

CAPITULO VII

CAIDAS Y RAPIDAS

a).- Caídas.

Cuando el terreno natural por el cual debe pasar un canal -- tiene una pendiente muy fuerte, para evitar velocidades exce-- sivas deberán proyectarse tramos de canal con pendiente sua-- ve ligados por estructuras llamadas caídas. fig. VII-1

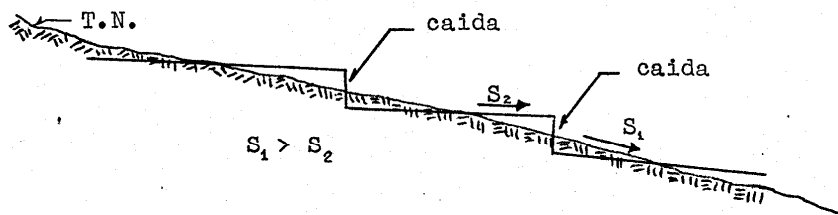


FIG. VII-1

La Secretaría de Recursos Hidráulicos recomienda como caída-- mínima un metro, pero puede haber hasta de 4 y 5 metros.

Cuando el terreno presenta pendiente fuerte en una distan-- cia relativamente corta resulta más conveniente usar una rá-- pida que es una estructura de mayor longitud aunque ambas -- cumplen la misma función que es la de disipar energía del -- agua evitando con esto la erosión y permitir velocidades ba-- jas en el canal lo cual facilita la operación.

En la fig. VII-2. Se muestra de manera esquemática una caída

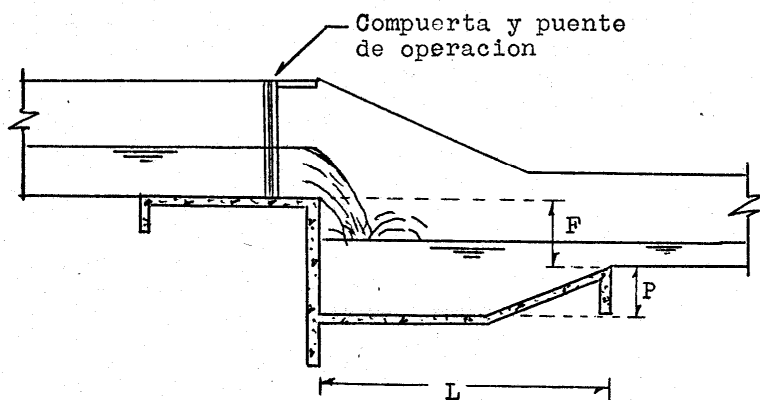


FIG. VII-2

En la siguiente tabla se dan los valores recomendables para la profundidad (p) y la longitud (L) del colchón amortiguador en función del ancho de plantilla (b) y el desnivel (F).

F (cm)		100	150	200	250	300
b = 75	P	20	25	30	35	35
	L	275	305	335	355	370
b = 90	P	20	25	30	35	40
	L	320	350	375	400	420
b = 100	P	20	25	35	35	40
	L	340	375	405	435	450
b = 110	P	20	25	35	40	45
	L	405	445	490	520	540
b = 130	P	20	25	30	40	40
	L	410	460	495	525	545
b = 140	P	20	25	30	40	45
	L	460	500	545	585	610

b).- Rápidas.-

En una rápida se pueden distinguir las siguientes partes:--
(fig. VII-3)

- 1.- Sección de control.
- 2.- Rampa
- 3.- Trayectoria
- 4.- Colchón amortiguador.

Sección de control.- Es la sección donde se presenta el cambio brusco de pendiente y se caracteriza porque en esta sección se produce el tirante crítico.

Rampa.- Es el tramo de canal con pendiente mayor que la crítica presentándose en el un escurrimiento de regimen supercrítico.

Trayectoria.- Es una curva parabólica que liga la rampa con la parte inicial del colchón amortiguador. Se adopta esta forma debido a que es la trayectoria libre seguida por el agua, de esta manera se evita que el agua se separe de la plantilla produciendo vibraciones y erosión.

Colchón amortiguador.- Es un depósito formado en su parte inicial por un plano inclinado 1.5:1, después por un fondo plano de nivel inferior al canal de salida con el cual se une mediante un escalón.

El objeto del colchón amortiguador es disipar la energía cinética que trae el agua para evitar la erosión de la estructura.

c).- Cálculos hidráulicos de una rápida.

- 1.- Cálculo del tirante crítico en la sección de control.
- 2.- Cálculo de la sección de la rampa
- 3.- Cálculo del perfil de la trayectoria.
- 4.- Cálculo de la longitud y profundidad del colchón amortiguador.

Cálculo del tirante crítico en la sección de control.-

Para obtener este tirante mediante la gráfica 1 debe calcularse el factor de sección Z.

$$Z = \frac{Q}{\sqrt{g}}$$

Entrando en la gráfica 1 con $Z/b^{2.5}$ si es sección rectangular o trapezoidal o con el valor $Z/d^{2.5}$ si es circular siendo d el diámetro se obtiene y_c/b o y_c/d respectivamente de donde se despeja el valor del tirante crítico y_c .

Cálculo de la rampa.-

Consiste en determinar las dimensiones de la sección, esto se puede hacer aplicando la fórmula de Manning, dado que la rampa es la parte que absorbe el desnivel por salvar conocemos su pendiente aproximada.

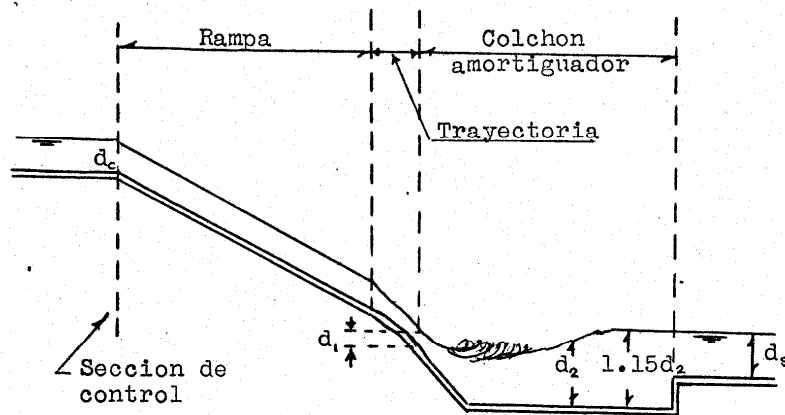


FIG. VII-3

Cálculo del perfil de la Trayectoria.

Para definir el perfil de la trayectoria usaremos un sistema de ejes como se muestra en la fig. VII-4 cuyo origen coincide con el final de la rampa.

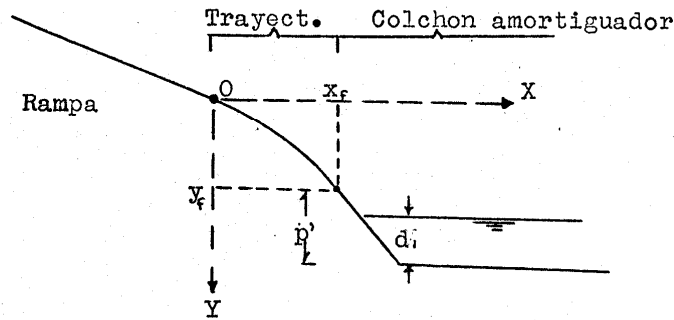


FIG. VII-4

La longitud horizontal (x_f) de la trayectoria se obtiene con la expresión:

$$x_f = \frac{0.666 - S}{g} v^2$$

y pueden obtenerse una serie de puntos para trazar la curva parabólica con la expresión:

$$y = Sx + \frac{g}{2v^2} x^2$$

Siendo en ambas expresiones S y v la pendiente y velocidad correspondiente a la rampa.

Longitud y profundidad del colchón amortiguador

Para determinar las dimensiones del colchón amortiguador debemos conocer las condiciones en que el agua llega al pie -- de la trayectoria es decir su tirante (d_1) y su velocidad -- (v_1)

Estableciendo Bernoulli entre el inicio de la trayectoria y el final del plano 1.5:1 se llega a:

$$H_1 = h_v + d + y_f + p' - d_1$$

$$H = \frac{v_1^2}{2g} \quad : \quad \text{carga de velocidad al final del plano 1.5:1}$$

h_v = carga de vel. en la rampa.

d = tirante en la rampa

y_f = proyección vertical de la trayectoria

p' = altura del plano 1.5:1

d_1 = tirante

Suponiendo valores de d_1 (aprox. $d_c/3$) se puede calcular v_1 y comprobar el valor d_1 mediante.

$$A_1 = \frac{Q}{v_1}$$

Hasta obtener el valor correcto de d_1

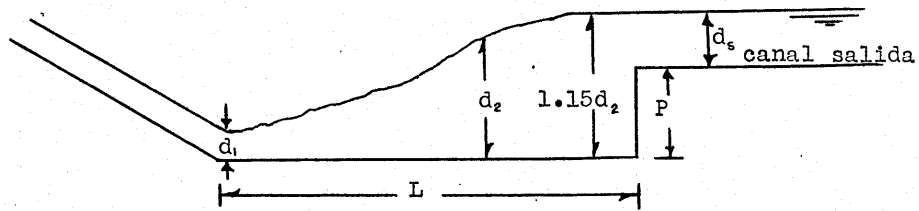
Ya obtenido el valor d_1 , lo que procede es obtener el tirante conjugado d_2 que forma el salto hidráulico. Esto se facilita usando la gráfica No. 2 que da la relación de los tirantes conjugados entrando con el valor:

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gd_1}}$$

Obtenemos el valor de la relación $\frac{d_2}{d_1}$ de donde se despeja d_2 .

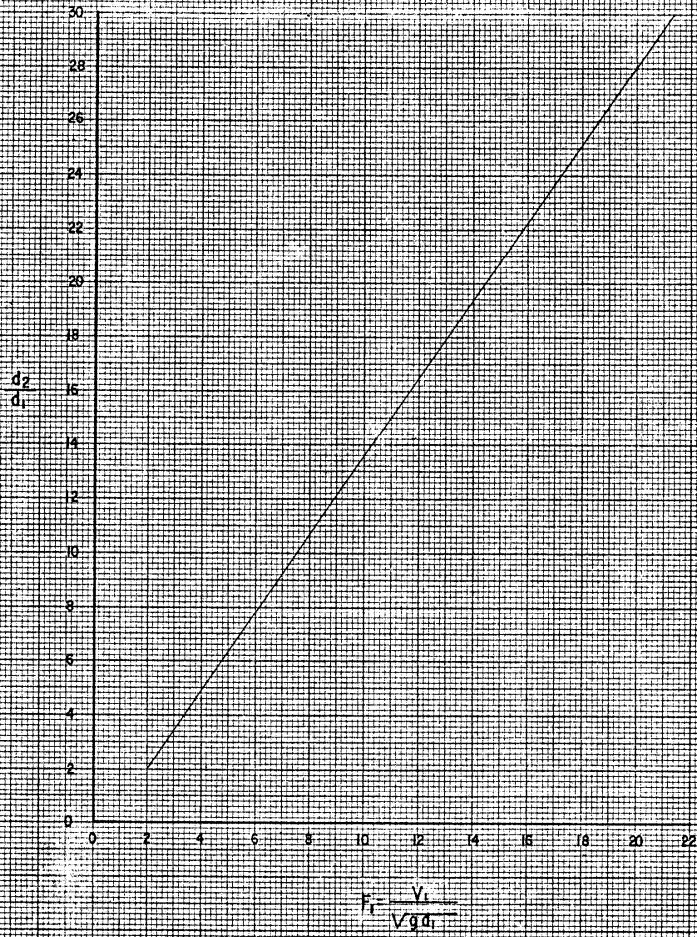
La gráfica No. 3 nos da también en función del valor F la relación $\frac{L}{d_2}$ siendo L la longitud del colchón amortiguador

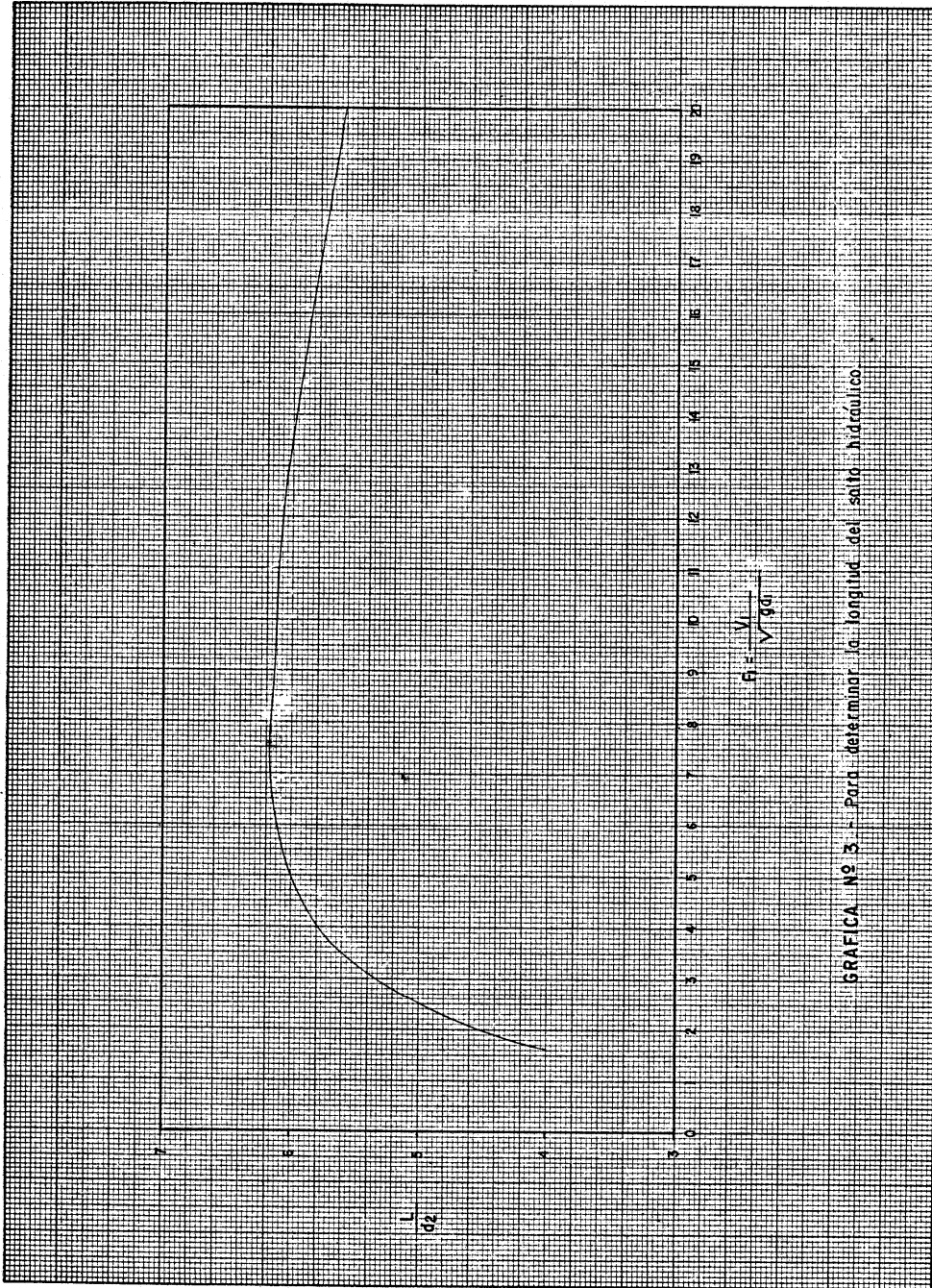
Si conocemos el tirante d_s en el canal de salida podemos obtener la profundidad. (P) del colchón.



$$P = 1.15 d_2 - d_s$$

GRAFICA N° 2 - Para obtener la relación de tirantes conjugados en un salto hidráulico, en un canal rectangular horizontal





GRAFICA No 3 - Para determinar la longitud del salto hidráulico

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

Para ilustrar el procedimiento de cálculo para rápidas, se --
da a continuación el cálculo de una rápida localizada en el --
km. 4 +550 del canal principal en la obra de riego "Colonia --
Morelos" en el municipio de Agua Prieta, Son.

La rápida se localiza después de una toma de 18 pulg.-
que alimentará una regadera con la cual se van a regar 150 ha.

Datos:

- 1.- Se tiene el perfil del terreno natural por el eje de la --
rápida.
- 2.- Se tienen las características hidráulicas del canal prin-
cipal.

$$Q = 500 \text{ l.p.s.}$$

$$T = 1:1$$

$$b = 0.85 \text{ m.}$$

$$A = 0.878 \text{ m}^3$$

$$d = 0.72 \text{ m.}$$

$$P = 2.536 \text{ m.}$$

$$s = 0.0003$$

$$R = 0.346$$

$$N = 0.015$$

- 3.- Se conoce la superficie a regar por lo tanto aceptando --
un coeficiente de riego de 1.7 lts/seg. por hectárea el --
gasto necesario en la rápida sera $Q = 1.7 \times 150 = 255$ --
l.p.s.

Cálculo de la Sección de la rampa

En el perfil del terreno natural se traza la rasante de la rampa con una pendiente tal que nos produzca aproximadamente un 75 % del desnivel total a salvar, el resto se absorberá con la trayectoria y el plano inclinado 1.5:1.

Con la pendiente elegida se procede a calcular la sección necesaria en la rampa para dar el gasto requerido.

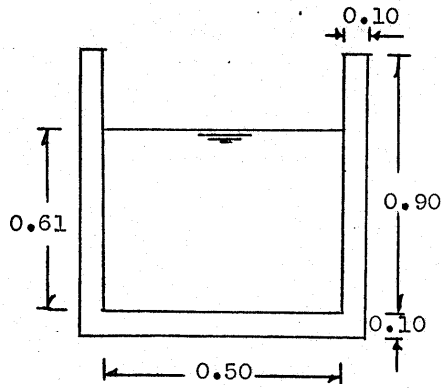
En el caso particular que nos ocupa, dadas las características del perfil, la rápida se inicia en la estación 0+020 con una pendiente $s = 0.15$, de la Est. 0+000 a 0+020 se proyectará otra sección con $s = 0.002$

Secc. Rectangular 0+000 a 0+020

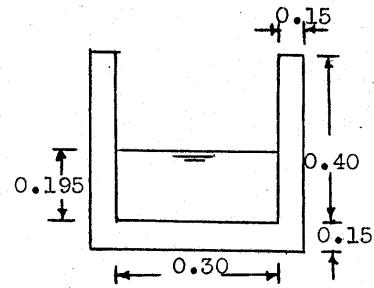
b (m)	d (m)	A=bd (m ²)	P=2d+b (m)	$R = \frac{A}{P}$ (m)	R 2/3 (m ^{2/3})	s	$s^{\frac{1}{2}}$	V (m/seg)	Q=VA (m ³ /seg)
0.50	0.60	0.30	1.70	0.177	0.315	0.002	0.0446	0.83	0.249

Secc. Rectangular 0+020 a 0+047 (rampa)

0.30	0.195	0.058	0.69	0.085	0.192	0.15	0.387	4.38	0.255
------	-------	-------	------	-------	-------	------	-------	------	-------



Sección de
0+000 a 0+020



Sección de
0+020 a 0+047

Cálculo del tirante Crítico en la secc. de Contraol (0+020)

$$\text{Factor de sección } z = \frac{Q}{\sqrt{E}} = \frac{0.255}{\sqrt{9.8}} = \frac{0.255}{3.13}$$

$$z = 0.0815$$

$$b^{2.5} = (0.30)^{2.5} = 0.0492$$

$$\frac{z}{b^{2.5}} = \frac{0.0815}{0.0492} = 1.66$$

Entrando con este valor en la gráfica No. 1 se obtiene:

$$\frac{y_c}{b} = 1.40 \quad ; \quad y_c = 1.40 (0.30)$$

$$\underline{y_c = 0.42 \text{ m.}}$$

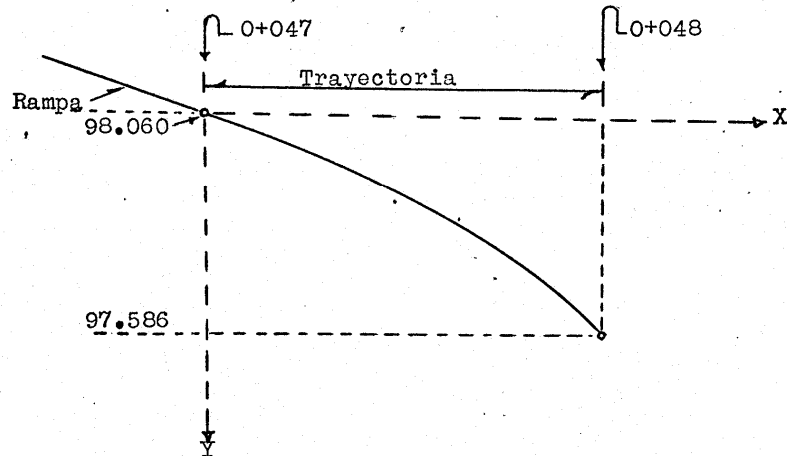
Cálculo del Perfil de la Trayectoria

$$x_f = \frac{(0.666 - S) v^2}{g} = \frac{(0.666 - 0.150) (4.38)^2}{9.8}$$

$$x_f = 1.0 \text{ m.}$$

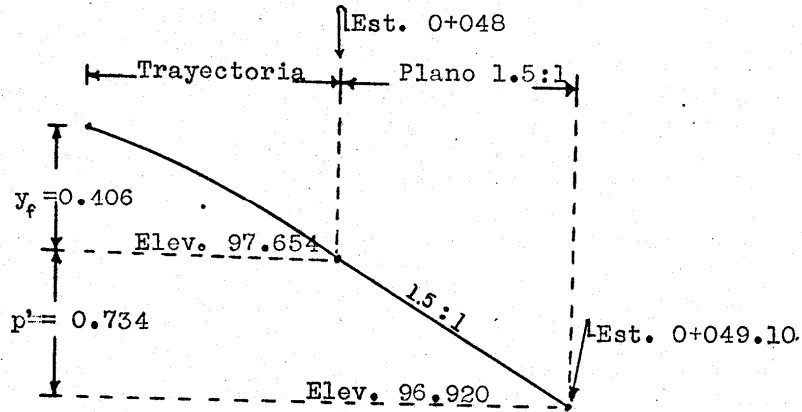
$$y_f = Sx + \frac{gx^2}{2v^2} = 0.15 (1.0) + \frac{9.8(1.0)}{2(19.18)}$$

$$y_f = 0.407 \text{ m.}$$



Estaciones y elevaciones de la Trayectoria.

Est.	X	SX	2 v 2	$\frac{g}{2 v^2}$	X ²	$\frac{g X}{2 v^2}$	y	Elev.
0+047.0	0.0	0	0	0	0	0	0	98.060
0+047.2	0.2	0.03	38.36	0.256	0.04	0.010	0.040	98.020
0+047.4	0.4	0.06	38.36	0.256	0.16	0.041	0.101	97.956
0+047.6	0.6	0.09	38.36	0.256	0.36	0.092	0.182	97.878
0+047.8	0.8	0.12	38.36	0.256	0.64	0.164	0.284	97.776
0+048.0	1.0	0.15	38.36	0.256	1.00	0.256	0.406	97.654



TRAYECTORIA Y PLANO INCLINADO.

Cálculo de los tirantes conjugados del salto hidráulico

$$H_1 = h_v + d + y_f + p' - d,$$

$$H_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \text{carga de vel. al final del plano } 1.5:1$$

$$h_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{19.18}{19.6} = 0.979$$

$$H_1 = 0.979 + 0.195 + 0.406 + 0.734 - d,$$

$$H_1 = 2.314 - d,$$

Suponiendo $d_1 = 0.10$

$$H_1 = 2.214$$

$$v_1 = \sqrt{19.6(2.214)} = \sqrt{43.39} = 6.59$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.255}{6.59} = 0.0387$$

$$d_1 = \frac{A}{b} = \frac{0.0387}{0.5} = 0.0774 \neq 0.10$$

Probando con $d_1 = 0.08$

$$H_1 = 2.314 - 0.08 = 2.234$$

$$v_1 = \sqrt{19.6(2.234)} = \sqrt{43.78} = 6.62$$

$$A = \frac{0.255}{6.62} = 0.0385$$

$$d = \frac{A}{b} = \frac{0.0325}{0.5} = 0.078 \cong 0.08$$

Aceptamos $d_1 = 0.08$ m.

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gd_1}} = \frac{6.62}{9.8(0.08)} = \frac{6.62}{0.885} = 7.48$$

Entrando con este valor de F_1 en la gráfica No. 2 obtenemos:

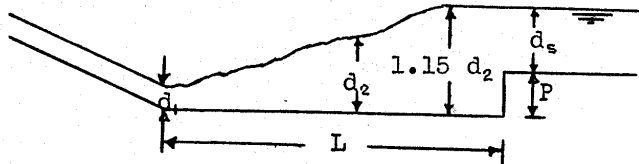
$$\frac{d_2}{d_1} = 10 \quad ; \quad d_2 = 10(0.08) = 0.80 \text{ m.}$$

Por lo tanto los tirantes conjugados son:

$$d_1 = 0.08 \text{ m.}$$

$$d_2 = 0.80 \text{ m.}$$

Cálculo de la Longitud y Profundidad del colchón amortiguador.-



Entrando con el mismo valor de $F_1 = 7.48$ en la gráfica No. 3 se obtiene:

$$\frac{L}{d_2} = 6.16 ; L = 6.16 (0.8) = 4.93$$

$L = 4.93$ m; tomaremos $L = 5.0$ m.

Para determinar la profundidad P del colchón es necesario calcular por Manning el tirante normal del canal de salida (d_s) - en este caso $d_s = 0.34$

$$P = 1.15 d_2 - d_s = 1.15 (0.8) - 0.34 = 0.92 - 0.34$$

$P = 0.58$ m.

VIII.- CONCLUSIONES.

- 1.- Para el buen funcionamiento de toda obra de riego es indispensable la correcta localización, diseño y operación de una serie de estructuras sobre la red de canales.
- 2.- Algunas estructuras producen perdidas considerables de carga, por lo cual debe ténese especial cuidado en zonas de riego muy planas.
- 3.- El costo de las estructuras es muy bajo respecto al costo total de la obra y su utilidad es muy grande.
- 4.- Es conveniente recopilar toda la experiencia obtenida en la construcción y operación de las estructuras en funcionamiento para basar en ella correcciones y mejoramiento de las nuevas estructuras que se construyan.
- 5.- Es sumamente importante instruir a los operarios y usuarios de los sistemas de riego, respecto a la conservación y operación de las estructuras para lograr cabalmente la finalidad de dichos sistemas.