

MADRID, 15 DE JULIO DE 1880.

TOMO XXVIII.

NÚM. 14.

SUMARIO.

Método gráfico para la transformación de los perfiles de los muros de sostenimiento, por D. A. Ibarreta.—La catástrofe del viaducto sobre el Tay.—Escalafón del Cuerpo de Ingenieros.—Parte oficial.—Subastas.—Noticias varias. Personal.—Suelos.—Advertencia importante.

MÉTODO GRÁFICO

PARA LA TRANSFORMACION DE LOS PERFILES
DE LOS MUROS DE SOSTENIMIENTO.

PROBLEMA PRIMERO.

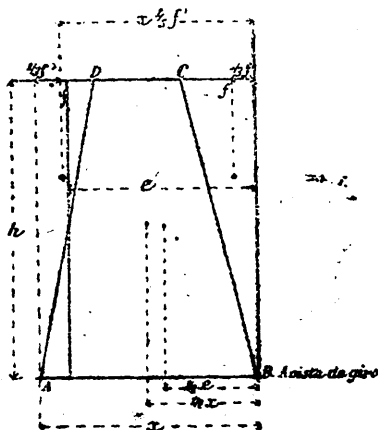
Transformar un muro de sección rectangular en otro de igual altura y estabilidad, pero con talud exterior é interior.

Para que los dos muros tengan igual estabilidad es preciso que sus momentos tomados con respecto á la arista de giro sean iguales.

Sean : e , el espesor uniforme del muro rectangular ; x , el espesor en la base del muro transformado, y f y f' sus taludes totales, exterior é interior ; B , la arista de giro.

El momento del muro rectangular con respecto á B es $\frac{1}{2} h . e^2$.

El momento del muro transformado $ABCD$ es igual al momento del rectángulo de base x menos los momentos de los triángulos de bases f y f' .



El momento del triángulo de base f es igual á $\frac{1}{2} h f \times \frac{1}{3} f = \frac{1}{2} h \times \frac{1}{3} f^2$.

El momento del triángulo de base f' es igual á

$$\frac{1}{2} h . f' \left(x - \frac{1}{3} f' \right) = \frac{1}{2} h . f' . x - \frac{1}{2} h . \times \frac{1}{3} f'^2.$$

Por lo tanto,

$$e^2 = x^2 - f' x - \frac{1}{3} (f^2 - f'^2)$$

Si la arista $A D$ estuviera inclinada hácia las tierras,

$$e^2 = x^2 + f' x - \frac{1}{3} (f^2 - f'^2)$$

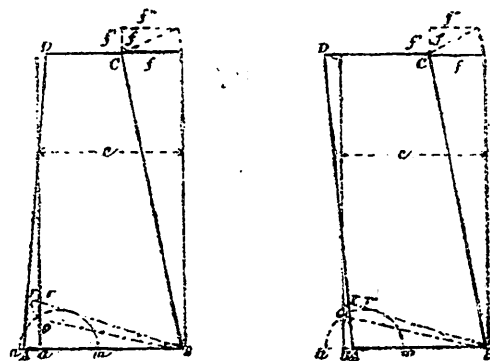
y en general,

$$e^2 = x^2 \mp f' x - \frac{1}{3} (f^2 - f'^2)$$

ó bien

$$x^2 \mp f' x = e^2 + \frac{1}{3} (f^2 - f'^2). \quad (A).$$

Esta expresion es la que vamos á construir gráficamente, aplicándola á todos los casos que puedan ocurrir.



Desde el punto B tiremos la línea BC con el talud total f . Esta línea será el paramento exterior del muro transformado.

$(f^2 - f'^2)$ representa el cuadrado del cateto de un triángulo rectángulo cuya hipotenusa es f y f' el otro cateto. Sea f'' el indicado cateto.

La expresion (A) será: $x^2 \mp f' x = e^2 + \frac{1}{3} f''^2$.

Sobre la base Ba prolongada y á partir de a tomemos $\overline{am} = f'$ y $\overline{an} = \frac{1}{3} f''$. Sobre mn como diámetro tracemos una semi-circunferencia; $\overline{ao}$ será media proporcional entre $\overline{an}$ y $\overline{am}$, de modo que $\overline{ao}^2 = \overline{an} \times \overline{am} = \frac{1}{3} f'' \times f'' = \frac{1}{3} f''^2$.

La secante $B\bar{o}$, hipotenusa del triángulo rectángulo Boa , dará $B\bar{o}^2 = B\bar{a}^2 + \bar{a}\bar{o}^2 = e^2 + \bar{a}\bar{o}^2$ y

$$x \mp f'x = B\bar{o}^2$$

$$x = \pm \frac{1}{2}f' + \sqrt{B\bar{o}^2 + \frac{1}{4}f'^2}$$

En o levantemos sobre $B\bar{o}$ la perpendicular $\bar{or} = \frac{1}{2}f'$. En el triángulo rectángulo Bro , $B\bar{r}^2 =$

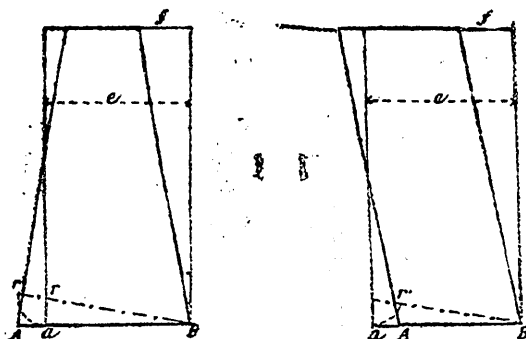
$$B\bar{o}^2 + \bar{r}\bar{o}^2 = B\bar{o}^2 + \frac{1}{4}f'^2; Br = \sqrt{B\bar{o}^2 + \frac{1}{4}f'^2}$$

Añadiendo ó quitando á Br , $rr' = \frac{1}{2}f'$, Br será la base buscada. Rebatiendo Br' sobre Ba prolongado el punto A determinará la base del muro transformado. Desde A tirando la línea AD con el talud total f' , $ABCD$ será el perfil transformado.

Si $f' = f$, la expresión (A) se transformará en

$$x^2 \mp fx = e^2$$

$$x = \pm \frac{1}{2}f + \sqrt{e^2 + \frac{1}{4}f^2}$$

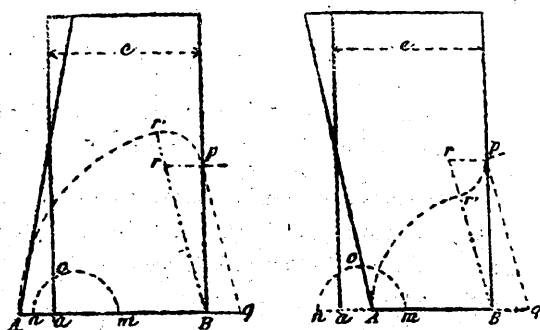


La construcción se reduce á levantar en a la perpendicular $ar = \frac{1}{2}f$; Br representará el radical,

y añadiendo ó quitando á Br $rr' = \frac{1}{2}f$, la línea Br' rebatida en BA dará la base buscada.

En la expresión (A) hagamos $f = 0$, ó lo que es lo mismo, transformemos un muro de sección rectangular en otro con talud interior f' .

$$x^2 \mp f'x = e^2 - \frac{1}{3}f'^2$$



Tomemos $am = f'$ y $an = \frac{1}{3}f'$; $\bar{a}\bar{o}^2 = \frac{1}{3}f'^2$

$$x^2 \mp f'x = e^2 - \bar{a}\bar{o}^2$$

Sobre aB prolongado tomemos $Bq = ao$ y desde q como centro y con el radio e tracemos un arco de círculo que cortará á Bp en p . En el triángulo rectángulo Bqp , $B\bar{p}^2 = q\bar{p}^2 - B\bar{q}^2 = e^2 - \bar{a}\bar{o}^2$.

$$x^2 \mp f'x = B\bar{p}^2$$

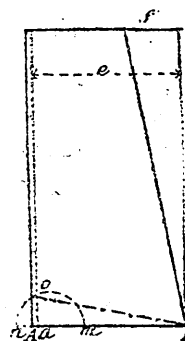
$$x = \pm \frac{1}{2}f' + \sqrt{B\bar{p}^2 + \frac{1}{4}f'^2}$$

En p levantaremos sobre Bp la perpendicular $pr = \frac{1}{2}f'$; la hipotenusa Br representará el radical.

Añadiendo ó quitando $rr' = \frac{1}{2}f'$ y rebatiendo Br' sobre la base, BA será el espesor buscado.

En (A) hagamos finalmente $f' = 0$, transformaremos el muro rectangular en otro de talud exterior f .

La fórmula queda reducida á $x^2 = e^2 + \frac{1}{3}f^2$.



Tomaremos $am = f$ y $an = \frac{1}{3}f$; $\bar{a}\bar{o}^2 = \frac{1}{3}f^2$.

La secante $B\bar{o}$, hipotenusa del triángulo rectángulo Boa , dará: $B\bar{o}^2 = B\bar{a}^2 + \bar{a}\bar{o}^2 = e^2 + \frac{1}{3}f^2$. Rebatiendo $B\bar{o}$ sobre la base, BA será el espesor buscado.

PROBLEMA 2.º

Recíprocamente. Transformar un muro con talud en otro de sección rectangular de igual altura y estabilidad.

Volvamos á la fórmula general

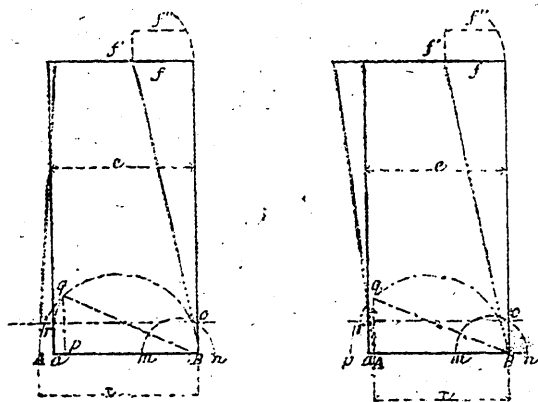
$$e^2 = x^2 \mp f'x - \frac{1}{3}(f^2 - f'^2),$$

en la que consideraremos ahora e como incógnita.

Como anteriormente, construiremos el cateto f'' del triángulo rectángulo, cuya hipotenusa es f y f' el otro cateto.

Construiremos igualmente Bo media proporcional entre f'' y $\frac{1}{3}f''$.

$$e^2 = x^2 \mp f'x - Bo^2 = x(x \mp f') - Bo^2$$



A partir de B tomemos Bp igual á x menos ó más f' , y sobre BA en el primer caso, ó Bp en el segundo, describamos una media circunferencia. Resultará $Bq^2 = BA \times Bp = \begin{cases} x(x - f') \\ x(x + f') \end{cases}$

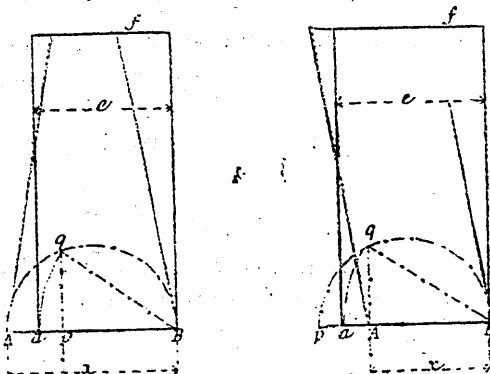
$$e^2 = Bq^2 - Bo^2.$$

De B como centro y con el radio Bq tracemos un arco que corte á la horizontal que pase por o . or será el espesor uniforme del muro rectangular, puesto que en el triángulo rectángulo orB , $or^2 = rB^2 - Bo^2 = Bq^2 - Bo^2$.

Si $f' = f$

$$e^2 = x^2 \mp fx = x(x \mp f).$$

A partir de B tomemos, como anteriormente, $Bp = x - f$ ó $x + f$.

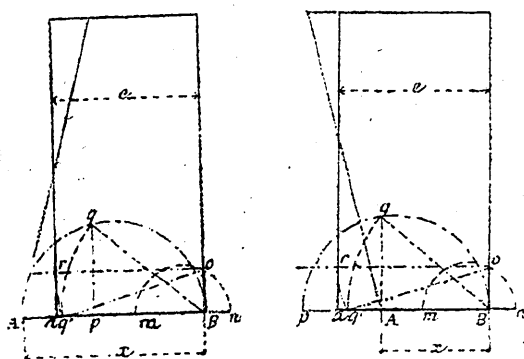


Sobre BA ó Bp describamos una media circunferencia, y de B como centro y con el radio Bq tracemos el arco qa . Ba será el espesor buscado.

Si $f = 0$

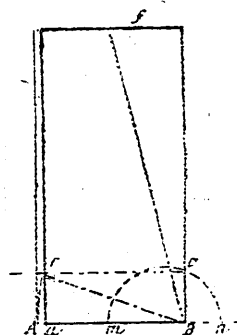
$$e^2 = x^2 \mp f'x + \frac{1}{3}f'^2 = x(x \mp f') + \frac{1}{3}f'^2.$$

Como anteriormente determinaremos la media proporcional Bo entre f' y $\frac{1}{3}f'$, y la Bq entre x y $x \mp f'$. Describiremos el arco qq' desde B, y desde o como centro y con el radio oq' un segundo arco que corte á la horizontal que pasa por o . or será el espesor buscado. En efecto, $or^2 = oq'^2 = Bq'^2 + Bo^2 = Bq^2 + Bo^2$.



Si $f' = 0$

$$e^2 = x^2 - \frac{1}{3}f^2.$$



Determinada Bo media proporcional entre f y $\frac{1}{3}f$, desde B como centro y con el radio BA tracemos un arco que corte á la horizontal que pasa por o . or será el espesor e . En efecto, $or^2 = Br^2 - Bo^2 = Ba^2 - Bo^2 = x^2 - \frac{1}{3}f^2$.

PROBLEMA 3.º

Transformar un muro en talud en otro de igual altura y estabilidad, pero con talud diferente.

Consideremos el caso más general y sean e, f y f' la base, el talud exterior y el interior del muro dado; x, f_1, f'_1 , los mismos elementos del muro transformado.

El teorema de los momentos dará para la ecuación de equilibrio;

$$x^2 \mp f', x = \frac{1}{3} (f_1^2 - f_1'^2) = e^2 \mp f' e - \frac{1}{3} (f^2 - f'^2) \quad (B).$$

$$x^2 \mp f', x = e (e \mp f') - \frac{1}{3} (f^2 - f'^2) + \frac{1}{3} (f_1^2 - f_1'^2).$$

Haciendo con f, f', f_1, f_1' , todas las combinaciones posibles tendremos todos los casos que puedan ocurrir, en los que se reproducirán las construcciones que hemos verificado en los dos primeros problemas.

Hagamos, por ejemplo, $f' = 0, f_1' = 0$; es decir, transformemos un muro de talud exterior f en otro de talud también exterior f_1 , la fórmula (B) se reducirá á

$$x^2 = e^2 - \frac{1}{3} (f^2 - f_1^2).$$

Hagamos $f_1' = 0$ y $f = 0$; transformaremos un muro de talud interior f' en otro de talud exterior f_1 .

$$x^2 = e (e \mp f') + \frac{1}{3} (f'^2 + f_1^2)$$

construcciones hechas anteriormente.

La fórmula (B) comprende, además, los dos problemas primeros.

En efecto, haciendo $f = 0$ y $f' = 0$

$$x^2 \mp f', x = e^2 + \frac{1}{3} (f_1^2 - f_1'^2)$$

es decir, el problema primero.

Si $f_1 = 0$ y $f_1' = 0$

$$x^2 = e (e \mp f') - \frac{1}{3} (f^2 - f'^2)$$

ó el problema segundo reproducido.

A. IBARRETA.

LA CATÁSTROFE DEL VIADUCTO SOBRE EL TAY.

En los *Anales de Puentes y Calzadas* se ha publicado una interesante noticia acerca de los resultados que arrojan hasta el presente los estudios verificados por la Comisión encargada de investigar las causas que hayan podido ocasionar la espantosa catástrofe del viaducto del Tay; y aún cuando por aquellos resultados no se pueden conocer todavía con completa seguridad dichas causas, presentan gran interés para los ingenieros, porque dan alguna idea de ellas y pueden servir de muy útil enseñanza para comprender las minuciosas precauciones que es necesario tomar en la construcción de obras de esta naturaleza é importancia.

El viaducto del Tay, abierto al servicio diez y

nueve meses antes de ocurrir el terrible accidente, mide una longitud de 3.154 metros, dividida en 85 tramos, cuyas luces respectivas son las siguientes:

Metros.		Metros.		Metros.	
11 de	74,65	13 de	44,20	24 de	20,57
2 —	69,19	10 —	39,40	3 —	20,42
1 —	50,60	11 —	39,20	1 —	20,32
1 —	49,38	2 —	26,52	6 —	8,78

El piso, que tiene 4^m,57 de ancho, está sostenido por las dos vigas extremas. Todas las vigas son de celosía ordinaria, excepto las correspondientes al tramo de 50^m,60 de luz, que son de las llamadas *bow-strings*. Las vigas de los once tramos de 74^m,65 de luz y las de los dos de 69^m,19 son las que han venido abajo; y conviene advertir que no eran independientes las unas de las otras, sino que formaban tres series de tramos solidarios, de las cuales las dos primeras abrazaban cada una cuatro tramos, y la tercera cinco. Dirémos, por último, que el eje del viaducto, que afecta dos inclinaciones en sentido inverso, desde el centro de la construcción hacia los extremos, no es rectilíneo, y presenta en cada una de sus extremidades una curva de 400 metros de radio próximamente.

Catorce pilas solamente se construyeron de fábrica de ladrillo y cemento; casi todas las restantes, fundadas según diferentes sistemas, están constituidas por un macizo de mampostería, que llega á 1^m,50 por encima del nivel de las altas aguas, sobre el que se apoyan seis columnas formadas por tubos de hierro fundido rellenas de hormigón, las cuales afectan en planta la forma de un exágono alargado, cuya diagonal mayor es paralela á la dirección de la corriente, y están arriostradas por medio de piezas horizontales é inclinadas.

Entre las diversas causas á que puede atribuirse el accidente se presentan en primer término las siguientes: socavaciones debajo de una ó varias pilas, descarrilamiento del tren, rotura de las vigas ó de las pilas, ó finalmente, que estas últimas hayan sido derribadas por la presión del viento combinada con las vibraciones y oscilaciones producidas por el paso del tren.

Desde luego debe descartarse la primera de las causas que se acaban de enumerar, porque sondeos exactos, practicados antes y después de la catástrofe, han puesto de manifiesto de una manera evidente que, aún cuando el fondo del río ha sufrido alguna variación con la construcción del viaducto, ha sido de tan escasa importancia, que no ha podido ejercer influencia en la estabilidad de las pilas, cu-