

# EL SECCIOGRAFO, SU MANEJO Y SUS APLICACIONES

POR EL ING. EDMUNDO ORTEGA CANTERO

DE LA DIRECCION DE AGROLOGIA DE LA C. N. I.  
EN EL DISTRITO DE RIEGO DEL BAJO RIO LERMA,  
JAL. Y MICH.-(\*)

## 1. GENERALIDADES

La siguiente exposición tiene por objeto dar a conocer un nuevo tipo de aparato topográfico, ideado por el suscrito, y cuya experimentación, en lo que se refiere a la obtención de secciones transversales, ha sido ya suficiente para afirmar su bondad, y ha dado margen a idear otras aplicaciones que también se esbozan, esperando que otra persona más capacitada que yo, contribuya a su mejora específica y perfeccione los métodos de trabajo que intento sugerir.

Este aparato, diseñado especialmente para el levantamiento y dibujo de secciones transversales y perfiles, tuvo su origen en la intención de hacer menos tedioso y lento ese trabajo para el estudio de volúmenes, en la construcción del dique de defensa del río Duero, en la Ciénaga de Chapala. Por el hecho de que las secciones transversales en ese dique deben comprender desde la cota 103.50 hasta la 94.50, en términos generales, es decir, abarcan un desnivel de nueve metros, su levantamiento se hace sumamente molesto con el método ordinario del nivel montado y la estadia, porque a pesar de emplear estadales de seis metros, cuyo manejo es muy pesado para el personal de la brigada, dada su longitud, su peso y las pendientes tan rápidas en taludes de excavaciones y terraplenes, el trabajo tiene que ejecutarse por partes, haciendo independientemente las secciones para excavación del dren principal y, posteriormente, otras para formación del dique, con el material extraído.

Con el aparato en cuestión el trabajo se reduce notablemente, pudiendo abarcarse de una vez todo el tamaño de la sección, tanto en el sentido longitudinal como en el vertical, y sobre todo, se ahorra tiempo y esfuerzo, tanto al topógrafo como al resto de la brigada, pues el estadalero, en vez de subir y bajar continuamente, cargado con un estadal grande y bromoso, además de insuficiente, ahora ejecuta la operación con una simple baliza, y muchas veces sin ella, cuando el terreno así lo permite. Por otra parte, y esto es lo esencial, no tienen que ejecutarse lecturas sobre la estadia, que al fin de algunas horas de observación, acaban por cansar la vista del observador; asimismo, tampoco se ejecutan acotaciones en los registros, ni cálculo de cotas, ni el paso de éstas al papel milimétrico.

Se han diseñado dos tipos de este aparato: el primero, o Secciógrafo de mira sencilla o de pínulas, aplicable a secciones de longitud relativamente corta, ligero y de construcción simple; y el segundo, el Secciógrafo Telescópico, aplicable a secciones que pueden variar desde unos cuantos metros hasta longitudes considerables, y que además de esa aplicación, puede tener otras diferentes, que más adelante se detallan.

Para mayor brevedad, describiré solamente sólo el segundo de ellos por ser el más completo, y para dar una idea del primero, haré notar sus diferencias con aquél.

(\*) Nota: Aun cuando todos los artículos que se publican en esta Revista son bajo la responsabilidad del autor, se hace notar que el aparato a que este artículo se refiere no ha sido probado si no por el autor, aunque se estima ofrece posibilidades para su uso futuro.

Los planos que se anexan, comprendiendo las figuras números 1, 2, 3, 4 y 5, darán una idea del aparato provisto de telescopio. Los originales de estos planos fueron presentados a la Secretaría de la Economía Nacional para el trámite de su patente industrial.

En realidad, el aparato viene siendo una combinación de tránsito con plancheta, con la diferencia de que en él, el tablero o restidor de ésta es vertical.

El tablero vertical, desmontable mediante las mariposas 1', es de mayor longitud que altura, dada la forma ordinaria de las secciones. He encontrado como tamaño manual y práctico para él, el de  $0.60 \times 0.20$  metros. Va montado sobre una pieza de su misma longitud, que sirve de guía a una corredera que soporta a la alidada propiamente dicha. En las figuras el tablero va representado con el número 1, la pieza a que me refiero, con el número 2, y la corredera con el 4.

El tablero y la pieza 2, van montados en un mecanismo ordinario de nivelación y orientación 3, semejante al de los tránsitos usuales, provisto de tres tornillos para nivelar y un sistema de tornillos tangenciales, uno particular del limbo horizontal y otro para el movimiento general del instrumento. La única diferencia con el mecanismo de los tránsitos ordinarios, consiste en la forma del platillo superior, que está adaptado para recibir las partes ya mencionadas, además de una brújula y dos niveles cuyas generatrices son perpendiculares entre sí.

Además del movimiento deslizante horizontal que la pieza 2 permite a la alidada, ésta también puede correrse verticalmente, a fin de poder cambiar su altura respecto al tablero mismo.

La alidada propiamente está formada por un telescopio unido a una regla graduada métricamente, cuya cara es vertical, y cuyo filo debe ser paralelo al eje de figura del anteojo. Un sencillo dispositivo permite verificar este ajuste correctamente, de manera que el filo de la regla y la línea de colimación del anteojo queden en el mismo plano, y, por lo tanto, no haya diferencia de dirección entre las visuales y las líneas que se apoyen en la regla. El telescopio va provisto de un nivel montado en su parte inferior, así como de un limbo vertical, en semicircunferencia, con su vernier respectivo, el cual pue-

de ajustarse rápidamente por medio de un tornillo tangencial, como puede apreciarse en la figura 1. El movimiento de alturas del anteojo y por ende el de la regla, pueden gobernarse mediante otro tornillo tangencial. Como detalles especiales del anteojo se tienen el de que en su ocular vaya colocado un dispositivo de reflexión de la imagen a  $90^\circ$ , el cual permite al operador dar la cara al tablero al mismo tiempo que observa por el anteojo, dando esto una mayor comodidad al instrumento. Por otra parte, la retícula de éste va provista, además de sus hilos vertical y horizontal de rigor, de hilos estadimétricos, tanto en el sentido vertical, como en el horizontal (figura 4).

La regla, además del movimiento de alturas, puede deslizarse longitudinalmente, respecto a su soporte, pieza 25, para adaptarse a condiciones especiales. La alidada lleva un índice o marcador (Núm. 25'), el cual señala la posición del eje de alturas respecto al sentido horizontal del tablero, cuando el anteojo esté nivelado.

Como generalmente las secciones transversales se ejecutan en número considerable (casi siempre 50 por kilómetro de trazo) se acostumbra dibujarlas en rollos de papel milimétrico, y el aparato que se describe está adaptado para cargarse con un rollo del mismo, sobre dos carretes, a manera de cámara fotográfica, poseyendo dispositivos para restirlo y mantenerlo en la posición deseada.

En contraste con este tipo de aparato, el más sencillo, en vez de telescopio posee dos pínulas para apuntar: una colocada en el extremo libre de la regla, y la otra, un sencillo prisma de cristal, para reflejar a  $90^\circ$  la imagen de la primera proyectada sobre la señal que se observe. Va desprovisto de círculo vertical y del mecanismo de tornillo tangencial. El sistema del limbo horizontal es más sencillo, pues carece de tornillos tangenciales; y asimismo el sistema de nivelación es más simple, careciendo de tornillos niveladores, y en cambio, está formado por un sistema de articulación de rodilla esférica. En este tipo de aparato la brújula es de tubo y va montada en la parte superior del tablero. Únicamente posee un nivel general.

Ambos tipos de aparato van provistos, en su parte posterior, con dos carretes para

arrollar el papel milimétrico e irlo deslizando conforme se va dibujando en su cara anterior. Los carretes llevan unas guías móviles, para adaptarlas contra los costados del papel, con el fin de que éste no se tuerza al enrollarlo y pierda su rayado horizontal el paralelismo con el sentido longitudinal del tablero.

## 2. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

El principio geométrico del aparato no es más que una simple proporcionalidad de triángulos, como puede verse en la figura 6. La distancia horizontal  $D$ , del aparato al punto en observación se marca a escala en el papel ( $d$ ), a partir del punto 0 que en él representa la posición relativa del eje de alturas del instrumento, y la elevación también relativa del extremo de la señal que se observa, queda fijada por la intersección del filo de la regla con la línea vertical del papel, que determine la distancia (punto 1). Por lo tanto, la representación de la elevación del punto sobre el cual se asienta la señal, queda abajo de aquél punto marcado tanto como sea la longitud de aquélla, tomada a escala (punto 2). Por lo tanto, si la elevación del instrumento es conocida y se marca

convenientemente en el papel milimétrico (punto 0), y por medio de los movimientos deslizantes verticales y horizontales se lleva el centro del eje de alturas de la alidada al punto en cuestión, todos aquellos puntos que se fijan como hemos dicho, darán su altura respecto al aparato, y con ello en el papel quedarán dibujados a su distancia y elevación correctas. Observando la figura 6 tenemos esta simple relación:

$H_1 = H + (F - C)$ , siendo  $H_1$  la elevación del punto del terreno, la cual, representada en el papel se convierte en:

$$h'_1 = h' + (f - c), \text{ siendo:}$$

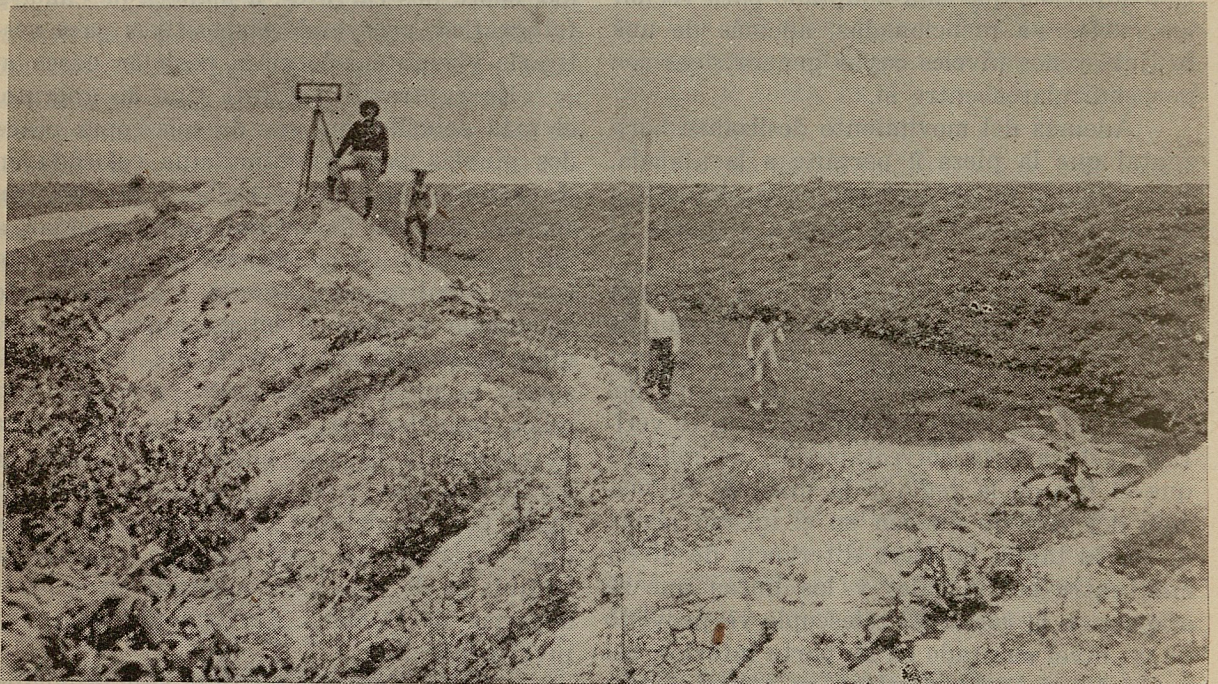
$f - c = \frac{d}{D}(F - C)$ , pero su valor representativo:

$f - c = m \frac{d}{D}(F - C)$  siendo  $m$  el módulo de la escala usada. Y queda:

$$h'_1 = h' + m \frac{d}{D}(F - C)$$

pero:  $m \frac{d}{D} = 1$ , con lo que:  $h'_1 = h' + (F - C)$

Como la diferencia  $F - C$  es constante e igual a la diferencia  $G$  de elevación entre el aparato y el punto que se observa, cualquiera que sea el valor de  $C$  se mantiene cierta la igualdad, con lo que se demuestra que la longitud de la señal  $C$  (estadal, baliza, etc.) no



El Secciógrafo trabajando en las secciones del Dique de la Ciénaga de Chapala.

influye en los resultados. Cuando  $C = 0$ , entonces  $F = G$ , lo que indica que el aparato puede trabajar sin la ayuda de aquella señal, cuando el terreno lo permite, es decir, cuando todos sus puntos son visibles directamente desde el instrumento. Sin embargo, en la práctica siempre es conveniente el uso de aquélla para salvar las sinuosidades del terreno, aunque he encontrado que puede suprimirse casi siempre, empleando en cambio al mismo cadenero como señal, sin cometer error apreciable, dirigiendo la visual al extremo superior de su sombrero, siempre y cuando se tenga la precaución de observarlo siempre en posición de firme. Muchas veces es más correcto este procedimiento que el empleo de la baliza o el estadal, pues cuando éstos se apoyan en terreno suelto, pueden hundirse uno o dos centímetros.

### 3. OBTENCION DE SECCIONES EN GENERAL

Supongamos que se trata de obtener el perfil de la figura número 7. Los puntos  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  correspondientes a los  $A$ ,  $B$ ,  $C$  y  $D$  del terreno se dibujan como se explicó en el párrafo anterior, utilizando la señal  $C$ , obteniéndose con ellos el perfil que he llamado "normal". Ahora bien, el extremo superior de aquélla irá dando los puntos  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ , y  $d'$  determinando con ellos un perfil paralelo al primero, puesto que la longitud de la señal es constante, y que también es el dibujo de la sección, sólo que desplazado hacia arriba una cantidad igual a la longitud de la tantas veces mencionada señal. Lo anterior indica que puede utilizarse el segundo dibujo en lugar del primero, al que he denominado perfil "desplazado", teniendo éste la ventaja sobre el "normal" que no habrá que tomar en consideración la dimensión de la señal para marcar los puntos del perfil, sino que éstos quedarán directamente dibujados en la intersección del filo de la regla con la distancia correspondiente.

El modo práctico de proceder es el siguiente:

Se supone que las secciones se apoyan en un trazo nivelado, una de cuyas estacas es el punto  $A$ . Se escoge una de las líneas gruesas verticales del papel milimétrico

en representación del eje del trazo y sobre ella se marca la elevación de la estaca  $A$  (punto  $a'$ ). Se coloca el aparato a una distancia  $D$  conveniente de la estaca en la dirección de la sección, normal al trazo, se le nivela y orienta. Se mide aquella distancia y se pone la alidada por medio de su corredera horizontal, a la misma distancia  $d$ , a escala a partir de aquel eje. Hecho esto se apunta el telescopio al extremo superior de la señal, colocada sobre la estaca acotada, y se fija la alidada en esa posición. Entonces, por medio de los carretes se corre el papel hasta que el punto que representa la estaca coincida con el filo de la regla. Automáticamente se habrá localizado el eje de alturas de la alidada en posición conveniente para proporcionar las elevaciones de los demás puntos, sobre el perfil "desplazado".

Esta operación también podría ejecutarse buscando la coincidencia de la visual con la señal y del punto  $a'$  con el filo de la regla simultáneamente, corriendo verticalmente la alidada, hasta encontrar aquella coincidencia; pero es mucho más fácil y rápido el procedimiento que he indicado.

Debe observarse que en esta manera de buscar la posición del eje de alturas del anteojo respecto al papel, la traza de aquél sobre éste no representa la altura del aparato, sino que el punto que corresponda a ésta está desplazado hacia arriba o hacia abajo de aquella traza, dependiendo esto de la longitud de la señal que se utilice.

En el caso de que la longitud fuera igual a la altura del aparato sobre el terreno, el eje de alturas del telescopio señalaría sobre el papel exactamente el punto del terreno sobre el cual estuviera el instrumento, por lo cual no podría dibujarse, ya que quedaría oculto por el mismo eje de la alidada. Este hecho indica dos cosas:

Primero. Que los puntos del terreno cercanos al aparato son difíciles de dibujar. Esto también depende de la escala escogida. En efecto, si el diámetro del eje de alturas y su soporte es, por ejemplo, de 2 centímetros y la escala a que se dibuja es de 1:100, entonces no se podrán marcar los puntos que estén a menos de un metro a cada lado del instrumento, a no ser que se utilice una señal de longitud suficiente para que su extre-

mo rebase la zona del papel oculta por el eje; pero aun en este caso, no es conveniente por la intersección de la regla con la línea que en el papel represente a la distancia, que sería muy aguda, además de que cualquier desviación de la señal de la vertical, afectaría fuertemente a la elevación del punto observado.

Segundo. Que siempre debe instalarse el aparato en aquel punto del terreno que no interese a la sección (fuera de ella, o en una parte de inclinación uniforme), lo cual siempre es posible, aparte de que en la escala usual de las secciones: 1:100, dos metros en que no se tengan datos no significa nada, sobre todo si se escoge para situar el aparato un plano de inclinación uniforme, como he dicho antes.

Cuando sea estrictamente indispensable colocar el aparato sobre la estaca acotada y de tal modo que no se pueda tomar la altura del aparato como he explicado antes, entonces hay necesidad de proceder de la siguiente manera y de acuerdo con las consideraciones que a continuación se expresan:

El trazo superior de la figura número 8 es el perfil "desplazado", y el inferior punteado, es el perfil "normal". En esa misma figura se ve que, siendo  $e$  el pequeño espacio que debe mediar entre el punto acotado 0 y el extremo del índice de la alidada para obtener la posición correcta del eje de alturas, tiene por valor:

$$e = \frac{C}{m} - (K + \frac{a}{m}) = \frac{C - a}{m} - K$$

siendo  $a$  la altura del aparato respecto a la estaca acotada (que se puede medir fácilmente) y  $K$  la distancia del centro del eje de alturas al extremo superior del índice. Se puede ver que esta manera de proceder sólo es factible cuando la longitud de la señal  $C$  sea mayor que  $a + mK$ , porque de no ser así, el punto 0 quedaría oculto por el eje.

Asimismo, si el módulo  $m$  de la escala es muy grande tampoco es práctico el procedimiento, pues tendría que utilizarse una señal muy larga. En resumen, el procedimiento práctico en este caso, es el siguiente, cuando sea indispensable colocar el aparato sobre la estaca: restar a la longitud de la

señal la altura del aparato, a escala, más la distancia  $K$ , y el resultado en milímetros marcarse hacia abajo del punto acotado, y en el sitio resultante colocar el índice de la alidada, por medio de su corredera vertical.

Puede observarse que es mucho más sencilla la manera de encontrar la altura del aparato colocándose fuera de la estaca acotada.

De todo lo que antecede puede desprenderse que a diferencia del método usual, en que una posición del nivel puede servir para obtener varias secciones, en este nuevo método hay necesidad de mover el Secciógrafo a cada sección. Aparentemente esto es una gran desventaja, pero ya en la práctica ésta no es apreciable, en comparación con la rapidez y sencillez del trabajo, pues el tiempo empleado en trasladar el instrumento de una estación a otra es, con poca diferencia, el mismo que en el método ordinario, el personal tarda en pasar también de una a otra. Y es más notable su ventaja, mientras más difícil sea la sección, más puntos haya que tomar y más abrupto el terreno.

La ventaja del instrumento se aprecia también cuando, al regreso del campo, se traen ya dibujadas las secciones sobre el papel milimétrico, sin necesidad de recurrir al gabinete para su cálculo y dibujo, estando listas para el trabajo del planímetro. El empleo del cual se facilita también mucho desmontando el tablero y utilizándolo como mesa de trabajo, en donde, para pasar de una sección a otra, es suficiente con correr los carretes.

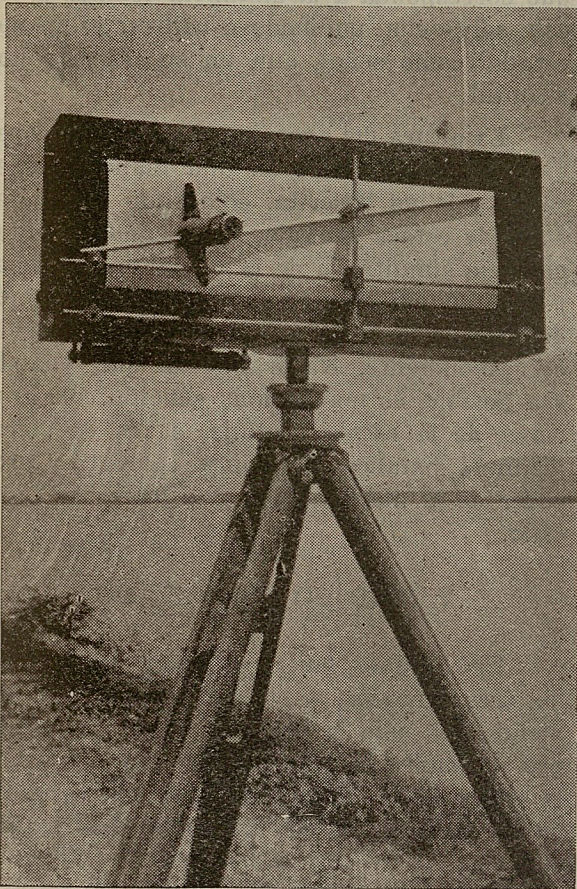
Durante la experimentación del primer aparato construido en los talleres de la Comisión Nacional de Irrigación en Cumuato, Michoacán, rudimentario, dada la falta de herramienta apropiada en esos talleres, se pudieron obtener secciones del terraplén del dique del río Duero, con 15 metros a la derecha y 40 a la izquierda, con diferencias de niveles desde la cota 103.50 a la 96.0, una por cada cinco minutos de trabajo, tomando en consideración que tuvo que utilizarse una señal de cuatro metros, a fin de que su extremo superior lograra sobresalir entre los montones de tierra que las dragas 50-B dejaron al excavar el dren principal. Véanse fotografías anexas.

## MÉTODOS DE TRABAJO

### 4. MÉTODO UTILIZANDO LA CINTA

Este método, en general, debe ser el más empleado en el trabajo ordinario de secciones, y en el cual se utiliza la cinta de acero o tela reforzada para medir las distancias desde la estaca de trazo hasta los diferentes puntos de la sección.

Con cinta de 50 metros pueden levantarse secciones hasta de 100 metros, colocando el aparato en la parte media. Cuando los desniveles sean fuertes deberán tomarse



Secciógrafo rudimentario construido en los Talleres de la Comisión Nacional de Irrigación en Cumuato, Mich. Obsérvese el dibujo de dos secciones sobre el papel milimétrico.

las precauciones necesarias en la medida de las distancias horizontales. La escala más usual para este método debe ser la de 1:100, y tanto el Secciógrafo de pínulas como el telescópico están indicados para el trabajo.

Los dos métodos siguientes sólo pueden practicarse con el Secciógrafo Telescópico.

### 5. LEVANTAMIENTO CON ESTADIA VERTICAL

Cuando la distancia que deban abarcar las secciones o perfiles sea superior a 100 metros, en la cual no sea ya práctico el empleo de la cinta de acero para medirla y cuando las pendientes del terreno sean lo suficientemente ligeras como para que la distancia tomada con los hilos estadimétricos no quede apreciablemente afectada por la inclinación de las visuales, las distancias pueden medirse por medio de la estadia vertical, y marcarse en el papel milimétrico de manera semejante a la indicada en los párrafos anteriores.

En este caso, primero deberá leerse la distancia por medio de los hilos; conocido ese dato, se podrá apuntar el hilo medio horizontal al extremo del estadal, que fungirá como señal, y ya con eso marcar la altura del punto observado. La manera de obtener la altura del aparato es igual a la descrita.

Puede determinarse el ángulo máximo vertical admisible en las visuales, para que el error cometido al tomar las distancias sin reducir al horizonte, caigan dentro de la tolerancia.

La distancia horizontal cuando se mide con estadia y la visual es inclinada, vale:

$D = CL \cos^2 a$ , siendo  $C$  la constante de estadia,  $L$  el tramo abarcado por los hilos estadimétricos sobre el estadal, colocado verticalmente, y  $a$  el ángulo de elevación o depresión de la visual. Si no se toma en cuenta la inclinación de ésta, se comete un error  $e$ , y entonces la distancia obtenida es mayor que la verdadera, o sea:

$$D' = D + e = CL, \text{ de donde:}$$

$$D = CL - e, \text{ con lo que:}$$

$$CL - e = CL \cos^2 a, \text{ de donde:}$$

$$1 \dots \dots e = CL (1 - \cos^2 a).$$

Para la generalidad de los observadores, estimo que pueden ejecutar lecturas de estadia a 300 metros, con un error medio de 1 centímetro en el estadal, lo que se traduce en 1 metro en la distancia. En relación con este error de observación, estimo como pertinente, suponer que el error máximo atribui-

ble a la inclinación de las visuales sea como máximo, la cuarta parte del error de lectura, o lo que es lo mismo, el error de inclinación de la visual, sea directamente proporcional a la distancia, como lo indica la igualdad I. En estas condiciones, podemos poner:

$$\frac{e}{D} = \text{constante} = \frac{0.25}{300} = 0.00083$$

Ahora bien, de la igualdad I deducimos:

$$\begin{aligned} a &= \text{ang} \cos \left(1 - \frac{e}{D}\right)^2 = \text{ang} \cos 0.99917^2 \\ &= \text{ang} \cos 0.9983 \\ &= 3^\circ 20'. \end{aligned}$$

Lo que quiere decir que el empleo práctico de la estadia vertical en el aparato, se limita a visuales cuyas inclinaciones no pasen de  $3^\circ 20'$  (esto es una aproximación tan sólo); pero aun con esta limitación pueden obtenerse secciones hasta con desniveles de unos tres metros, con una escala de 1:100, con desniveles de seis en la escala 1:200, etc.

Cuando las distancias y las escalas sean cortas, puede llegar a ser apreciable la constante propia del aparato, y deberá tomarse en cuenta siguiendo los mismos lineamientos generales que se tienen en los levantamientos ordinarios con estadia.

## 6. LEVANTAMIENTO CON ESTADIA HORIZONTAL

Este método tiene aplicación especial cuando los perfiles se deban tomar en lugares cuyas pendientes sean lo suficientemente fuertes, como para que el empleo de la cinta o la estadia ordinaria den errores en la medida de las distancias horizontales, si no se recurre a tablas taquimétricas para reducir al horizonte, lo cual sería muy laborioso en el campo.

Para este caso se ha diseñado una estadia horizontal en conexión con los hilos estadimétricos verticales. El estadal está graduado de igual manera que el ordinario, y no se distingue de él sino en que los números quedan en su posición normal cuando se coloca en su posición de trabajo, horizontal. Va montado en su parte media en un soporte de dos metros de longitud, plegable sobre el cuerpo del estadal, y por medio del cual se apoya en el terreno, manteniéndolo horizon-

tal el estadalero. Se dobla en dos partes, como los de charnela.

La lectura de este estadal con los hilos estadimétricos verticales no ofrece dificultad alguna, y al proporcionar la distancia  $aA$  (Fig. 10), que media entre el aparato y el punto en observación, en el sentido de la visual, no puede tomarse aquélla sobre el papel milimétrico, sino que entonces se utiliza la graduación de la regla, cuyo cero se hace corresponder previamente con el eje de alturas, mediante el movimiento de deslizamiento de que ésta es capa sobre sí misma.

En este caso, la elevación de los diferentes puntos del terreno quedará determinada sobre el filo de la regla en el punto (p. ej.  $a'$ ) que corresponda a la distancia tomada a escala sobre ella, pudiéndose utilizar el mismo estadal como señal, aun en su posición horizontal.

La altura del aparato, en este caso especial, deberá tomarse de una manera semejante a la ya descrita, colocando el estadal sobre la estaca acotada, y buscando la coincidencia simultánea de la visual con la señal y la del punto acotado del papel con el punto del filo de la regla que marque la distancia correspondiente. Naturalmente que, cuando sea posible, es mucho más sencillo colocarse cerca de la escala acotada, a fin de poder medir la distancia horizontal correcta y proceder de la manera fácil que ya se ha indicado.

## 7. METODO COMBINADO

En algunos casos, pueden combinarse los tres métodos, o cuando menos dos, teniendo tan sólo la precaución de que siempre se emplee la misma señal para observar la altura de los puntos del terreno, variando únicamente el método de tomar las distancias.

## 8. INTERSECCIONES VERTICALES

Existen casos muy especiales en la determinación de perfiles, como en el de cañones y boquillas en los cuales resulta poco práctico determinar las distancias con estadia o cinta, porque los puntos sean prácticamente inaccesibles, y entonces pueden fijarse

por medio de intersecciones gráficas, como a continuación se explica. Véase figura 11.

Los puntos accesibles se determinan por el método más apropiado de los descritos, estando el aparato en la posición **A**, por ejemplo, y visando los puntos notables inaccesibles **C**, **D**, **E** y **F**, y marcando esas visuales, se puede cambiar el aparato a la posición **B**. Se vuelve a localizar su altura convenientemente y se visan de nuevo los puntos inaccesibles. Las intersecciones de las visuales correspondientes, representarán a éstos en el papel por los puntos **c**, **d**, **e**, y **f**. Naturalmente que del criterio para escoger las posiciones del instrumento, dependerá la exactitud de posición de los puntos, debiéndose procurar siempre que las intersecciones de las visuales se verifiquen con un ángulo de bastante abertura.

En este caso hay que tomar en cuenta que como los puntos inaccesibles se observan sin colocar en ellos señal alguna, quedan sobre un perfil "normal", y si los puntos accesibles se toman con señal, quedarán sobre el perfil "desplazado". En consecuencia, para que concuerden unos con otros, pueden correrse hacia abajo estos últimos la misma longitud de la señal, o desplazarse los primeros hacia arriba la misma cantidad. Esto último es más práctico, ya que la estaca acotada queda generalmente sobre el perfil "desplazado" y por ello es preferible referir todas las elevaciones a éste.

## 9. CONFIGURACION

La configuración en relación con ejes de trazo, no presenta ninguna dificultad, partiendo de las secciones transversales proporcionadas por el aparato.

En el caso de que se desee configurar un sitio determinado, pueden obtenerse los datos necesarios por medio de secciones radiales, desde un solo punto de observación, cuyo alcance sólo estará determinado por la escala empleada y la potencia del telescopio. Para ello, será suficiente tomar las lecturas angulares correspondientes a cada una de las diversas orientaciones que se dé al aparato, anotándolas en el lugar de la sección, y cuya frecuencia dependerá del detalle que

se quiera obtener. Este método tiene la ventaja de poder configurar laderas escarpadas sin mover el aparato, cosa que no puede hacerse mediante el nivel ordinario. Aun sobre la plancheta tiene la ventaja de no necesitar reducir al horizonte las lecturas en visuales muy inclinadas, utilizando para ello la estadia horizontal, además de que por obtener los distintos perfiles radiales, las curvas de nivel pueden determinarse con mayor precisión que interpolando gráficamente entre puntos de elevación conocida, y más o menos distantes entre sí. La ventaja del instrumento es aún más notable sobre el tránsito, pues con éste, en el caso de terrenos muy escarpados, hay que recurrir primero al cálculo de distancias y elevaciones de los puntos tomados con estadia, para poder dibujarlos posteriormente en el papel y finalmente interpolar para obtener las curvas de nivel, las cuales no son muy precisas por este medio.

La obtención de los perfiles radiales facilita, además, la visualización de los diferentes accidentes del terreno, con lo cual la configuración resulta bastante correcta. Debe resaltar el hecho de que no todos los perfiles radiales deben tomarse desde el punto en que esté localizado el aparato, pues cerca de él, en caso contrario, se obtendría una acumulación de datos innecesaria. El criterio del operador fijaría la extensión y frecuencia de cada uno de los perfiles.

En el caso de la configuración, como en el de las simples secciones, el aparato demostraría su ventaja mientras más accidentados fueran los terrenos, y mayores fueran los desniveles que se encontraran.

En el caso de trabajos preliminares, este instrumento podría ejecutar todas las operaciones por sí solo, ya que estando provisto de las partes elementales de un tránsito podría hacer los trazos preliminares; estando provisto de un nivel montado en el antejo, podría ejecutar las nivelaciones, cierto que para ello habría que tomar precauciones especiales, que se detallarán más adelante, y, finalmente, podría obtener los datos de secciones de bastante amplitud, para localizar posteriormente el trazo definitivo.

## 10. APLICACIONES ESPECIALES

A continuación sugiero algunas otras aplicaciones del aparato, esperando que la práctica con este instrumento encuentre algunas otras y mejore los métodos que he esbozado.

En el caso de terracerías en canales, drenes, caminos, cortinas, se puede verificar el **check** de secciones con gran facilidad, y, lo que es más útil, visualizar en el campo mismo, sin necesidad de cálculos, aquellos puntos del trabajo que hayan sido terminados, o en los que falte volumen. Esto puede realizarse dibujando previamente en el papel milimétrico la sección o secciones de proyecto que se quieran verificar, en relación con las estacas de referencia, debidamente acotadas, y cuya posición deberá marcarse convenientemente en el dibujo de la sección de proyecto. Con ese dibujo y obteniendo, por cualquiera de los métodos enunciados, el perfil correspondiente, y comparándolos, puede verse perfectamente claro el estado del trabajo.

En la localización de estacas laterales para excavaciones, dará también buen resultado, pues en el sitio mismo, sin necesidad de recurrir a cálculos y tanteos, pueden fijarse con exactitud los lugares en que deban colocarse aquéllas, conociendo, por supuesto, las secciones de proyecto y la cota de las rasantes correspondientes al sitio de observación.

En los proyectos de conservación del suelo, también puede prestar buen servicio, tanto por su capacidad para trazar poligonales, como para nivelar, y, finalmente, para obtener en el campo el dibujo de las pendientes en donde hayan de localizarse las terrazas, además de servir para configurar los terrenos en que la técnica recomiende cultivos en fajas, y determinar la extensión de éstas.

Como una aplicación muy especial, aunque propiamente no puede considerarse como aplicación en la Ingeniería, ya que su campo es muy reducido, es la de facilitar el dibujo de perspectivas naturales.

Me permito exponer a grandes rasgos, y en relación con la figura 12, el fundamento geométrico de esta aplicación, con el objeto de delinear un campo de trabajo diferente al instrumento, que pudiera sugerir otro em-

pleo para él en las diversas ramas de la Ingeniería.

He empleado para esta exposición el concepto de que un dibujo en perspectiva es el resultado de la proyección de los contornos visibles de un objeto sobre un plano, por medio de proyectantes convergentes en un punto, que generalmente se conceptúa ser el ojo del observador, y suponiendo siempre el plano de proyección colocado entre aquél y el objeto, y siempre normal a la visual principal.

Supongamos, por ejemplo, que se trata de obtener la perspectiva natural de una construcción (simple, en este caso, para ilustrar la aplicación), cuya planta está representada por los puntos **A, B, C**, visibles y **D** invisible para el observador situado en el punto **O**. En perfil consideramos la posición del observador y del aparato en el punto **O'**. Las visuales dirigidas a las esquinas **A, B**, y **C** están representadas por las líneas **OA, OB** y **OC** en planta, y **O'A** a la parte superior de la esquina **A** y **O'A'** a la parte inferior de la misma, en perfil. Asimismo pueden observarse en el dibujo las visuales a la parte superior e inferior de las esquinas **B** y **C**, representadas en el perfil por las líneas **BB'** y **CC'**, dibujadas a escala a su distancia del punto **O** (también **O'**). Escogemos como plano de proyección al representado en planta por la línea **ac**, y en perfil por la **aa'**. Las intersecciones de las visuales **OA, OB** y **OC** o sus prolongaciones con la traza **ac** determinan las posiciones relativas de las tres esquinas, dando las líneas **A" A'''**, **B" B'''** y **C" C'''**. La determinación de la magnitud aparente de cada una de las esquinas (que se han considerado como si en la realidad tuvieran la misma altura) es como sigue: Por medio del instrumento se dirigen las visuales **O'A, O'A', O'B, O'B', O'C** y **O'C'** a la parte superior e inferior de las esquinas respectivas, que interceptan a la traza **aa'** en los puntos **1, 1', 2, 2', 3** y **3'**, respectivamente. Ahora bien, llevando líneas horizontales desde esas intersecciones hasta cortar las líneas verticales que representan las esquinas, se determinará la magnitud aparente de cada una de ellas. Puede notarse que a mayor distancia del punto **O**, corresponde menor magnitud aparente, pues la esquina **B**, la más

cercana al observador, aparece mayor que la C y ésta que la A, la más lejana.

Uniendo con líneas los puntos A" y B", A'" B'" y prolongándolas se obtiene en su intersección el punto de fuga F<sub>1</sub>. De una manera semejante se obtiene el punto F<sub>2</sub>. Estos puntos de fuga deben quedar siempre a la misma altura en que se haya representado el aparato, cuando el objeto tenga caras planas y sea simétrico.

El tamaño de la perspectiva depende de la posición del plano de proyección que se escoja. Mientras más cercano al observador, más pequeña será aquélla. Esto se ilustra en la perspectiva más pequeña para la cual se escogió el plano de proyección DD, habiéndose procedido de la misma manera para obtenerla.

Puede verse que el procedimiento es en sí muy sencillo y que puede aplicarse cualquiera que sea la forma del objeto, siendo suficiente determinar los diferentes puntos de fuga que se presenten para terminar los detalles del dibujo.

Los ángulos, como los AOB y BOC, se determinan por medio del limbo horizontal del aparato y se marcan en el papel con un transportador; las distancias se miden con cinta y se dibujan por medio de una escala.

## 11. AJUSTES DEL SECCIOGRAFO

Se debe principiar el ajuste del aparato por el de los dos niveles colocados en el platillo superior, por el método ordinario. En seguida se ejecuta el ajuste de la línea de colimación, también por los métodos conocidos. Y el paralelismo de aquélla con la generatriz del nivel del anteojo, puede realizarse por el método llamado "peg" por los norteamericanos. Para usar el círculo vertical debe siempre primero ponerse el cero del vernier en coincidencia con el del círculo, estando el anteojo nivelado, por medio del tornillo tangencial propio del vernier, en virtud de que el ajuste mecánico entre las correderas de la alidada, por más perfecto que sea, debe dejar lugar a variaciones entre las diversas posiciones que puede adquirir.

Para asegurar la horizontalidad del rayado del papel milimétrico se ajusta fácilmente la posición del rollo por medio de las

guías de que va provisto cada uno de los carretes, haciendo que coincida este rayado con el filo de la regla, cuando se mantenga el nivel del anteojo en su posición correcta. Para esto, previamente tiene que ajustarse el paralelismo entre la línea de colimación y aquel filo. Esto se realiza de la siguiente manera: Se nivela el platillo perfectamente, así como el anteojo, llevando previamente la alidada al centro del tablero. Se afloja la regla y se coloca de tal modo que la mitad de ella quede hacia adelante y la mitad hacia atrás. Se coloca un estadal sobre una estaca, y se hace la lectura correspondiente en esa primera posición (directa). Con un lápiz fino se traza una línea sobre el papel, apoyada en el filo de la regla. Se gira 180° el instrumento y se da vuelta de campana. Se vuelve a visar la misma lectura en el estadal (posición inversa). Si el filo de la regla coincide nuevamente con la raya, está ajustado el paralelismo. Si no es así, se corrige la mitad de la desviación por medio del dispositivo que para ese objeto se proyectó, y se repite la operación para checar.

## 12. EQUIVOCACIONES Y ERRORES MAS FRECUENTES

La equivocación de mayor trascendencia en el manejo del instrumento, es tomar equivocadamente la distancia del aparato a los puntos del terreno, considerándola a partir del centro del tripié, en vez de desde el eje de alturas. Mientras mayor sea la escala y más alejada esté la alidada del eje azimutal, más notable será el resultado de la equivocación. Para no tener esa dificultad en cada punto del terreno, es preferible tomar las distancias desde la estaca acotada, habiendo previamente medido la que separa ésta del anteojo, con todo cuidado, con la ventaja de que siempre la estaca se representa sobre una línea cerrada del papel, haciendo este hecho más fácil tomar las distancias desde allí para el dibujo, salvo cuando se use la estadia horizontal, en cuyo caso, forzosamente ha de tomarse la distancia desde el anteojo, pero en este caso, es fácil evitar la equivocación, puesto que el cero de la regla se hace coincidir previamente con el eje, y las distancias se toman sobre ella.

También puede equivocarse el operador en la colocación de la alidada respecto al punto acotado, pues puede suceder el caso que coloque aquélla a la derecha en vez de a la izquierda, o viceversa; pero esta equivocación no es de trascendencia pues se descubre inmediatamente al tratar de tomar la altura del aparato.

Otra equivocación que puede alterar el resultado de la sección, es colocar el punto acotado en mala posición sobre el papel, pues trae como consecuencia que todas las elevaciones que se deriven de él estarán igualmente erradas.

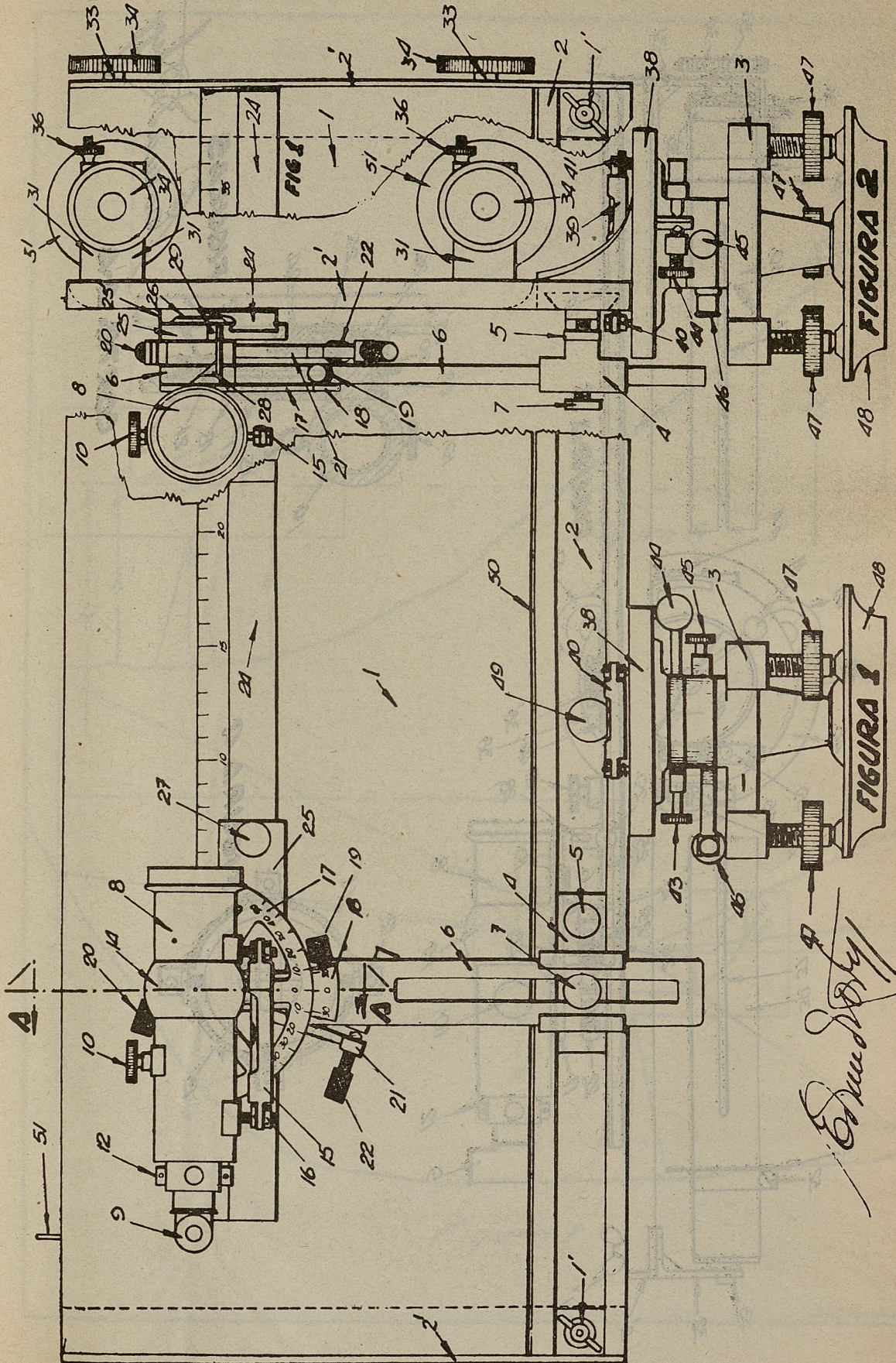
El principal error es provocado por la falta de paralelismo entre el rayado del papel y el filo de la regla, cuando ésta esté nivelada. Empleando papeles de buena calidad y haciendo el ajuste al principio del trabajo, casi no hay necesidad de corregir ese paralelismo durante el resto del rollo, pero siempre es conveniente irlo checando de vez en vez. Mientras menor sea la escala debe tenerse mayor precaución para eliminar ese error. Con una escala de 1:1000, una diferencia de 0.0002 metros en la horizontalidad del papel, tomada ésta en el extremo de la regla, dará errores de 20 centímetros en las elevaciones. En cambio, si la escala es 1:100, ese error será 10 veces menor. Hay que tomar en consideración, a propósito de esos errores, que aun en los levantamientos de secciones, realizados con nivel montado, aunque de bastante precisión en las libretas, al pasar al papel milimétrico pueden cometerse errores hasta de mayor cuantía en la apreciación gráfica de las distancias y elevaciones, pero en el instrumento a que me refiero, aunque sean menores en magnitud, revisten una mayor importancia, dado que en este caso son errores constantes en una sola dirección, mientras que en el anterior pueden considerarse como compensables en relación con el destino final de las secciones. Pero teniendo cuidado de vigilar la horizontalidad del papel, pueden lograrse trabajos de precisión aceptable.

Como ya he dicho antes, el aparato puede usarse como tránsito o nivel, para lo cual se provee que en el aparato que posee telescopio pueda desmontarse fácilmente el tablero, la regla y el aditamento de reflexión del antejo, aligerándolo considerablemente.

En el uso de este aparato como tránsito deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones principales: que la exactitud de él en la prolongación de alineamientos a vuelta de campana es menor que en el caso de los tránsitos ordinarios, en virtud de que el antejo está soportado en un punto en vez de dos, y, consecuentemente, debe tener variaciones mayores que en aquéllos. Para hacer que esos errores se reduzcan lo más posible, para usar en este aspecto el Secciógrafo, se deberá correr hacia el centro del tablero la alidada, y bajarla lo más posible, a fin de reducir el campo de esas variaciones. Asimismo es preferible trabajar con el antejo desajustado en su hilo medio vertical, y hacer los alineamientos por doble visual, primero en posición directa y luego en inversa.

También la lectura de ángulos está afectada de error de excentricidad, en virtud de que el eje del antejo no coincide con el eje azimutal en ningún punto. Pero en caso de que se requiera precisión en los ángulos, éstos pueden corregirse fácilmente por el mismo método que se ejecutan las correcciones en los tránsitos para minas, provistos de antejo lateral.

En cuanto a las precauciones en el uso de este aparato como nivel, son casi las mismas, pues a fin de reducir el campo en que puedan producirse flexiones durante la nivelación, es conveniente centrar la alidada y bajarla lo más que sus dispositivos lo permitan, además de observar todas aquellas precauciones inherentes a los niveles ordinarios. Con ello se obtendrán nivelaciones que si no serán de tanta confianza como las ejecutadas con nivel ordinario, serán más que suficientes, en muchos casos, para apoyar trabajos preliminares, obtención de configuraciones, etcétera.



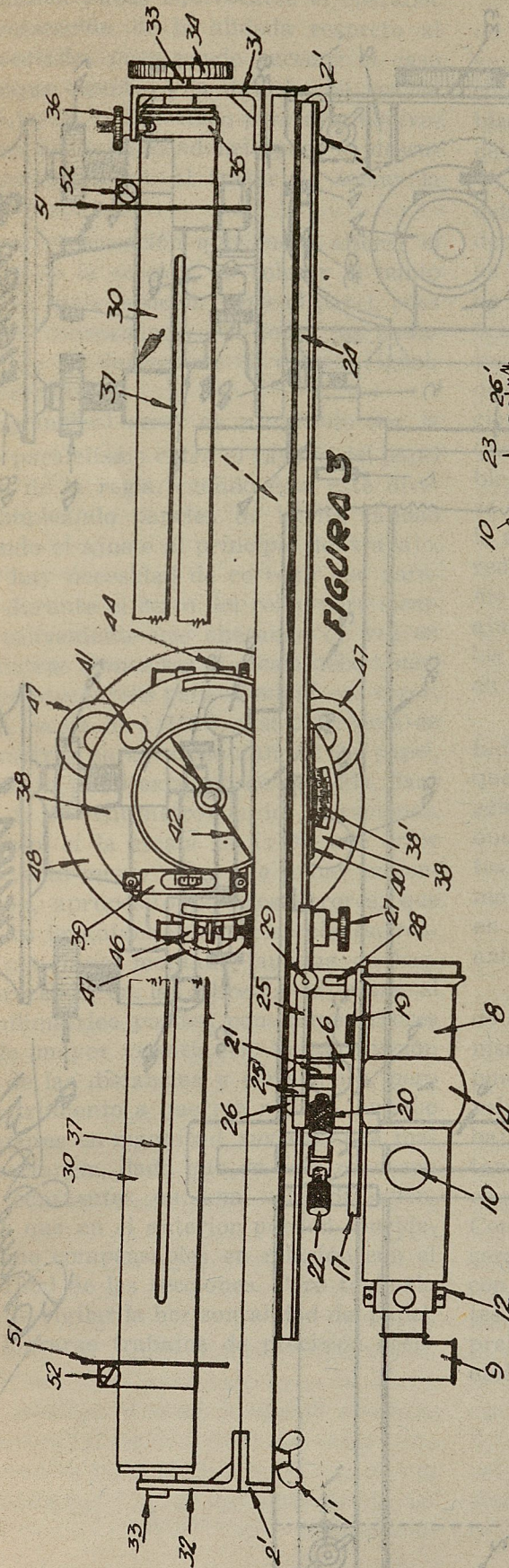
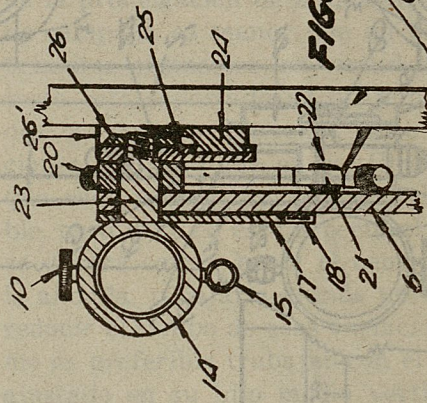


FIGURA 3



FIGURAS

*Edmund Doherty*

CORTE. A-A

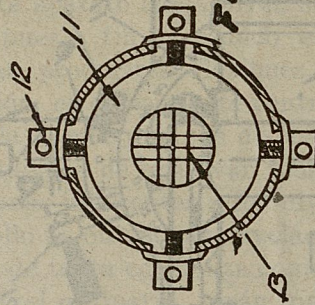


FIGURA 4

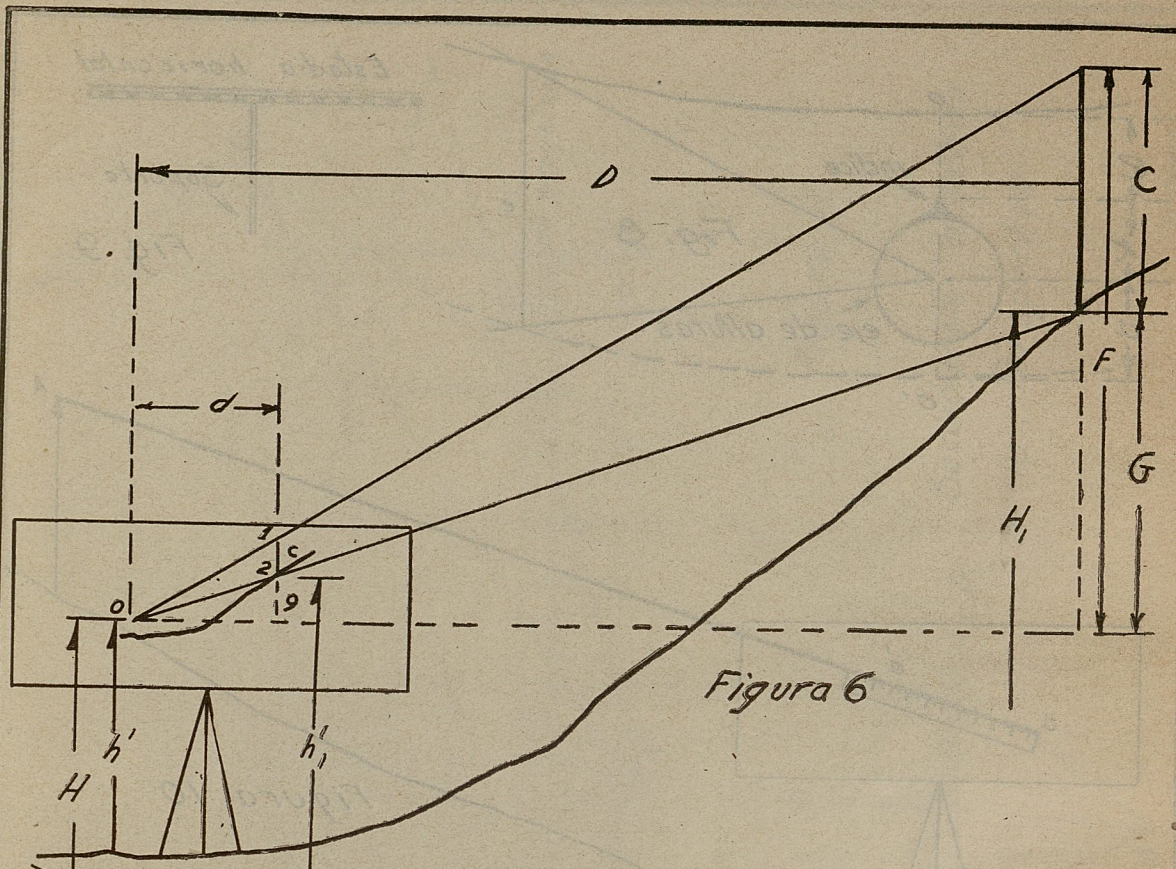


Figura 6

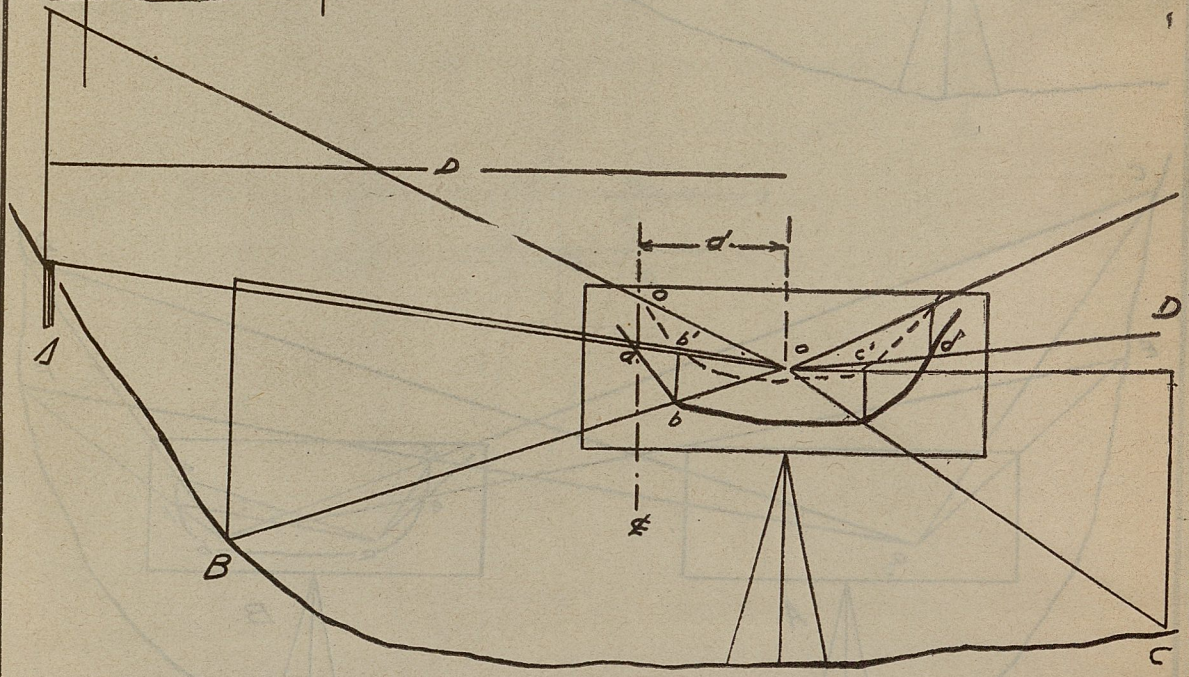


Figura 7

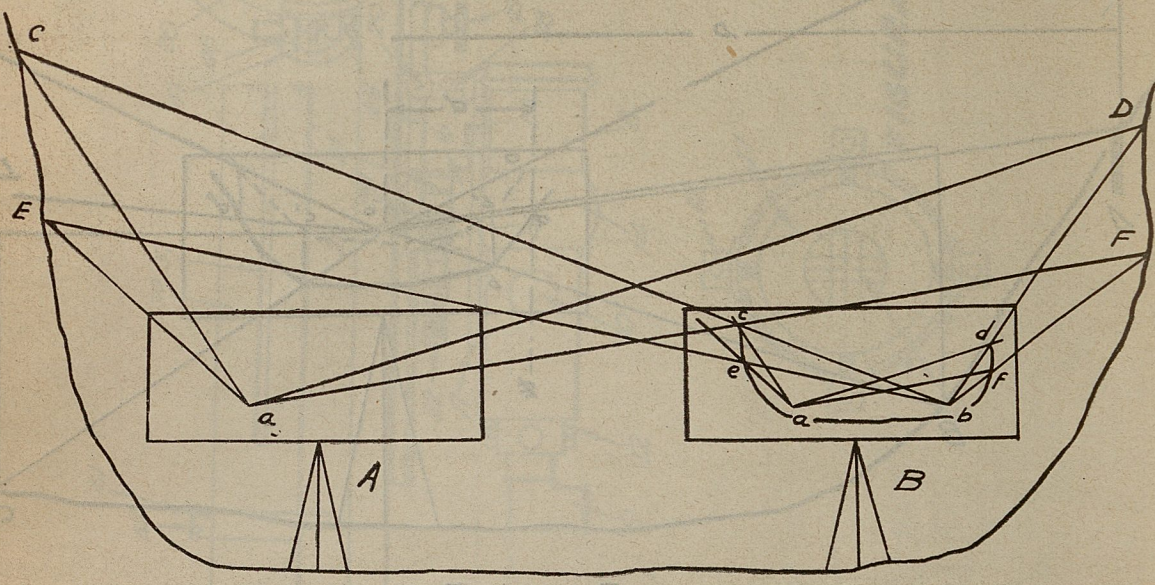
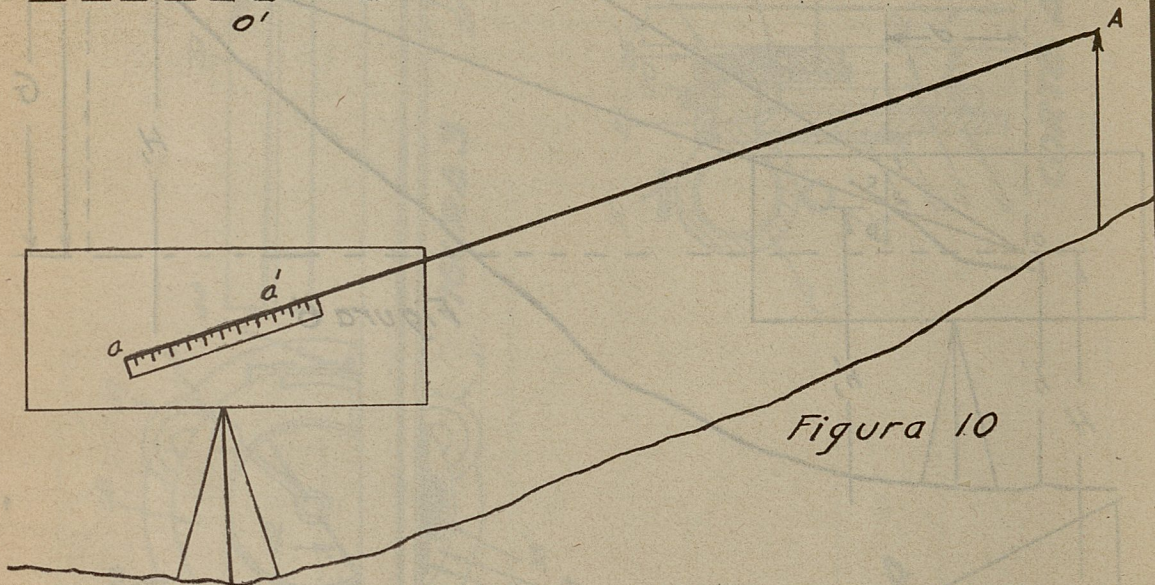
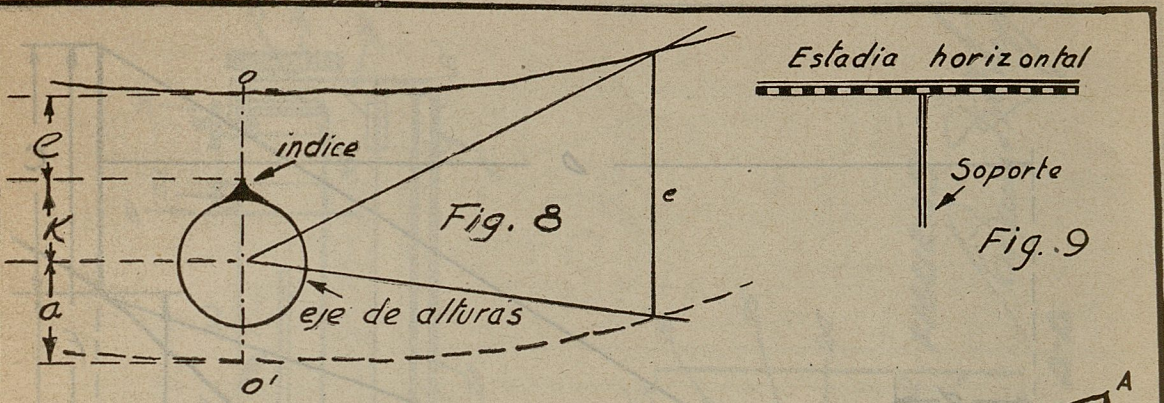


Figura 11

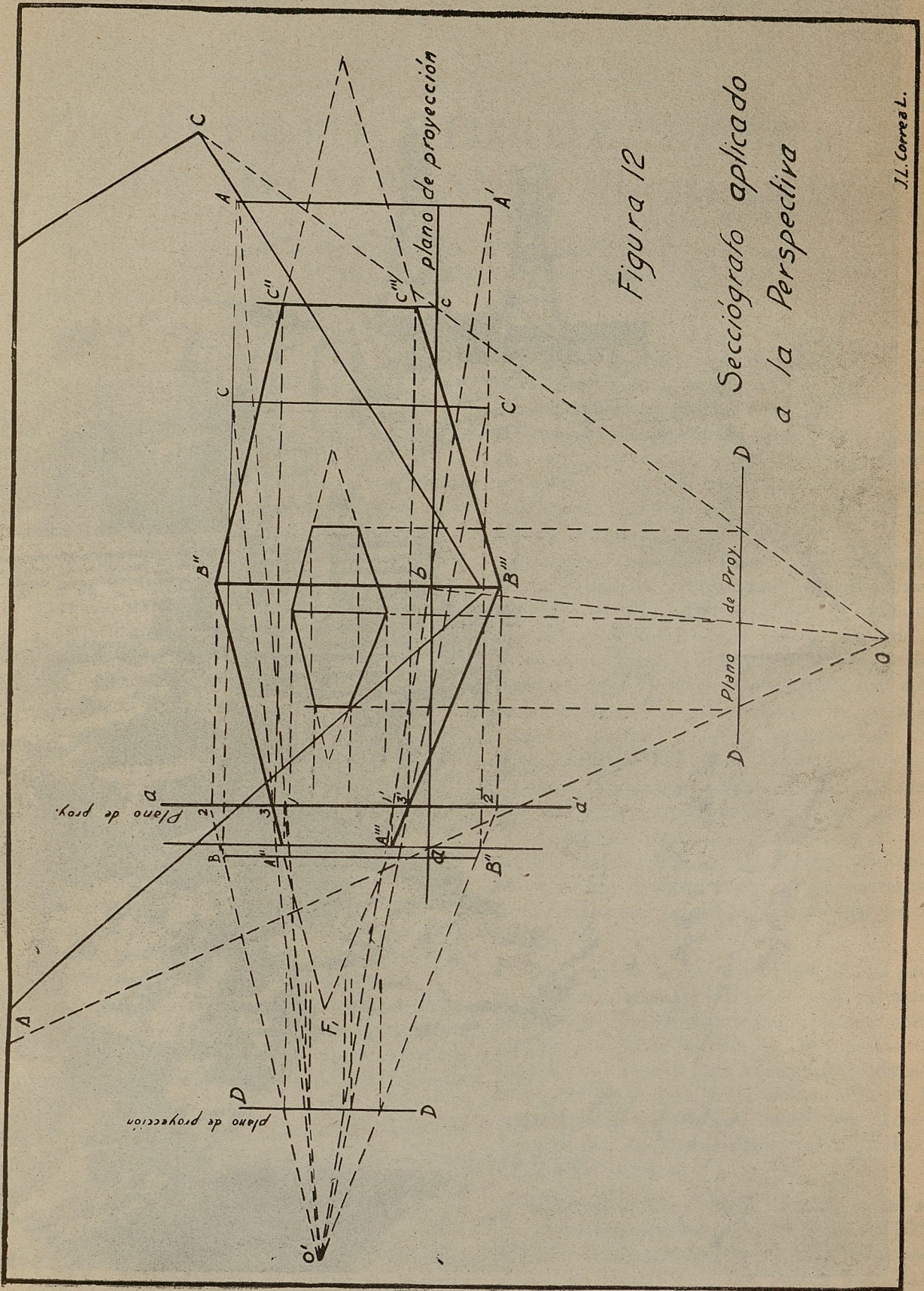
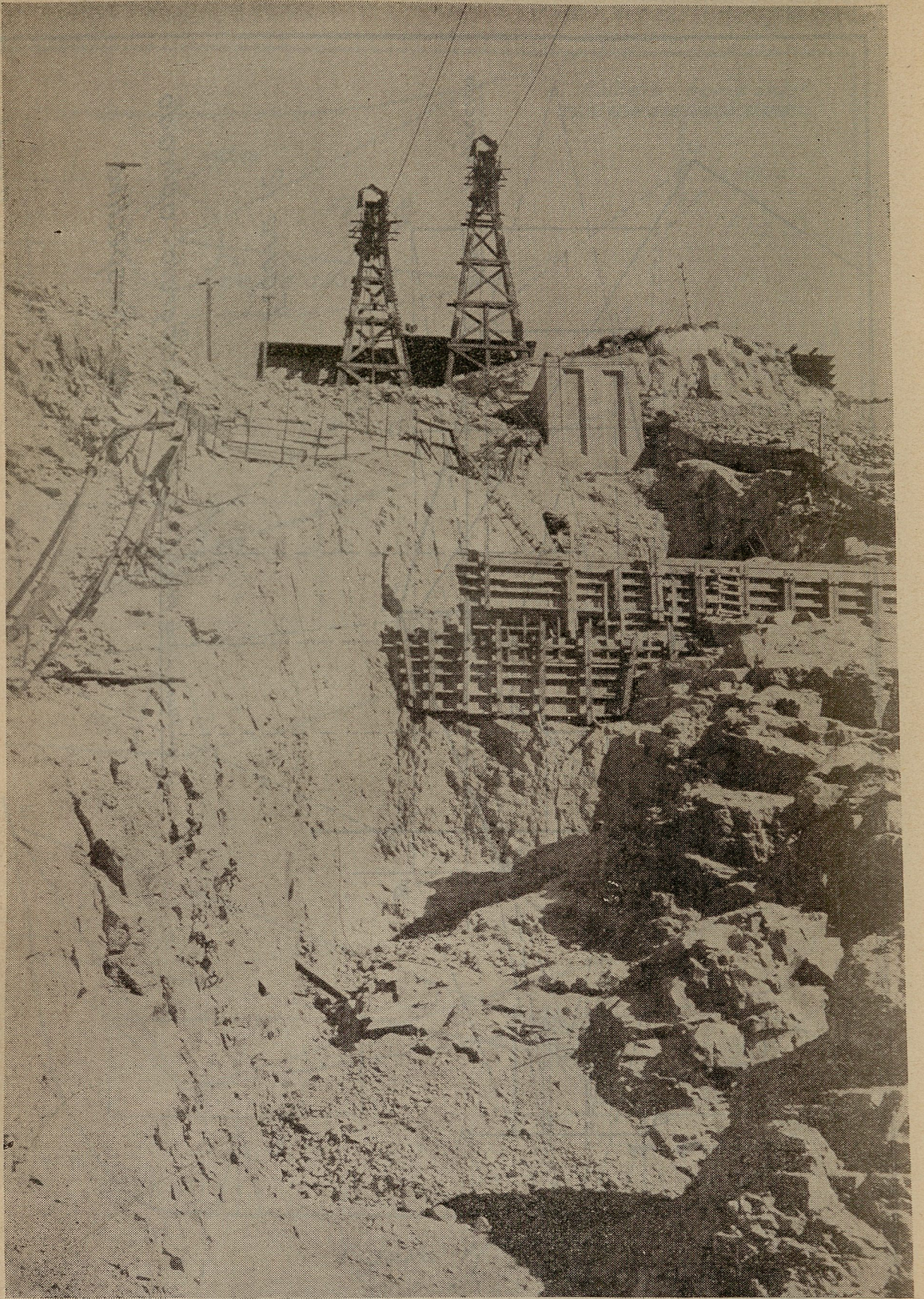


Figura 12  
Secciógrafo aplicado  
a la Perspectiva

J.L. Correa L.



Presas "Las Virgenes", Chih., en construcción.