

MADRID, 15 DE AGOSTO DE 1880.

TOMO XXVIII.

NÚM. 16.

SUMARIO.

Obras de tierra, por D. V. R. é Intilini.—Los puentes de fundicion comparados con los de hierro forjado.—Los caminos de bierro de Bélgica en 1878.—Parte oficial.—Subastas.—Noticias varias. Personal.—Obras públicas de Ultramar.—Sultos.

OBRAS DE TIERRA.

DETERMINACION GRÁFICA DE LAS ÁREAS DE LOS PERFILES TRASVERSALES.

Láminas 100 y 101.

I.

Entre todos los procedimientos gráficos de cubicion de obras de tierra, merece distinguido lugar el ideado por el eminente Ingeniero Señor don Eduardo Saavedra, y que conocen los lectores de la REVISTA por el artículo publicado en el número 24 del tomo correspondiente al año de 1875.

La exactitud que se obtiene en la determinacion de áreas de los perfiles trasversales, la rapidez con que se practican estas operaciones, y hasta la elegancia de su anamórfosis, son razones sobradas para que se adopte en los trabajos de cubicion de un gran número de kilómetros el procedimiento á que se hace referencia, para lo cual es forzoso construir el tablero que constituye el indispensable aparato, por cuyo medio, y sin tener dibujados los perfiles, se calculan las referidas áreas, en todos los casos que pueden presentarse.

La construccion de este aparato, que se detalla en el artículo mencionado, no ofrece dificultad alguna; pero sí exige un gran esmero en el dibujo de sus diversas escalas, como base necesaria para obtener la exactitud apetecida. Ahora bien; dichas escalas representan los valores que corresponden á la expresion $(c+tl)^2$ para los consecutivos de c , ó sea de la cota en el eje de la explanacion, suponiendo constantes los de t y l , es decir, la inclinacion del talud de la caja y el semi-ancho de ésta. Dedúcese, en consecuencia, que para cada valor de este último elemento se necesitan tantas escalas cuantos sean los valores de t que se adopten para definir las secciones de explanacion correspondientes á las diversas clases de terrenos; y que si se varía el valor de l no

es posible aprovechar el tablero construido. Por ésta razon decíamos anteriormente que, atendiendo á las circunstancias que recomiendan tal procedimiento, se deberá adoptar y construir, por lo tanto, el tablero cuando sea preciso cubicar un gran número de perfiles de igual ancho.

Cuando este caso no se presenta; es decir, cuando se trata de determinar las áreas de un cierto número de perfiles de explanacion, cuyos anchos difieren en muy poco del que ha servido de punto de partida para la construccion de un tablero que por dicha circunstancia no puede aprovecharse, es verdaderamente superior al objeto á que se destina el trabajo preparatorio que entraña el dibujo de las citadas escalas de cuadrados, cuyas divisiones han de calcularse para ser trazadas, siquiera sea de la expedita manera que es posible hacerlo mediante el empleo de una tabla de cuadrados, siendo operacion bastante pesada el marcarlas con la necesaria exactitud, por la dificultad que existe en apreciar de este modo las fracciones que completan sus valores. La pérdida de tiempo que ocasionaria dicho trabajo preliminar puede evitarse sustituyendo la construccion de un nuevo tablero, con arreglo al procedimiento que tan perfectamente resuelve el problema, por la de otro cuyo dibujo es muy breve, y que permite deducir á la vez que el aumento ó disminucion de área debido á la diferencia de anchos en la explanacion, otro elemento que es forzoso calcular en el presupuesto de un camino: la amplitud de la zona de expropiacion. Merced á esto es fácil emplear el tablero del Sr. Saavedra, construido con toda perfeccion para el ancho más frecuente, en la determinacion de la parte principal del área, á la cual se añadiría, ó de la cual se restaría la del trapecio en que se aumentara ó se disminuyera la seccion de explanacion por la diferencia de anchos, calculada por el procedimiento que vamos á indicar.

En la fig. 1.^a (lám. 100) se indican las secciones de un semi-perfil correspondientes á dos anchos de explanacion. Si se supone que $AO=l$ es el semi-ancho de la explanacion en desmonte que corresponde al tablero que se tiene construido, y $OB=L$ representa el semi-ancho de la seccion que se quiere calcular: $ABDC$

y ABHG serán las áreas que habrá que añadir respectivamente á las OACE y OAGE calculadas con el tablero para tener las totales OBDE y OBHE que corresponden al nuevo semi-ancho OB=L en los dos casos que expresa la figura y se definen por iguales valores de α , pero de signo negativo en el primero y positivo en el segundo. Ya la figura indica que se acepta, como es natural, la misma hipótesis que sirvió de base para la construcción del tablero del Sr. Saavedra, es decir, que se supone que es una línea recta en todo el semi-ancho de la explanación la intersección del plano del perfil con el terreno.

En el primer caso el área que se inquiera es igual á la del paralelogramo ABQP, que se forma trazando la horizontal NI por el punto I medio de la parte CD; y en el segundo representa el área aumentada el paralelogramo ABQ'P', construido de análoga manera, mediante la paralela Q'N' á la base de la explanación, y que pasa por el punto I' medio de GH. Los dos puntos I é I' se encontrarán evidentemente sobre la paralela media del trapecio ABDC.

Veamos cómo pueden expresarse las áreas de los paralelogramos ABQP y ABQ'P' que son iguales respectivamente á las de los trapecios ABDC y ABHG, en función de los elementos que definen el semi-perfil en los dos casos que se consideran. Para esto aceptaremos las siguientes notaciones.

c = cota OE en el eje de la explanación.

l = semi-ancho OA de la explanación que ha servido de base para la construcción del tablero de que se dispone.

L = semi-ancho OB de la nueva sección de explanación.

d = diferencia ($AB = L - l$) entre los semi-anchos de explanación.

t = tangente del ángulo DBM que forma la inclinación del talud de la explanación con la horizontal.

α = tangente del ángulo DER ó HER que forma la línea del terreno con la horizontal.

El área del paralelogramo ABPQ es igual al producto de su base AB por su altura IM; y la del paralelogramo ABP'Q' lo es del mismo modo al producto de AB por I'M'. Como AB es conocido, bastará para conseguir el objeto deseado expresar las alturas IM é I'M' en función de los referidos elementos.

Ahora bien:

$$\left. \begin{aligned} IM &= NE + OE = NE + c \\ \text{é } I'M' &= OE - N'E = c - N'E \end{aligned} \right\} (A)$$

De los triángulos rectángulos NIE, N'I'E, NKI y N'KI' se deducen:

$$\left. \begin{aligned} NE &= NI \times \alpha \\ N'E &= N'I' \times \alpha \end{aligned} \right\} (a) \quad \text{y} \quad \left. \begin{aligned} NK &= NI \times t \\ N'K &= N'I' \times t \end{aligned} \right\} (b)$$

Restando miembro á miembro la primera del grupo (a) de la primera del grupo (b), y sumando lo mismo las segundas de ambos grupos, resultan:

$$\left. \begin{aligned} NI(t - \alpha) &= NK - NE = KE = OE + OK = c + OK \\ N'I'(t + \alpha) &= N'K + N'E = KE = OE + OK = c + OK \end{aligned} \right\} (c)$$

En el triángulo OKJ

$$OK = OJ \times t = (OA + AJ) \times t = (l + \frac{1}{2}d)t$$

y sustituyendo en (c) se obtienen:

$$(e) \quad \left\{ \begin{aligned} NI(t - \alpha) &= (l + \frac{1}{2}d)t + c \\ N'I'(t + \alpha) &= (l + \frac{1}{2}d)t + c \end{aligned} \right\} \text{ de donde}$$

$$\left. \begin{aligned} NI &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \\ N'I' &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha} \end{aligned} \right\} (f)$$

eliminando NI y N'I' en los grupos (a) y (f) se deducen los valores

$$\left. \begin{aligned} NE &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \times \alpha \\ \text{y } N'E &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha} \times \alpha \end{aligned} \right\}$$

que sustituidos en las expresiones (A) nos dan los de

$$\left. \begin{aligned} IM &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \times \alpha + c \\ I'M' &= c - \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha} \end{aligned} \right\} (h)$$

Las áreas que se buscan serán por lo tanto:

$$\left. \begin{aligned} \text{área ABDC} &= \text{área ABQP} = AB \times IM = \\ &\left(\frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \times \alpha + c \right) \\ \text{y área ABHG} &= \text{área ABQ'P'} = AB \times I'M' = \\ &d \left(c - \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha} \times \alpha \right) \end{aligned} \right\} (g)$$

que unidas á las (f)

$$\left. \begin{aligned} NI &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \\ N'I' &= \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha} \end{aligned} \right\} (f)$$

resuelven las dos cuestiones que nos propusimos, ó sea la determinacion de las áreas aumentadas, y de los anchos de la zona de expropiacion en funcion de los elementos que definen el semi-perfil; por cuanto las magnitudes NI y N'I' representan estos semi-anchos con un pequeño error, cuyos limites son la mitad de la diferencia d , que corresponde al valor de $\alpha = 0$, y el cociente $\frac{DS - IM}{\alpha}$ para el valor de α que se considere como máximo de la inclinacion del terreno.

Si suponemos que α es negativo cuando el terreno sube desde el eje de la explanacion hácia el extremo del semi-perfil y positivo en el caso contrario, la segunda de las dos fórmulas (f) representará la general de este valor; y lo mismo puede decirse respecto á los términos fraccionarios contenidos en los paréntesis de los valores de las áreas, debiendo tan sólo tener en cuenta para la determinacion de éstas, que cuando α es negativo hay que sumar el término correspondiente con la cota, y cuando α es positivo restar del valor de ésta el de dicho término.

Si en las cuatro fórmulas deducidas sustituimos el binomio $(l + \frac{1}{2}d)$ por l ó L , nos representarán: las del grupo (g), las áreas de los paralelógramos que se formarían trazando horizontales por C y G en el caso de la sustitucion de l , y por D y H cuando se sustituya L ; y las del grupo (f) los anchos de las zonas de expropiacion correspondientes á los dos taludes, ó sean las longitudes de las horizontales trazadas por C y G, cuando en vez del binomio se ponga el semi-ancho l , y las de análogas rectas trazadas por D y H en la hipótesis de que se sustituyera el semi-ancho mayor ó sea L . Concretándonos al caso de α negativo, la diferencia entre las horizontales

DT é IN es lo que representa el cociente $\frac{DS - MI}{\alpha}$

que se ha escrito ántes como limite superior del error que se cometería en el cálculo de la zona de expropiacion aceptando para determinar el ancho correspondiente las expresiones deducidas. Por lo demas, se ve que si quiere obtenerse dicho ancho con perfecta exactitud es suficiente emplear la fórmula substituyendo al binomio $(l + \frac{1}{2}d)$ el semi-an-

cho mayor L . Lo mismo puede decirse de las fórmulas (h) que dan los valores de las alturas de los paralelógramos que se añaden á las áreas de los semi-perfiles de ancho l : si en ellas sustituimos $(l + \frac{1}{2}d)$ por l obtendremos las expresiones representativas de las perpendiculares á la base bajadas desde los puntos C y G; y si se sustituye aquel binomio por el semi-ancho L , se podrán deducir de las fórmulas los valores de las perpendiculares bajadas sobre la base desde los puntos D y H.

Si se tratase de determinar el área de un semi-perfil en terraplen, se deducirían las mismas fórmulas en las que l y t representarían el semi-ancho y talud de la explanacion en el caso que se considera. Invirtiendo la figura, se observa que en ella se tienen dibujadas las áreas en terraplen para los dos valores de α .

Para calcular analíticamente las áreas de que se trata y los anchos de explanacion, bastaría aplicar las fórmulas (g) y (f) substituyendo en ellas los valores correspondientes á cada caso particular. Gráficamente pueden determinarse fácilmente dichas áreas, y la sencilla construccion de esta naturaleza que exige tal determinacion es la base del tablero que sirve de complemento al del Sr. Saavedra en todos los casos, sea la que quiera la diferencia de anchos en la base de los semi-perfiles.

Tracemos dos ejes de coordenadas rectangulares ox y oy (fig. 2.^a): sobre ox , y á partir de O, se toma una longitud OA que represente el valor de la expresion $(l + \frac{1}{2}d)t + c$: sobre oy se toma una longitud OB, igual á la unidad que sirva de término de comparacion, y por el punto B se traza la paralela BC al eje de las x ; sobre ésta, y á partir de B, se marcan las magnitudes BE = BE' = α y BF = t ; y á uno y otro lado del punto F se llevan las longitudes FD y FD' iguales entre si y cada una igual á BE, ó lo que es lo mismo, á α . Uniendo los puntos D y D' con O, las ordenadas AM y AM' representan los valores de NI y N'I' de la (fig. 1.^a) y las abscisas OP y OP' correspondientes á las ordenadas trazadas por los puntos N y N' de interseccion de las rectas OE y OE' con las paralelas MN y M'N' al eje de las x representan á su vez los términos fraccionarios de los binomios encerrados en los paréntesis de las fórmulas (g), ó sean los valores de NE y N'E.

En efecto: los triángulos OMA y OBD son semejantes, y tambien lo son entre si los OM'A y OBD': estableciendo la igualdad de relaciones entre sus lados homólogos, tenemos:

$$OA : BD :: AM : BO \text{ y } OA : BD' :: AM' : BO$$

de donde se deduce

$$AM = \frac{OA \times BO}{BD} \text{ y } AM' = \frac{OA \times BO}{BD'}$$

y substituyendo por OA, OB, BD y BD' los valores que hemos dicho que representan, se obtienen:

$$AM = \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \text{ y } AM' = \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha}$$

que son exactamente las fórmulas (f): luego $AM = NI$ y $AM' = NI'$.

Comparando los lados homólogos de los triángulos OBE y OBE' respectivamente con los de sus semejantes ONP y ON'P' se tienen las dos proporciones $OB : PN :: BE : OP$ y $OB : P'N' :: BE' : OP'$ de las cuales se deducen

$$OP = \frac{PN \times BE}{OB} \text{ y } OP' = \frac{P'N' \times BE}{OB}$$

substituyendo PN y P'N' por sus iguales MA y M'A respectivamente: por éstas los valores antes deducidos, y por BE, BE' y OB los de α , α y 1 que anteriormente les hemos asignado, se obtienen las fórmulas

$$OP = \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha} \times \alpha \text{ y } OP' = \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha} \times \alpha$$

cuyos segundos miembros son en efecto los términos fraccionarios de los binomios encerrados en los paréntesis de las fórmulas (g).

La construcción gráfica indicada, reducida exclusivamente á la determinación de cuartas proporcionales, nos da directamente los anchos de expropiación en las ordenadas MA y M'A. No sucede lo mismo en lo que se refiere á las áreas, por cuanto con la construcción correspondiente sólo se obtiene una parte de la fórmula: á la longitud OP hay que añadir en el primer caso la cota c y la suma multiplicarla por la diferencia d de los anchos de explanación; y del valor de la cota c es preciso en el segundo restar la magnitud OP' y multiplicar también la diferencia por el citado valor de d .

Ahora bien, estas operaciones pueden efectuarse gráficamente de una manera muy sencilla. Supongamos que por un punto cualquiera G del eje de las y trazamos una paralela al de las x , y sobre ella en sentido de la derecha, á partir de aquel eje, marcamos una escala que sirva para medir longitudes de cotas y que tenga por origen el citado punto G. Si tomamos la longitud GQ igual á la cota, QI nos

representará la cantidad contenida dentro del paréntesis de la primera de las fórmulas (f), y QI' la encerrada en el paréntesis de la segunda. En efecto:

$$QI = QG + GI = QG + OP = c + \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t - \alpha}$$

$$\text{y } QI' = QG - GI' = QG - OP' = c - \frac{(l + \frac{1}{2}d)t + c}{t + \alpha}$$

Todo está, por lo tanto, reducido á efectuar la multiplicación de estas líneas QI y QI' por el valor de d , lo cual puede conseguirse fácilmente midiendo aquéllas con una regla dividida de antemano de tal modo, que sus divisiones estén con las de la escala de cotas en la relación que exista entre la unidad y el valor de d ; es decir, que si el valor de ésta fuera de 0^m,50, ó lo que es lo mismo, medio metro, cada división de la regla que ha de servir para apreciar las longitudes representativas de las áreas será igual á dos veces la división del mismo orden de la escala de cotas.

V. R. É INTILINI.

(Se continuará.)

LOS PUENTES DE FUNDICION

COMPARADOS CON LOS DE HIERRO FORJADO.

La idea de emplear el metal en la construcción de los puentes data de muy antiguo, pues en algunos libros de arquitectos italianos del siglo XVI se encuentra ya indicada; pero hasta 1779, en cuya fecha se terminó en Inglaterra la construcción del puente de fundición de Coalbrookdale de un solo arco de 30,62 metros de luz, puede decirse que no se llevó aquel pensamiento al terreno de la práctica.

En un principio se empleó la fundición bajo la forma de barras rectas ó curvas, tendiendo á asemejarse á las disposiciones en uso para los puentes de madera. Este sistema ha sido por completo abandonado, porque aparte de la dificultad de obtener en buenas condiciones piezas de hierro fundido de una longitud algo notable, y aún cuando se tomase la precaución de dar á la sección transversal de aquéllas una forma no simétrica, á fin de tener en cuenta la diferencia de resistencias de este material á la compresión y á la tracción, los vicios inherentes á su fabricación, su fácil rotura bajo la influencia de los choques, y su escasa resistencia á los esfuerzos de tracción, son circunstancias que siempre deben ins-

OBRAS DE TIERRA.

Revista de Obras Públicas.

Determinación gráfica de las áreas de los perfiles transversales.

3ª Serie Lam. 400.

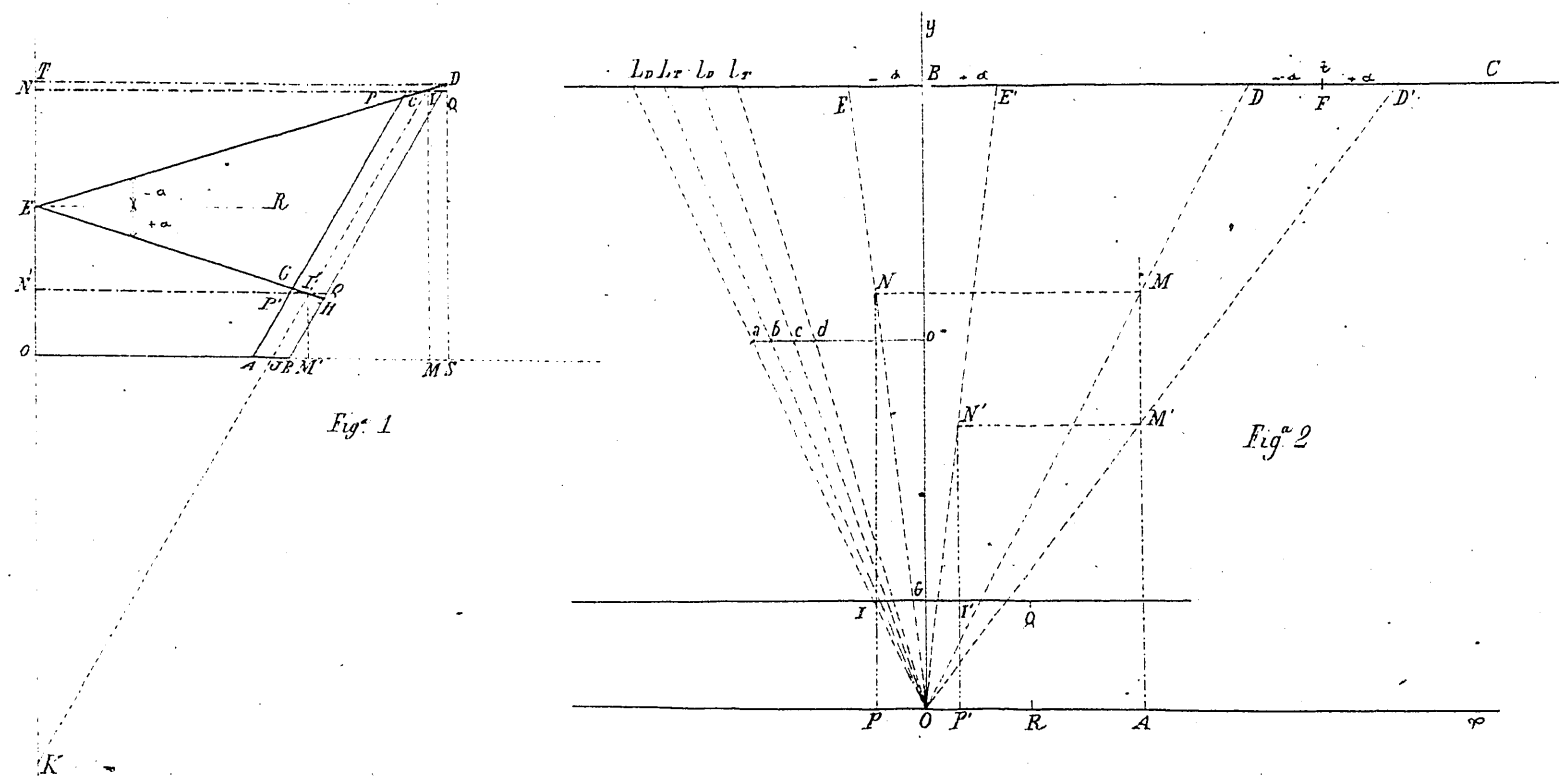


Fig. 1

Fig. 2

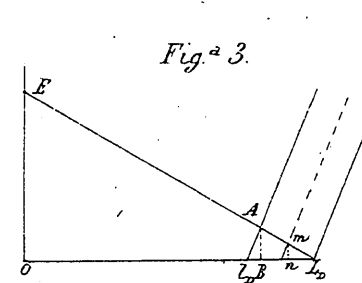


Fig. 3.

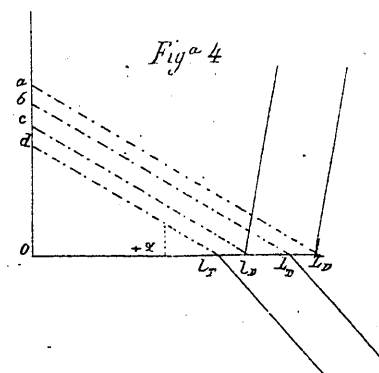


Fig. 4

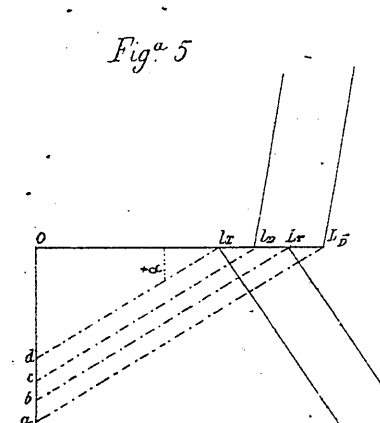


Fig. 5

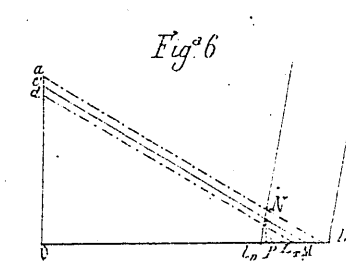


Fig. 6

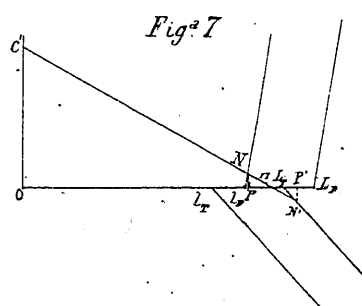


Fig. 7

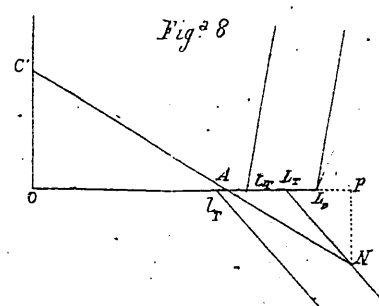


Fig. 8

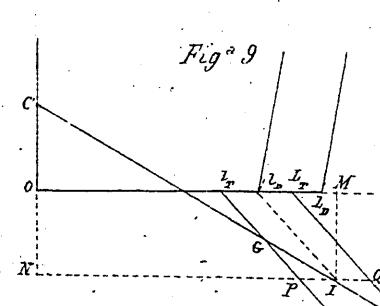


Fig. 9

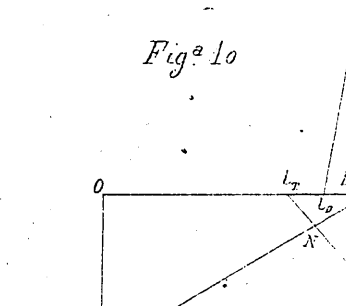


Fig. 10

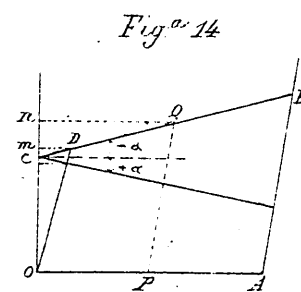


Fig. 14

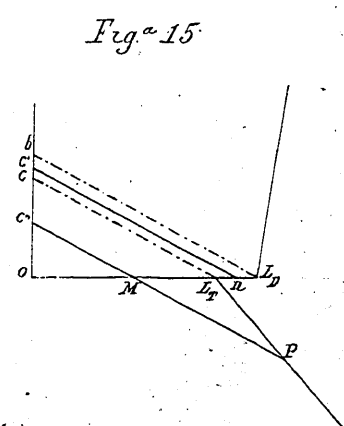


Fig. 15

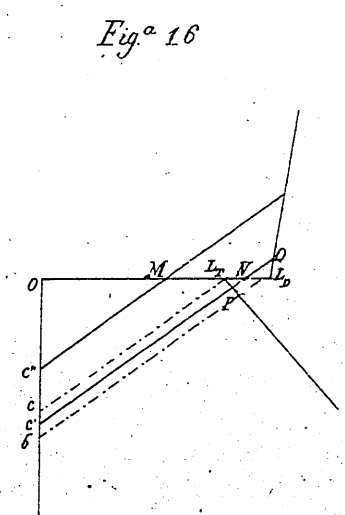


Fig. 16

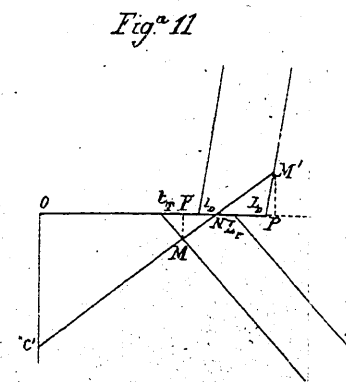


Fig. 11

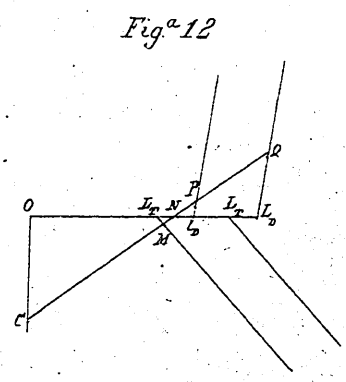


Fig. 12

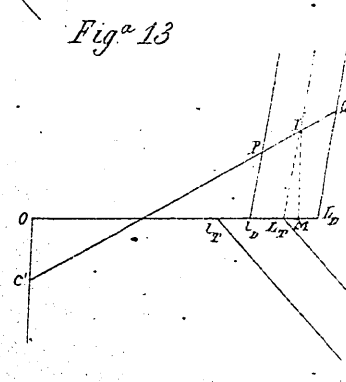


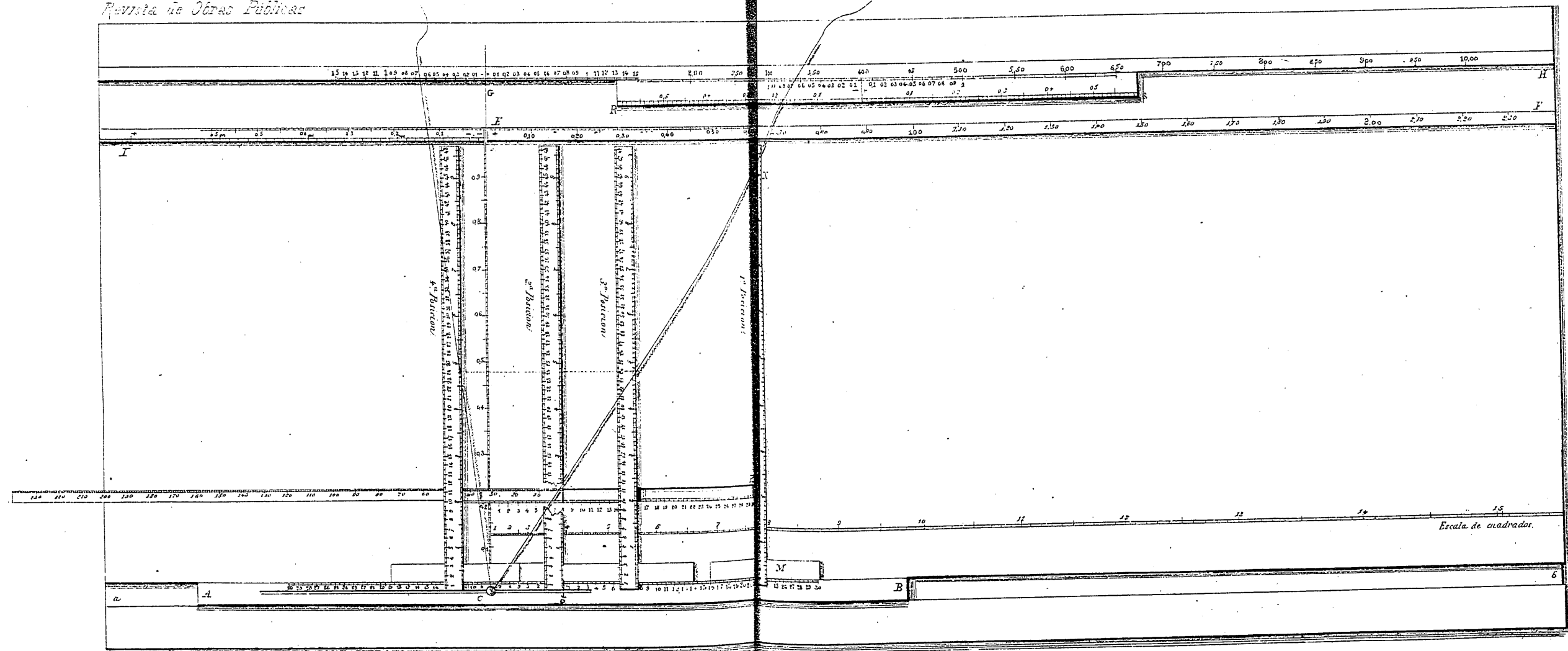
Fig. 13

OBRAS DE TIERRA.

Determinación gráfica de los perfiles transversales.

3.ª Serie Lam.ª 101

Revista de Obras Públicas



Escala de cuadrados.