

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

El taquímetro autorreductor M. F.

Han sido tan numerosos los tipos de aparatos ideados para simplificar ó reducir en número las operaciones que el procedimiento taquimétrico de levantamiento de planos lleva consigo, en el campo y en el gabinete, y en general han resultado tan complicados y poco prácticos, que es explicable, y en todos aquellos que de más ó menos cerca han conocido ó manejado alguno de ellos, hasta está justificada, la reserva no exenta de desconfianza con que se recibe la noticia de haberse creado uno nuevo.

En la mayor parte de tales aparatos sus autores han hecho un alarde de ingenio é inventiva, y en los que han alcanzado más favor, los constructores un derroche de pericia y escrupulosidad; pero á pesar de ello su uso no se ha generalizado. La complicación, delicadeza y la dificultad de manejo que de ellas es consecuencia han sido la causa de tal resultado.

El taquímetro autorreductor M. F., recientemente lanzado á la competencia comercial, es un aparato que sin separarse esencialmente de los principios fundamentales que han servido de base á los anteriormente ideados, difiere de ellos en su disposición general, en algunos detalles de construcción, completamente originales, y, sobre todo, de un modo esencial en la gran sencillez, tanto constructiva como operatoria, que sus autores, los distinguidos Ingenieros de caminos D. Alfredo Mendizábal y D. Eduardo Fungairiño han logrado alcanzar.

La sencillez y, por consiguiente, el manejo fácil, rápido y seguro son las características del aparato que nos proponemos describir en la presente nota, al redactar la cual nos ha guiado el deseo de contribuir en la medida de nuestras fuerzas á que se extienda su uso, convencidos de que en la mayor parte de los casos puede sustituir con gran ventaja á los taquímetros Troughton, Richer, etc., hoy de un uso general y casi exclusivo.

El resultado obtenido en varios trabajos, y especialmente en alguno, que por su índole especial era muy apropiado para poner á prueba la exactitud y facilidad de empleo de un aparato topográfico, ha sido tan excelente que no hemos dudado en seguir sirviéndonos de él, con preferencia á los taquímetros ordinarios.

Más adelante haremos ver cuáles fueron los resultados

que durante el período de ensayo del aparato llegamos á obtener, mediante la presentación de un cuadro, en el que aparece extractado un itinerario de alguna longitud, seguido y rellenado con él.

Más á título de recuerdo que de presentación, puesto que el taquímetro M. F. ha sido objeto de varios artículos en distintas publicaciones, de una nota presentada en el III Congreso de la Asociación española para el progreso de las ciencias, y ha figurado en varias Exposiciones, alguna de ellas como la Hispano-francesa, de Zaragoza, muy visitada, haremos previamente una descripción completa, pero ligera, del aparato, comenzando por la exposición del principio fundamental.

Principio fundamental.—Como es sabido, el procedimiento taquimétrico de levantamiento de planos consiste, esencialmente, en tomar desde un punto sobre el cual se ha hecho estación con el aparato, y sirviéndose exclusivamente de él, datos suficientes para relacionar con la posición de dicho punto la de cualquiera otro que pueda interesar.

El número de lecturas hechas sobre ó desde el aparato con objeto de conocer y registrar las observaciones indispensables para relacionar la posición del punto observado con la de aquél en que se ha hecho estación, es variable según el tipo ó modelo con que se trabaje, pero, cualquiera que sea, se trata siempre, en definitiva, de determinar tres magnitudes necesarias y suficientes.

En líneas generales, el manejo de un aparato será tanto más sencillo, rápido y seguro, entendiendo por tal, aquel en que las probabilidades de error ó equivocación son menores, cuanto más reducido sea el número de observaciones y lecturas que es preciso hacer y anotar para conseguir el objeto perseguido, y, como es natural, tales ventajas primordiales las tendrá en grado máximo el aparato en que las lecturas queden reducidas á tres, correspondiendo una á cada una de las magnitudes, cuyo conocimiento y anotación son indispensables.

Tal ha sido uno de los puntos de partida de los inventores en su acertado empeño por crear un aparato verdaderamente sencillo y práctico.

He aquí cómo han logrado realizar su propósito:

Las tres magnitudes que suelen ser medidas por medio del taquímetro son: ángulo horizontal rumbo ó azimut, ángulo vertical ó cenital, ó su tangente, y número, que, de un modo directo ó indirecto, mide ó expresa la distan-

cia efectiva ó reducida al horizonte que existe entre el punto de estación y el observado.

La primera magnitud, el ángulo horizontal, define la posición del plano vertical que pasa por los dos puntos que se trata de relacionar. En todos los aparatos conocidos y manejados, la observación correspondiente se reduce á una simple lectura en un limbo horizontal sobre el cual se mide el ángulo rectilíneo correspondiente al diedro que forma el plano vertical cuya posición se trata de definir con otro de referencia, la dirección ú orientación del cual es conocida, ó se ha fijado de antemano.

De esta manera se determina también en el taquímetro M. F., previamente arrumbado, la posición del plano proyectante vertical de la recta que une los dos puntos á relacionar.

Queda el problema reducido á referir á la de un punto fijo la posición de otro en un plano. Esta referencia puede hacerse de varios modos. En los taquímetros ordinarios se efectúa mediante la medición indirecta de la distancia real que separa á los dos puntos y del ángulo que la línea que los une forma con la vertical. Como se ve, el sistema es en definitiva el de coordenadas polares.

En otros aparatos se miden, indirectamente, la distancia horizontal y el desnivel que median entre los dos puntos, ó lo que es lo mismo, las coordenadas cartesianas en el sistema de ejes rectangulares (horizontal y vertical), que tiene su origen coincidiendo con el punto fijo. Así se opera en el complicadísimo aparato de Wagner Fennel y puede operarse con el omnímetro de Eckhold.

En algunos aparatos se conserva el limbo vertical para la medición del ángulo cenital, pero en lugar de medir la distancia real se mide la reducida al horizonte. Resulta así un sistema mixto entre el polar y el cartesiano. Así se opera normalmente con el omnímetro.

Mixto es también el sistema adoptado por los distinguidos inventores del aparato que examinamos, solamente que el ángulo vertical se mide, no de un modo directo, sino por medio de una de sus líneas trigonométricas, precisamente la que interviene en los cálculos taquimétricos.

La lectura hecha en el aparato es la que se maneja, sin necesidad de recurrir á tablas, cuadros gráficos, etc., que de un modo más ó menos directo ó rápido nos permita reducir de aquella, ó sea del ángulo, dato puramente auxiliar, el esencial que ha de ser utilizado en la representación del terreno cuyo plano se levanta.

La línea trigonométrica, que se mide, es la tangente del ángulo que forma la línea que une los dos puntos con la horizontal, ó lo que es lo mismo, su pendiente ó inclinación.

Completa el sistema la medición de la distancia reducida al horizonte. Tal medición se hace por un procedimiento sumamente ingenioso que constituye la nota esencial ó, por lo menos, más característica del aparato.

La originalidad del procedimiento estriba más que en su fundamento mismo, que recuerda al del omnímetro, en la forma de hacer de un modo directo é inmediato la lectura de la distancia y en la disposición de los sencillísimos medios dispuestos para realizarla.

Todo queda reducido á dirigir dos visuales, á otros tantos puntos, perfectamente acusados en una mira vertical, y separados entre sí una magnitud fija y conocida. Obligando á la visual á pasar siempre por un punto fijo, bastará medir el desplazamiento vertical de cualquier elemen-

to invariablemente enlazado con el anteojo que la materializa.

Efectivamente, sean E (fig. 1.^a) el punto sobre el cual se ha hecho estación con el aparato. P el del terreno que con él se trata de relacionar; A y B las dos tablillas ó puntos señalados en la mira distantes entre sí $AB = L$; O el punto fijo alrededor del cual gira, ó lo que resulta lo mismo para el caso, por el cual pasa siempre la visual, y d la distancia horizontal que existe entre este punto y el del elemento unido al anteojo, cuyo desplazamiento puede ser apreciado.

Tendremos la relación:

$$\frac{OH}{AB} = \frac{oh}{ab} \text{ ó sea } \frac{D}{L} = \frac{d}{l} \text{ de donde } D = \frac{L \times d}{l}.$$

Como L y d son magnitudes conocidas de antemano, son constantes del aparato, el conocimiento de l , ó sea del desplazamiento á que antes hicimos referencia, nos lleva inmediatamente al de la distancia horizontal D .

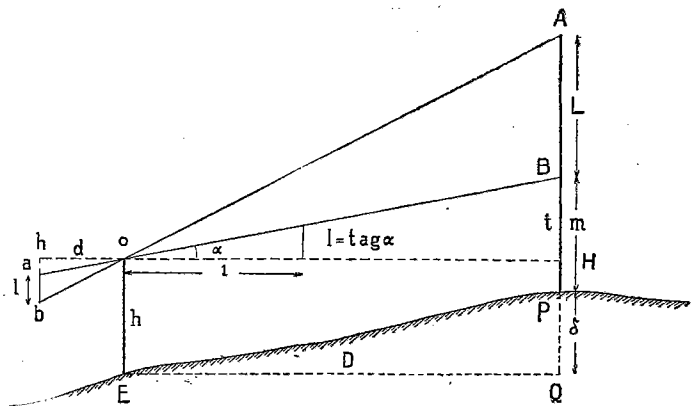


Fig. 1.^a

La medición del desplazamiento l se efectúa por medio de un tornillo micrométrico, á simple vista, sin necesidad de microscopio, contadores de vueltas, etc., artificios que suelen acompañar á los aparatos de medida, de precisión, y cuyo objeto es ampliar de diversos modos el soporte de la correspondiente escala, de tal modo, que á un movimiento muy pequeño del tornillo, en el sentido de su eje, corresponda otro relativamente grande, en la periferia de una corona de mucho mayor diámetro que aquél, de que va provisto.

En los tornillos micrométricos ordinarios se cuentan de distinto modo las vueltas completas, ó sea el número de veces que el paso del tornillo está comprendido en la longitud que se trata de medir, y las fracciones de vuelta ó de paso. Aquéllas por medio de un contador ó de una escala paralela al tornillo, y éstas sobre el borde graduado del disco ó corona.

En el tornillo micrométrico del taquímetro M. F. las dos escalas se han reunido en una sola, que resulta desarrollada á lo largo de una hélice, del mismo paso que el tornillo, pero de mucho mayor diámetro, sobre la cual pueden hacerse las lecturas á simple vista con gran exactitud.

La originalidad del procedimiento y la evidente superioridad respecto de los aparatos similares estriba en que la escala sobre la cual se miden los desplazamientos no lleva una graduación regular, sino que está graduada según la ley $l = \frac{Ld}{D}$, ó sea la recíproca de la que nos da

la distancia reducida al horizonte en función del desplazamiento l . A cada valor de L corresponde otro de D , que es el anotado. Claro es que solamente lo están los valores enteros de D , por decenas y centenas de metros, según el lugar de la escala, á lo largo de la cual, como la ley no es la proporcional de las escalas corrientes, el *escalón* ó sea la diferencia entre los valores de D correspondientes á dos trazos contiguos es variable.

Sobre la escala *funcional*, así trazada, se lee directamente la distancia reducida al horizonte, teóricamente con el grado de exactitud que se quiera; todo depende de la amplificación, ó sea de la relación entre el diámetro y el paso de la hélice que constituye el *soporte* de la escala, prácticamente con la suficiente, mayor de la que permiten alcanzar los taquímetros ordinarios.

Haremos observar que la misma lectura de distancia horizontal habrá de hacerse, cualquiera que sea la magnitud y sentido del desnivel que exista entre los dos puntos extremos. Así se desprende de la fórmula ó ley fundamental antes indicada, en la que para nada interviene dicho desnivel, y puede comprobarse gráficamente examinando la figura.

De la fórmula $l = \frac{L \cdot d}{D}$ se deduce que si en vez de enfilar primeramente al punto más bajo B y después al A se dirigiera la segunda visual al punto medio de la distancia AB , es decir, si se hiciera $L' = \frac{L}{2}$, se tendría $l' = \frac{L' \cdot d}{D} = \frac{Ld}{2D} = \frac{l}{2}$, ó lo que es lo mismo, que el número observado sobre la escala de l , graduada en distancias, sería preciso dividirlo por 2. De la misma manera, si la segunda visual se dirigiera á un punto situado sobre el más bajo B á una altura $\frac{L}{10}$, el décimo de la lectura observada en la escala de l sería el correspondiente á la distancia horizontal medida.

Los dos puntos indicados, el situado sobre el más bajo á la mitad y al décimo de la altura fija L están señalados sobre la mira, y suele hacerse uso de ellos cuando se trata de medir distancias cortas ó muy cortas, y cuando por cualquier causa, obstáculos diversos, forma ó relieve del terreno, etc., no pueden verse simultáneamente los dos extremos.

Una vez medida la distancia reducida al horizonte y la pendiente de la visual dirigida á la tablilla inferior de la mira, el desnivel se calcula por la conocida fórmula de nivelación por pendientes de que tanto uso se hace en todos los procedimientos taquimétricos, la siguiente:

$$PQ = BQ - BP = BH + OP - BP = t + h - m,$$

siendo

$$t = D \tan \alpha = D \cdot I.$$

Para hallar el desnivel δ basta, pues, calcular el valor de t , multiplicando los observados para la pendiente y la distancia horizontal, y corregirle en la diferencia que existe entre la altura de mira m y la del punto fijo o (fig. 1.^a) del aparato h ; es decir, que si la altura de mira es igual á la del instrumento, el producto antes indicado ó sea lo que en las libretas taquimétricas suele llamarse la *tangente*, nos mide directamente el desnivel.

Operando así, y para poderlo hacer, las miras que acompañan al aparato son de corredera; todo el cálculo de las libretas, tan enojoso y lento cuando se ha manejado un taquímetro de los ordinarios, queda reducido para cada punto observado á una multiplicación, ordinariamente muy sencilla, pues la pendiente viene expresada por un número de dos ó tres guarismos, siendo el tercero un 5, y que además puede hacerse, según tendremos ocasión de exponer, por un procedimiento muy expedito.

Descripción analítica del aparato.—La disposición general del aparato en cuanto se relaciona más directamente con la medición del ángulo horizontal es la corriente, de limbo azimutal repetidor cónico, división sexagesimal y nonios diametralmente opuestos que aprecian el minuto.

También son conocidas la colocación y disposición de las diferentes piezas que forman esta parte del aparato — plataforma de tres tornillos nivelantes apoyados sobre tejos, tornillos de presión y coincidencia para el movimiento general ó particular de la parte superior, móvil ó *alidada*, aquél aplicado á un collar y éste á una mordaza, etc.

Los tornillos para el movimiento lento ó de coincidencia son de los llamados de resorte.

Sobre el platillo superior, que cubre al del limbo azimutal completamente, dejando tan solo dos aberturas en correspondencia con los nonios, van los soportes del anteojo y de la escala vertical de pendientes, una declinatoria y dos niveles en ángulo recto.

A lo largo de la escala de pendientes, y perfectamente guiada, merced á su forma prismática especial, puede deslizarse una corredera provista de sus correspondientes tornillos de presión y coincidencia. Unida á la corredera por medio de dos tornillos que consienten un pequeño movimiento correctivo va la placa del nonio.

La graduación de la escala de pendientes es regular y está hecha á un lado y otro del 0 correspondiendo á cada división una centésima.

Solamente aparecen escritas las cifras correspondientes á las decenas.

Como la distancia d antes mencionada es de 0,12 metros, cada división de la escala de pendientes tiene 1,2 milímetros. El nonio abarca la extensión de nueve intervalos ó divisiones de la regla, dividida en diez partes, de modo que por lo menos permite estimar milésimas de pendiente; pero como las divisiones son bastante grandes y la graduación clarísima, se puede apreciar si no existe coincidencia perfecta de uno de los trozos del nonio con alguno de la escala, si hay dos equidistantes ó si por el contrario hay uno que está más cerca, y esto á simple vista, aun no sirviéndose de la lente de mano que acompaña al aparato.

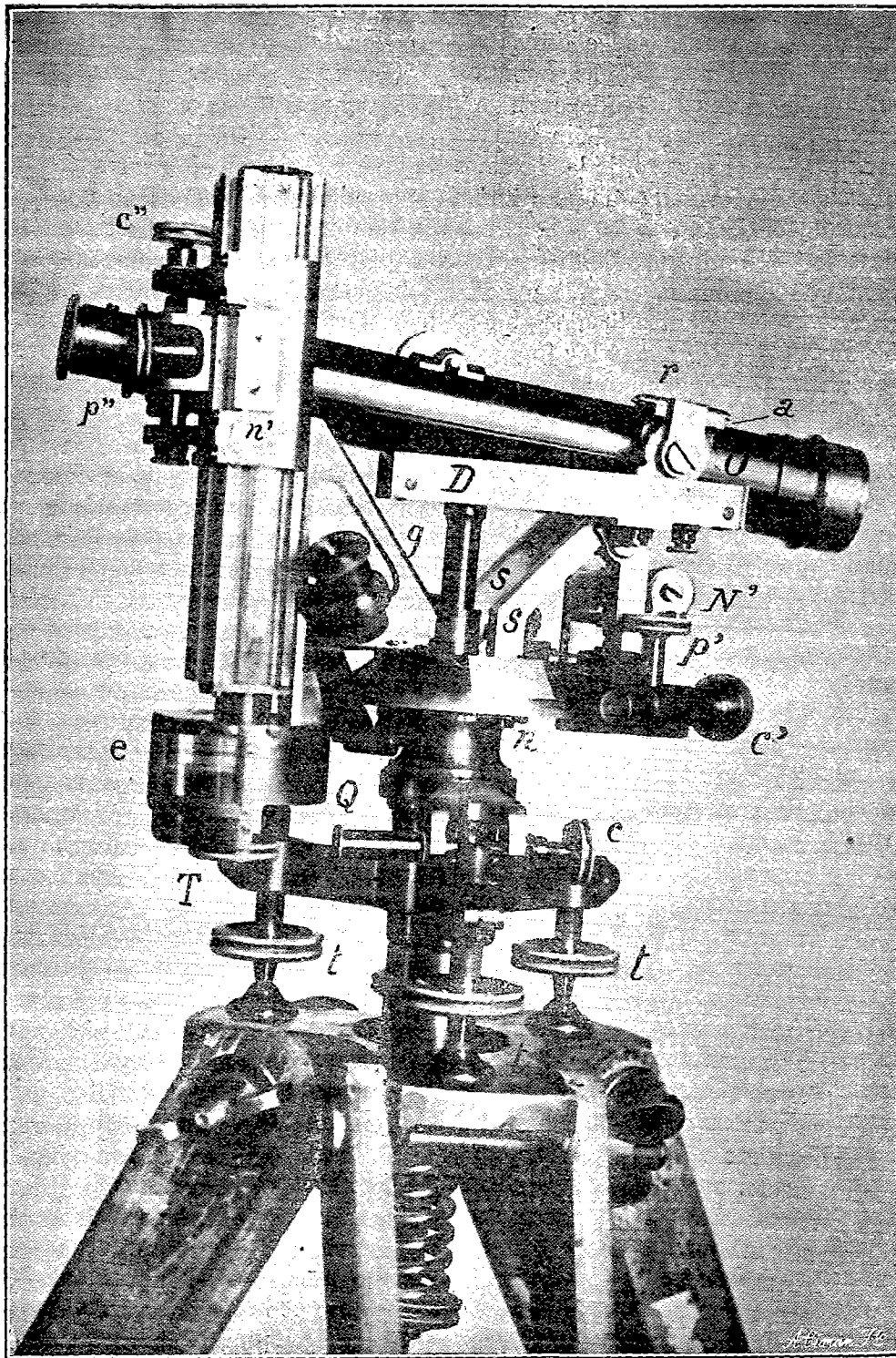
Resulta así que puede ser apreciada la cuarta parte de la fracción de división para que está trazado el nonio, ó lo que es lo mismo, que la apreciación normal sobre la escala de pendientes es de

$$\frac{0,01}{10 \times 4} = 0,00025.$$

Admitiendo, como suele hacerse, que el error probable es menor ó á lo sumo igual á la mitad del límite de apreciación, el error cometido en la medición indirecta del desnivel, por tal concepto sería para las distancias máximas á que suelen ser observadas las miras de unos 300 metros de $300 \times 0,000125 = 0,0375$ metros.

El anteojo ha de seguir el movimiento de la corredera á lo largo de la escala de pendientes: el enlace habrá de hacerse por medio de una articulación que le consienta tomar diferentes inclinaciones respecto á ésta. Como, por otra parte, la visual viene obligada fundamentalmente á pasar por un punto fijo, deberá llevar hacia el extremo

articulación más sencilla, ó sea el simple giro alrededor de un eje horizontal, del lado de la escala de pendientes. Esta disposición obedece sin duda principalmente á razones de índole constructiva, pero lleva consigo la ventaja apreciable de que el ocular se conserva sensiblemente al moverse en una línea paralela á la de la escala de pendientes, ó l

Fig. 2.^a

opuesto otra articulación ó enlace geométrico con los soportes *s*, sólidamente unidos al platillo superior ó de apoyo de la alidada.

Ahora bien: la distancia entre las dos articulaciones es variable, porque lo es la que media entre el punto fijo *o* y los diferentes de la escala de pendientes; luego una de las articulaciones deberá consentir un movimiento de traslación.

Los autores han considerado más fácil establecer la ar-

que es lo mismo, que su distancia al eje general del aparato apenas varía, lo que resulta sumamente cómodo durante el manejo.

En el otro extremo, ó sea del lado de los soportes, están sustituidos el doble par ó enlace geométrico de traslación ó deslizamiento y de giro por un sencillo par abierto de apoyo ó contacto entre una superficie plana unida al anteojo, elemento móvil, y una cilíndrica unida al elemento fijo ó *punte*, lo que desde el punto de vista geométrico

ó cinemático es equivalente, puesto que las dos superficies indicadas son envolventes recíprocas ó conjugadas en el movimiento, combinado de rotación y traslación, del anteojo respecto á los soportes (1).

La disposición práctica adoptada es sumamente ingeniosa. En la figura 2.^a se ve con detalle. El anteojo lleva

trucción al eje del anteojo. El apoyo está favorecido por dos piezas r que actúan como resortes.

La distancia reducida al horizonte se aprecia, según dijimos, por la medición del desplazamiento experimentado por un punto de la visual ó eje del anteojo, situado á distancia conocida del fijo o , al ser dirigido á una señal de la

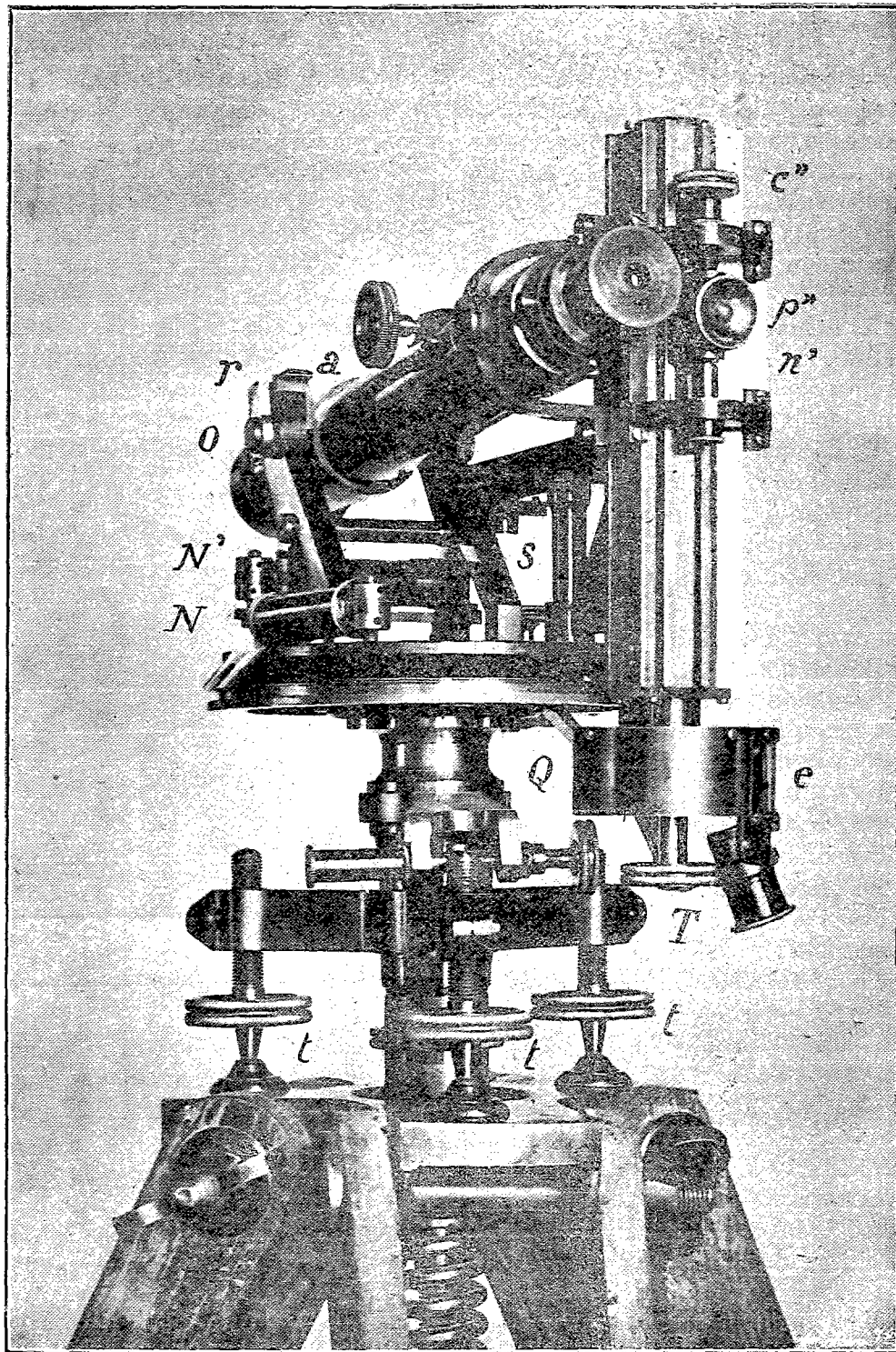


Fig. 3.^a

unidas invariablemente dos orejas ó alas planas a , que se apoyan sobre unas superficies cilíndricas talladas en el extremo de los soportes s , cuyo eje, único, corta por cons-

(1) La cadena cinemática así formada por un par de traslación de la corredera á lo largo de la escala de pendientes, uno de rotación, del anteojo alrededor del eje fijo á la corredera y un enlace constituido por un obstáculo bilateral del anteojo respecto del soporte es cerrada, y, por lo tanto, á un movimiento de un elemento corresponde otro bien definido de los restantes, siempre respecto á uno de ellos fijo ó puente.

mira situada sobre la que ha servido para la medición de la pendiente á una altura conocida también. El punto elegido es el de encuentro con el eje de la articulación situada del lado de la escala de pendientes.

Una vez dirigida la primera visual á la tablilla más baja de la mira y fija por medio del tornillo de presión p'' (figuras 2.^a y 3.^a) la posición de la corredera, y, por lo tanto, la del indicado punto, respecto á la escala de pendientes bastará medir, por medio del tornillo micrométrico, el des-

plazamiento vertical, que consiente á ésta, el soporte guía g muy sólidamente unido al platillo superior ó base de la alidada.

Al hacer girar el tornillo T se imprime un movimiento de traslación á la escala de pendientes, la cual arrastra en su movimiento al anteojo, cuyo eje gira así alrededor del punto o . Al mismo tiempo gira la pieza cilíndrica invariablemente unida al tornillo que lleva la escala helicoidal, graduada, según dijimos ya, en distancias. Las lecturas sobre esta escala podrían hacerse respecto á una línea vertical de referencia, pero como quiera que sería preciso contar las vueltas, si por ser la distancia corta fuese grande el desplazamiento, ó lo que es lo mismo, escoger entre las varias lecturas que podían hacerse en las diversas espiras sobre la misma línea de referencia, lo que sería expuesto á vacilaciones, pérdida de tiempo y errores, se ha recurrido á otro procedimiento esencialmente idéntico, pero prácticamente mucho más cómodo y expedito.

Sobre la superficie del tambor cilíndrico unido al tornillo T , y que gira con éste, se ha materializado la escala de distancias, practicando por debajo de ella una ranura. A lo largo de esta ranura puede moverse un cursor convenientemente guiado, de tal modo, que solamente puede tener un movimiento vertical de traslación. Bastará hacer la lectura correspondiente á un índice, señal ó línea de referencia que lleva el cursor para conocer sin indeterminación de ninguna clase la distancia que se trata de medir.

Como quiera que el paso del tornillo y el de la escala en espiral son idénticos, lo serán también, siempre, los desplazamientos del punto elegido del anteojo y del cursor de modo que con tal artificio, afortunadísimo, se ha logrado referir aquél á éste cuya medición se hace sobre una escala muy ampliada.

De lo anteriormente expuesto se deduce que, antes de dirigir la visual á la primera tablilla, será preciso llevar el cursor á su posición inicial, ó lo que es lo mismo, la escala de pendientes á la posición en la cual el o corresponde á la visual de nivel ú horizontal.

Esta operación, la de borrar la lectura de la distancia, se hace con gran facilidad, y por decirlo así, mecánicamente, sin más que girar hacia atrás el tornillo T hasta tropezar con un tope, en cuyo momento la línea de fe del cursor llega á la coincidencia con la señal inicial ú origen de la escala de distancias.

A esta posición la inicial, ó sea á un desplazamiento nulo corresponde una distancia infinita (recuérdese la fórmula fundamental). El símbolo habitual de tal abstracción ∞ es el que aparece grabado en el origen de la escala de distancias.

La graduación comienza en la distancia 500 metros y termina en 39 metros. Distancias mayores á la primera no suelen leerse, no solamente por la dificultad de relacionar puntos tan alejados sino por la inexactitud que se cometería, tanto en la apreciación de la distancia, como en la del desnivel, particularmente en la última cuyo error resulta ser proporcional, sensiblemente, al valor absoluto de aquélla. Distancias menores de 39 metros pueden ser leídas recurriendo al artificio de reducir la longitud de mira dirigiendo la segunda visual á uno de los puntos intermedios.

La escala de distancia resulta muy clara, fácilmente pueden apreciarse decímetros entre 39 y 60 metros, dobles

decímetros entre 60 y 100 metros, cuartos de metro entre 100 y 125 metros, medios metros entre 125 y 200, metros entre 200 y 400 y dobles metros en el resto de la escala; y esto á simple vista, sin duda ni vacilación ninguna. Con el auxilio de un lente de mano en algunos trozos de la escala aun podían precisarse las lecturas algo más.

El error relativo, producido por la indeterminación de las lecturas, es variable á lo largo de la escala, como corresponde á su carácter funcional, según una relación que no es lineal. Con arreglo á los datos anteriormente consignados, deducidos de la experiencia, el error relativo es inferior á 0,001 para las distancias cortas y llega á ser de 0,004 para distancias superiores á 400 metros.

Fácilmente podemos hacer ver de un modo gráfico cuál es la ley de variación del error relativo á lo largo de la escala de distancias. Refiriendo la ley fundamental, tantas veces citada, puesta bajo la forma $D \cdot l = L \cdot d = \text{constante}$, ó sea $D \cdot l = K$, á un sistema de ejes cartesianos rectangulares, la curva que relaciona los valores de las magnitudes variables D y l es una hipérbola equilátera, cuyas asíntotas son precisamente los ejes de coordenadas.

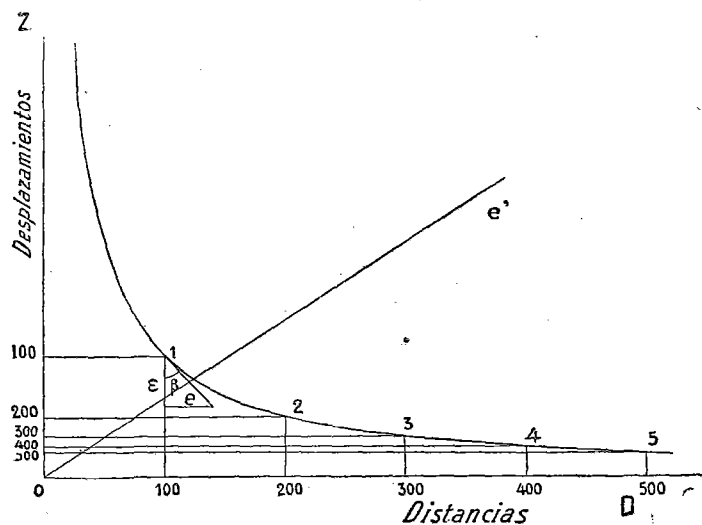


Fig. 4.a

El error absoluto estará representado por la variación de la abscisa D correspondiente á una variación en la ordenada l , constante é igual á la apreciación de la lectura sobre la escala.

Designando por Σ este error constante de apreciación, por e el absoluto cometido en la medición de la distancia y por β la inclinación variable del elemento de curva ó de la tangente correspondientes, se tendrá $-e = \Sigma \tan \beta = \Sigma \frac{dD}{dl}$ ó sea sustituyendo $\frac{dD}{dl}$ por su valor, deducido de la ecuación de la curva $Dl = K$, $e = \Sigma \times \frac{1}{l^2}$. El error relativo será $e' = \frac{e}{D} = \frac{\Sigma}{l^2 D} = \frac{\Sigma}{K^2} \cdot D$ (1), que, como se ve, varía proporcionalmente á la distancia.

La ley de variación con la distancia de dicho error relativo estará representado por una línea recta que pasa por el origen, y cuyo coeficiente angular es $\frac{\Sigma}{d^2 L^2}$. El valor de este coeficiente, con los datos prácticos del aparato $d = 0,12$ y $L = 1,50$, admitiendo una indeterminación ϵ en las lecturas de la escala de distancias de 0,0002, ó lo que es lo mismo, siendo de cuarenta veces la ampliación de

0,000005 en la apreciación de los desplazamientos, sería $\frac{0,000005}{0,12^2 \cdot 1,50^2} = 0,00014$.

De la fórmula (1) se deduce: primeramente, que siendo el error relativo proporcional á la distancia, el que se cometa por el concepto que examinamos al final de un seguimiento, es independiente de la que medie entre los sucesivos puntos elegidos para hacer sobre ellos estación con el aparato, ó sea de la longitud que tengan prácticamente dentro de ciertos límites los lados de la base taquimétrica, y después que dicho error relativo varía en razón inversa del cuadrado de las constantes d , base del aparato y L longitud de la mira.

Con el mismo aparato podremos observar y medir la misma distancia, cometiendo un error relativo de lectura mucho menor sin más que aumentar la longitud de mira. Claro es que para evitar operaciones convendrá aumentar en una proporción muy sencilla, y como, por otra parte, ha de ser reducido para que las miras resulten manejables, el único factor aceptable es 2.

Cualquiera que éste sea proporcionalmente á él, varía en razón inversa el error relativo. En efecto, si se le designa por m , dicho error será $e'_m = \frac{e}{D} = \frac{\varepsilon}{d^2 \times m^2 L^2} \times D$; pero como ε' , ó sea la indeterminación en la lectura, al multiplicar ésta por m queda también multiplicado por el mismo factor, es decir, como $\varepsilon' = m\varepsilon$, tendremos $e'_m = \frac{m\varepsilon}{d^2 m^2 L^2} \cdot D = \frac{\varepsilon}{m d^2 L^2} \times D = \frac{e'}{m}$.

Ya veremos más adelante, al tratar del procedimiento operatorio en el campo, el gran partido que de esta sencilla observación teórica puede sacarse.

Las distancias medidas resultan ser las que median entre el punto observado y el fijo que no coincide en proyección horizontal con el de estación. Aun cuando el error cometido por esta causa es constante y fácilmente subsanable, es insignificante en relación á las distancias que suelen ser medidas.

Sobre el platillo, base de la alidada, van, además de los soportes del anteojo y de la escala de pendientes, según dijimos, una declinatoria y dos niveles cruzados en ángulo recto.

Esta situación de la declinatoria no consiente la comprobación en cualquier momento de la orientación del aparato, siendo preciso, para efectuarla, llevar la alidada á la posición inicial que ha servido para orientar el limbo, de tal modo que se repita la correspondiente lectura, o si se orienta respecto á la meridiana magnética, ó el valor de la declinación en el lugar donde se trabaje, si se hace respecto á la astronómica ó verdadera; pero se ha considerado difícil, y lo es realmente, la colocación de tal instrumento en la parte inferior ó fija del aparato sin que impida, ó dificulte, el movimiento de la superior á causa de la existencia de la escala de pendientes y del tornillo micrométrico que ha de quedar para que las operaciones que con él se hacen resulten cómodas y rápidas, muy exentas.

Los dos niveles van colocados uno sobre el platillo y otro entre los soportes fijos del anteojo. El primero es el principal y más exacto, el segundo no tiene más objeto que facilitar la instalación del aparato.

El grado de exactitud del nivel principal, que es la que define el de la nivelante del conjunto, depende ante todo, como es sabido, del radio en sentido longitudinal del tubo.

Conservando todos los demás elementos del aparato, podrá ser mayor ó menor según la sensibilidad del nivel, pudiendo elegir entre términos bastante alejados el modelo ó tipo que más convenga á la práctica ó costumbre del operador y á la naturaleza del trabajo que se trate de hacer.

El término superior de la sensibilidad del nivel queda definido lógicamente por la consideración de que el error ó indeterminación en el calado de la burbuja debe ser á lo sumo equivalente al error cometido en la lectura sobre la escala de pendientes.

Según se dijo, este último era de 0,00025, de modo que pudiendo apreciarse perfectamente una desviación de 0,001 metros del centro de la burbuja, el radio máximo exigible es de $\frac{0,01}{0,00025} = 40$ metros.

Con un aparato provisto de un nivel, cuya sensibilidad sea la que corresponda á esa curvatura, aun suponiendo que los errores de calado y lectura, por ser en el mismo sentido, se sumen, el cometido en la medición de la tangente sería doble del calculado, ó sea menor de 0,00025, que á la distancia habitual en los enlaces de 300 metros representa un error en el desnivel de 0,075 metros.

Prácticamente hemos comprobado, según haremos ver, que operando de un modo concienzudo y escrupuloso, pero sin pérdida sensible de tiempo, el error cometido en los cierres parciales entre estaciones y final es bastante menor.

Completaremos el examen analítico que del taquímetro M. F. venimos haciendo con algunas ligeras indicaciones respecto del anteojo y una explicación de la mira proyectada y recomendada por los inventores.

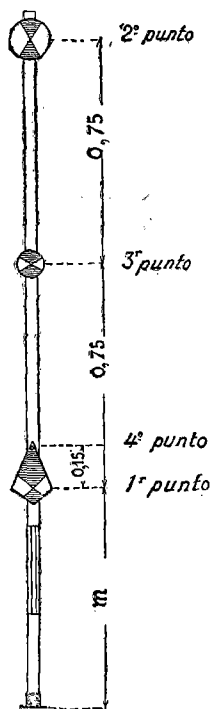
El anteojo es extraordinariamente claro y ello es debido al escaso aumento de su ocular, consecuencia natural del sistema, puesto que no es preciso hacer lecturas, y si solamente enfilaciones, cuya exactitud no varía, como el de aquéllas, con el tamaño de la imagen, que sobre el plano del retículo, se forma, de la mira observada. Esta característica ventajosísima del anteojo permite operar en condiciones muy desfavorables de luz. Acostumbrada la vista á los anteojos de los taquímetros ordinarios, sorprende al que por primera vez maneja este aparato, la nitidez y claridad que tiene la imagen de la mira.

El retículo es bifilar, es decir, está reducido á dos cerdas ó rayas que se cortan en ángulo recto. Por construcción, este retículo está centrado, es decir, que por el punto que define pasa el eje óptico del objetivo. Quedan, pues, evitados todos los errores originados en los diastímetros ordinarios por el efecto de paralaje al hacer las lecturas correspondientes á los hilos extremos, debido á la curvatura de la imagen que no consiente hacer un enfoque completo y total.

La mira proyectada por los inventores es reducible. Está formada (fig. 5.ª) por dos piezas acopladas á ranura y lengüeta; la anterior lleva las tablillas, que son de una apariencia muy distinta, lo que hace difícilísima y poco probable una equivocación, y la posterior una escala graduada en centímetros sobre la que se lee la altura del punto inferior ó de mira. Esta segunda pieza lleva en su extremo inferior una zapata ó base metálica y lateralmente una plomada para permitir su colocación en posición vertical bastante aproximada.

Verificaciones y correcciones.—Siendo por construcción paralelos, el eje general del aparato y la escala de pendientes, y comprobadas en el taller, las graduaciones de esta

escala y de la de distancias, la situación del tope que limita el movimiento hacia atrás del tornillo micrométrico, de tal modo, que quede detenido al llegar al índice á la señal ∞ , y el centrado del retículo, queda solamente por hacer en el

Fig. 5.^a

campo, una vez puesto en estación con su eje vertical por medio del nivel de la plataforma, la verificación, ó en su caso la corrección siguiente:

La visual debe ser horizontal cuando la lectura en la escala de pendientes sea 0.

Para hacer esta verificación, ó la corrección correspondiente, pueden seguirse varios procedimientos esencialmente idénticos. Nosotros hemos operado de dos modos que indicamos á continuación, dando la preferencia á uno ó á otro según la configuración del terreno.

Si el terreno es llano ó poco accidentado, comenzamos por señalar tres puntos equidistantes, siendo el primero en que haya de hacerse estación, uno de los extremos. Colocado el aparato en el punto intermedio, pueden fijarse dos tablillas de las miras situadas en los extremos, al mismo nivel, en cualquier posición

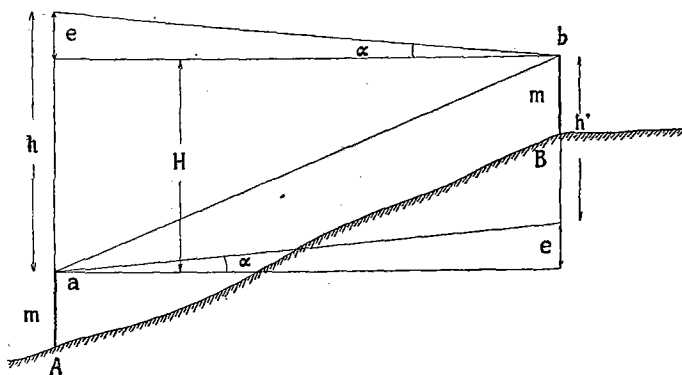
del anteojo, con tal de que no varíe durante esta primera parte de la operación, y se anotan las correspondientes alturas de miras. Hecho esto se transporta el aparato al punto extremo en que ha de quedar, se baja ó sube la tablilla de la mira situada en el otro hasta que quede á la misma altura que el punto fijo paso de la visual, lo que es inmediato, y dirigida á esta dicha tablilla se comprueba si coinciden el 0 de la escala con el del nonio moviendo éste, si es preciso, para lo cual la plaquita en que va grabado tiene alargados en sentido vertical los orificios por donde pasan los dos tornillos que se fijan por presión á la corredera (fig. 2.^a). Durante esta segunda parte de la operación es indispensable que esté borrada la lectura de la escala de distancias.

El segundo procedimiento es más rápido é igualmente exacto, pero puede obligar á hacer algunas correcciones de los datos observados en el gabinete. Se comienza por hacer estación en el primer punto prescindiendo por el momento de la descorrección posible del aparato; si ésta existe, en vez de obtener el verdadero desnivel H (fig. 6.^a) obtendremos otro h' cometiendo un error e . Este mismo error cometeremos al hacer estación en el segundo punto B , pero relativamente al desnivel en sentido contrario, de modo que el desnivel H , efectivo, resultará ser la semisuma de los dos observados. Deducido así el desnivel se calcula la pendiente, y si es preciso se mueve la placa del nonio hasta que se lea la cifra obtenida. Si la diferencia es sensible será preciso corregir en la misma cantidad, sumándola ó restándola, las lecturas correspondientes á los puntos de relleno tomadas desde la primera estación.

Como quiera que si no ha mediado una causa accidental que haya descorregido mucho el aparato la corrección es muy pequeña y no afecta de un modo apreciable á la representación del relieve del terreno deducida de las cotas

de los puntos de relleno, este segundo procedimiento es el más racional y recomendable.

El retículo, según dijimos, viene centrado del taller; la superficie que así describe la visual durante el movimiento del anteojo es un plano paralelo al eje del aparato. Si no

Fig. 6.^a

lo fuera habría que calcular ú observar la desviación horizontal que correspondería á cada inclinación y con arreglo á ella corregir los azimutes.

Aun cuando, prácticamente de un modo inapreciable, teóricamente también afectaría el descentrado en sentido vertical del retículo, en la medición de las pendientes y las distancias puesto que no pasarían siempre las visuales de un modo riguroso por el punto fijo, como se supone.

MANUEL LORENZO PARDO.

(Concluirá.)

EL RIEGO CON AGUA DEL MAR

DE LAS

CALLES Y PASEOS DE LA ZONA BAJA DE MÁLAGA

Los deseos que animan á muchos en estos días de ver á Málaga convertida en una estación de invierno, me inducen á cooperar á la buena obra, ocupándome en este trabajo del medio que hay para quitar el polvo de la parte baja de la ciudad, la más concurrida por los forasteros y extranjeros que nos visitan.

Mucho se ha hecho y experimentado con motivo del automovilismo para quitar el polvo de las carreteras, pero todo esto que empezó con grandes bríos no ha seguido, porque la índole de los afirmados, el mucho tránsito y las largas horas de un fuerte sol destruyen pronto las delgadas capas de asfalto, petróleo bruto ú otras de las sustancias empleadas.

Y precisamente el camino de Málaga al Palo es arcilloso, tiene un tránsito extraordinario y el sol lo baña todas las horas del día. Por estos motivos se destruye el afirmado con tanta rapidez y necesita cuidados continuos para conservarlo.

El riego con agua dulce no sirve, porque la arcilla se hace un fango blando y pegajoso, sin embargo de no empaparse más que una capa muy delgada del arrecifado. Ensucia los vestidos, y á las pocas horas, cuando el sol calienta, se convierte en polvo finísimo, y si hace viento, se