por cada valor de $m' - m''$ i de f se encuentran directamente los productos $(m' - m'') \text{sen}^2 f$ i $(m' - m'') \text{sen}^2 f \text{cotang } f$.

De un modo o del otro los cálculos no exigen ni mucho tiempo, ni mucha competencia, i solo puede cansar la repetición de las mismas operaciones, cuando los puntos que se deben calcular son muchos.

Los resultados parciales i totales de los varios cálculos se notan en la libreta de campo. Esta podría tener la disposición indicada en el ejemplo que aquí presento, en que se encuentran todas las notaciones de un punto habiéndose distinguido con diferente grueso los números escritos con lápiz en el campo de los hechos con pluma en el escritorio.

| | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------|--------|--------|------|-------|-------------|--------|
| Estacion a | PUNTO 13 Orilla acequia | | | | | | | 433.20 |
| Potrero a 2 metros | 14.25 | 7.30 | 105.78 | 230.42 | 69.5 | 0.43 | Z +5.82 | |
| orilla acequia | 10.75 | | | | 68.9 | +6.25 | Z 489.02 | |
| | Punto 14 id. recla con 13 | | | | | | | |

Como se comprenderá en la primera casilla estan notadas las lecturas de la mira, en la 2.^a i 3.^a los ángulos vertical i horizontal; en la 4.^a arriba se encuentra notada la cantidad 10 ($m' - m''$), abajo el producto de este número por $\text{sen}^2 f$ es decir la distancia horizontal; en la 5.^a arriba se ha notado m_0 i bajo de este número el producto de la distancia por $\text{cotang. } f$ con su signo + o -. La diferencia entre estos últimos números es la z es decir la diferencia de altura entre el punto i el centro del instrumento. Sumando este número z con la altura de la estacion sobre el nivel del mar la cual se encuentra notada en la última casilla se ob-

tiene la Z o altura del punto. Si la altura de la estacion fuese desconocida i se conociese al contrario la del punto es evidente que para obtener la primera bastaría substraer Z de la segunda.

Concluidos los cálculos queda la última operacion. la de dibujar el plano.

El ayudante, que ya hizo los bosquejos, preparado el papel milimetrado, fija segun las líneas del papel mismo la direccion de los meridianos i paralelos i la del norte de donde principian a contarse los grados. Despues en el punto en donde quiere empezar su dibujo pone la punta de una aguja a la cual se apoya un semicírculo reportador dividido en grados centesimales como los círculos del instrumento, i cuyo diámetro tiene tambien divisiones en milímetros desde el centro hácia los dos extremos. El otro ayudante, que tiene la libreta, dicta entónces por cada uno de los puntos de la estacion el ángulo horizontal, la distancia i el número del punto miéntras que el dibujante coloca el punto sobre el papel. Concluida la estacion se trasporta la aguja sobre el punto de enlace con la estacion siguiente, cuya posicion se determina con el mismo semicírculo haciendo el ángulo horizontal igual a él observado desde la 2.^a estacion mas 200 grados. Trasportada despues la aguja sobre el nuevo punto, que corresponde a la 2.^a estacion, se continúa el trabajo en el mismo modo. Dibujados los puntos se le escriben al lado las alturas i en fin el dibujante con sus bosquejos i con las descripciones que se encuentran en la libreta completa el plano i dibuja las curvas de nivel, calculando los puntos de pasaje de esta por interpolacion entre los puntos levantados, siempre que entre ellos sea indicada pendiente uniforme.

Tales serian las distintas operaciones que se exigen para levantar un plano con el sistema que acabo de describir sumariamente. Sin embargo de la aparente complicacion de ellas la rapidez, que se consigue en práctica es tal que mui dificilmente se podria alcanzar usando cualquiera otro sistema con el mismo grado de exactitud. En condiciones normales un ingeniero puede levantar sobre el terreno 120 puntos por dia, lo que corresponde por término medio a una zona de tres kilómetros de largo para un plano destinado a estudio de ferrocarriles o de una superficie de 40 a 50 hectáreas. Las operaciones de cálculo i dibujo ordinaria-

mente exigen tanto tiempo como las de campo, i, como en caso de necesidad pueden hacerse por otros empleados, así el trabajo puede adelantarse aun mas rápidamente completándose segun que lleguen del campo las libretas i los bosquejos. En fin tratándose de un simple reconocimiento i no necesitando pormenores, si el terreno es libre para las visuales o a lo ménos tiene alturas de donde se puede ver a mucha distancia, haciendo lecturas de 300 a 400 metros i empleando caballos tambien para trasportar el instrumento i las miras [que deberian ser dos] se puede llegar a levantar hasta 12 quilómetros en un dia siempre con bastante aproximacion i con resultados regularmente comprobados. Creo que mas de esto no se pueda conseguir ni tampoco con las carretas mecánicas ni con otros de los juguetes, que se van continuamente estudiando para ejercitar las facultades inventivas.

Santiago, Agosto 16 de 1897.

EMILIO OLIVIERI,
Ingeniero civil.