



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

DISEÑO DE UN CANAL RECTANGULAR A GRAVEDAD, CON UN RESALTO
HIDRAULICO CON LA ABSCISA 0+000 - 0+500

TRABAJO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BALDEON ROMERO JHON PEDRO

MACHALA|EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

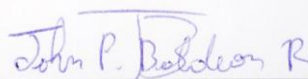
Yo, BALDEON ROMERO JHON PEDRO, con C.I. 0704661180, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación DISEÑO DE UN CANAL RECTANGULAR A GRAVEDAD, CON UN RESALTO HIDRAULICO CON LA ABSCISA 0+000 - 0+500

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 22 de noviembre de 2015



BALDEON ROMERO JHON PEDRO
C.I. 0704661180

INTRODUCCIÓN

Villon asegura que los canales hidráulicos son conductos abiertos por el cual el agua circula por la acción de la gravedad y sin ninguna presión, la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera. **(1)**. Es indispensable para la subsistencia de las personas que habitan en un lugar determinado. Se utiliza como una alternativa para resolver los problemas de escasez de agua, ya sea para riegos de cultivos, sectores agrícolas, etc.

El siguiente proyecto tiene como objetivo mejorar los aspectos académicos y técnicos de los estudiantes y dar a conocer los conocimientos sobre las obras hidráulicas de canales de riego. Este trabajo de titulación explica cada uno de los pasos a seguir para resolver los diferentes problemas sobre la construcción de canales de riego, aplicando los estudios de la hidráulica.

Este trabajo de titulación esta hecho de la forma más sencilla y explícita, por ende el problema que presenta se trata sobre un canal rectangular a gravedad por lo cual abastecerá un determinado número de hectáreas. La metodología que se aplicó fue la siguiente: cálculos numéricos, programas de software (H canales), fórmulas de diseño de canales rectangulares, fórmulas para un diseño de resalto hidráulico, programa autocad y programación de Excel.

También se realizó el presupuesto del diseño del canal rectangular con sus respectivos rubros que son los siguientes: desbroce y limpieza, replanteo y nivelación, excavación, relleno compactado, transporte del material, encofrado, hormigón, suministro e instalación de malla electro soldada, punta de construcción, letrero de señalización, implementos de protección para seguridad.

Como último punto tenemos el plano con sus respectivos cortes transversales, perfiles longitudinales, dimensiones del canal, volumen de corte y relleno.

METODOLOGIA EMPLEADA

- Se empleó una Metodología numérica.
- Se utilizó un software para facilitar el trabajo (Hcanales).
- Se aplicó las fórmulas de diseño de canales rectangulares, y resalto hidráulico.
- Programa Autocad.
- Programación en Excel. .
- Se aplicó normativa de la hidráulica.

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un canal rectangular para el riego a gravedad de hectáreas de tierra, utilizando los conocimientos de la hidráulica.
-

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar la sección del canal rectangular más eficiente para el transporte del caudal
- Realizar el perfil longitudinal, secciones transversales, Reynolds, Froude, caudal (Q), volumen (V), tirante (Y), ancho de solera (b), espejo de agua (T), borde libre (B)
- Determinar el valor de un resalto hidráulico, Volúmenes de Corte y Relleno

DESARROLLO

ANTECEDENTES HISTORICOS

Hidráulica de canales se creó en el año (1795 -1891). En China, India, Pakistán, Egipto y Mesopotamia iniciaron el desarrollo de los primeros sistemas de riego. Los chinos también experimentaron en la protección contra inundaciones. En la antigua Grecia empezaron a desarrollar fórmulas para dichos sistemas; fue éste uno de los primeros intentos para la elaboración de un modelo matemático. Se desarrollaron los principios de la hidráulica con científicos como Kepler y Torricelli. **(figura1)**

El ingeniero Luís Jerónimo Fargue construye el primer modelo físico hidráulico sobre un tramo del Río Garona. El arquitecto naval William Froude, indicó la importancia de la relación de la fuerza de inercia y de la fuerza de gravedad. En la actualidad ésta relación se denomina número de Froude, parámetro a dimensional básico en el análisis de los modelos hidráulicos Reynolds construyó un modelo del río Merssey, cerca de Liverpool. Él anotó que la relación existente entre la fuerza de la inercia y la fuerza de fricción interna era de gran importancia para el diseño de los modelos hidráulicos. Hoy en día, esta relación se denomina número de Reynolds, parámetro a dimensional muy significativo en los modelos hidráulicos. Año 1800 Newton, Bernouilli y Euler perfeccionaron dichas teorías **(2)**



Figura 1: Los primeros registros del riego en agricultura se remontan al año 6000 a.C. en Egipto y en Mesopotamia

CONTEXTUALIZACION

MACRO

La hidráulica de canales es una de las ciencias aplicadas y fundamentales de la ingeniería que trata sobre las leyes que gobiernan el flujo de líquidos y en particular el agua. **(Figura 2)**

El flujo de un canal se produce, principalmente, por la acción de la fuerza de la gravedad y se caracteriza porque expone una superficie libre a la presión atmosférica, siendo el fluido siempre un líquido, como el agua. **(7)**

Existen canales naturales y artificiales. Por lo cual los canales naturales son irregulares, hecho a base de tierra. Los canales artificiales son construidos por mano de hombre, ya sean revestidos con, piedra, concreto, madera, etc.



Figura 2: Tramo de canal Navarra en España por parte una compañía constructora activa M&O construction.

MESO

Existe diferentes canales por secciones transversales que son: rectangulares, trapezoidales, triangulares, circulares. **(Figura 3)**

Los canales rectangulares: son utilizados para transportar agua en mayores cantidades, están revestidos de madera, hormigón, bloques.

Los canales trapezoidales: se los utiliza la mayor parte en obras de captación, dan una pendiente necesaria para dar una estabilidad gracias a sus taludes.

Los canales triangulares: se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidas, como alcantarillas de las carreteras.

Los canales circulares: son comúnmente más implantadas en el sistema de alcantarillado y estructuras de hidráulicas. **(1)**

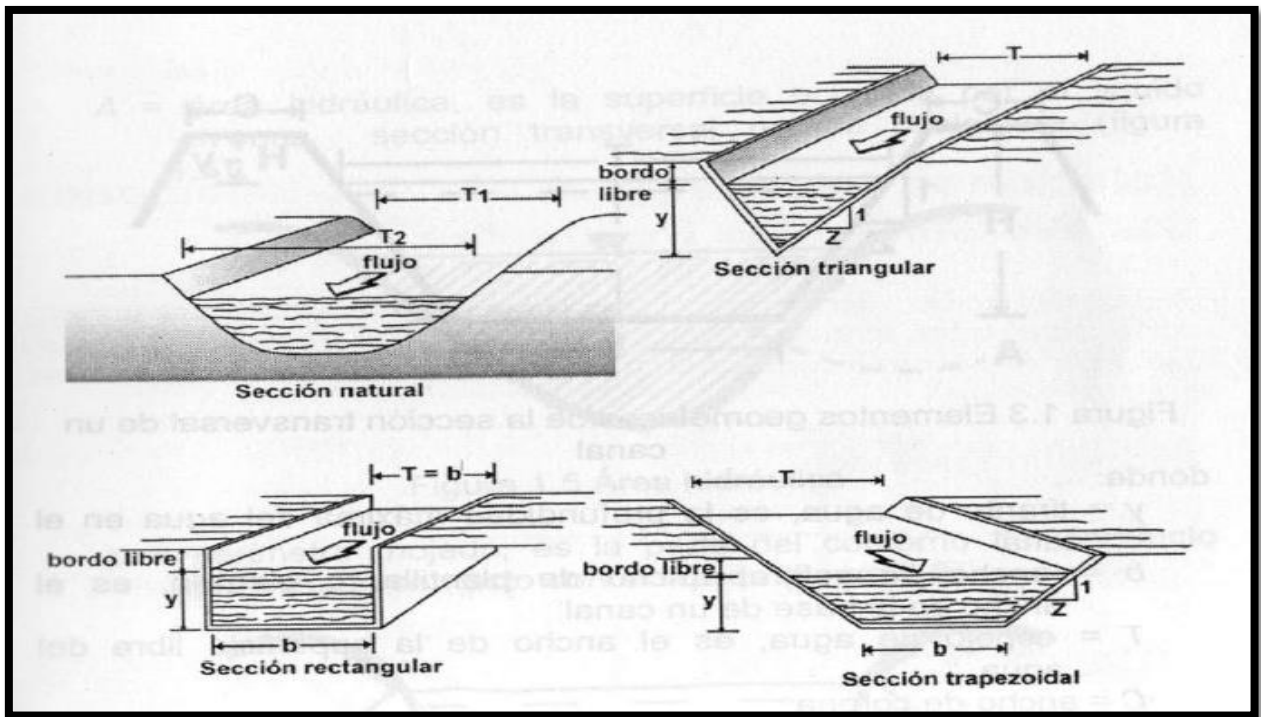


Figura 3: secciones transversales del libro de máximo Villon Béjar.

MICRO

CANALES RECTANGULARES

En el diseño hidráulico de canales rectangulares y en el cálculo de perfiles hidráulicos es indispensable la determinación del "tirante normal" para lo cual se dispone de tablas y gráficos que tienen problemas de error asociados a, la interpolación, la precisión de la escala o la lectura.

También es posible tratar el problema por medio de métodos numéricos para la solución de ecuaciones, estos son, métodos cerrados y métodos abiertos; se sabe que estos métodos heredan al problema las ventajas y desventajas propias de su formulación. **(3)**

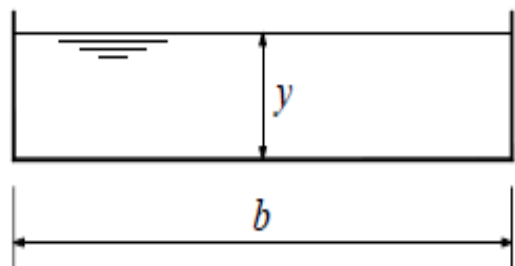
En un canal rectangular teniendo sus dimensiones se debe determinar lo siguiente:

TIRANTE

$$y = \frac{b}{2}$$

RADIO HIDRAULICO

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$



PERIMETRO

$$P = b + 2y$$

AREA HIDRAULICA

$$A = by$$

VELOCIDAD DEL CAUDAL

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

TIPOS DE FLUJO DE UN CANAL RECTANGULAR

- **FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE**

Flujo permanente: son los que no cambian su tirante, velocidad, etc. Se mantienen constante ya sea por un intervalo de tiempo.

Flujo no permanente: son los que presentan variaciones en sus características hidráulicas a lo largo del tiempo. (4)

- **FLUJO UNIFORME Y VARIADO**

Flujo uniforme: es cuando sus parámetros como el tirante, velocidad, área, no varían con respecto a espacio o longitud.

Flujo variado: es variado cuando en un tramo cambia sección transversal, velocidad, presión o cualquier otra característica hidráulica.

- **FLUJO LAMINAR O TURBULENTO**

El número de Reynolds representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas. Se dice que flujo es laminar cuando las fuerzas viscosas son más fuertes que la de inercia. Caso contrario el flujo se denomina turbulento.

NUMERO DE REYNOLDS

$$R = \frac{VR}{\nu}$$

$V =$ velocidad (m/s)

$R =$ radio hidráulico (m)

$\nu =$ viscosidad cinemática del agua (m^2/s)

➤ **Flujo laminar** = $R < 580$.

| | Densidad | Viscosidad absoluta | Viscosidad cinemática |
|-------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Temperatura | ρ | $10^3 \mu$ | $10^6 \nu$ |
| °C | kg/m ³ | kg/m.s | m ² /s |
| 0 | 999.9 | 1.792 | 1.792 |
| 5 | 1000.0 | 1.519 | 1.519 |
| 10 | 999.7 | 1.308 | 1.308 |
| 20 | 998.2 | 1.005 | 1.007 |
| 40 | 992.2 | 0.656 | 0.661 |
| 60 | 983.2 | 0.469 | 0.477 |
| 80 | 971.8 | 0.357 | 0.367 |
| 100 | 958.4 | 0.284 | 0.296 |

La viscosidad cinemática del agua a 20 °C es $1.007 \times 10^{-6} m^2/s$

- **Flujo de transición**= $580 > R < 750$.
- **Flujo turbulento** = $R > 750$.

- **FLUJO CRITICO, SUBCRITICO Y SUPERCRITICO**

Por efectos de gravedad en relación con el flujo crítico, subcrítico y supercrítico. La fuerza de gravedad se mide por medio de número de Froude.

FORMULA DE NÚMERO DE FROUDE:

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

V = velocidad de la sección en (m/s)

g = gravedad específica en (m^2/s)

L = longitud de la sección (m).

Longitud = A/T (Área hidráulica) / (ancho superior del canal)

- $F_R > 1$ el régimen del flujo será supercrítico
- $F_R = 1$ el régimen del flujo será crítico
- $F_R < 1$ el régimen del flujo será subcrítico

ENERGIA ESPECIFICA

La energía específica en una sección de canal se define como la energía por unidad de masa de agua en cualquier sección de un canal medido con respecto al fondo de éste. La energía específica se representa con la ecuación siguiente:

FORMULA DE ENERGIA ESPECÍFICA

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

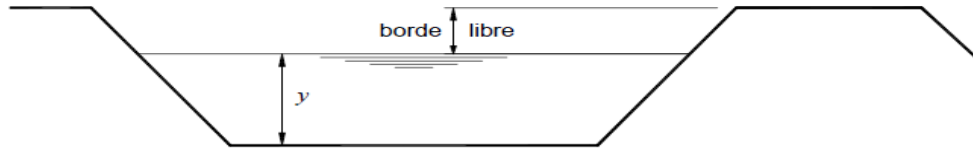
Y = tirante del canal (m)

V = velocidad de la sección (m/s)

g = gravedad específica (m^2/s)

BORDE LIBRE

Se le da una altura adicional al borde libre de un canal de riego con el fin de absorber los niveles extraordinarios que puedan presentarse por encima del caudal de diseño.



Existen diferentes teoremas y fórmulas de aplicación para resolver los problemas de borde libre entre ellos tenemos los siguientes:

- **Según Ven Te Chow:** explica que el borde libre varía entre menos del 5% y más el 30% del tirante. **(5)**
- **Según Bureau of Reclamation:** nos habla que el borde libre varía entre 0.30m para canales pequeños, y 1.20m para canales grandes, con caudales 85 m³/s o más. Utilizando la fórmula Bureau para cálculo de borde libre : **(6)**

$$b.l. = \sqrt{cy}$$

b.l. = borde libre en (m)

y = tirante en (m)

c = es un coeficiente que varía así

(0.46 para Q = 0.60 m³/s)

(0.76 para Q = 85 m³/s)

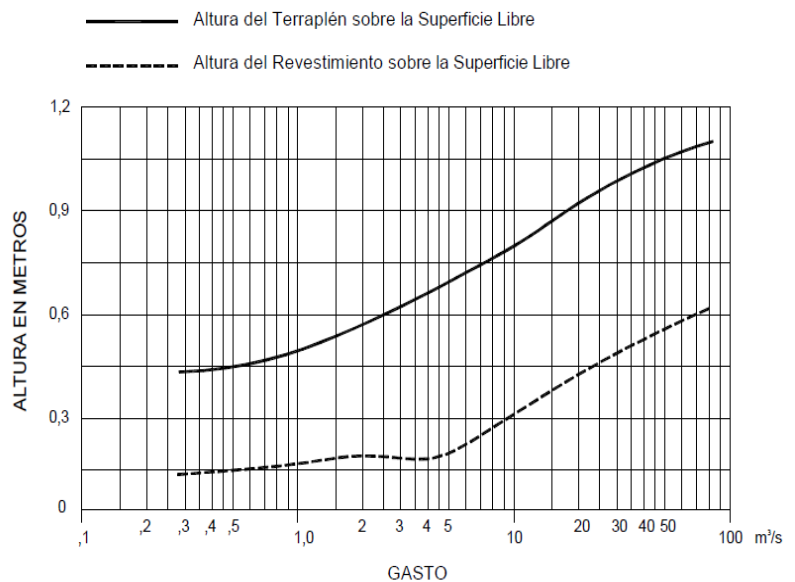


Figura 6.3 Borde libre recomendado por el Bureau of Reclamation

CONCLUSIONES

- De acuerdo a las dimensiones del canal rectangular los resultados son los siguientes: en el primer tramo que comprende la absc. 0+00 a 0+300, obtuvimos un tirante 0.40m y una base de solera de 0.80m. En el segundo tramo, que comprende la absc. 0+300 a 0+500 un tirante de 0.36m y una base de 0.65m. Estas dimensiones son eficiente para un canal de óptimas condiciones.
- De acuerdo al perfil longitudinal del terreno, se considero una pendiente de 5 x 1000 para compensar los volúmenes de corte y relleno. Y de acuerdo al número de froude el régimen es flujo subcrítico, y al número de Reynolds como resultado es flujo turbulento.
- Los resultados obtenidos en el cálculo del resalto hidráulico, excavación y relleno del canal son los siguientes:
 - El tirante conjugado es 0.62m
 - La longitud del resalto es 2.39m
 - El corte total de excavación es 991.20 m³
 - El relleno es 1365.20 m³.

RECOMENDACIONES

- Comparar los resultados que se obtienen en el programa de Hcanales y numéricamente, para tener una exactitud de respuestas.
- Para asignar una pendiente longitudinal, es mejor aplicar la fórmula de la pendiente mínima.
- Para realizar un resalto hidraulico, siempre tiene que existir un lugar exacto, como una variación de cota del terreno.

TEORÍAS DE REFERENCIA

- (1).Villón B. *Hidráulica de canales*. 1 ed. Perú: Tecnológica de costa rica; 2007.
- (2).*Historia de la hidráulica de canales [en línea]*. Prezi 2015 [fecha de acceso 20 de octubre 2015]. URL disponible en: [//prezi.com/xa2xjlpkhtka/historia-de-la-hidráulica-de-canales/#](https://prezi.com/xa2xjlpkhtka/historia-de-la-hidraulica-de-canales/#).
- (3).Pallares M, Rodríguez W. *Nuevas estrategias de cálculo numérico de tirantes normales en canales rectangulares*. Portugal: APMTAC 2015.
- (4).Rocha A. *Hidráulica de tuberías y canales*. 1ed. 1975.
- (5)Chow V. *Hidráulica de canales abiertos*. 1 ed. Mc Graw Hill .1994.
- (6)Bureau O. *Proyecto de presas pequeñas*. 1 ed. Madrid: Dossat: 1970.
- (7).Ávila G. *Hidráulica de canales*. 1 ed.Mexico:2002.

ANEXOS

DATOS DEL PROYECTO

CANAL RECTANGULAR A GRAVEDAD CON RESALTO HIDRAULICO

DATOS PRINCIPALES:

- Longitud Canal: 500 m
- Secciones transversales: 5m (ambos lados)
- Tramo de canal es recto.
- Caudal es a gravedad.
- Longitud de riego hasta 300m, riega 700m (ambos lados)
- Hasta abscisa 300m deja 30% del caudal permanente.
- De la abscisa 300m hasta 500m, riega 700m (ambos lados)
- Módulo de riego: 2 a 8 lts/Seg/Ha = (0.002 m³/Seg a 0.008 m³/Seg)

RESOLVER LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- Dimensionar el canal rectangular.
- Perfiles longitudinales.
- Secciones transversales.
- Reynolds.
- Froude.
- Caudal (Q).
- Velocidad (V).
- Tirante (Y).
- Ancho de solera (b).
- Borde libre. (B)
- Espejo de agua (T).
- Resalto hidráulico.
- Volúmenes de corte y relleno.
- Presupuesto.
- Programación.

1. DESARROLLO DEL PROBLEMA

CALCULOS DE AREA DE TERRENO DE RIEGO

- $500\text{m} \times 1400\text{m} = 700000\text{m}^2$

$$x = \frac{700000\text{m}^2}{10000\text{m}^2} = 70\text{hectáreas}$$

CALCULOS DE CAUDAL TOTAL DE RIEGO

- $70 \text{ hectáreas} \times 8 \text{ lts/seg/hectárea} = 560 \text{ lts/seg (caudal total)}$

CONVERSION DE UNIDADES

- X 560 lts/seg. Ha.
- $1\text{m}^3/\text{seg.}$ 1000lts/seg.

- $X = \frac{560\text{lts} \times 1\text{m}^3}{1000 \frac{\text{seg}}{\text{lts}}} = 0.560 \text{ m}^3/\text{seg.}$

HASTA ABSCISA 300m DEJA 30% DEL CAUDAL PERMANENTE.

- **TRAMO 1**

ES 30% DEL CAUDAL TOTAL

$X = 0.560\text{m}^3/\text{Seg.} \times 0.3 = 0.168 \text{ m}^3/\text{Seg.}$

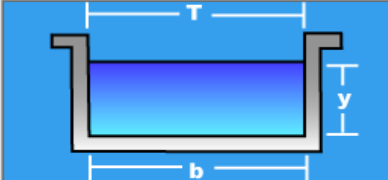
- **TRAMO 2**

ES 70 % DEL CAUDAL TOTAL

$X = 0.168\text{m}^3/\text{Seg.} - 0.560\text{m}^3/\text{Seg.} = 0.392\text{m}^3/\text{Seg.}$

TRAMO 1 (0+000 ; 0+300) EN Hcanales

| Datos: | | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|--|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.560"/> | m ³ /s | |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.80"/> | m | |
| Talud (Z): | <input type="text" value="0"/> | | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> | | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.005"/> | m/m | |



| Resultados: | | | |
|-----------------------|---|----------------|---|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.3821"/> | m | Perímetro (p): <input type="text" value="1.5643"/> m |
| Area hidráulica (A): | <input type="text" value="0.3057"/> | m ² | Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1954"/> m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.8000"/> | m | Velocidad (v): <input type="text" value="1.8318"/> m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.9461"/> | | Energía específica (E): <input type="text" value="0.5532"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Subcrítico"/> | | |

TIRANTE

$$y = \frac{b}{2}$$
$$y = \frac{(0.80m)}{2}$$
$$y = 0.40m$$

RADIO HIDRAULICO

$$R = \frac{by}{b + 2y} =$$
$$R = \frac{(0.80m)(0.38m)}{(0.80m) + 2(0.38m)} =$$
$$R = 0.195m$$

PERIMETRO

$$P = b + 2y$$
$$P = (0.80m) + 2(0.38m)$$
$$P = 1.56m$$

AREA HIDRAULICA

$$A = by$$
$$A = (0.80m)(0.38m)$$
$$A = 0.304m^2$$

VELOCIDAD DEL CAUDAL:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$
$$V = \frac{1}{(0.013)} (0.195m)^{2/3} (0.005)^{1/2}$$
$$V = 1.83m/seg$$

NUMERO DE FROUDE:

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$
$$L = \frac{A}{T} = \frac{0.304m^2}{0.80m} = 0.38m$$
$$F_R = \frac{1.83m/s}{\sqrt{(9.81m/s^2)(0.38)}} =$$

$$F_R = 0.95$$

- $F_R > 1$ el régimen del flujo será **supercrítico**
- $F_R = 1$ el régimen del flujo será **crítico**
- $F_R < 1$ el régimen del flujo será subcrítico

ENERGIA ESPECIFICA

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

$$E = (0.38) + \frac{(1.83 \text{ m/seg})^2}{2(9.81)}$$

$$E = 0.551$$

NUMERO DE REYNOLDS

$$R = \frac{VR}{\nu}$$

$$R = \frac{(1.83 \text{ m/s})(0.195 \text{ m})}{(1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})}$$

$$R = 354369.4141$$

Viscosidad del agua

| | Densidad | Viscosidad absoluta | Viscosidad cinemática |
|-------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Temperatura | ρ | $10^3 \mu$ | $10^6 \nu$ |
| °C | kg/m ³ | kg/m.s | m ² /s |
| 0 | 999.9 | 1.792 | 1.792 |
| 5 | 1000.0 | 1.519 | 1.519 |
| 10 | 999.7 | 1.308 | 1.308 |
| 20 | 998.2 | 1.005 | 1.007 |
| 40 | 992.2 | 0.656 | 0.661 |
| 60 | 983.2 | 0.469 | 0.477 |
| 80 | 971.8 | 0.357 | 0.367 |
| 100 | 958.4 | 0.284 | 0.296 |

La viscosidad cinemática del agua a 20 °C es $1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

- El flujo laminar = $R < 580$.
- La región de transición está en el rango de $580 > R < 750$.
- El flujo turbulento = $R > 750$.

BORDE LIBRE

SEGÚN VEN TE CHOW: BI= (5% a 30%) Y

$$BL = 30 \% (0.38 \text{ m})$$

$$BL = 0.11 \text{ m}$$

SEGÚN BUREAU OF RECLAMATION:

- $C = (0.46 = 0.60 \text{ m}^3 / \text{seg.}) (0.76 = 85 \text{ m}^3/\text{seg.})$
- $Y =$ Tirante del canal

$$BL = \sqrt{CY}$$

$$BL = \sqrt{(0.46)(0.38m)}$$

$$BL = 0.42m$$

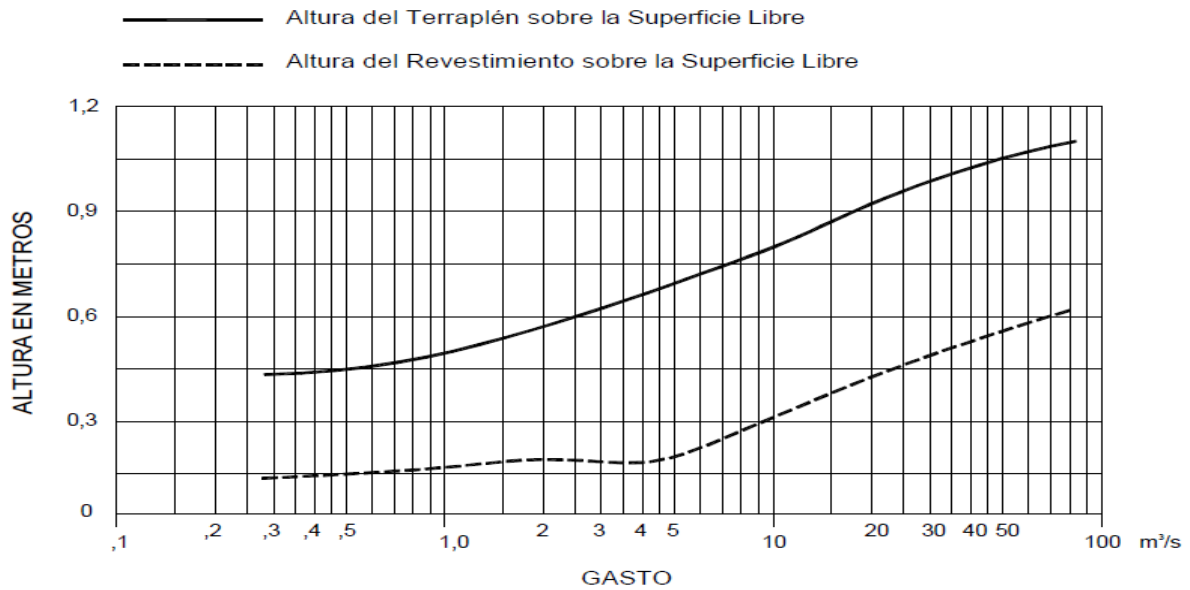


Figura 6.3 Borde libre recomendado por el Bureau of Reclamation

TRAMO 2 (0+300 ; 0+500)

| Datos: | |
|----------------------|--|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.392"/> m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.65"/> m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="0"/> |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.013"/> |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.005"/> m/m |

| Resultados: | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.3601"/> m | Perímetro (p): | <input type="text" value="1.3702"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.2341"/> m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.1708"/> m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.6500"/> m | Velocidad (v): | <input type="text" value="1.6746"/> m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.8910"/> | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.5031"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Subcrítico"/> | | |

TIRANTE

$$y = \frac{b}{2}$$

$$y = \frac{(0.65m)}{2}$$

$$y = 0.325m$$

RADIO HIDRAULICO

$$R = \frac{by}{b + 2y} =$$

$$R = \frac{(0.65m)(0.36m)}{(0.65m) + 2(0.36m)} =$$

$$R = 0.171m$$

PERIMETRO

$$P = b + 2y$$

$$P = (0.65m) + 2(0.36m)$$

$$P = 1.37m$$

AREA HIDRAULICA

$$A = by$$

$$A = (0.65m)(0.36m)$$

$$A = 0.234m^2$$

VELOCIDAD DEL CAUDAL:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{(0.013)} (0.171m)^{2/3} (0.005)^{1/2}$$

$$V = 1.68m/seg$$

NUMERO DE FROUDE:

$$F_R = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

$$D_H = L = \frac{A}{T} = \frac{0.234m^2}{0.65m} = 0.36m$$

$$F_R = \frac{1.68m/s}{\sqrt{(9.81)(0.36)}} =$$

$$F_R = 0.89$$

- $F_R > 1$ el régimen del flujo será **supercrítico**
- $F_R = 1$ el régimen del flujo será **crítico**
- $F_R < 1$ el régimen del flujo será subcrítico

ENERGIA ESPECIFICA

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

$$E = (0.36) + \frac{(1.68)^2}{2(9.81)}$$

$$E = 0.504$$

NUMERO DE REYNOLDS

$$R = \frac{VR}{\nu}$$

$$R = \frac{(1.68 \text{ m/s})(0.171 \text{ m})}{(1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})}$$

$$R = 285283.0189$$

Viscosidad del agua

| | Densidad | Viscosidad absoluta | Viscosidad cinemática |
|-------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Temperatura | ρ | $10^3 \mu$ | $10^6 \nu$ |
| °C | kg/m ³ | kg/m.s | m ² /s |
| 0 | 999.9 | 1.792 | 1.792 |
| 5 | 1000.0 | 1.519 | 1.519 |
| 10 | 999.7 | 1.308 | 1.308 |
| 20 | 998.2 | 1.005 | 1.007 |
| 40 | 992.2 | 0.656 | 0.661 |
| 60 | 983.2 | 0.469 | 0.477 |
| 80 | 971.8 | 0.357 | 0.367 |
| 100 | 958.4 | 0.284 | 0.296 |

La viscosidad cinemática del agua a 20 °C es $1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

- El flujo laminar = $R < 580$.
- La región de transición está en el rango de $580 > R < 750$.
- El flujo turbulento = $R > 750$.

BORDE LIBRE

SEGÚN VEN TE CHOW: $BI = (5\% \text{ a } 30\%) Y$

$$BL = 30\% (0.36 \text{ m})$$

$$BL = 0.11 \text{ m}$$

SEGÚN BUREAU OF RECLAMATION:

- $C = (0.46 = 0.60 \text{ m}^3 / \text{seg.}) (0.76 = 85 \text{ m}^3/\text{seg.})$
- $Y = \text{Tirante del canal}$

$$BL = \sqrt{CY}$$

$$BL = \sqrt{(0.46)(0.36 \text{ m})}$$

BL= 0.41m

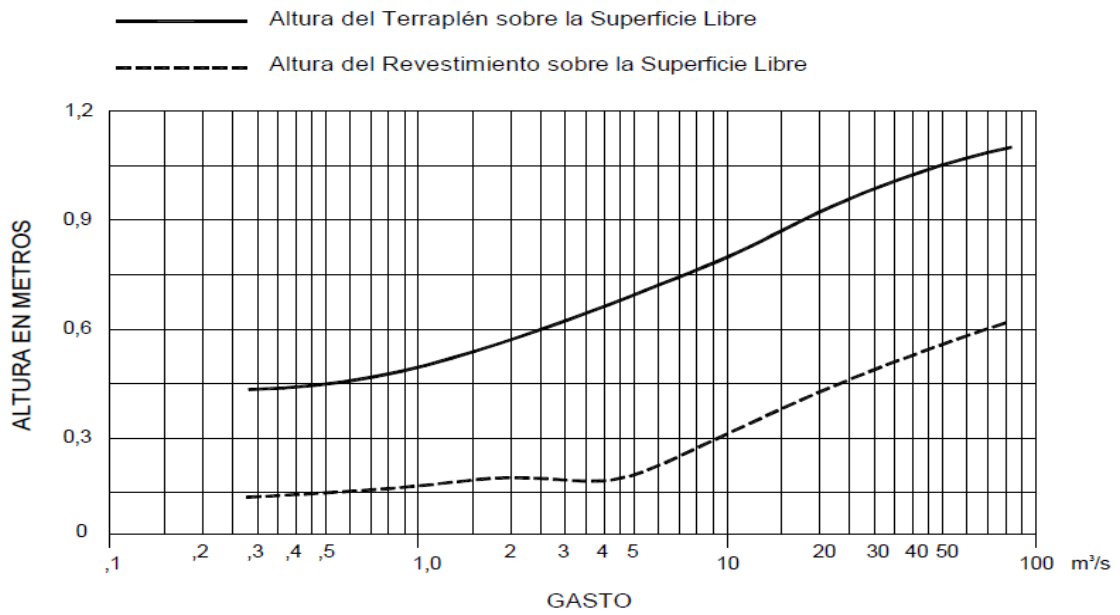


Figura 6.3 Borde libre recomendado por el Bureau of Reclamation

RESALTO HIDRAÚLICO

REMANSO POR TRAMO FIJO

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Pendiente (S):

Coefficiente de rugosidad (n):

Tirante inicial (y_i): m

Número de tramos (nt):

Distancia de cada tramo (dx): m

Resultados:

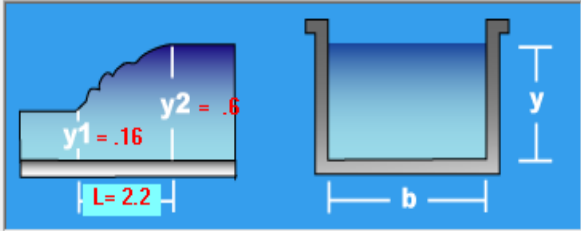
| x | y |
|-----|--------|
| 0,0 | 0,3000 |
| 0,5 | 0,2472 |
| 1,0 | 0,2244 |
| 1,5 | 0,2093 |
| 2,0 | 0,1980 |
| 2,5 | 0,1892 |
| 3,0 | 0,1820 |
| 3,5 | 0,1760 |
| 4,0 | 0,1709 |
| 4,5 | 0,1665 |
| 5,0 | 0,1626 |

RESALTO HIDRAULICO

Datos:

| | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.392"/> | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.65"/> | m |
| Tirante (y): | <input type="text" value="0.16"/> | m |

tirante supercrítico



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| Tirante conjugado (y): | <input type="text" value="0.6054"/> | m | Número de Froude conjugado (F): | <input type="text" value="0.4087"/> | |
| Altura del resalto: | <input type="text" value="0.4454"/> | m | Longitud del resalto (L): | <input type="text" value="2.23"/> | m |
| Pérdida de energía en el resalto: | <input type="text" value="0.2281"/> | m | | | |

TIRANTE CONJUGADO

$$q = \frac{Q}{b}$$

$$q = \frac{0.392 \text{ m}^3/\text{s}}{0.65 \text{ m}}$$

$$q = 0.60 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{4}} y_2 = -\frac{(0.16)}{2} + \sqrt{\frac{2(0.60)^2}{(9.81)(0.16)} + \frac{(0.16)^2}{4}} y_2 = 0.62 \text{ m}$$

ALTURA DEL RESALTO

$$\Delta y = y_1 - y_2$$

$$\Delta y = (0.16 - 0.62)$$

$$\Delta y = 0.46 \text{ m}$$

PERDIDA DE ENERGIA EN EL RESALTO

$$V_1 = \frac{Q}{A}$$

$$V_1 = \frac{0.392 \text{ m}^3/\text{s}}{(0.65\text{m} \times 0.16\text{m})}$$

$$V_1 = 3.77 \text{ m/s}$$

$$E_1 = Y_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$E_1 = (0.16\text{m}) + \frac{(3.77 \text{ m}^2/\text{s})^2}{2(9.81 \text{ m/s})}$$

$$E_1 = 0.88\text{m}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A}$$

$$V_2 = \frac{0.392 \text{ m}^3/\text{s}}{(0.65\text{m} \times 0.62\text{m})}$$

$$V_2 = 0.97 \text{ m/s}$$

$$E_2 = Y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$E_2 = (0.62\text{m}) + \frac{(0.97 \text{ m}^2/\text{s})^2}{2(9.81 \text{ m/s})}$$

$$E_2 = 0.66\text{m} \Delta E = E_1 - E_2$$

$$\Delta E = (0.88\text{m} - 0.66\text{m})$$

$$\Delta E = 0.22\text{m}$$

NUMERO DE FROUDE CONJUGADO

$$F1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \frac{A_1}{b}}} =$$

$$F1 = \frac{(3.77 \text{ m/s})}{\sqrt{9.81 \text{ m/s} \frac{(0.65\text{m} \times 0.16\text{m})}{(0.65\text{m})}}} =$$

F1= 3 >1 supercrítico

$$F2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \frac{A_2}{b}}} =$$

$$F2 = \frac{(0.97 \text{ m/s})}{\sqrt{9.81 \text{ m/s} \frac{(0.65\text{m} \times 0.65\text{m})}{(0.65\text{m})}}} =$$

F2= 0.39 <1 subcrítico

LONGITUD DEL RESALTO

$$LR=5.2 (Y_2 - Y_1)$$

$$LR= 5.2 (0.62\text{m}- 0.16\text{m})$$

LR=2.39m

1.1. TRANSICION DE ENTRADA ALABEADA EN FLUJO SUBCRITICO

Cálculos para una transición de entrada alabeada

Datos de Entrada:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera en la sección C: m

Ancho de solera en la sección F: m

Talud en la sección C:

Talud en la sección F:

Tirante en la sección C: m

Diferencia de cotas HZ: m

Coef. de pérdida en transición K:

Resultados:

Tirante en la sección F: m

Longitud de la transición: m

Número de tramos N:

Cálculo del ancho solera, talud y variación de fondo:

| l | b(l) | Z(l) | HZ(l) |
|---|--------|--------|--------|
| 0 | 0.6500 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1 | 0.6819 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.8000 | 0.0000 | 0.0000 |

Cálculo del tirante, velocidad y energía:

| l | y(l) | v(l) | E(l) |
|---|--------|--------|--------|
| 0 | 0.3600 | 1.6752 | 0.5030 |
| 1 | 0.4036 | 1.4243 | 0.5070 |
| 2 | 0.4512 | 1.0859 | 0.5113 |

PENDIENTE MINIMA (ROCHA)

TRAMO 1 (0+000 – 0+300)

$$SL = \frac{8}{3} \frac{gn^2}{b^{\frac{1}{3}}}$$

$$SL = \frac{8}{3} \frac{(9.81m/s)(0.013)^2}{(0.80m)^{\frac{1}{3}}}$$

$$SL = 0.005$$

TRAMO 2 (0+300 – 0+500)

$$SL = \frac{8}{3} \frac{(9.81m/s)(0.013)^2}{(0.65m)^{\frac{1}{3}}}$$

$$SL = 0.005$$

RUGOSIDAD DEL CANAL EN FORMULAS DE MANNING. (VILLON)

| Superficie | Condiciones de las paredes | | | |
|--|----------------------------|--------|----------|-------|
| | Perfectas | Buenas | Medianas | Malas |
| Tubería hierro forjado negro comercial | 0.012 | 0.013 | 0.014 | 0.015 |
| Tubería hierro forjado galvanizado comercial | 0.013 | 0.014 | 0.015 | 0.017 |
| Tubería de latón o vidrio | 0.009 | 0.010 | 0.011 | 0.013 |
| Tubería acero remachado en espiral | 0.013 | 0.015* | 0.017* | |
| Tubería de barro vitificado | 0.010 | 0.013* | 0.015 | 0.017 |
| Tubos comunes de barro para drenaje | 0.011 | 0.012* | 0.014* | 0.017 |
| Tabique vidriado | 0.011 | 0.012 | 0.013 | 0.015 |
| Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique | 0.012 | 0.013 | 0.015* | 0.017 |
| Superficies de cemento pulido | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.013 |
| Superficies aplanadas con mortero de cemento | 0.011 | 0.012 | 0.013* | 0.015 |
| Tuberías de concreto | 0.012 | 0.013 | 0.015* | 0.016 |
| Tuberías de duela | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.013 |
| <i>Acueductos de tablón:</i> | | | | |
| Labrado | 0.010 | 0.012* | 0.013 | 0.014 |
| Sin labrar | 0.011 | 0.013* | 0.014 | 0.015 |
| Con astillas | 0.012 | 0.015* | 0.016 | |
| Canales revestidos con concreto | 0.012 | 0.014* | 0.016* | 0.018 |
| Superficie de mampostería con cemento | 0.017 | 0.020 | 0.025 | 0.030 |
| Superficie de mampostería en seco | 0.025 | 0.030 | 0.033 | 0.035 |
| Acueducto semicirculares metálicos, lisos | 0.011 | 0.012 | 0.013 | 0.015 |