UN ABACO PARA EL CALCULO DE CANALES

Por LUIS ANGULO PROTA y MARIANO PALANCAR PENELLA

Presentan los autores un ábaco, que simplifica la laboriosa resolución del sistema de ecuaciones, evitando numerosos tanteos, para el cálculo de la sección más favorable de un canal.

Un problema que se presenta con bastante frecuencia en el proyecto de conducciones hidráulicas, cuando éstas se hacen por medio de un canal, es el cálculo de la sección más favorable de éste.

La resolución directa del sistema de ecuaciones que más abajo indicamos es laboriosa, por depender de muchas variables, lo que hace necesario, generalmente, varios tanteos. Por esto, hemos tratado de simplificar el problema con la construcción de un ábaco que permite efectuar dichos tanteos con gran rapidez.

Como ya sabemos, la sección hidráulicamente más ventajosa es la semicircular, pero por razones constructivas se acude usualmente a secciones trapeciales.

Según indican los tratados de Hidráulica, de estas secciones son más favorables las de perímetro mojado mínimo, condición puramente geométrica que se suele imponer.

Haciendo uso de la conocida fórmula de Strickler, para determinación de la velocidad, las ecuaciones que se plantean para el cálculo de dicha sección son:

$$V = M\, i^{1/2} R^{2/3}. \qquad [1]$$

$$Q = V \times S. \qquad [2]$$

$$S = l\,h + \beta\,h^2. \qquad [3]$$

$$P = l + 2\,h\,\sqrt{1+\beta^2}. \qquad [4]$$

$$R = \frac{S}{P}; \qquad [5]$$

siendo:

Q = caudal en m.^{3}/seg.;
S = sección en m.^{2};
V = velocidad media en m./seg.;
P = perímetro mojado en m.;
R = radio hidráulico en m.;
M = coeficiente de rugosidad;
i = pendiente;
h = calado de agua en m.;
l = ancho de la solera en m.;
$\beta = \tan\alpha$ = talud de los cajeros;

según se indica en la figura 1.ª.

La condición de perímetro mínimo se obtiene derivando la expresión de P e igualando a cero el resultado, de donde resulta:

$$h = \sqrt{\frac{S}{2\sqrt{1+\beta^2} - \beta}};$$

y de aquí:

$$S = \left(2\sqrt{1+\beta^2} - \beta\right) h^2;$$

$$P = \left(2\sqrt{1+\beta^2} - \beta\right) 2\,h;$$

o sea:

$$R = \frac{S}{Q} = \frac{h}{2},$$

condición que unimos a las anteriores.

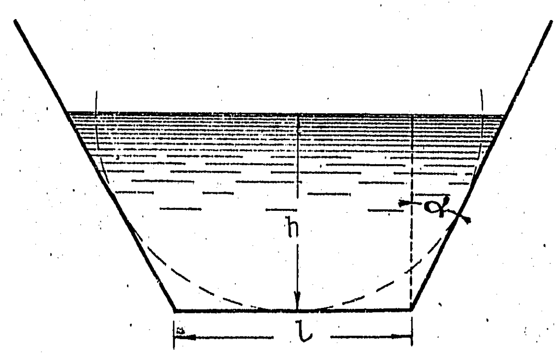

Figura 1.ª

Expresando ahora que

$$R = \frac{S}{P} = \frac{l\,h + \beta\,h^2}{l + 2\,h\sqrt{1+\beta^2}} = \frac{h}{2};$$

podemos despejar:

$$l = 2\,h\left(\sqrt{1+\beta^2} - \beta\right);$$

y eliminando por sustitución l, v y s entre las [1], [2] y [3] y esta última, queda:

$$Q = h^2\left(2\sqrt{1+\beta^2} - \beta\right) M \sqrt{i} \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3};$$

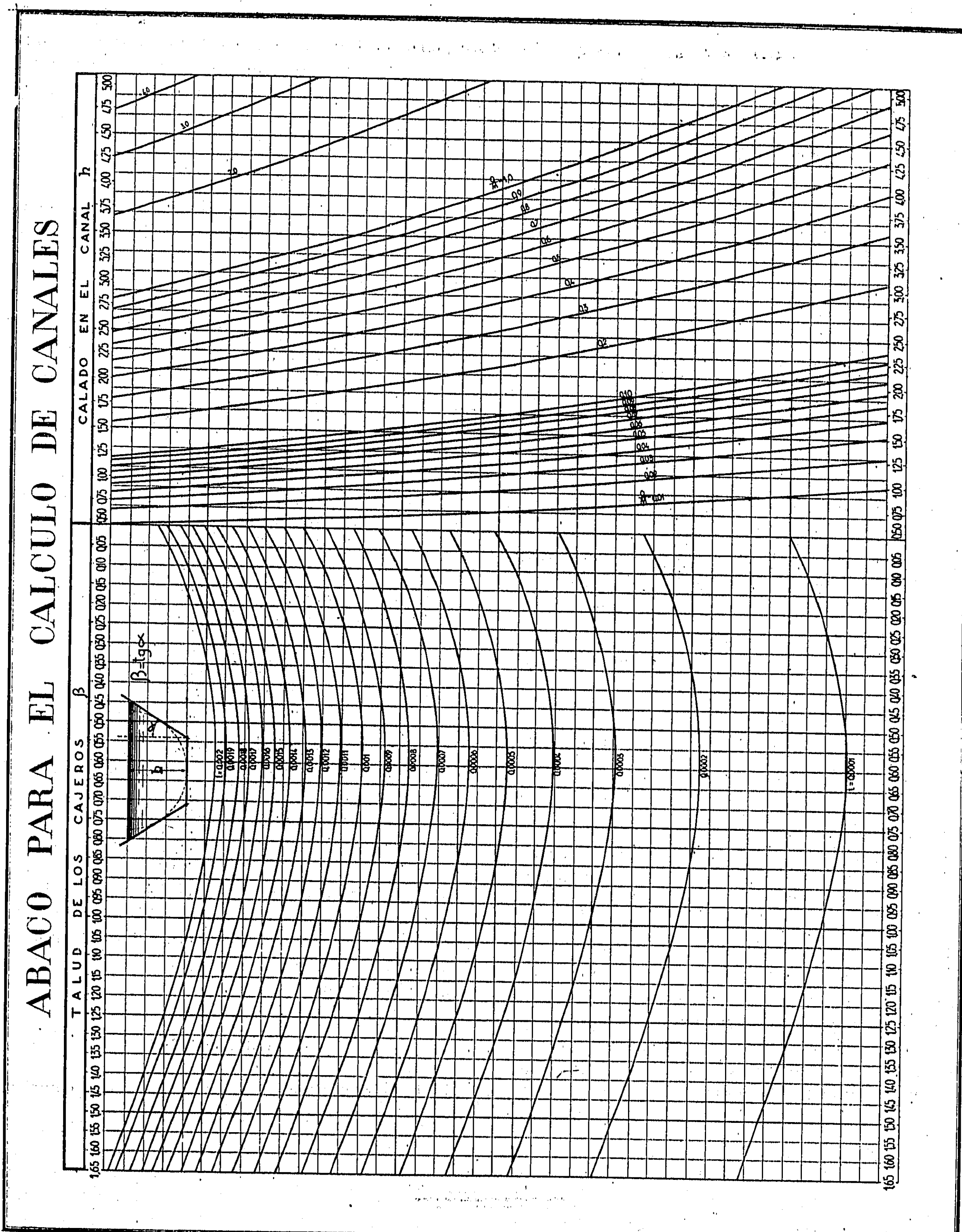
ABACO PARA EL CALCULO DE CANALES
TALUD DE LOS CAJEROS β
CALADO EN EL CANAL h
β = tg α

Figura 2.ª

o sea:

$$\frac{Q}{M} = \left(2\sqrt{1+\beta^2} - \beta\right)\sqrt{i}\,\frac{h^{8/3}}{3\sqrt[3]{4}};$$

expresión que es de la forma:

$$F(\beta)\cdot\sqrt{i} = \frac{Q}{M}\cdot\varphi(h); \qquad [6]$$

siendo:

$$F(\beta) = 2\sqrt{1+\beta^2} - \beta;$$

$$\varphi(h) = \frac{\sqrt[3]{4}}{h^{8/3}}.$$

Tomando logaritmos en la [6], tenemos:

$$\log F(\beta) + \log\sqrt{i} = \log\frac{Q}{M} + \log\varphi(h); \qquad [7]$$

expresión en la que se basa la construcción del ábaco de la figura 2.ª.

En la parte izquierda dibujamos la familia de curvas $U_1 = \log F(\beta) + \log\sqrt{i}$. Cada una de éstas corresponde a un determinado valor de i, que figura contiguo a ella, y se ha dibujado trasladando paralelamente a sí misma la curva $U_1 = \log F(\beta)$ una magnitud igual a $\log\sqrt{i}$.

En la construcción de estas curvas hemos tomado las β en abscisas, y U_1, en coordenadas.

De la misma manera, a la derecha representamos la familia $U_2 = \log\varphi(h) + \log\frac{Q}{M}$, correspondiendo cada una a un valor de $\frac{Q}{M}$ y llevando h en abscisas, y U_2, en ordenadas.

Cada punto a la izquierda del eje de ordenadas representa una terna de valores (β, i, U_1), e igualmente cada punto de la derecha una terna (h, $\frac{Q}{M}$, U_2).

Si tenemos dos puntos cualesquiera situados a ambos lados del eje de ordenadas y en una misma horizontal, es decir, que $U_1 = U_2$, los valores correspondientes de β, i, h y Q/M verifican la ecuación [7], y por tanto, conocidos tres de ellos, podemos obtener rápidamente el cuarto por medio del ábaco, como indicamos en el siguiente ejemplo:

Supongamos que se trata de un canal con revestimiento de hormigón para un caudal de 16 m.³/seg., y vamos a tantear una pendiente de 0,001 y un talud de cajeros $\beta = 0{,}80$, para ver si el calado es admisible.

Para revestimiento de hormigón, $M = 80$:

$$\frac{Q}{M} = \frac{16}{80} = 0{,}2.$$

En la curva $i = 0{,}001$ fijamos el punto correspondiente a $\beta = 0{,}8$ y trazamos la horizontal por éste hasta cortar en la parte derecha del ábaco a la curva $\frac{Q}{M} = 0{,}2$.

Este punto, referido al eje de abscisas, nos da el calado $h = 1{,}845$ m.

Cualquier otro problema se resolvería con la misma rapidez, lo que permite una serie de tanteos hasta dar con la solución que más se ajuste a las condiciones de cada caso.

Generalmente, el caudal a conducir es un dato, y el talud de los cajeros y la pendiente del canal vienen más o menos impuestos por las características del terreno, pudiendo variar sus valores dentro de ciertos límites, hasta obtener un calado admisible.

Damos a continuación unos valores del coeficiente M de la fórmula de Strickler:

Madera cepillada, enlucido de cemento...	100
Madera sin cepillar, hormigón liso........	90
Sillería..	80
Mampostería concertada........................	70
Mampostería ordinaria, hormigón moldeado, sin enlucido	60
Solera de tierra, mampostería irregular...........	50
Paredes irregulares, roca saltada o desprendida...	25

Estos valores pueden servir de referencia en los tanteos previos, pero es aconsejable que, en estudios definitivos, se utilicen coeficientes correspondientes a experiencias realizadas en condiciones similares a las del caso estudiado.

Bibliografía.

[1] F. Schleicher: *Manual del Ingeniero Constructor.*