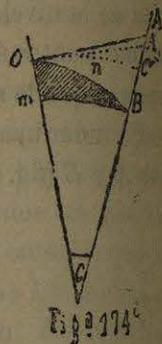


rente, que señalan los instrumentos que se usan en la nivelación, y la superficie de nivel, ó nivel verdadero.

Sean O y B (figura 174^a) los dos puntos cuya diferencia de nivel se quiere determinar, OA' es el plano tangente en O , y OnC la superficie de nivel que pasa por el mismo punto. El estadal colocado en B quedará interceptado en A' , de manera que la indicación del punto de mira será $h' = BA'$; mientras que la diferencia de nivel es realmente $BC = Om$. Si llamamos h la verdadera diferencia BC , tendremos:



$$h = h' - x \dots\dots\dots (1)$$

Vamos á calcular la corrección x , que es la diferencia entre el nivel aparente y el verdadero. Llamemos k la distancia OA' , R el radio de la tierra, y fundados en la propiedad de la tangente y la secante tiradas desde un mismo punto A' , se obtendrá:

$$k^2 = (2R + x)x = 2Rx + x^2$$

De aquí resulta $x = \frac{k^2}{2R} - \frac{x^2}{2R}$; pero atendiendo á que x es siempre muy pequeño respecto del radio de la tierra, se puede desear, sin error sensible, la fracción $\frac{x^2}{2R}$ para obtener $x = \frac{k^2}{2R}$, valor que sustituido en la ecuación (1) produce:

$$h = h' - \frac{k^2}{2R}$$

228. En todo el cálculo anterior he supuesto que la mira que se ve en A' está realmente en ese punto; pero esto no es exacto. Se sabe, en efecto, que cuando un rayo luminoso atraviesa oblicuamente medios de diversa densidad, se desvía de su dirección inicial, ó se refracta. La masa de aire comprendida entre el observador y la mira, tiene ese poder refringente; y suponiéndola compuesta de capas diversamente densas, el rayo luminoso que parte de la mira irá sufriendo refracciones en cada una de ellas, y formará de este modo una línea quebrada, cuyos elementos son bastante pequeños para que pueda considerarse como una curva. El observador O recibe, pues, el

rayo que parte de A según la curva AO , y lo refiere á la dirección de la tangente OA' , en el último elemento de la curva; de manera que, aunque ve la mira en A' , no está realmente sino en el punto A . Según esto, para obtener la cantidad $h' = BA'$ que figura en la ecuación (1) es necesario añadir $AA' = y$ á la verdadera indicación $h'' = BA$ de la mira, y la ecuación (1) se convertirá en:

$$h = h'' + y - x \dots\dots\dots (2)$$

Para determinar á y , en los triángulos AOA' y $A'OC$, por ser muy pequeños los ángulos en O , sus valores serán sensiblemente proporcionales á los lados opuestos, y tendremos.....
 $AOA' : A'OC :: AA' : A'C$, de donde resulta:

$$AA' = A'C \frac{AOA'}{A'OC}$$

Si llamamos C el ángulo central ACO , formado por las verticales de O y B , se tiene: $A'OC = 0.5 C$, por ser el ángulo de una tangente y una cuerda. Por otra parte, se ha encontrado por medio de numerosas experiencias que, en circunstancias iguales de la atmósfera, el ángulo de la refracción $r = AOA'$, es sensiblemente proporcional el ángulo C de las verticales; de modo que designando por c un coeficiente constante, se tiene $r = c C$; y así sustituyendo los valores de AOA' ó r , y de $A'OC$ en el de AA' resulta:

$$y = AA' = \frac{c C}{0.5 C} A'C = 2c.A'C$$

y como $A'C$ es la diferencia entre el nivel aparente y el verdadero, cuyo valor es $x = \frac{k^2}{2R}$, obtendremos:

$$y = \frac{c k^2}{R}$$

Sustituyendo en la ecuación (2) los valores x y de y , se hallará finalmente:

$$h = h'' - \frac{k^2}{R} (0.5 - c) \dots\dots\dots (3)$$

La cantidad $\frac{k^2}{R} (0.5 - c)$ es, pues, la corrección substractiva que debe hacerse á la indicación de la mira por los efectos combinados del nivel aparente y de la refracción, para obtener la verdadera diferencia de nivel entre los puntos O y B .

El valor de c varía ligeramente con el estado de la atmósfera. En Europa se ha hallado que es de 0.10 en el invierno y de 0.06 en el verano, por lo cual comunmente se adopta el término medio $c = 0.08$. En la República se han hecho pocas observaciones para determinar esa constante; pero todas ellas indican que el valor admitido en Europa es demasiado fuerte para nuestro clima, sobre todo en la parte más elevada del país. El ingeniero D. Miguel Iglesias encontró por dos observaciones hechas en el Valle de México y en el verano, $c = 0.05$, que es muy poco menor que el valor que yo había obtenido por un corto número de experiencias. Cuando se tenga oportunidad de medir directamente esa constante, por el método que se indicará en el Capítulo V, será preferible hacer uso del resultado que se obtenga; pero entretanto me parece conveniente adoptar $c = 0.06$ para nuestro país. Con este valor la fórmula (3) vendrá á ser:

$$h = h'' - \frac{0.44}{R} k^2$$

y por ser constante el coeficiente de k^2 , resultará calculando su logaritmo:

$$h = h'' - (2.8395) k^2$$

Ejemplo.—Calculemos la verdadera diferencia de altura entre dos puntos cuando la mira indica $h'' = 3^m.25$, siendo su distancia al observador, $k = 1500^m$.

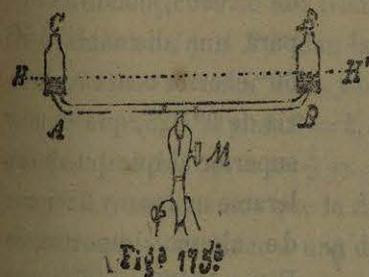
Log. const.....	2.8395	
„ 2250000.....	6.3522	$h'' = 3^m.25$
	9.1917 - 0.16
		$h = 3^m.09$

De estas correcciones se han formado tablas que tienen por argumento las distancias k ; pero como el cálculo directo es tan sencillo, no me parece necesario reproducirlas.

CAPITULO II.

DE LOS NIVELES.

229. Los instrumentos que se usan en la nivelación son de dos clases: los unos indican la dirección del plano horizontal en el punto de estación, y reciben el nombre genérico de *niveles*. Los otros permiten medir el ángulo que forma con el plano horizontal la visual inclinada que se dirige al punto observado, y se llaman *clisímetros*. Los primeros se aplican al método topográfico de nivelación, y los segundos al trigonométrico. En este Capítulo me ocuparé de los niveles.



El más sencillo de estos instrumentos es el *nivel de agua*, representado en la figura 175^a; y que consiste en un tubo metálico AB cuyos extremos se encorvan para recibir otros dos tubos de vidrio C y D de igual diámetro. Todo

el aparato se fija en un tripié por medio de la rodilla M .

Para hacer uso de este nivel, se coloca la parte AB en una posición sensiblemente horizontal, y se vierte agua en uno de los tubos C ó D hasta que en ambos llegue á la mitad ó los dos tercios de la altura. Es claro que en virtud de la propiedad de los líquidos, luego que se establece el equilibrio, las cuatro visuales que se pueden diri-