



Title: Design and construction of a rectangular section prototype channel to determine the specific energy in the three types of regimes: critical, subcritical and supercritical

Authors: CARO-BECERRA, Juan Luis , REYES-BARRAGÁN, José Luis, VIZCAÍNO-RODRÍGUEZ, Luz Adriana and LUJAN-GODINEZ, Ramiro

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2022-01
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 13
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

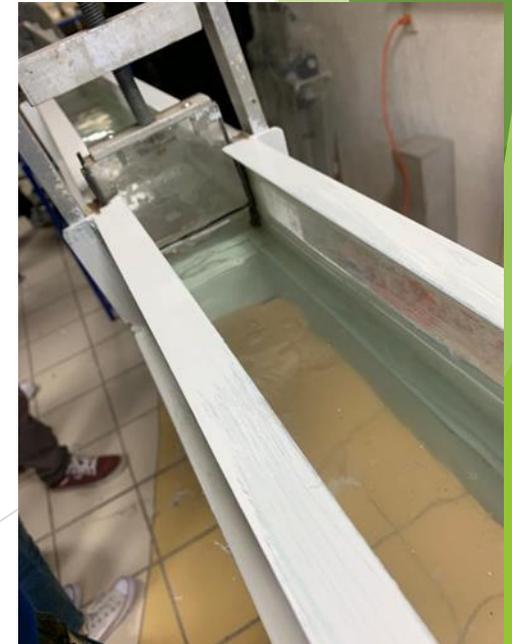
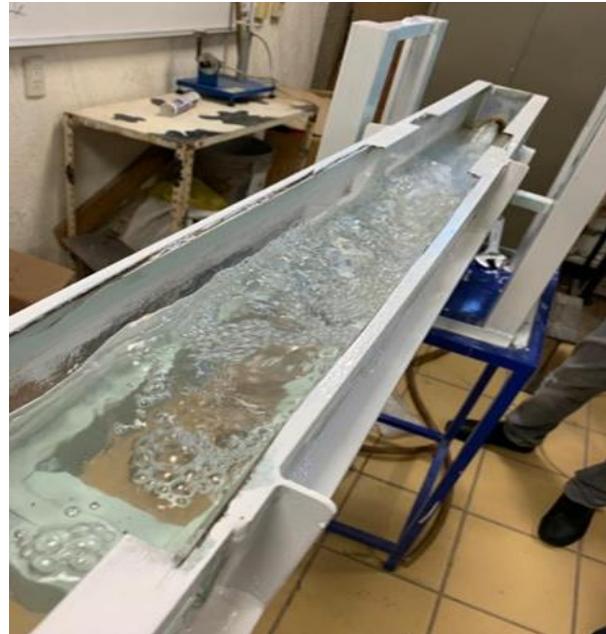
INTRODUCCIÓN

- ▶ Los canales hidráulicos se clasifican de forma natural o artificial, los primeros son formados por las condiciones naturales del terreno y los segundos son construidos por los ingenieros civiles.
- ▶ Las fuerzas que predominan en los canales son de tensión superficial y arrastre de sedimentos originados por las fuerzas viscosas y gravitacionales que tienden a distorsionar **la interface aire-agua**, la cual siempre constituye una frontera sobre la cual el ingeniero civil tiene un control parcial.



Objetivo General

El objetivo de este trabajo es determinar los 3 tipos de régimen: *critico supercrítico y subcritico*, con base en el numero de Froude, los parámetros a determinar son la geometría del canal, la curva de la energía específica y la obtención de los tirantes en cada régimen.



Zonas susceptibles a inundaciones

La mayoría de las cuencas urbanas en México no cuentan con suficiente información hidrométrica y climatológica, a esto se suma la ausencia de una metodología como son los fenómenos *lluvia-escurrimiento*.

En México el CENAPRED (Centro Nacional De Prevención De Desastres) define como la vulnerabilidad en zonas susceptibles a inundaciones como una medida para definir los fenómenos naturales o antropogénicos.



Las Chinampas

Las chinampas son terrenos de cultivo de producción intensiva, literalmente hechos a mano. Comenzaron a construirse desde tiempos remotos en el lago de Xochimilco; para construirlas, los agricultores buscaron áreas lacustres pantanosas de poca profundidad.

- ▶ Las condiciones técnicas que brinda una chinampa son suelos drenados, relación de equilibrio agua-aire, disponibilidad de *nutrientes*, manto freático por debajo de la rizósfera y agua fácilmente disponible para la planta.

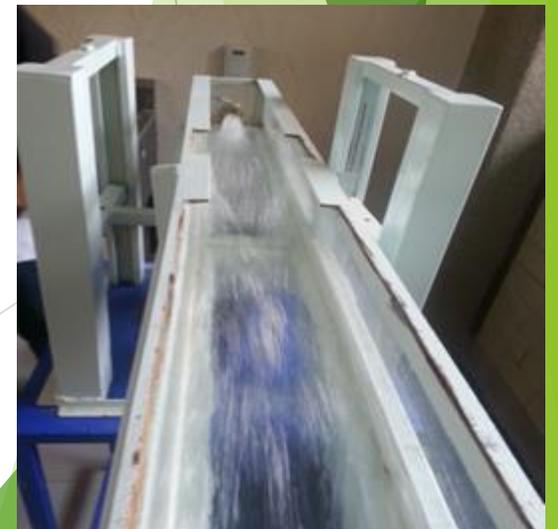
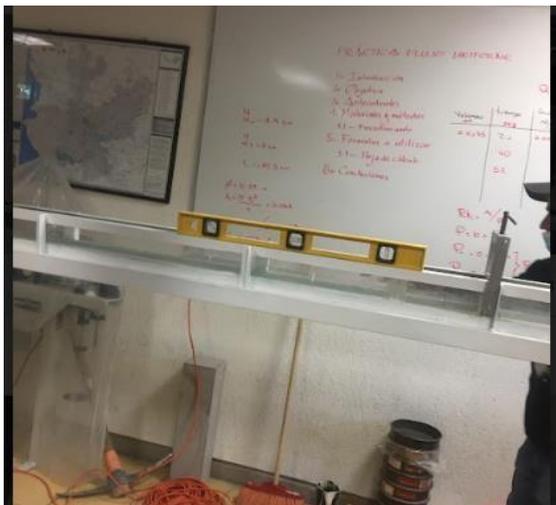


Metodología

El concepto de bordo libre (*free board*), se define como la distancia o altura de la superficie libre del agua hasta la parte superior del canal, además de permitir que las ondas del agua oscilen sin salirse del canal (Hermes, 2017).

Se obtiene por una simple regla de 3, a partir de las dimensiones del prototipo del canal, tomando un 30% con un incremento de la altura adicional del canal.

$$BL = \frac{30\% * 0.09 \text{ m}}{100\%} = 0.0275 \text{ m}$$



- ▶ La profundidad hidráulica o de flujo (y) es:

$$HT = BL + Y \therefore y = HT - BL$$

$$y = 0.090 - 0.0275 = 0.0625 \text{ m}$$

- ▶ Cálculos Geométricos: El área (A) del canal es:

$$A = b * y = 0.11 * 0.037 = 0.0041 \text{ m}^2$$

- ▶ Perímetro mojado (P):

$$P = b + 2y = 0.11 + (2 * 0.037) = 0.184 \text{ m}$$

- ▶ Radio Hidráulico (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.0041}{0.184} = 0.022 \text{ m}$$

- Factor de sección (Z)

$$Z = b * y^{1.5} = \frac{Q}{\sqrt{g}} = 0.11 * 0.037^{1.5} = 0.00078$$

Gasto de operación

$$Q_{op} = \frac{Q_c * y_{max}}{y_c} = \frac{0.00244 * 0.09}{0.0375} = 0.00585 \text{ m}^3/\text{s}$$

Finalmente determinamos la Velocidad de operación del canal-prototipo:

$$V_{op} = \frac{Q_{op}}{A} = \frac{0.00585}{0.0099} = 0.593 \text{ m/s}$$

Corrección de profundidad crítica – Caudal de operación – Velocidad crítica:

$$Y_{cc} = \sqrt[3]{\frac{Q_{op}^2}{g * b^2}} = \sqrt[3]{\frac{0.00585^2}{9.81 * 0.11^2}} = 0.065 \text{ m}$$

$$v_{cc} = \sqrt[3]{\frac{Q_{op} * g}{b}} = \sqrt[3]{\frac{0.00585 * 9.81}{0.11}} = 0.802 \text{ m}$$

$$Q_{cc} = 0.065 * 0.11 * 0.802 = 0.00573 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = C * P^{\frac{2}{5}} = b * yn$$

$$P = b + 2y$$

$$C = \left(\frac{Q_{op} * n}{S^{0.5}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

$$C = \left(\frac{0.0134 * 0.010}{0.00632^{0.5}} \right)^{\frac{3}{5}} = 0.0216$$

S representa la pendiente de la plantilla del canal, en nuestro caso fue determinada, con base a la ecuación de **Manning**

$$S = \left(\frac{V n}{R h^{2/3}} \right)^2$$

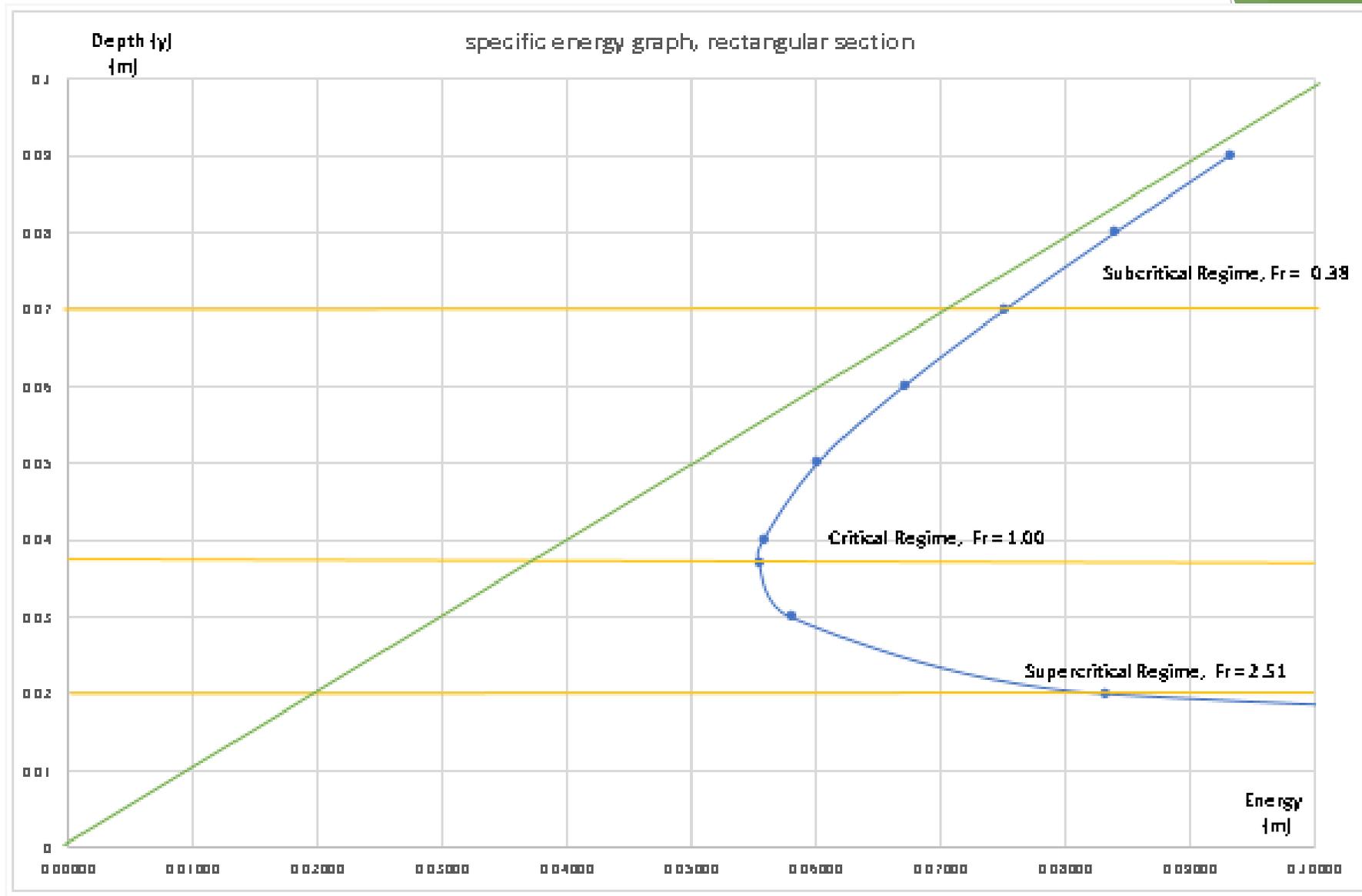
Después de realizar una serie de iteraciones de la ecuación de la igualdad se obtuvo un **yn = 0.60 m**

Length	L = 5 m
Width	b = 0.11 m
Maximum height of the channel	H = 0.25 m
Operating range of the channel	Q = 0 – 0.013 m ³ /s
Channel speed variation	V = 0 – 0.701 m/s
Water level variation	h = 0 – 0.175 m
Channel slope variation	S = 0 – 0.00632



Depth (m)	Area (m ²)	Wetted perimeter (P) (m)	Hydraulic radius (R) (m)	Energy (m)	FR	energia 2		
						1	2	3
0.01	0.0011	0.13	0.00846	0.26	7.082	0.0498	0.2712	1.4515
0.02	0.0022	0.15	0.01466	0.0826	2.504	0.0299	0.0853	0.3804
0.03	0.0033	0.17	0.0135	0.0578	1.363	0.0344	0.0590	0.1902
0.037	0.004	0.184	0.021	0.0553	0.995	0.0399	0.0561	0.1423
0.04	0.0044	0.19	0.023	0.0556	0.885	0.0425	0.0563	0.1301
0.05	0.055	0.21	0.026	0.06	0.633	0.0516	0.0604	0.1077
0.06	0.022	0.51	0.0431	0.0669	0.482	0.0611	0.0673	0.1000
0.07	0.0231	0.53	0.0435	0.075	0.382	0.0708	0.0753	0.0994
0.08	0.0242	0.55	0.044	0.0839	0.313	0.0806	0.0841	0.1025
0.09	0.0253	0.57	0.0443	0.093	0.262	0.0905	0.0932	0.1078

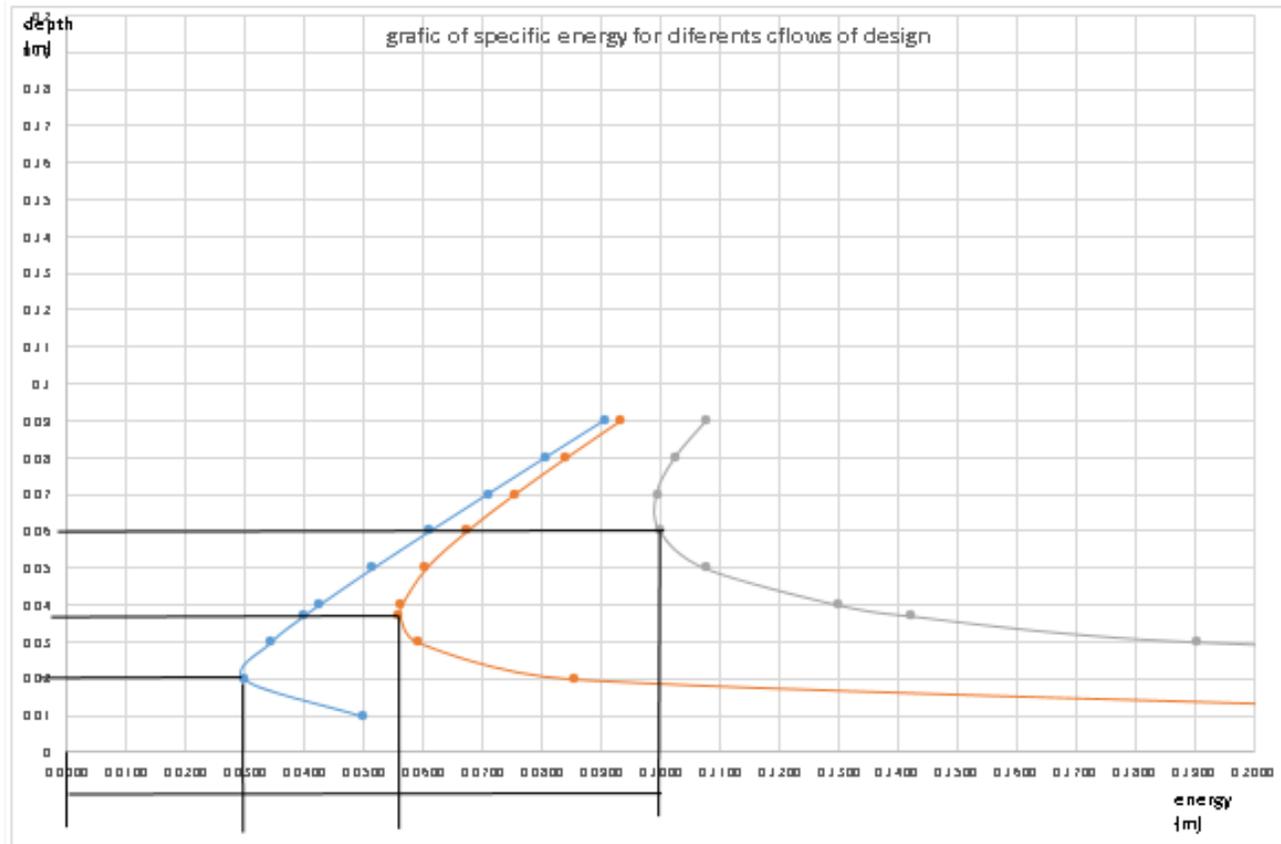
Profundidades máximas y mínimas, para obtener las condiciones críticas de cada régimen de flujo



Graph 1. Graph of the specific energy, to obtain the Froude number, speed and energy available in each regime

Source: Caro Becerra et al, 2022

Con el prototipo del canal rectangular, se obtuvieron 3 gastos, $Q_1= 0.005\text{m}^3/\text{s}$, $Q_2=0.00249\text{m}^3/\text{s}$ y $Q_3= 0.0011\text{m}^3/\text{s}$. para cada uno de los experimentos realizados, se tomaron valores de tirante, con el objeto de observar el flujo del agua, dichos valores fueron reportados con un flexómetro o regla graduada, el cual nos da un margen de error de $\pm 0.05\text{mm}$.



RESULTADOS

- Para validar el funcionamiento del canal prototipo construido, se realizó un experimento para determinar la relación entre la energía específica y la carga hidráulica arriba y abajo del bloque rectangular sumergido en el canal para determinar la energía específica antes y después del bloque.

experimento 1	$Q_1 = 0.0050$	$y_{c1 \text{ exp}} = 0.06$	$E_1 \text{ exp} = 0.010\text{m}$
experimento 2	$Q_1 = 0.0025$	$y_{c1 \text{ exp}} = 0.038$	$E_1 \text{ exp} = 0.057\text{m}$
experimento 3	$Q_1 = 0.0011$	$y_{c1 \text{ exp}} = 0.022$	$E_1 \text{ exp} = 0.030\text{m}$

CONCLUSIONES

- ▶ De los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente, el diseño y la construcción del canal rectangular con pendiente variable representa una inversión de bajo costo en comparación con los existentes en el mercado (*modelo Armfield*). La construcción del canal tiene también aumenta el desarrollo de practicas de laboratorio en las áreas de la hidráulica y mecánicas de fluidos.
- ▶ Como validación del prototipo, se muestran que el canal efectivamente cumple con las condiciones para estudiar y validar los diferentes fenómenos físicos que pueden ser representados a baja escala y que pueden ser utilizados como modelo de estudio.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

* Cama-Pinto, A., Acosta-Coll, M., Piñeres-Espitia, G., Caicedo-Ortiz, J., Zamora-Musa, R. and Sepulveda-Ojeda, J. (2016). *Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia*. Ingeniare, Revista Chilena de Ingeniería.

* Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. 667 Pp. Mc Graw-Hill Interamericana Editores de C.V. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

* Marbello, P. R. (2005). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia. Available in:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21725>

* Marín, C. A., Menjibar, M. J. and Zavaleta, J. M. (2012). *Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable para uso didáctico e investigación*, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de El Salvador.

* Mejía, F. J. (2008). *Relación de las curvas de energía específica y pendientes de fricción con zonas de flujo libre en canales*. Revista EIA, Numero 9, 69-75 Pp. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín. Colombia. Available in:
<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a06.pdf>

* Morales, Nava, J. G. and Parra, Meza, A. (2013). *Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas*. Ingeniería Hidráulica y Ambienta, Vol. XXXIV, Núm. 1, 3-18 Pp. La Habana, Cuba.

* Sotelo-Ávila, G. (2002). *Hidráulica de canales*, 1ª Edición, 836 Pp. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México.

* Streeter, V. L., Benjamin, E. y Keith W. (2000). *Mecánica de Fluidos*, 9a Ed., 508 Pp. Mc Graw Hill, México.

* Rodríguez, R. P., (2006). *Hidráulica de canales*, 1ª Edición, 480 Pp. Ciudad de México, México.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)