

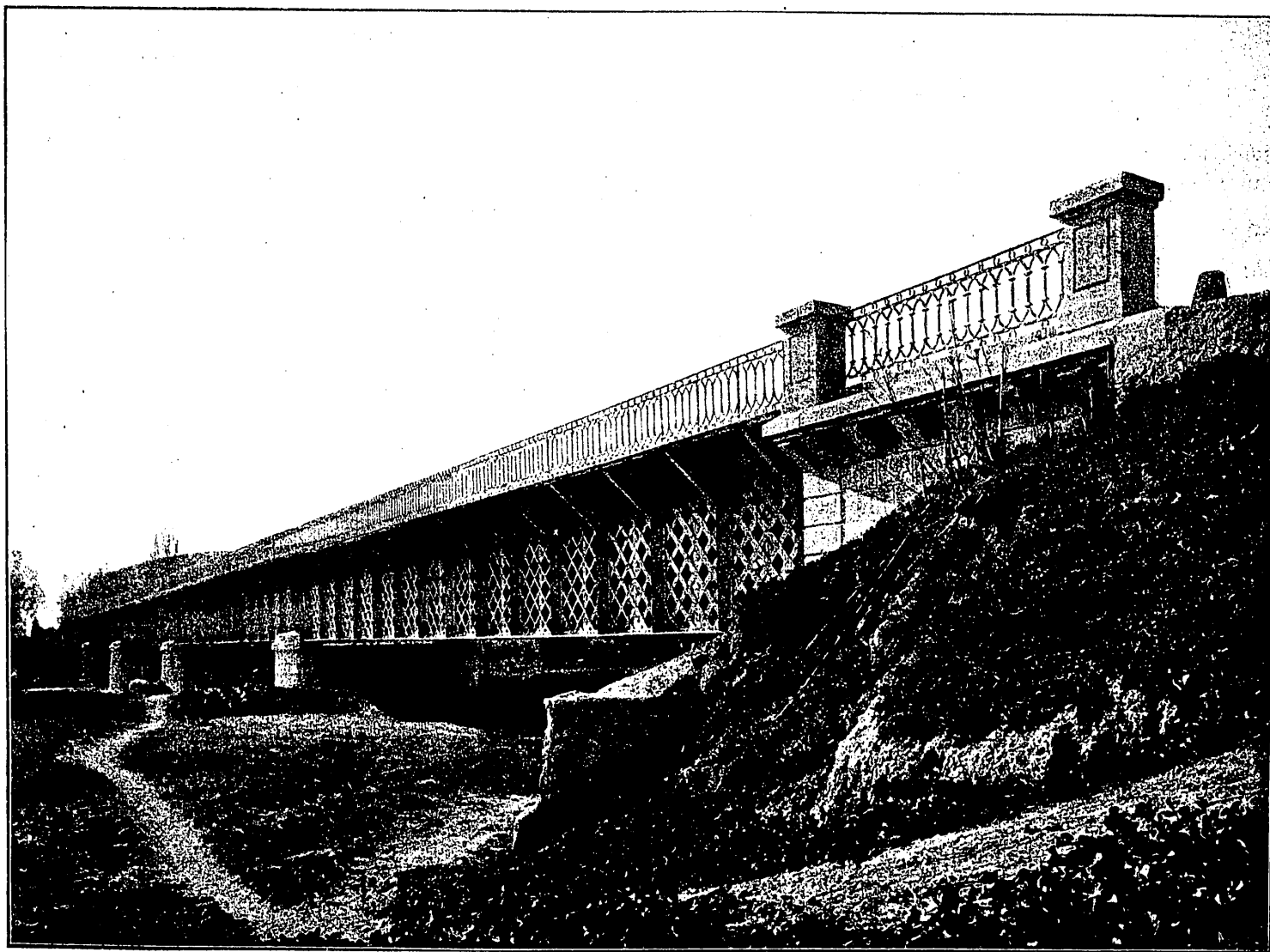
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Luis Sáinz, Inspector general de primera clase del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Luis Gaztelu, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Corresponsal en Londres.. D. Enrique Sanchis, Ingeniero del mismo Cuerpo.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.



Puente sobre el río Vélez-Málaga.—Carretera de Málaga á Almería.

TAQUÍMETRO SALAZAR, AUTOREDUCTOR SIN LIMBOS ⁽¹⁾

TEORÍA ELEMENTAL DE ERRORES

Por el primero de estos inconvenientes la figura 10 nos dice que la dicha armadura forzosamente ha de tomar en la regla 23 una posición distinta de la verdadera, corrién-

dose más cerca ó más lejos del vértice O del ángulo del compás, toda vez que el eje longitudinal de la regla 26 ha de pasar por el de giro de la misma en la armadura 27.

Esta variación valdrá

$$V = R'R'' = QR = v \frac{RR'}{l}$$

siendo V la variación buscada; $v = \frac{1}{2}$ de 0,00005 (supo-

(1) Véase el número 1.183.

nemos que el error de ajuste de la regla 23 con la caja 25 no ha de exceder de esta cifra); y l la semilongitud de dicha caja 25.

Por el otro lado, por la oscilación de la regla 26 en su caja 24, la armadura tiene necesidad de cambiar otra vez de posición en la regla 23, produciendo otra causa de error que puede ser del mismo signo que la anterior.

Esta segunda variación valdrá

$$V' = R''R''' = Q'R = \frac{Q''R}{\cos. \alpha} = v \frac{RR''}{l \cos. \alpha}$$

y como se trata de variaciones entre límites sumamente próximos, podemos hacer sin inconveniente $RR'' = RR'$ y coseno $\alpha = 1$, porque α será muy pequeño; teniendo

$$V' = v \frac{RR'}{l}$$

y

$$E = \pm V \pm V' = \pm 2v \frac{RR'}{l} = \pm 2v \frac{OR'}{l} \text{ tang. } O$$

queriendo significar con el doble signo que el error puede contarse en uno y otro sentido en la regla 23 á partir de la posición verdadera de la caja 25.

En nuestro taquímetro, $l = 0,025$, y por tanto, en el máximo valor de g

$$E = 2 \times 0,000025 \times \frac{0,0356}{0,025} \text{ tang. } O = 0,000071 \text{ tang. } O.$$

Por este error leeremos en la regla 28 una reducida horizontal que se diferenciará de la verdadera

$$\Delta L = R'P = R'R''' \cos. O = 0,000071 \text{ tang. } O \cos. O.$$

Esta expresión nos pone de manifiesto que ΔL será tanto menor cuanto menor sea el ángulo de pendiente bajo el que se hagan las visadas.

Para el caso de las mayores pendientes ordinarias, 30 grados ó 70 de distancia zenital en que toma g su mayor valor, será

$$\Delta L = 0,000071 \times 0,51 \times 0,89 = 0,000032;$$

en otro caso cualquiera ΔL será siempre menor.

3.º Que igualmente la armadura 31-35 puede producir las mismas causas de error que las que acabamos de apuntar para la 24-25, aunque en algo menor escala. Repitiendo los mismos cálculos, con la sustitución de D en lugar de $O R'$, veremos fácilmente que esta nueva diferencia en el mismo caso de pendiente y valor de g valdrá

$$\Delta L' = 0,000028,$$

y como puede sumarse con la anterior, deducimos que el error máximo que este taquímetro puede dar en la obtención de la reducida horizontal D será

$$\Sigma_1' = \Delta L + \Delta L' = 0,00006,$$

y que el error probable será

$$\Sigma_1 = \frac{0,00006}{\sqrt{4}} = 0,00003,$$

porque son cuatro las causas que lo pueden producir y próximamente en el mismo valor cada una.

Leeremos, pues, la reducida D con un error probable menor de 3 decímetros por 100 metros (0,30 por 100), toda

vez que cada milímetro en la regla 28 representa 10 metros en la reducida.

No creemos este error excesivo, sino, por el contrario, muy tolerable; pero si se quisiera que el instrumento fuese más exacto, ó aunque esto no se desee, si la construcción ofreciera inconvenientes (que no lo creemos) para conseguir errores de ajuste menores del admitido, la expresión

$$E = 2v \frac{OR'}{l} \text{ tang. } O, \text{ para la caja 24-25,}$$

y la

$$E_1 = 2v \frac{D}{l} \text{ tang. } O, \text{ para la 31-35}$$

nos dicen bien claro que aumentando convenientemente l disminuye $\Sigma_1' = \Delta L + \Delta L'$ todo lo que se quiera, á expensas de la comodidad del instrumento. Es, pues, cuestión de dar á éste dimensiones un poco mayores. (En el proyecto ya se proponen dos modelos: el uno, para el cual hemos ajustado todos nuestros cálculos, que á nuestro juicio dará resultados muy admisibles, teniendo pequeño volumen y por tanto poco peso; y el otro algo mayor, que en cuanto á exactitud llenará seguramente los deseos del más exigente.)

En la generalidad de los casos, es decir, operando en pendientes que no excedan de 8 á 10 grados, los errores probables serán menores de

$$\Delta L = 0,000071 \times 0,16 \times 0,988 = 0,000011$$

$$\Delta L' = 0,000063 \times 0,16 \times 0,988 = 0,000010$$

y por tanto

$$\Sigma_1 = \frac{0,000021}{\sqrt{4}} = 0,000011.$$

Y no habrá otros errores, pues los que sobrevenir pudieran porque las ramas del compás no fueran cortadas á las dimensiones exactas del proyecto, porque la posición de las reglas 23 y 28 no fuese la verdadera y, en fin, porque los índices no ocupasen el sitio exacto que ocupar debieran, desaparecen por los sistemas ó medios de rectificación que al efecto se han dispuesto en las diversas piezas del instrumento.

En cuanto á las tangentes ó reducida vertical z' pueden ser también erróneas, pero en una cantidad despreciable.

La figura 10 nos dice que en el caso de mayor error de D sólo obtendremos el siguiente:

$$\mp \Sigma_1 = \pm z' \mp z'_1 = \pm z' \mp z' \frac{D_1}{D},$$

y como la relación $\frac{D_1}{D}$ (siendo D_1 el falso valor de D) se aproximará siempre mucho á la unidad, veremos que Σ_1 es perfectamente despreciable.

III

En la obtención de senos y cosenos podremos también esperar errores si el mecanismo no es exactamente preciso y ajustado.

La armadura 12 no los producirá sensibles; tampoco el eje 13, porque éste puede y debe ser exacto; pero sí la armadura 6-8.

La figura 11 nos dice que estos errores son de la misma especie que los del mecanismo para la obtención de la

reducida horizontal, en cuanto al coseno se refiere. Los calcularemos, por tanto, de igual manera, bastando para ello sustituir or' en lugar de OR' , y o en lugar de O en la expresión

$$E = 2v \frac{OR'}{l} \text{tang. } O,$$

y tendremos

$$E_2 = 2v \frac{or'}{l} \text{tang. } o = 2v \frac{D \cos. o}{l} \text{tang. } o$$

teniendo aquí v y l , en la armadura de que se trata, la misma significación que en la 24-25.

En el caso más desfavorable (visual perpendicular á la meridiana, teniendo D su mayor valor), tendremos

$$E_2 = 2 \times 0,000025 \frac{0,04 \times 0,7}{0,025} = 0,000055$$

y el error probable

$$\Sigma_2 = \frac{0,000055}{\sqrt{2}} = 0,000036$$

cuyo error, en un instrumento como el estudiado, en que el radio vector (valor de D leído en la regla 6) vale cuando más 0,04, representa menos de un decímetro (0,10) por 100 metros.

Respecto del seno nada diremos, porque los errores en esta línea trigonométrica serán menores y sin importancia de ningún género.

En resumen, pues, operando á 100 metros de distancia con la inclinación ordinaria y en los casos más desfavorables que puedan ocurrir, este taquímetro, por la falta de un preciso y exacto ajuste en las piezas de su mecanismo, nos dará

La reducida horizontal con un error probable menor de 22 centímetros en 100 metros

$$\Sigma + \Sigma_1 = 0,11 + 0,11 = 0,22$$

La vertical, sin error sensible; y

Los senos y cosenos con un error probable menor de un decímetro por 100 metros.

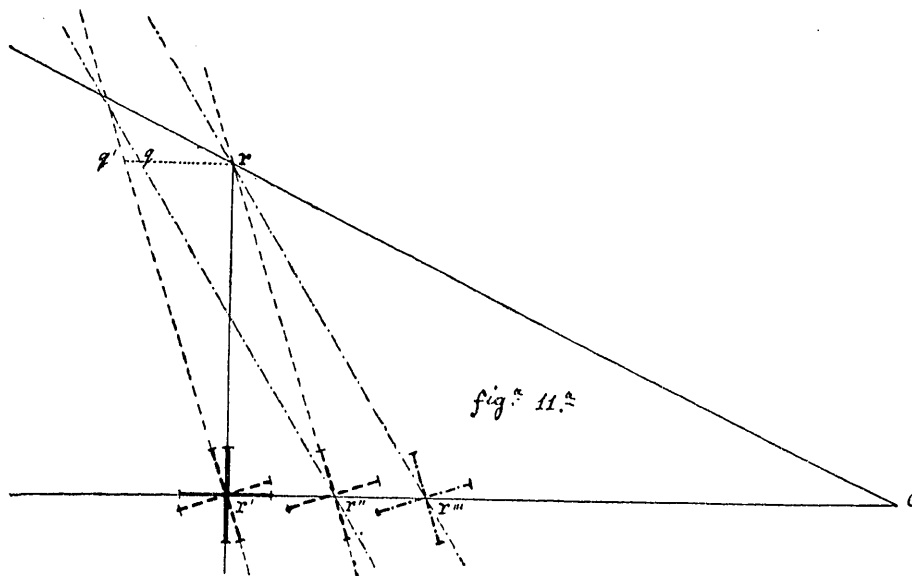
Repetimos que creemos más que suficiente esta aproximación, pero que si se juzgara conveniente obtenerla mayor, fácilmente puede conseguirse como queda dicho modificando el instrumento en el sentido expresado.

Con los taquímetros-goniómetros de ángulo diastimométrico fijo, ¿se obtienen mejores resultados? Véamoslo.

Colocada una mira parlante á 100 metros de distancia no habrá quien garantice que sus lecturas van aproximadas en más de $\frac{1}{5}$ de unidad de mira con cada hilo. El error de lectura será, pues, como mínimo, siendo N el valor de la última división de la mira

$$e = \frac{0,4 \times N}{\sqrt{2}}$$

de modo que si la mira está dividida en dobles centímetros ($N = 0,02$) ó en centímetros ($N = 0,01$) y el valor del ángulo diastimométrico viene expresado por la relación $\frac{2}{100}$ ó la de $\frac{0,4}{100}$ (retículo Troughton), obtendremos



los cuatro valores siguientes para el error en distancia:

$$N = 0,02; 2 \text{ tang. } \frac{1}{2} \omega = 0,02;$$

$$e_D = \frac{0,4 \times 0,02}{\sqrt{2} \times 0,02} = \frac{0,4}{\sqrt{2}} = 0,28$$

$$N = 0,02; 2 \text{ tang. } \frac{1}{2} \omega = 0,004;$$

$$e'_D = \frac{0,4 \times 0,02}{\sqrt{2} \times 0,004} = \frac{2}{\sqrt{2}} = 1,42$$

$$N = 0,01; 2 \text{ tang. } \frac{1}{2} \omega = 0,02;$$

$$e''_D = \frac{0,4 \times 0,01}{\sqrt{2} \times 0,02} = \frac{0,2}{\sqrt{2}} = 0,14$$

$$N = 0,01; 2 \text{ tang. } \frac{1}{2} \omega = 0,004;$$

$$e'''_D = \frac{0,4 \times 0,01}{\sqrt{2} \times 0,004} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,71$$

semisuma = 0,85

semisuma = 0,425

y si á estos añadimos los correspondientes al cálculo de la reducida D cuando operamos en pendiente, veremos que el autoreductor proyectado no será más erróneo que un buen troughton, y sobre todo, que dará exactitud suficiente en los levantamientos para no cometer errores de cierre mayores de los tolerados, que como sabemos en la práctica son $10 \sqrt{K}$ para el cierre planimétrico, y $0,70 \sqrt{K}$ para el altimétrico, siendo K el polígono base expresado en kilómetros; fórmulas empíricas por cuanto sus coeficientes son números no deducidos en forma alguna en relación con el grado de precisión que se desea dar al trabajo que se ejecuta, sino simplemente admitidos por la práctica.

Opinamos que estas fórmulas debieran ser sustituidas por otras racionales, y al efecto proponemos para ambos cierres la que aconseja el cálculo de probabilidades

$$\epsilon = e l \frac{NL}{\sqrt{NL}}$$

en la que e es el error absoluto por unidad determinada, tolerado para la fijación de cada punto; l la longitud media del lado del perímetro; N el número de veces que el error se puede cometer por cada unidad de las admitidas, y L el número total de estas unidades que expresa la longitud del perímetro ó polígono base.

Para que esta fórmula pudiera ser sin inconveniente admitida, es necesario que los lados del polígono fuesen todos iguales; pero como tal condición no se cumple en la práctica, adoptamos, al objeto de no hacer difícil su aplicación, la siguiente:

$$\epsilon = 2el \frac{NL}{\sqrt{NL}}$$

es decir, que admitimos para el error de cierre en los casos generales doble del que aconseja el cálculo de probabilidades en el caso de lados iguales; error menor del que nos dice la fórmula empírica antes consignada, pero que puede y debe ser así tratándose de trabajos taquimétricos, exentos de los graves y acumulables errores de construcción debidos al grafismo.

Supongamos el caso práctico siguiente: Un polígono de 54 lados que suman una longitud total de 7.560 metros. Error absoluto tolerado para la fijación de los puntos = 1 por 100. Unidad, el hectómetro; tendremos

$$l = \frac{75,60}{54} = 1,40 \text{ hectómetros}$$

$$e = 1$$

$$N = \frac{1}{1,40} = 0,71$$

$$L = 75,60 \text{ hectómetros}$$

y por tanto,

$$\epsilon = 2 \times 1,40 \times 1 \frac{0,71 \times 75,60}{\sqrt{0,71 \times 75,60}} = 7,30$$

para el cierre planimétrico.

Para el cierre altimétrico, siendo el error absoluto tolerado en la fijación de cada punto el de 0,1 por 100 metros, ó sea la décima parte del anterior, resultará

$$\epsilon' = 0,73,$$

es decir, que los errores numéricos de cierre (que como sabemos en el planímetro viene expresado por

$$E = \sqrt{\Delta \text{ sen.}^2 + \Delta \text{ cos.}^2}$$

obtenidos en las libretas del registro para un polígono de esas condiciones, deben ser menores de 7,30 y 0,73 respectivamente.

El error planimétrico es bastante menor que el tolerado en planos construídos por coordenadas polares, para el que la fórmula empírica $E = 10 \sqrt{K}$ nos da 27,50, notable diferencia que tiene por causa la de que en estos planos á los errores numéricos de los datos se suman los de construcción debidos al grafismo, de los que está libre el procedimiento taquimétrico. Mientras que el error de cierre altimétrico, admitido el absoluto de 0,10 por 100, es mayor del de la fórmula empírica, y así debe ser, porque en los trabajos taquimétricos no se trata de nivelaciones de precisión.

Para trabajos ligeros podían tolerarse los errores de cierre que expresa la fórmula

$$\epsilon = 4el \frac{NL}{\sqrt{NL}}$$

Estas fórmulas nos ponen de manifiesto lo que la práctica tiene perfectamente comprobado, esto es, que los malos cierres que por lo general se obtienen no son debidos á los errores dependientes de los instrumentos que empleamos (toda vez que el 1 por 100 no es error excesivo

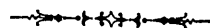
en trabajos planimétricos, y éste rara vez lo cometemos por defecto del instrumento), sino á las equivocaciones que frecuentemente cometemos, bien en la toma de datos, bien en el cálculo de coordenadas, porque en las equivocaciones no caben las compensaciones que realmente tienen lugar en los errores por cuestión de signo, conforme nos indica la fórmula.

No estamos, pues, de acuerdo con los Ingenieros italianos, que persiguen el objetivo de alcanzar en el campo grandes exactitudes á costa del tiempo empleado. Creemos, por el contrario, que el topógrafo, cuando de levantamientos taquimétricos se ocupe, debe tender y llevar por norma la rapidez y no procurar alcanzar errores menores del 1 por 100, si á este efecto ha de prolongar su trabajo de campo, que debe ser siempre lo más breve posible.

Los levantamientos taquimétricos tienen como principal objeto dar una idea bastante aproximada de la zona ó terreno que se estudia, y cumplen bien su misión cuando no llevan errores mayores que los consignados.

Madrid y Abril de 1898.

ANTONIO SALAZAR.



PUERTO DE DENIA

BASES DE LA CONCESIÓN DE LAS OBRAS DEL PUERTO (1)

Gastos ordinarios de conservación.—Difícil es hacer un avance de presupuesto para fechas tan remotas, en las que seguramente las condiciones de la vida habrán variado notablemente y con ellas los precios y sistemas de construcción. Mas juzgando racionalmente, cabe asignar términos generales que no se aparten mucho de la verdad. Así, pues, teniendo en cuenta que para la conservación de las obras se necesitará, como ocurre en el servicio de carreteras, una vigilancia constante, pensamos que, una vez se terminen las obras y tenga lugar su recepción definitiva, quede el personal facultativo necesario para atender á la dirección de las obras. Dada la poca importancia de los trabajos que será preciso verificar, los sueldos no han de tener otro carácter que el de una gratificación y, por tanto, asignando 2.500 pesetas anuales al director de las obras, que no necesitará sino girar alguna visita de inspección, 1.250 á un sobrestante-capataz y 2.250 para jornales de dos peones que constantemente estén encargados de la vigilancia y pequeñas reparaciones, queda suficientemente atendida la conservación. Por otra parte, para materiales, manos de obra y medios auxiliares con destino á la recomposición de desperfectos en los diques y muelles, asignamos la cantidad de 3.250 pesetas, la cual es suficiente para las pocas reparaciones que será preciso ejecutar.

El tren de limpia adquirido durante la construcción de las obras, y para el cual se incluye en presupuestos la cantidad de 130.000 pesetas, debe conservarse durante todo el período de explotación y, por lo tanto, habrá necesidad de destinar el personal y material necesario á este efecto. Calculando, por tanto, que la operación del draga-

(1) Véase el número 1.181.