V **Seminario Latinoamericano de Irrigación**
III **Jornadas Venezolanas de Riego**
Caracas, 20 al 31 de Octubre de 1968
COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA

Tema III
Doc. N° 38

DIAGRAMA PARA EL CALCULO DIRECTO DE CANALES

Trabajo presentado por:
Ing. Jorge E. Mosconi
Ing. Alejandro Tamusch
Ing. Raymundo Buono
ARGENTINA

V SEMINARIO LATINOAMERICANO DE IRRIGACION

III JORNADAS VENEZOLANAS DE RIEGO

Tema III: Estudios y proyectos de Obras de Riego

DIAGRAMA PARA EL CALCULO DIRECTO DE CANALES

Autores: Ing. Jorge E. Masconi
Ing. Alejandro Tamusch
Ing. Raymundo Buono

personal de la:

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS, INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA

Avda. Pellegrini 250 - Rosario

Provincia de Santa Fe - Argentina.

RESUMEN

Este trabajo pretende solucionar en forma directa cualquiera de los parámetros que intervienen en el dimensionamiento de canales, como asimismo la determinación del tirante crítico y la velocidad media mínima dada por la regla de Kennedy.

No se pretende con esta contribución nada más que la diagramación de fórmulas conocidas de manera tal que resulte de utilidad práctica para la determinación de las / distintas variables. Si a juicio de los Señores Congresistas este fin ha sido logrado, los autores han cumplido con los fines perseguidos.-

MOTIVACION

Los diagramas existentes conocidos por los autores, no contemplan las soluciones en forma directa de la totalidad de las incógnitas que pueden presentarse en el dimensionamiento de canales, debiéndose recurrir al trabajoso método de tanteos.

Las soluciones algebraicas resultan muy ingeniosas pero tienen algunas el inconveniente de la tarea operativa que a veces resulta un tanto laboriosa.-

Cálculo de canales:

Se ha partido de la conocida expresión de Chezy, donde se ha reemplazado el valor de "C" por la correspondiente expresión de Manning:

$$Q = \Omega \cdot \frac{1}{n} \sqrt[6]{R} \cdot \sqrt{R\,I}$$

que por simples pasos algebraicos se llega a:

$$Q = \frac{\Omega^{5/3}}{\chi^{2/3}} \cdot \frac{i^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Esta última fórmula, para canales trapeciales se transforma en:

$$Q = \frac{(B_f h + m\,h^2)^{5/3}}{(B_f + \frac{2\,h}{\cos\varphi})^{2/3}} \quad \frac{i^{\frac{1}{2}}}{n} \qquad (1)$$

siendo de validez también para secciones rectangulares y triangulares.

Familias de curvas representadas

Agrupando convenientemente los términos de la expresión (1)

$$\left(\frac{Q\,n}{i^{\frac{1}{2}}}\right)^3 = \frac{(B_f h + m.h^2)^5}{(B_f + 2\,h / \cos\varphi)^2} \qquad (2)$$

Llamando K a la relación adimensional entre B_f y h, que reemplazando en (2) resulta:

$$\frac{(Q\,n)^3}{h^8\,i^{3/2}} = \frac{(K + m)^5}{(K + \frac{2}{\cos\varphi})^2} \qquad (3)$$

Denominando A_1 al segundo miembro de (3), función de K y φ

$$A_1 = \frac{(K + m)^5}{(K + \frac{2}{\cos\varphi})^2} \qquad (4)$$

A la expresión (4) la podemos graficar en coordenadas A_1 y m, obteniendo una familia de curvas de valores K constantes.

La ecuación (3), también puede escribirse:

$$h = \frac{(Q\,n)^{3/8}}{A_1^{1/8}\; I^{3/16}}$$

Llamando B al denominador, resulta:

$$h = \frac{(Q\,n)^{3/8}}{B} \qquad (5)$$

Esta última expresión se ha graficado en coordenadas h y B para valores constantes de Q n, resultando una familia de curvas.

Analogamente se representaron los valores de I = constante en función de A_1 y B en escalas logarítmicas dando una serie de rectas paralelas.

Las escalas de A_1 y B al ser auxiliares han sido de solamente para la representación de las distintas funciones, no figurando por lo tanto en el diagrama.

Con las funciones graficadas hasta el momento pueden resolverse los distintos problemas de canales, como se puede observar en los ejemplos tipo propuestos al final del presente trabajo, excepto el caso en que la incógnita sea el tirante y teniendo como datos los demás parámetros. Por ello, nos vimos obligados a crear un nuevo número adimensional que resuelve este caso específico sin necesidad de tanteos.

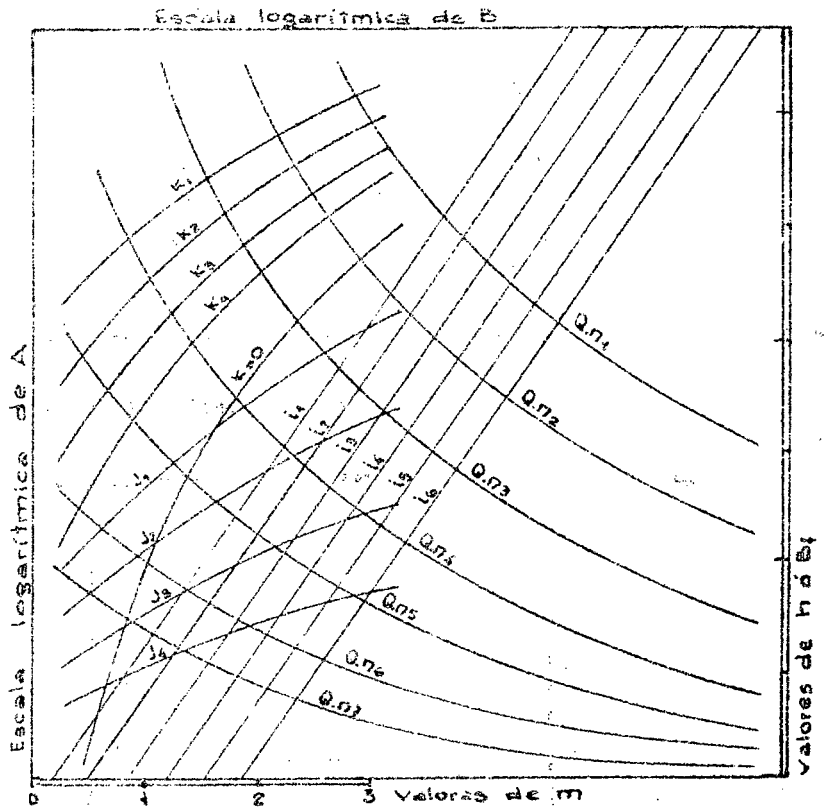
Llamando J a la relación entre h y B_f y reemplazándola en la ecuación (2) después de sucesivos pasos algebraicos se llega:

$$\frac{Q\,n}{I^{3/2}\,B_f^{8}} = \left(\frac{J + m\,J^2)^5}{+\frac{2\,J}{\cos\varphi}\,)^2}\right. \qquad (6)$$

El segundo miembro que llamamos A_2, puede graficarse para valores de J igual constante, en coordenadas A_2 y m, dando una nueva familia de curvas.

Comparando las expresiones (3) y (6) se observa que los primeros miembros difieren, en que en un caso figura h^8 y en el otro B_f^8, por lo tanto, adoptando igual escala de A_1 y A_2 es posible leer B_f en la escala de h.

A continuación se esquematiza el diagrama resultante.



Determinación del tirante crítico:

Partiendo de la condición de escurrimiento crítico:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{\Omega_c^3}{B_{sc}}$$

Que para el caso de canales trapeciales toma la forma:

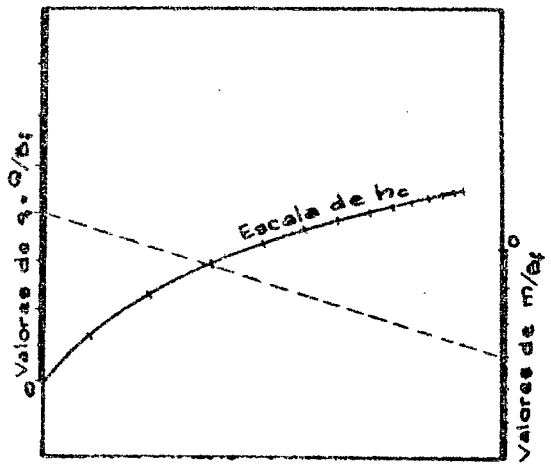
$$\frac{Q^2}{g} \quad \frac{(B_f \cdot h_c + m\, h^2{}_c)^3}{(B_f + 2\, m \cdot h_c)}$$

$$\frac{Q^2}{g} = B_f^{\,2} \; \frac{(h_c + \frac{m}{B_f} \cdot h_c^2)^3}{(1 + 2\, \frac{m}{B_f}\, h_c)}$$

y agrupando convenientemente las variables resulta:

$$q = \frac{Q}{B_f} = \sqrt{\frac{h^3{}_c \left[1 + (\frac{m}{B_f})\, h_c\right]^3 g}{\left[1 + 2\, (\frac{m}{B_f}) \cdot h_c\right]}} \qquad (7)$$

Manteniendo la misma nomenclatura dada por el Prof. Ing. José S. Gandolfo, hemos resuelto la representación en forma distinta. En efecto, en lugar de representar la ecuación (7) en coordenadas q y h_c, hemos optado por construir un monograma.



La ecuación (7) nos dice que dado un h_c y fijado un $\frac{Q}{B_f}$ habrá un único valor de $\frac{m}{B_f}$ que la satisface. En efecto para el mismo valor de h_c y otro $\frac{Q}{B_f}$ resultará un único $\frac{m}{B_f}$ distinto al anterior, que verifica la ecuación respectiva, vale decir que cada h_c es el centro de un haz de rectas auxiliares no representadas que solamente han servido para la confección del monograma.

A los efectos de aumentar la precisión en la lectura se ha ampliado la escala de $\frac{Q}{B_f}$ en el rango de 0 á 5, resultando en consecuencia dos escalas curvas de h_c.

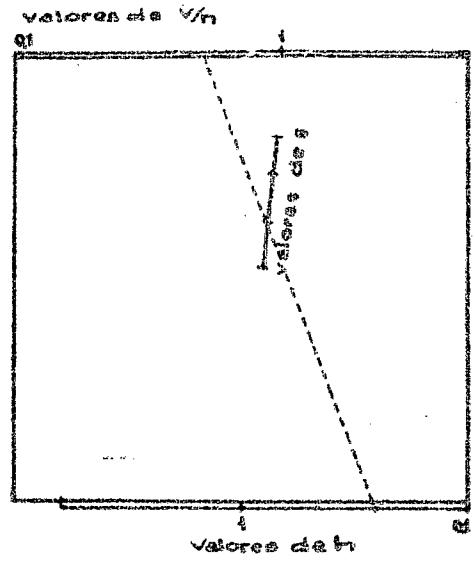
Determinación de la velocidad media mínima

Partiendo de la expresión de la velocidad media mínima, dada por la regla de Kennedy:

$$V = n\,h^s \qquad (8)$$

Donde n y s son valores numéricos que dependen de la naturaleza, cantidad y tamaño del material transportado.

La expresión (8) se ha representado en un nomograma en escalas logarítmicas de acuerdo al siguiente esquema:



Ejemplos ilustrativos del manejo del diagrama

Problema Nº 1

Datos: $B_f = 2,30$ m

$i = 0,001$

$Q = 4\ m^3/seg$

$n = 0,025$

$m = 1$

Incógnita: h

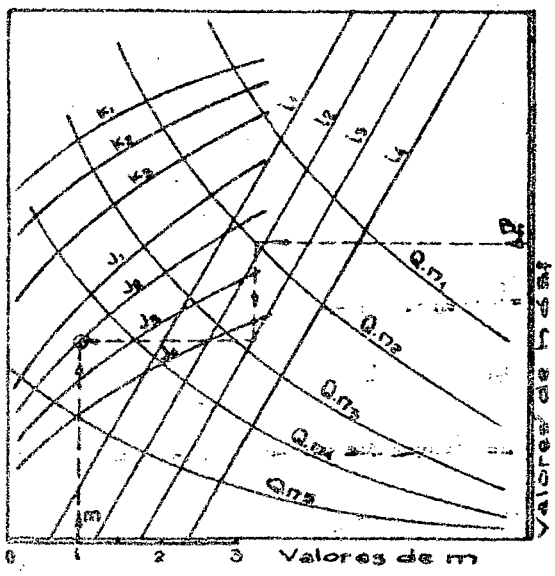
Dimensionamiento mediante el diagrama

Con los valores de B_f; Q; n; i y m, obtenemos el valor de J, que multiplicado por el valor de B_f, nos dará el valor del tirante buscado.

El procedimiento a seguir para la determinación de J es el siguiente; según croquis.

El $h = J \cdot B_f = 1,15$ m

Utilizando las tablas de Woodward y Posey, resulta el mismo valor de h.



Determinación del tirante crítico

Mediante el diagrama se obtiene un valor de $h_c = 0,61$ m

Verificando con la condición de escurrimiento crítico

$$\frac{16}{9,81} = \frac{(2,3 \times 0,61 + 0,61^2)^3}{(2,3 + 2 \times 0,61)}$$

$$1,63 \cong 1,59$$

Cálculo de la velocidad media mínima

Suponiendo por ejemplo tener un valor de $i = 0,5$

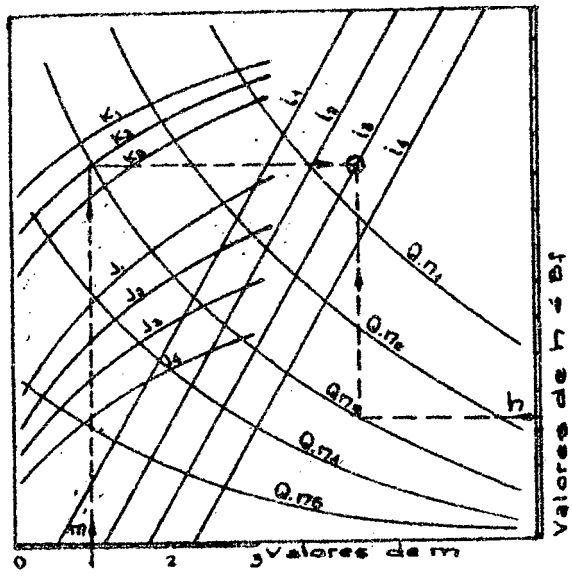
$$\frac{V\,min}{s} = 1,07$$

V min = 1,07 x 0,5 = 0,535 m/seg.

Problema N° 2

Datos: h = 1,15 m.
B_f = 2,30 m.
Q = 4 m^3/seg.
n = 0,025
m = 1

Incógnita: i



Resolución mediante el diagrama

Haciendo el cociente entre B_f y h, obtenemos un valor del parámetro K (se podría haber trabajado también con su inversa, es decir, con un valor del parámetro J):

$$K = \frac{B_f}{h} = \frac{2,30\ m}{1,15\ m} = 2$$

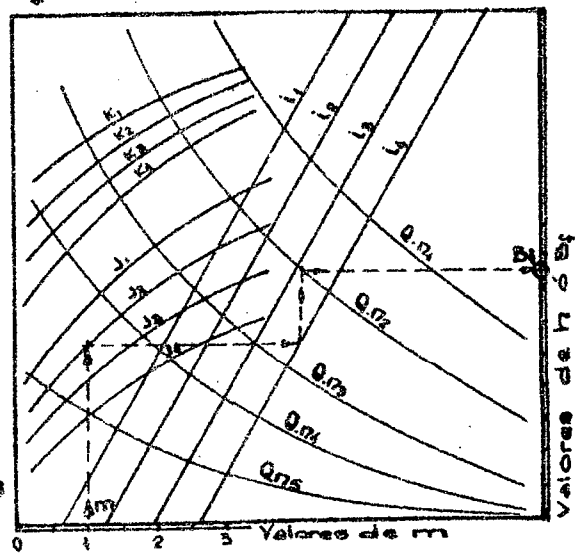
Entrando en el diagrama con los respectivos valores de m; K; h y Q.n, se determina el valor de la incógnita i siguiendo el procedimiento que se indica en el croquis.

La determinación del tirante crítico y la velocidad media mínima, se realizó en el primer ejemplo, no repitiéndose en los ejemplos siguientes.

Problema N° 3

Datos: Q = 4 m^3/seg
n = 0,025
m = 1
i = 1 m/Km

Incógnitas: h
B_f

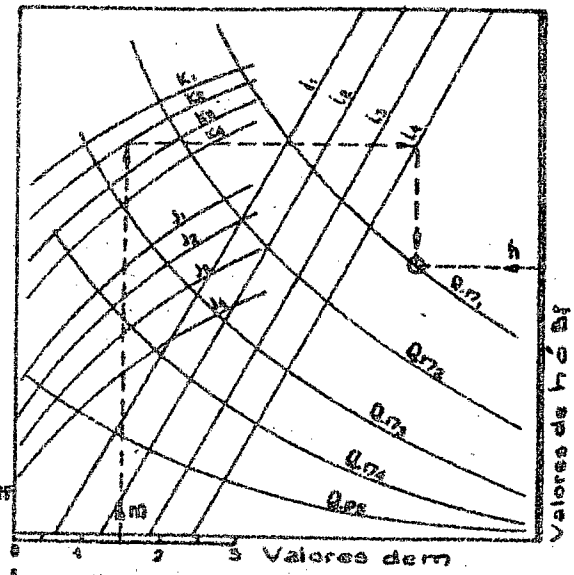


Resolución mediante el diagrama

En este caso, dado que son dos las incógnitas

debemos adoptar una relación que las vincule. Tomamos por ejemplo, $W/B_f = 0,5$ (podría haberse fijado B_f/h). Siguiendo un procedimiento similar a los anteriores, se determina el correspondiente valor de B_f. De haber trabajado con B_f/h, se obtendría del diagrama, el valor de h.

Si calculamos con las tablas de Woodward y Posey, obtenemos $B_f = 2,30$ m, en consecuencia $h = 1,15$ m.



Problema Nº 4

Datos: $h = 2,00$ m
$B_f = 6$ m
$i = 20$ m/km
$m = 1,5$
$n = 0,010$

Incógnita: Q

Resolución mediante el diagrama

En este caso, procedemos primero a calcular el valor de $k = B_f / h = 3$.

Con los valores de m; K_f; i y h obtenemos del diagrama el correspondiente valor de Q.n.

Procedimiento a seguir: según croquis.

$Q = 3,1\ m^3/seg.$

Verificando, mediante las tablas de Woodward y Posey, se obtiene un $Q = 3,13\ m^3/seg.$

Problema Nº 5

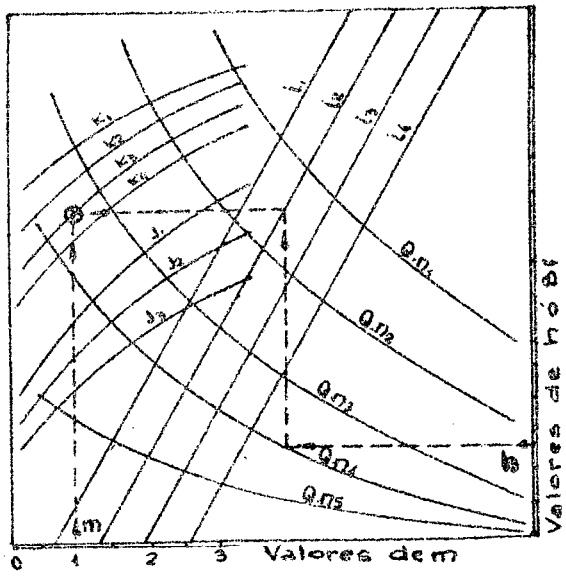
Datos: $Q = 0,4\ m^3/seg$
$h = 0,53$ m
$m = 1$
$n = 0,010$
$i = 0,30$ m/km

Incógnita: B_f

Resolución mediante el diagrama

Con los valores dados de h; Q.n; i y m sacamos del diagrama el valor de K_f que multiplicado por

el valor de h, nos dará el correspondiente a la B_f buscada



$B_f = 0,90 \times 0,53 = 0,477$ m