



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN**

**MÉTODO DE NEWTON RAPHSON APLICADO
AL DISEÑO HIDRÁULICO DE CANALES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R A C I V I L**

**P R E S E N T A :
ANEL VALERIANO GARCÍA**

DIRECTOR: M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNÁNDEZ



Ciudad Nezahualcóyotl, Edo. de México a de enero de 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS Y DIDICATORIAS

A DIOS

Te doy gracias por todas mis vivencias, por las que son gratas
y por enseñarme que en las tristezas siempre se encuentra un para qué,
por los logros de la vida que Tú tan misericordiosamente me prestaste
por la gente que has puesto a mi alrededor e incluso por la que no creé en mí
porque eso hace que mi corazón no se separe de Ti y gracias por este logro
porque con tu inspiración me has permitido concretarlo.

A TI PAPPY

Por amarme, por enseñarme a liderar mi vida,
no imagino tener otro padre y doy gracias a Dios por ser tu hija.
Gracias por tus consejos y tu ejemplo, por lo que construiste para y por mí
porque ahora me doy cuenta que con ello tu amor para mí y mis hermanos
es infinito en tu corazón. Gracias por darme alas y enseñarme a usarlas. Te amo papito.

A TI MAMY

A ti te agradezco por darme la vida y desde ese momento me diste
la valentía para enfrentar las adversidades, por tus palabras de aliento,
por siempre creer en mí y más en las ocasiones en que yo perdía la fe
en mi misma. Gracias por todos los te amo que me diste siempre llenos de
dulzura y fortaleza y así yo también te digo te amo mamita.

A MIS PRECIOSOS HERMANOS

Porque con ellos mi vida está completa, por los buenos momentos,
por las travesuras aún por los momentos agrios
porque eso nos ha hecho ser los hermanos que somos hoy.
Agradezco ser su hermana mayor, pero, sobre todo
es un honor ser parte de sus vidas los quiero con todo el corazón.

A MIS ABUELITOS

Por siempre tener amor y más amor para mí,
gracias por los padres que me dieron, por sus consejos,
por hacer mi vida feliz y en especial a mi abis Coty y a mi abue Chanita,
gracias por ser mujeres fuertes y delicadas, amorosas y valientes.

A MI ASESOR, A MI MAESTRO

Pudiese decirle profesor, pero no, es usted un maestro
porque me ha enseñado dentro y fuera del salón de clases
y eso es lo que hace un maestro y por ello gracias.
Que Dios siga bendiciendo su mente y su corazón
y que en él no se apague nunca este deseo
de compartir sus enseñanzas a los que fuimos sus alumnos y los que vendrán.
Gracias por su profesionalismo, por su calidez y firmeza,
pero sobre todo le agradezco por brindarme su valioso tiempo.
Ingeniero tiene hoy y por siempre mi respeto y mi admiración.

A MI ESPOSO YA MI PRECIOSO HIJO JEAN

Doy gracias a Dios porque me ha dejado formar una familia con ustedes,
les agradezco por tenerme paciencia;
a ti mi amado esposo por compartir una vida conmigo
por siempre ver lo bueno que hay en mí sabes que te amo.
Siempre he dado gracias a Dios por hacerme tu mamá gracias mi vida,
Jean, gracias por ser mi inspiración porque por ti me he hecho fuerte y valiente.

A MIS TIOS ROSITA, SILVIA, LILY, ISABEL, JOSÉ Y PEDRO

Nunca pensé tener a los mejores tíos del mundo,
los amo con todo el corazón y este sigue desando que ustedes sigan en mi vida.
Gracias por orientarme, por corregirme, por pasar tantos momentos memorables;
ustedes saben que son mi alegría de vivir
y cuando lo pienso me siento tan bendecida por este tesoro,
que Dios los siga bendiciendo.
Gracias por compartir este logro porque también es de ustedes.
Mil gracias.

A MIS GRANDES AMIGAS Y HERMANAS DEL CORAZÓN

En muchas ocasiones les he expresado lo valiosas que son para mí
y nunca me cansaré de dar gracias a Dios por ponerlas en mi vida,
son mi luz, mi paz y han dado un calor especial a mi corazón.
Gracias por creer en mí, por alentarme a perseguir mis sueños,
y por permitirme ser parte de sus vidas.

*Este logro no es mío solamente es de todos ustedes y sin ustedes no se hubiese concretado,
gracias por hacer mi sueño realidad y doy gracias a la FES ARAGÓN por ser mi segundo
hogar, por abrirme sus puertas, doy gracias por ser universitaria*

*“Si una persona es perseverante, aunque sea dura de entendimiento, se
hará inteligente; y aunque sea débil se transformará en fuerte”*

Leonardo Da Vinci

Í N D I C E

Introducción

Objetivo

Alcances

I. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE CANALES

- 1.1 Consideraciones generales.
- 1.2 Elementos geométricos.
- 1.3 Elementos hidráulicos.
- 1.4 Distribución de velocidades.
- 1.5 Distribución de presiones.
- 1.6 Ecuaciones generales.
- 1.7 Ecuaciones de flujo uniforme.

II. MÉTODO NUMÉRICO

- 2.1 Generalidades del método Newton Raphson.
- 2.2 Ecuaciones generales para el diseño de canales por el método de Newton Raphson.
- 2.3 Ecuaciones particulares para el diseño de canales por el método de Newton Raphson de distintas secciones transversales.

III. METODOLOGÍA DE DISEÑO

IV. APLICACIONES

- 4.1 Generalidades.
- 4.2 Canal triangular.
- 4.3 Canales rectangulares.
- 4.4 Canales trapeciales.
- 4.5 Canales circulares.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

I N T R O D U C C I Ó N

Hoy en día un elemento de la naturaleza de vital importancia que mueve a toda comunidad es el agua. Dicho elemento es el que ha permitido que el hombre evolucione porque gracias a este se han dado a lo largo de la historia el desarrollo de las más bellas civilizaciones ya que han prosperado por el nacimiento de la agricultura, dichas culturas se han asentado a lo largo de las vertientes de los ríos y les fue suficiente, pero hoy en día el llevar agua a las comunidades es una labor titánica ya que se requiere de transportarla por largas distancias para que sea aprovechada por el hombre. Esta acción es realizada a través de canales o tuberías a presión, pero son los canales la clase que nos ocupa en este trabajo razón por la que un ingeniero civil y todas las carreras que se involucran con el agua aprendamos la técnica para diseñar canales y así el recurso se conduzca en hasta donde se requiera.

Por lo tanto el propósito de este trabajo es que sea una herramienta útil y que sean claros los elementos que intervienen a la hora del diseño. La estructura de este es aportar el marco teórico, dar a conocer el método por el cual se puede ejecutar el diseño y las aplicaciones de este método.

OBJETIVO

Presentar de manera clara y sencilla el diseño de canales artificiales empleando el Método de Newton Raphson.

ALCANCES

El desarrollo de esta tesis lo integran cuatro capítulos diseñados para alcanzar el objetivo propuesto y cuya estructuración se detalla enseguida. Las imágenes se referencian en el capítulo respectivo.

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS BÁSICOS DE CANALES



La intención es introducir al interesado en el estudio de los canales por lo que primeramente expongo los términos relacionados a los mismos. Comenzando con su definición para continuar con los elementos geométricos e hidráulicos y luego continuar con aspectos relacionados a la velocidad y la presión que le son característicos, hasta llegar a las ecuaciones que los rigen. Cabe mencionar que solo se trabajarán secciones simples y no combinadas.

CAPÍTULO II MÉTODO NUMÉRICO



Dentro de los distintos métodos para resolver el diseño de canales, el empleado aquí, es el de Newton Raphson, el cual se describe a detalle. Por lo que se presenta su fundamento para comprender de esta manera la transformación o forma que adquiere con relación al estudio que nos ocupa.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE DISEÑO



En esta unidad proporciono al lector una guía, para alcanzar el objetivo propuesto en este trabajo, la cual describe los procesos necesarios separando las actividades que se llevan a cabo en campo así como las que se ejecutan en gabinete. Para facilitar aún más lo que se persigue apporto una hoja de cálculo que permite al usuario culminar el diseño hidráulico del canal de una manera versátil y sencilla.

CAPÍTULO IV APLICACIONES



Se conjuntan de forma dinámica los aspectos de las tres unidades anteriores, además de complementar con enunciados las diversas situaciones típicas en la práctica profesional.

CONCLUSIONES



Se exponen diversas ideas que encierran aspectos de evaluación, de consideración y prácticos como puntos de reflexión de este proyecto.



Imagen tomada del sitio
https://flipboard.com/@gian_rosazza/hidr%C3%A1ulica-de-canales-6919o1igz

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS BÁSICOS DE CANALES

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS BÁSICOS DE CANALES

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Es importante dar la definición de lo que es un canal y determinar su clasificación como primer punto.

Es una obra construida a cielo abierto, que conduce por gravedad el agua del lugar de captación al punto donde va ser utilizada, es normalmente un trazado largo y con pendiente suave careciendo de presión construido en la tierra (figura 1).

Un canal abierto puede ser, según su origen, natural o artificial y se definirán a continuación.

Los **canales naturales** transportan las corrientes de agua que existen en la tierra, desde los pequeños arroyos, ríos, quebradas y estuarios de marea, hasta las subterráneas, puntualizando que su característica principal es que sus propiedades geométricas e hidráulicas son muy irregulares.

Los **canales artificiales**, también conocidos como prismáticos son todos aquellos construidos con el esfuerzo humano, tales como los canales de navegación, los de irrigación, las zanjas de drenaje, entre otros. Su característica principal es que sus propiedades geométricas son constantes¹, a su vez éstos se clasifican en revestidos² o no revestidos, como ejemplo de estos podemos mencionar los siguientes:



Figura 1. Aprovechamiento del agua por el hombre. "Más de 50 proyectos de riego se ejecutan en el Estado de México".
<https://www.google.com.mx/img/?sa=i&act=j&q=&esrc=s&source=images&ocd=&ved=0ahUKEwj9c4Kk4pLWAhUISyYKHTGqAIQQjBQIBg&usq=https%3A%2F%2Fproactivo.com.pe%2Fmas-de-50-proyectos-de-riego-se-ejecutaran-bajo-regimen-de-con%2F&psig=AFQjCNGUIED6UWYIS4QNZQqXyuJshCLbw&usq=1.504863156588245>
(fecha de actualización 8 de mayo de 2017)

¹ Por lo tanto las hidráulicas, pueden ser controladas.

² Lo que significa que sus paredes se recubren con algún material para evitar la erosión de las mismas.

- **Acueductos:** Son canales de mampostería normalmente soportados sobre la superficie del terreno para conducir agua a través de una depresión (figura 2).



- **Caídas:** La pendiente es pronunciada, lográndose esta en distancias largas. (figura 3).

- **Salto:** La pendiente forma un ángulo de 90° obteniéndose en una distancia corta (figura 4).



- **Alcantarillas:** Son canales cerrados de sección transversal circular, cuyo conducto escurre parcialmente lleno; (figura 5).

- **Túneles:** Son canales cerrados utilizados para conducir agua a través de una colina o cualquier obstrucción de terreno (figura 6).



Figura 6. Drenaje de la Ciudad de México. “Optimización en obras de drenaje”
<https://www.google.com.mx/url?sa=i&q=&source=images&cd=&cad=ria&uact=ak&ved=0ahUKEwi9JiVs5PWAhVCTCYKHVoBBREQjB0IBg&url=http%3A%2F%2Fwww.ingenierocivilinfo.com%2F2010%2F02%2Felementos-geometricos-de-la-seccion.html&psig=AFQjCNGgMvx3UHinYLYQkeIKzbK0q8DrPQ&ust=1504884874452528> (fecha de actualización 22 de agosto de 2017)

1.2 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

Es importante conocerlos y se describirán conforme el listado que se basa en la figura 7:

- a) **Trazado:** Se denomina así a la proyección en planta que tiene el recorrido del canal desde el punto de captación hasta el punto de entrega o derivación a los usuarios.

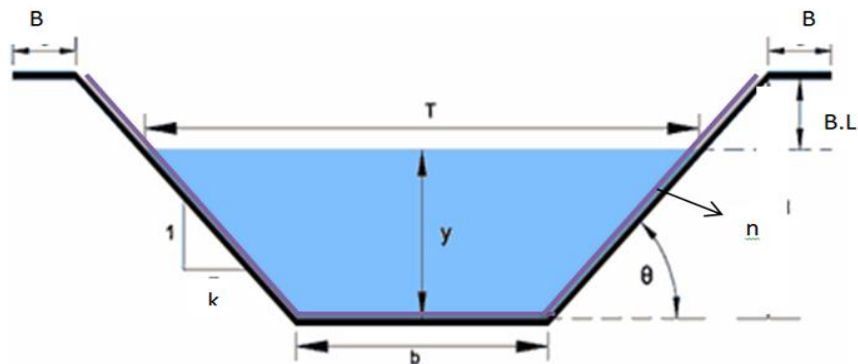


Figura 7. Representación de los elementos geométricos en la sección transversal de un canal trapecial. “Elementos Geométricos de la Sección”
<https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwi9JiVs5PWAhVCTCYKHVoBBREQjB0IBg&url=http%3A%2F%2Fwww.ingenierocivilinfo.com%2F2010%2F02%2Felementos-geometricos-de-la-seccion.html&psig=AFQjCNGgMvx3UHinYLYQkeIKzbK0q8DrPQ&ust=1504884874452528> (fecha de actualización 30 agosto de 2017)

- b) Área:** Dado que los canales son excavados en la superficie del terreno, el área se encuentra definida por la forma que tiene la sección transversal y es utilizada únicamente para fines de costos.
- c) Perímetro:** Se emplea también solo para fines de costos y representa la longitud que tiene el contorno del área de la sección transversal.
- d) Forma de la sección transversal:** La mantiene constante, así como la pendiente de fondo en todo su recorrido. Se refiere a la forma que tiene la canal, considerada normalmente a la dirección del flujo y se proyecta usualmente con una forma geométrica regular o bien estar constituidos por una combinación de distintas de ellas, y entonces, se dice que el canal es de sección compuesta, revestida o no.
- e) Ancho de la corona (B):** Para el trazado de los canales es conveniente que en ambos márgenes o en uno de ellos lo siga un camino carretero, apropiado para el tránsito de camionetas y equipo que facilite su construcción e inspección. El ancho de corona queda fijado por el ancho del camino y su dimensión es entre 3 y 5 metros.
- f) Plantilla:** Se denomina así a la superficie que conforma el fondo del canal.
- g) Ancho de plantilla (b):** Usualmente se designa con la letra “b” y representa la longitud o ancho que tiene la plantilla.
- h) Pendiente (s_0):** Es la relación que existe entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos (longitudinalmente). También se define como la tangente que forma la inclinación de la plantilla con la horizontal. Generalmente está definida por las condiciones topográficas y de esta se deriva una pendiente natural y esta interviene en el trazado del canal, aunque no necesariamente es así.
- i) Talud:** Se designa con las letras minúsculas **m**, **n**, **t**, **z** o **k** y representa la inclinación que tiene las paredes del canal y que coinciden con la de la consistencia del material en que se aloja el canal (por lo que el valor del talud se hace igual al valor del ángulo de reposo del material excavado), esto hace necesario conocer las características geológicas del material por donde atraviesa el trazado del mismo. La manera más práctica de obtener dicho el valor, es mediante el empleo de tablas que se recomiendan en función de las características del material del suelo, y precisamente como la gran mayoría son de sección trapezoidal, se recomiendan los valores propuestos en la *Tabla 1* como datos prácticos.

TABLA 1. VALORES DEL TALUD PARA DIFERENTES MATERIALES.

MATERIAL	TALUD
Corte en roca firme	0.25: 1
Corte en roca más o menos desintegrada (tepetate resistente)	0.50: 1
Corte en conglomerados; terrenos arcillosos (tepetate ordinario)	0.75: 1 y 1.00: 1.00
Corte o relleno en tierra	1.50: 1
Corte o relleno en magros arenosos sueltos	2.00 : 1
Corte o relleno en terrenos muy arenosos	3.00:1

TOMADA DE LA REFERENCIA 4.

Un punto de importancia es saberla profundidad y tener en cuenta el terreno. Para ello utilizaremos la *Tabla 2* en donde se aportan los datos de los taludes.

TABLA 2. VALORES DEL TALUD EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL CANAL.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	CANALES POCO PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS
Roca en buenas condiciones	vertical	0.5 : 1
Arcillas compactas o conglomerados	0.5 : 1	1 : 1
Limos arcillosos	1 : 1	1.5 : 1
Limos arenosos	1.5 : 1	2 : 1
Arenas sueltas	2: 1	3 : 1

TOMADA DE LA REFERENCIA 4.

Hay que recordar que, para evitar derrumbes, particularmente en los profundos, se construyen banquetas, aquí proponemos que alturas se pueden ocupar

- Se consideran poco profundos $H \leq 3$ m.
- Se consideran profundos $H \geq 3$ m.

1.3 ELEMENTOS HIDRÁULICOS

Ahora se mencionan los elementos hidráulicos y su definición.

- a) **Gasto:** Se llama así al volumen de agua que pasa por la sección transversal hidráulica por unidad de tiempo y está dado en m^3/s y se denota con la letra “**Q**”.
- b) **Tirante:** Lo denotamos con la letra “**y**” y representa el nivel del agua tomado desde la superficie libre del líquido hasta la plantilla del canal; esta distancia se mide normal a la plantilla, en m.
- c) **Profundidad:** Representa la distancia vertical medida desde la superficie libre al fondo del canal en m y se denota con la letra “**p**”
- d) **Bordo libre:** La seguridad en la operación de un canal es de suma importancia, así que conviene dejar cierto desnivel entre la superficie libre del agua para el tirante normal y la corona de los bordos en se denota “**B. L.**” en m. A este desnivel se le da el nombre de bordo libre y en la *Tabla 3* se dan estos valores.

TABLA 3. VALORES DE B. L. EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE PLANTILLA.	
ANCHO DE LA BASE(m)	BORDO LIBRE(m)
Hasta 0.80	0.40
De 0.80 a 1.50	0.50
De 1.50 a 3.00	0.60
De 3.00 a 20.00	1.00
Mayores de 20.00	Se estudiará el caso

TOMADA DE LA REFERENCIA 4.

Cuando el coeficiente de rugosidad (n) no es el que se supone en los cálculos se necesita dejar un bordo libre; pudiendo ser (n) mayor que el propuesto, y por lo tanto la velocidad será menor aumentando el área hidráulica, por azolves, por error en el control de la toma conduciendo gastos mayores, oleaje, etc.

- e) **Sección hidráulica:** Está representada por la forma que tiene la sección transversal, pero limitada por la superficie libre del agua.
- f) **Área hidráulica:** Es de la sección transversal que es ocupada por el líquido. Se denota con la letra “**A**” en m^2 .

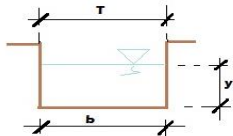
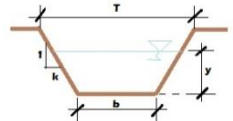
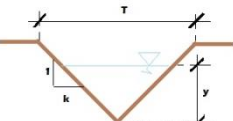
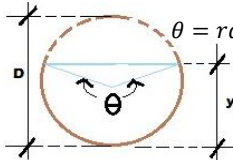
g) **Perímetro mojado:** Es del área hidráulica, pero únicamente aquel que tiene contacto con el agua, es decir, no se toma en cuenta la superficie libre. Se denota con la letra “**P**” en m.

h) **Radio hidráulico:** Este es un concepto netamente hidráulico que no tiene representación física y que en canales muy anchos (ríos) tiende al valor del tirante; se denota por las letras “**Rh**” y sus unidades son m; se obtiene de la relación que existe entre el área hidráulica y el perímetro mojado dada en la **Fórmula 1:**

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (1)$$

i) **Ancho de superficie libre:** Representa la amplitud que tiene la superficie libre dentro de la sección transversal del canal y la identificamos con la letra “**T**”, sus unidades son en m.

TABLA 4. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA DISTINTAS SECCIONES TRANSVERSALES.

SECCIÓN TRANSVERSAL	ÁREA A (m ²)	PERÍMETRO P (m)	RADIO HIDRÁULICO Rh (m)	ANCHO DE SUPERFICIE LIBRE T (m)
4.1 RECTANGULAR 	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
4.2 TRAPEZIAL 	$(b + ky)y$	$b + 2y\sqrt{1 + k^2}$	$\frac{(b + ky)y}{b + 2y\sqrt{1 + k^2}}$	$b + 2ky$
4.3 TRIANGULAR 	ky^2	$2y\sqrt{1 + k^2}$	$\frac{ky^2}{2y\sqrt{1 + k^2}}$	$2ky$
4.4 CIRCULAR 	$\frac{1}{4}(\theta - \frac{1}{2}\sin 2\theta)D^2$ $\theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$ $0 \leq \frac{y}{D} \leq 1$	θD	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta}\right)D$	$(\sin \theta)D$ $2\sqrt{y(D - y)}$

TOMADA DE LA REFERENCIA 5.

j) **Coefficiente de rugosidad (n):** Representa en valor experimental, la resistencia que oponen los diferentes materiales para que el flujo escurra. El más común es el de Manning (Tabla 5).

TABLA 5. COEFICIENTES DE MANNING PARA DIFERENTES MATERIALES.					
TIPO DE MATERIAL	"n"	TIPO DE MATERIAL	"n"	TIPO DE MATERIAL	"n"
METALES		b) Pintadas	0.013	h) Sobre roca bien excavada	0.020
Latón liso	0.010	Corrugadas	0.025	i) Sobre roca irregularmente excavada	0.027
Acero		No metales		Ladrillo	
a) Estriado y soldado	0.012	a) Superficie pulida	0.011	a) barnizado o lacado	0.013
b) Ribeteado y en espiral	0.016	b) Mortero	0.013	b) En mortero de cemento	0.015
Metal corrugado		Concreto		Mampostería	
a) Sub drenaje	0.019	a) Acabado con llana metálica	0.013	a) Piedra partida cementada	0.025
b) Drenaje pluvial	0.024	b) Acabado con llana de madera	0.015	b) Piedra suelta	0.032
CANALES REVESTIDOS		c) Pulido con gravas en el fondo	0.017	Fondo de grava con lados	
Metales		d) Sin pulir	0.017	a) De Concreto encofrado	0.020
Superficies de acero lisas		e) Lanzado, buena sección	0.019	b) De Piedra sin seleccionar sobre mortero	0.023
a) No pintadas	0.012	f) Lanzado, sección ondulada	0.022	c) De Piedra suelta	0.033
TOMADA DE LA REFERENCIA 6.					

k) **Régimen del flujo:**

El estado o comportamiento del flujo, es gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad relativas a las fuerzas de inercia del flujo.

Dependiendo del efecto de la viscosidad relativa a la inercia, el flujo puede ser:

- **Laminar.** Si las fuerzas viscosas son tan fuertes comparadas con las fuerzas de inercia. En flujo laminar, las partículas del agua parecen moverse en recorridos calmados definidos, o líneas de corriente y las capas infinitesimales delgadas del flujo parecen deslizarse sobre capas adyacentes.

- **Transición.** Entre los estados laminar y turbulento y también hay uno mixto.
- **Turbulento.** Si las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia. Aquí las partículas del agua se mueven en recorridos irregulares, los cuales no son calmados no determinados, pero en su conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente total.

El **efecto de viscosidad** relativo a la fuerza de inercia del flujo puede representarse por el número de **Reynolds**, definido por la **Expresión matemática 2**.

$$Re = \frac{\text{Fuerza de inercia}}{\text{Fuerza viscosa}} = \frac{4VRh}{\nu} \quad (2)$$

donde:

- V = Velocidad del flujo, en m/s .
- Rh = Radio hidráulico, en m .
- ν = Viscosidad cinemática, en m^2/s .

cuyos parámetros son:

- Laminar: $Re < 500$
- Transición: $500 < Re < 2000$
- Turbulento: $2000 < Re$

Ahora, respecto al efecto de la acción de la gravedad relativo a las fuerzas de inercia se obtiene con el número de **Froude**, dado por la **Ecuación 3**:

$$Fr = \frac{\text{Fuerza de inercia}}{\text{Fuerza de gravedad}} = \frac{V}{\sqrt{\frac{gA \cos \theta}{\alpha T}}} \quad (3)$$

donde:

- V = Velocidad del flujo, en m/s .
- g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2 .

cuyos parámetros son:

- Subcrítico: $Fr < 1$
- Crítico: $Fr = 1$
- Supercrítico: $Fr > 1$

1.4 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES

A. Velocidad Longitudinal

La velocidad del agua en contacto con superficies sólidas vale cero y se incrementa conforme se aleja de esta. La velocidad máxima no está en la superficie del líquido sino un poco abajo. (Figura 8).

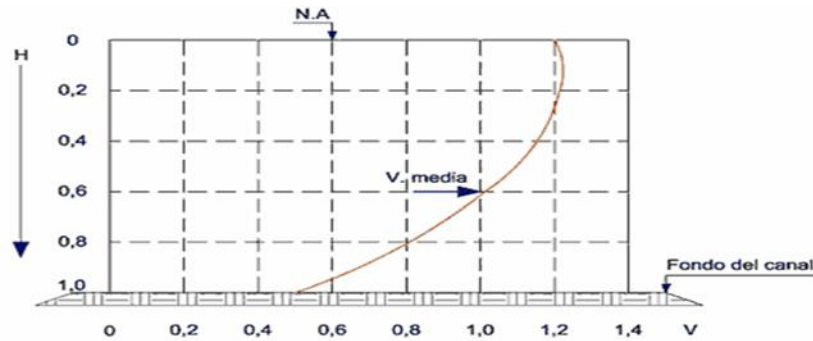


Figura 8. Variación de la velocidad a lo largo del canal. “Distribución de velocidades”
http://3.bp.blogspot.com/_FJZh1gy3MuM/TR020nhyLNI/AAAAAAAAAoA/cUBMu1bvTAS/s1600/11.gif (fecha de actualización 12 de septiembre de 2017)

B. Velocidad transversal

$$V = \frac{Q}{\sum_{i=1}^n \Delta A_i} = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

donde:

- v_i = Velocidad en cada punto, en m/s .
- ΔA_i = El área que encierra al punto, en m^2 .
- n = Número de intervalos i .

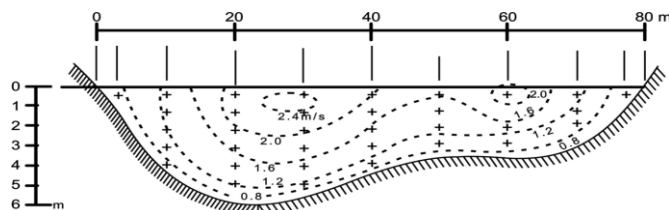


Figura 9. Velocidad transversal. Tomada de la referencia 4

1.5 DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES

Cuando el agua circula en una plantilla, el fondo puede tener dos características ser plano o ser curvo, para cada uno de ellos hay que distinguir ciertos aspectos.

A. Fondo plano

La presión en cualquier punto de una sección transversal del flujo en canales de pendiente pequeña y eliminando disturbios menores a la turbulencia, es directamente proporcional a la profundidad del punto. Por lo tanto, la distribución de presiones es hidrostática, es decir, es lineal; la cual es aplicable al flujo uniforme o aquel que varía gradualmente.

B. Fondo curvo

Cuando el flujo es curvilíneo, este puede ser cóncavo o convexo y en ambos casos la distribución de presiones es no lineal.

B.1 Fondo cóncavo

En el flujo cóncavo las fuerzas centrífugas apuntan hacia abajo para reforzar la acción de la gravedad; así la presión resultante es más grande que la presión hidrostática de un flujo paralelo.

B.2 Fondo convexo

En este flujo las fuerzas centrífugas actúan hacia arriba contra la acción de la gravedad por lo tanto la presión resultante es menor que la presión hidrostática de un flujo paralelo.

De acuerdo con lo anterior la presión hidrostática debe corregirse según la forma del fondo donde circula el flujo según se muestra en la **Ecuación 5**.

$$y \cos \theta \pm \frac{V^2 y}{g R} \quad (5)$$

donde:

- R = Radio de fondo, en m .
- (+) = Fondo cóncavo.
- (-) = Fondo convexo.

1.6 ECUACIONES GENERALES

▪ Ecuación de Gasto y Continuidad

a) Gasto

$$Q = A \cdot V \quad (6)$$

b) Continuidad.

$$Q_1 = Q_2$$

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (7)$$

donde:

$Q_1, Q_2 =$ Gasto, en m^3/s .

$A_1, A_2 =$ Área de la sección transversal, en m^2 .

▪ **Ecuación de Energía y Bernoulli**

c) De energía.

$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

donde:

$E =$ Energía total, en m .

$z =$ Elevación de la línea de corriente, en m .

$p =$ Presión, en m .

$\gamma =$ Peso específico del fluido, en kg/m^3 .

d) De energía específica para canales.

$$E = y + \frac{V^2}{2g} \quad (9)$$

e) De Bernoulli.

$$E_1 = E_2 + \sum h_f \quad (10)$$

$$y_1 + \alpha \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \alpha \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (11)$$

donde:

$\sum h_f =$ Sumatoria de pérdidas de carga, en m .

$\alpha =$ Coeficiente de Coriolis, adimensional.

- **Ecuación de Impulso y Cantidad de movimiento**

$$\sum F_p + \sum F_\tau + \sum F_c = \frac{\gamma}{g} (\sum Q\beta V) \quad (12)$$

donde:

- $F_p =$ Fuerza de presión, en kg .
- $F_\tau =$ Fuerza de fricción, en kg .
- $F_c =$ Fuerza de cuerpo, en kg .
- $\beta =$ Coeficiente de Boussinesq, adimensional.

1.7 ECUACIONES DE FLUJO UNIFORME

El flujo uniforme es en realidad un flujo hipotético que en la práctica no existe, ya que físicamente es improbable, dada la viscosidad del líquido que la velocidad de las partículas sea exactamente la misma tanto en el ancho como en la profundidad del canal. Sin embargo, después de considerarlo y efectuar algunos ajustes de tipo empírico las ecuaciones de la teoría de flujo uniforme, permiten obtener resultados con cierto margen de seguridad y confiabilidad cuando esta teoría se aplica a la solución que se plantea de ciertos problemas técnicos en la práctica profesional.

Las características que deben cumplir en un escurrimiento del flujo a superficie libre para que sea considerado como uniforme son las siguientes:

- Cada sección transversal del canal debe ser considerada geométrica e hidráulicamente como constante, es decir, sus dimensiones no varían, y no cambian ni en el espacio ni en el tiempo. Y por otro lado la profundidad, el área hidráulica, la velocidad, el tirante, respectivamente.
- Las pendientes de energía, de la superficie libre del agua y de la plantilla, son todas iguales.
- El estado o comportamiento del flujo es gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y de gravedad relativa respecto a las fuerzas de inercia. El efecto de viscosidad se toma en cuenta cuando se determina el número de Reynolds calculado de acuerdo con la **Expresión 2** y el de gravedad se considera con el parámetro del número de Froude (**Ecuación 3**).

Entonces, para el cálculo del flujo uniforme, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Ecuación general de la velocidad para flujo uniforme (Ecuación de Chezy)

$$V = C\sqrt{Rh s_0} \quad (13)$$

donde:

V = Velocidad, en m/s .

C = Factor de la resistencia, adimensional. Se obtiene de tablas, según el material del canal.

Rh= Radio hidráulico, en m .

s_0 = Pendiente, adimensional.

si

$$C = \frac{Rh^{1/6}}{n} \quad (14)$$

Esta última expresión se substituye en (13) y toma la forma de la:

b) Ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} s_0^{1/2} \quad (15)$$

ahora despejando la velocidad de la fórmula 6 tenemos

$$V = \frac{Q}{A} \quad (16)$$

y substituyendo 16 en 15 da paso a

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} Rh^{2/3} s_0^{1/2} \quad (17)$$

c) Ecuación general de flujo uniforme

$$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = A Rh^{2/3} \quad (18)$$

Esta última ecuación es la que se utiliza para el diseño de canales prismáticos, la solución de esta puede lograrse por distintos métodos, entre éstos el gráfico, el de tanteo o bien por métodos numéricos en este trabajo se empleara el método de Newton Raphson.

Cabe señalar que en ella el área y el perímetro están en función de la base y el tirante por lo tanto para diseñar el canal es conveniente conocer una de las dos ya que de lo contrario se tiene una ecuación con dos incógnitas.



CAPÍTULO II
MÉTODO
NUMÉRICO

CAPÍTULO II

MÉTODO NUMÉRICO

2.1 GENERALIDADES DEL MÉTODO NEWTON RAPHSON

Como bien sabemos dentro de la ingeniería y especialmente en la hidráulica de canales, los diseños son por medio de ecuaciones matemáticas, y en muchas ocasiones llegan a ser tediosas y complejas de resolver. Es por ello que recurrimos a técnicas basadas en métodos numéricos, las cuales permiten resolver este tipo de ecuaciones algebraicas por aproximaciones sucesivas, las cuales requieren de una inversión de tiempo abundante sin embargo con la tecnología actual es posible minimizar ese tiempo de cálculo.

Dentro de estos métodos podemos mencionar podemos mencionar el de bisección, el de la regla falsa o falsa posición, el del punto fijo, el de Newton Raphson y para este trabajo se empleará el ultimo ya que tiene ventajas sobre los anteriores y la más importante es que converge a la solución en un número reducido de iteraciones lo que sea rápido y su resultado casi inmediato, por lo que a continuación expondré las bases del mismo

Emplea aproximaciones sucesivas precisamente para encontrar las raíces de una ecuación trascendental y parte de una primera aproximación x_n y empleando una expresión de recurrencia se acerca a la raíz buscada, de tal manera que la nueva aproximación x_{n+1} se localiza en la intersección de la tangente a la curva de la función en el punto x_n y el eje de las abscisas como se aprecia en la figura 10

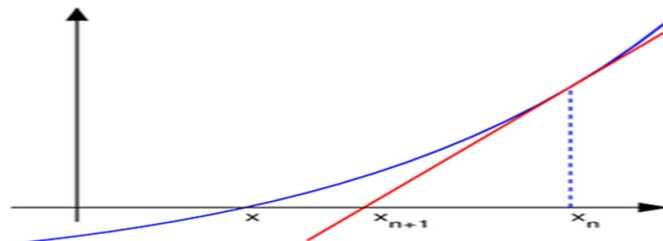


Figura 10. Se presentan las iteraciones del método. “Newton – Raphson | ANÁLISIS NUMÉRICOS”

https://www.google.com.mx/url?sa=i&rc=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwjYn9bwsVLVAhWCKyYKHxanAdAQjB0IBg&url=https%3A%2F%2Fmat156.wordpress.com%2Fcategory%2Fnewtonraphson%2F&psig=AFQjCNEM8C9_OKHAbpXHd54x3wd8UQ5uNw&ust=1503750923608843
(fecha de actualización 23 de agosto de 2017)

en la cual se cumple la **19**:

$$\tan(\theta) = F'(x_n) \quad (19)$$

por definición de tangente:

$$\tan(\theta) = \frac{F(x_n)}{x_n - x_{n+1}} \quad (20)$$

Igualando las **18** y **19** tenemos:

$$F'(x_n) = \frac{F(x_n)}{x_n - x_{n+1}} \quad (21)$$

por lo tanto:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{F(x_n)}{F'(x_n)} \quad (22)$$

Donde la **Ecuación 22** es la forma de recurrencia del método de Newton Raphson y $n = 1, 2, 3, \dots$. Para nuestro caso y tomando en cuenta lo dicho lo referente a la 18 la recurrencia de la 22 se empleara de las siguientes maneras

$$y_{n+1} = y_n - \frac{F(y_n)}{F'(y_n)} \quad (23)$$

$$b_{n+1} = b_n - \frac{F(b_n)}{F'(b_n)} \quad (24)$$

2.2 ECUACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE CANALES POR EL MÉTODO DE NEWTON RAPHSON

Primero, de acuerdo con la **Forma 23** para aplicar el método de Newton Raphson según el cociente es necesario determinar la $F(y)$ y la primera derivada de esta

$$F(y) = A R h^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (25)$$

$$F'(y) = \frac{R h^{2/3}}{3} \left(5 \frac{dA}{dy} - 2 R h \frac{dP}{dy} \right) \quad (26)$$

en seguida haciendo lo mismo con la **24** se da la $F(b)$ junto con su derivada

$$F(b) = A R h^{2/3} - \frac{Qn}{s_0^{1/2}} \quad (27)$$

$$F'(b) = \frac{R h^{2/3}}{3} \left(5 \frac{dA}{db} - 2 R h \frac{dP}{db} \right) \quad (28)$$

2.3 ECUACIONES PARTICULARES PARA EL DISEÑO DE CANALES POR EL MÉTODO DE NEWTON RAPHSON DE DISTINTAS SECCIONES TRANSVERSALES

Las distintas formas de sección trasversal de un canal van desde ser compuestas hasta ser una figura geométrica sencilla, en ambos casos para aplicar el método de Newton Raphson se recurre a las **Formas 25** y **26**, en el caso de que la incógnita sea el tirante o si la incógnita es la base se ocuparán la **27** y **28** y en todas ellas se substituye, según el caso, las expresiones de cada sección lo que nos dará una sección particular como se resume a continuación:

▪ SECCIÓN RECTANGULAR

$$F(y) = by \left(\frac{by}{b+2y} \right)^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (29)$$

a) Tirante
$$F'(y) = \left[\frac{by}{3(b+2y)} \right]^{2/3} \left(5b - 4 \frac{by}{b+2y} \right) \quad (30)$$

$$F(b) = by \left(\frac{by}{b+2y} \right)^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (31)$$

b) Base
$$F'(b) = \left[\frac{by}{3(b+2y)} \right]^{2/3} \left(5y - 2 \frac{by}{b+2y} \right) \quad (32)$$

▪ SECCIÓN TRAPEZIAL

$$F(y) = [(b + ky)y] \left[\frac{(b+ky)y}{b+2y\sqrt{1+k^2}} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (33)$$

a) Tirante
$$F'(y) = \left[\frac{(b+ky)y}{b+2y\sqrt{1+k^2}} \right]^{2/3} \left(\frac{5}{3}(b + 2k) - \frac{4}{3} \frac{(b+ky)y}{b+2y\sqrt{1+k^2}} \sqrt{1+k^2} \right) \quad (34)$$

$$F(b) = [(b + ky)y] \left[\frac{(b+ky)y}{b+2y\sqrt{1+k^2}} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (35)$$

b) Base
$$F'(b) = \left[\frac{(b+ky)y}{b+2y\sqrt{1+k^2}} \right]^{2/3} \left(\frac{5}{3}y - \frac{4}{3} \frac{(b+ky)y}{b+2y\sqrt{1+k^2}} \right) \quad (36)$$

▪ **SECCIÓN TRIANGULAR**

$$F(y) = ky^2 \left(\frac{ky^2}{2y\sqrt{1+k^2}} \right)^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (37)$$

a) Tirante
$$F'(y) = \left(\frac{ky^2}{2y\sqrt{1+k^2}} \right)^{2/3} \left(\frac{8}{3} ky \right) \quad (38)$$

▪ **SECCIÓN CIRCULAR**

$$F(D) = \frac{1}{4} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) D^2 \left[\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \frac{D}{4} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (39)$$

a) Diámetro
$$F'(D) = \frac{(\theta - \sin \theta) D^2}{4 \theta D} \left[\frac{5}{3} D \left(2 - \frac{\sin \theta}{4} \right) - \frac{(\theta - \sin \theta) D^2}{4 \theta D} \theta \right] \quad (40)$$

$$F(y) = \frac{1}{4} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) D^2 \left[\left(1 - \frac{(\sin 2\theta)}{2\theta} \right) \frac{D}{4} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}} \quad (41)$$

b) Tirante
$$F'(y) = \frac{\left[1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right]^{2/3}}{3} \left[5[(\sin \theta)D] - \frac{2 \left[\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right) D \right]}{\sqrt{\frac{y}{D} \left(1 - \frac{y}{D} \right)}} \right] \quad (42)$$



CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE DISEÑO

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE DISEÑO

Conjuntar todo lo anterior con la teoría de canales no es un proceso difícil, sin embargo cuando se carece de experiencia, esto resulta confuso hasta llegar a ser complejo. Por lo que es recomendable basarnos en ciertos pasos para alcanzar un diseño satisfactorio de los canales y que a continuación se describen en dos etapas: la primera, se lleva a cabo en campo, es decir, en el lugar donde se pretende construir el canal y la segunda es el trabajo que se realiza en gabinete con los datos recabados en campo.

Etapas Uno: Trabajos de campo.

- I. Acudir a la zona donde se quiere construir el canal para, empaparse de la problemática y sobre todo el contexto general del desarrollo del proyecto, así como de lo que el usuario desea. Con la finalidad de generar un registro e ideas sólidas que permitan propuestas factibles para cubrir su necesidad.
- II. Delimitar la zona de estudio.
- III. Tomar el tiempo necesario para englobar la problemática en un enunciado, cuya característica es ser un párrafo claro y específico, donde también se expresan los parámetros constantes y se identifica las incógnitas.
- IV. Definir los estudios³ necesarios que son punto de partida y complementan al proyecto.

Etapas Dos: Actividades de gabinete.

Se propone el ***Formato para el diseño de canales en su primera versión (ver FPDC-V1)***, el cual facilita los cálculos para el diseño del canal, debido a la secuencia ordenada y progresiva con la que se llevan a cabo los mismos, además de resumir el proceso para lograr el resultado buscado. Y cuyos elementos o celdas que lo integran defino enseguida.

- a) ***Proyecto.*** Nombre que se le asigna a la problemática a resolver.
- b) ***Enunciado del problema.*** En este espacio se describe de manera textual el contexto del problema a resolver.

³ Tales como el topográfico, el hidrológico, el de mecánica de suelo o algún otro especial.

- c) **Comentario.** Aquí el proyectista propone o visualiza que juego de ecuaciones se van a ocupar.
- d) **Datos del problema.** Dependiendo de la información proporcionada en el punto a) se llena este espacio.
- e) **Constante del Flujo Uniforme.** Es el cociente del producto del coeficiente de Manning por el gasto entre la raíz cuadrada de la pendiente; siendo el miembro izquierdo de la **Expresión 18**.
- f) **Función de Flujo Uniforme** para la aplicación del método de Newton Raphson dada por las **Ecuaciones 29, 31, 33, 35, 37, o 39** de acuerdo al caso.
- g) **Primera derivada de la función de flujo uniforme.** Esta se define de acuerdo a la incógnita buscada y se elige de las **Expresiones 30, 32,34, 36, 38, o 40**.
- h) **Tabla para el cálculo de iteraciones.** Estos se desarrollan para cada una de las variables ya sea el tirante, la base o el diámetro, partiendo de un valor inicial el cual se sugiere sea la unidad, para enseguida complementar el cálculo de acuerdo con el encabezado de cada columna. E iniciar la siguiente iteración con el valor de la última columna.
- i) **Resumen de diseño hidráulico.**
- j) **Conclusiones y comentarios.** En este espacio se expresa la interpretación del resultado obtenido, así como alguna consideración hecha en la solución del problema.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



a)

Calculó: _____

Fecha: _____

Revisó: _____

b)

c)

d)	e)
f)	g)

h)

b_i ó y_i (m)	A (m^2)	P (m)	Rh (m)	$Rh^{2/3}$ ($m^{2/3}$)	T (m)	F	F'	$\frac{F}{F'}$	b_i ó $y_i - \frac{F}{F'}$

D_i ó y_i (m)	θ (rad)	A (m^2)	P (m)	Rh (m)	$Rh^{2/3}$ ($m^{2/3}$)	T (m)	F	F'	$\frac{F}{F'}$	D_i ó $y_i - \frac{F}{F'}$

i) RESUMEN DEL DISEÑO HIDRÁULICO	j) FPDC-V1
---	-------------------

FORMATO 1. FORMATO PARA EL DISEÑO DE CANALES VERSIÓN 1.



CAPÍTULO IV APLICACIONES

CAPÍTULO IV

APLICACIONES

4.1 GENERALIDADES

Se pretende en este capítulo amalgamar lo que hasta el momento se viene desarrollando y para lograrlo se presentan en este capítulo varios ejemplos y lo que se pretende con el primer ejercicio es efectuarlo paso a paso sin mecanizar el proceso, es decir a mano alzada y empleando únicamente una calculadora para hacer énfasis en lo rutinario y fastidioso de aplicar el método sin el uso de una hoja de cálculo.

Posteriormente el resto de los ejercicios se empleará Excel y el Formato **FPDC-V1** **FORMATO PARA EL DISEÑO DE CANALES VERSION 1** recomendado para reducir el tiempo de cálculo y sobre todo las ventajas de proporcionar el diseño de una manera rápida y eficiente como en la actualidad se requiere trabajar.

4.2 CANAL TRIANGULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

INGENIERÍA CIVIL



CUNETETA DE CARRETERA

Hoja 1/2

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

En la construcción de una nueva autopista, se solicitó proyectar la cuneta para el desalojo de agua que se vierte de la carpeta asfáltica y que escurre por la caída del corte que se realizó al cerro. Se determinó que el gasto es de 3 m³/s y por el estudio topográfico se obtuvo una pendiente de 0.0015.



$$\begin{aligned} Q &= 3.0000 \text{ m}^3/\text{s} \\ n &= 0.0190 \\ s_0 &= 0.0015 \\ k &= 0.2500 \\ y &= ? \end{aligned}$$

$$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 1.47173$$

$$F(y) = ky^2 \left(\frac{ky^2}{2y\sqrt{1+k^2}} \right)^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$$

$$F'(y) = \left(\frac{ky^2}{2y\sqrt{1+k^2}} \right)^{2/3} \left(\frac{8}{3} ky \right)$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



Hoja 2/2

CUNETA DE CARRETERA

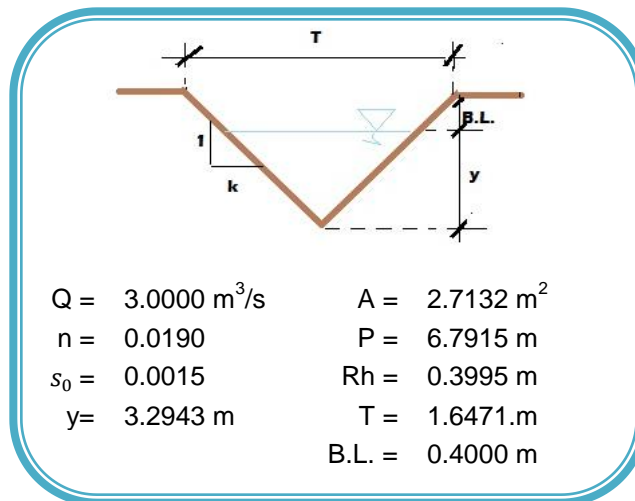
Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

y (m)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(y)	F'(y)	F(y)/F'(y)	y- F(y)/F'(y)
1.000000	0.250000	2.061553	0.121268	0.244999	0.500000	-1.410480	0.163332	-8.635641	9.635641
9.635641	23.211396	19.864384	1.168493	1.109390	4.817821	24.278753	7.126454	3.406849	6.228792
6.228792	9.699463	12.840984	0.755352	0.829404	3.114396	6.573046	3.444125	1.908481	4.320311
4.320311	4.666273	8.906550	0.523915	0.649891	2.160156	1.560838	1.871820	0.833861	3.486451
3.486451	3.038834	7.187502	0.422794	0.563317	1.743225	0.240096	1.309317	0.183375	3.303075
3.303075	2.727577	6.809464	0.400557	0.543387	1.651538	0.010400	1.196566	0.008692	3.294384
3.294384	2.713241	6.791546	0.399503	0.542433	1.647192	0.000023	1.191323	0.000019	3.294365

En este problema se emplean las Formulas de la Tabla 4 apartado 4.3 con las que se obtienen el área, el perímetro y el radio hidráulico, así como también las Expresiones Particulares 37 y 38 de la sección que nos ocupa. El material del recubrimiento es concreto lanzado buena sección, el Talud y el Bordo Libre se determina con ayuda de la Tabla 1 y 3 respectivamente.



4.3 CANALES RECTANGULARES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

INGENIERÍA CIVIL

ENTRE JARDINERAS



Hoja 1/2

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

En la construcción de un parque se ha proyectado que entre las jardineras pase un canalito revestido de ladrillo, el cual alimentará un estanque que se ocupará para actividades recreativas, por lo que se desea tenga un tirante de agua de 0.40 m y conduzca un gasto de 0.15 m³/s.



$Q = 0.150 \text{ m}^3/\text{s}$ $n = 0.013$ $s_0 = 0.015$ $y = 0.400 \text{ m}$ $b = ?$	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 0.015922$
$F(b) = by \left(\frac{by}{b+2y} \right)^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(b) = \left[\frac{by}{3(b+2y)} \right]^{2/3} \left(5y - 2 \frac{by}{b+2y} \right)$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



ENTRE JARDINERAS

Hoja 2/2

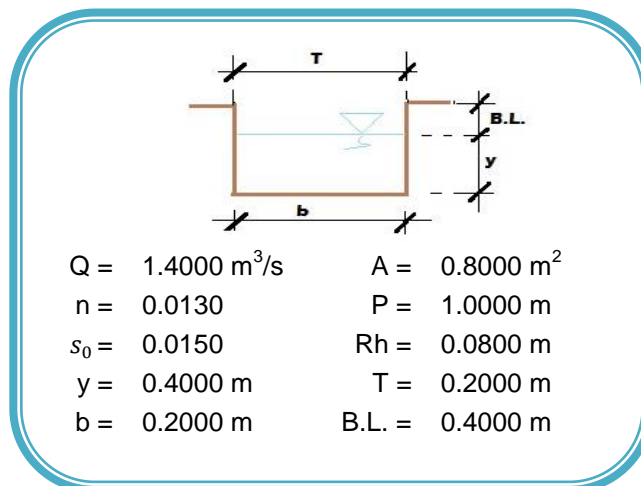
Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

b (m)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(b)	F'(b)	F(b)/F'(b)	b- F(b)/F'(b)
1.000000	0.400000	1.800000	0.222222	0.366881	1.000000	0.130830	0.274366	0.476847	0.523153
0.523153	0.209261	1.323153	0.158154	0.292451	0.523153	0.045277	0.236720	0.191267	0.331887
0.331887	0.132755	1.131887	0.117286	0.239606	0.331887	0.015887	0.203361	0.078121	0.253765
0.253765	0.101506	1.053765	0.096327	0.210135	0.253765	0.005408	0.182583	0.029620	0.224146
0.224146	0.089658	1.024146	0.087544	0.197160	0.224146	0.001755	0.172974	0.010146	0.213999
0.213999	0.085600	1.013999	0.084418	0.192438	0.213999	0.000551	0.169409	0.003250	0.210749
0.210749	0.084300	1.010749	0.083403	0.190892	0.210749	0.000170	0.168235	0.001011	0.209738
0.209738	0.083895	1.009738	0.083086	0.190408	0.209738	0.000052	0.167866	0.000312	0.209426
0.209426	0.083770	1.009426	0.082988	0.190259	0.209426	0.000016	0.167752	0.000096	0.209330
0.209330	0.083732	1.009330	0.082958	0.190213	0.209330	0.000005	0.167717	0.000029	0.209301
0.200000	0.080000	1.000000	0.080000	0.185664	0.200000				

En este problema se emplean las Formulas de la Tabla 4 apartado 4.3 con las que se obtienen el área, el perímetro, el radio hidráulico, así como también las Expresiones Particulares 31 y 32.de la sección que nos ocupa. El material del recubrimiento es ladrillo barnizado. El Bordo Libre se determina con ayuda de la Tabla 3.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



ALIMENTACIÓN A BEBEDEROS

Hoja 1/2

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

Del cauce cercano a una zona ganadera se requiere extraer y transportar agua atravesando pastizales para alimentar bebederos y regar una pequeña huerta mediante un canal cuyo recorrido será restringido por todo el perímetro de la huerta. Con la finalidad de aprovechar un banco de material cercano, este será construido con mampostería cuya amplitud no debe ser mayor a 1.50 m para conducir 1 m³/s necesario para desarrollar la actividad descrita.



<p>Q = 1.000 m³/s n = 0.025 s₀ = 0.023 y = ? b = 1.500 m</p>	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 0.0085719$
$F(y) = by \left(\frac{by}{b+2y} \right)^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(y) = \left[\frac{by}{3(b+2y)} \right]^{2/3} \left(5b - 4 \frac{by}{b+2y} \right)$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



ALIMENTACIÓN A BEBEDEROS

Hoja 2/2

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

y (m)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(y)	F'(y)	F/F'	y - F/F'
1.000000	1.500000	3.500000	0.428571	0.568437	1.500000	0.687810	1.581096	0.435021	0.564979
0.564979	0.847468	2.629958	0.322236	0.470020	1.500000	0.233482	1.403463	0.166362	0.398617
0.398617	0.597926	2.297235	0.260281	0.407657	1.500000	0.078904	1.265817	0.062334	0.336283
0.336283	0.504425	2.172566	0.232179	0.377760	1.500000	0.025706	1.193397	0.021540	0.314743
0.314743	0.472114	2.129485	0.221703	0.366310	1.500000	0.008095	1.164604	0.006951	0.307792
0.307792	0.461688	2.115584	0.218232	0.362476	1.500000	0.002506	1.154834	0.002170	0.305622
0.305622	0.458433	2.111245	0.217139	0.361264	1.500000	0.000771	1.151735	0.000669	0.304953
0.304953	0.457430	2.109906	0.216801	0.360889	1.500000	0.000237	1.150774	0.000206	0.304748
0.304748	0.457121	2.109495	0.216697	0.360774	1.500000	0.000073	1.150478	0.000063	0.304685

En este problema se emplean las Formulas la Tabla 4 apartado 4.1 con las que obtienen el área, el perímetro y el radio hidráulico, así como también de la sección que nos ocupa las Expresiones Particulares 29 y 30 de la sección que nos ocupa. El material de recubrimiento es piedra partida cementada. El Bordo Libre se determina con ayuda de la Tabla 3.

$Q = 0.9775 \text{ m}^3/\text{s}$ $A = 0.4572 \text{ m}^2$
 $n = 0.0250$ $P = 2.1094 \text{ m}$
 $s_0 = 0.0230$ $Rh = 0.2166 \text{ m}$
 $y = 0.3046 \text{ m}$ $T = 1.5000 \text{ m}$
 $b = 1.5000 \text{ m}$ $B.L. = 0.5000 \text{ m}$

4.4 CANALES TRAPECIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



ABASTECIMIENTO A RANCHERIA

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

Se desea llevar agua por gravedad a una ranchería, con la finalidad de darle un uso domestico y para actividades agrícolas, la cual se extraerá de un cauce cercano a ella y según se determinó del estudio hidrológico es necesario un gasto de 3.5 m³/s -suficiente para cubrir estas necesidades-. El canal será revestido de concreto y su pendiente es de 0.002.



Este ejercicio se realizó a mano apoyándose de la calculadora.

$Q = 3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ $n = 0.015$ $s_0 = 0.002$ $k = 0.500$ $y = 1.400 \text{ m}$ $b = ?$	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = \frac{(0.015)(3.5)}{0.002^{1/2}} = 1.173936$
$F(b) = [(b + zy)y] \left[\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(b) = \left[\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right]^{2/3} \left(\frac{5}{3}y - \frac{4}{3} \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right)$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



INGENIERÍA CIVIL
ABASTECIMIENTO A RANCHERIA

Hoja 2/2

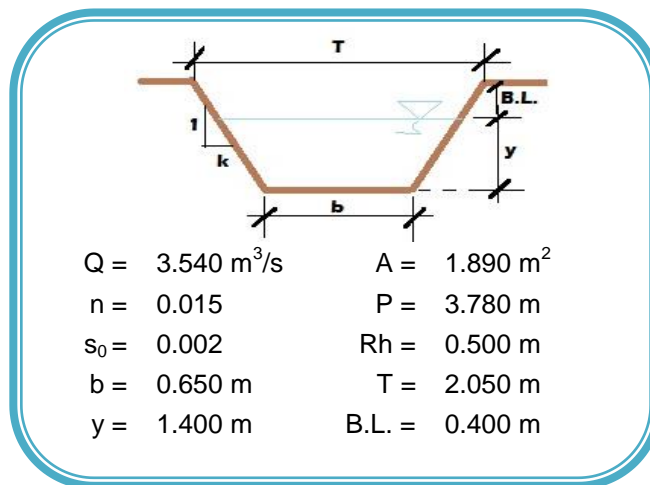
Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

B (m)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(b)	F'(b)	F/F'	b - F/F'
1	2.38000	4.130495	0.576202	0.692442	2.400000	0.474076	1.083716	0.437454	0.562546
0.562546	1.767564	3.693041	0.478620	0.611872	1.962546	-0.09413	1.037229	-0.089096	0.651642
0.651642	1.892299	3.782137	0.500325	0.630234	2.051642	0.018655	1.050117	0-017765	0.669407
0.669407	1.917170	3.799902	0.504531	0.633761	2.069407	0.041090	1.052439	0.039043	0.630364
0.630364	1.862510	3.760859	0.495253	0.625952	2.030364	-0.008094	1.047215	-0.007729	0.638093
0.638093	1.873330	3.768588	0.497091	0.627514	2.038093	0.001606	1.048290	0.001532	0.636561
0.636561	1.871185	3.767056	0.496723	0.627205	2.036561	-0.000319	1.048082	-0.000304	0.636865
0.636865	1.871612	3.767360	0.496797	0.627267	2.036865	0.000064	1.048124	0.000061	0.636926
0.650000	1.890000	3.780494	0.499935	0.629906	2.050000				

En este problema se emplean las Formulas de la Tabla 4 apartado 4.2 con las que se obtienen el área, el perímetro y el radio hidráulico, así como también las Expresiones Particulares 35 y 36 de la sección que nos ocupa. El material de recubrimiento es concreto terminado con llana de madera y El Talud y el Bordo Libre se determina con ayuda de la Tabla 1 y 3 respectivamente.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



CANAL DE DESAGÜE EN CARRETERA

Hoja 1/2

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

Una comunidad tiene el problema de que en temporada de lluvia la carretera se inunda. De la visita al lugar se determinó construir un canal de sección trapecial para evitar que el camino se sature y así conducir el agua a una pequeña barranca. El estudio hidrológico evaluó un gasto a desalojar de 2.5 m³/s y mecánica de suelos señalo que el terreno del lugar es arcilloso.



Cortesía ICE Proyecto y Construcción S. A. de C. V. "La Tinaja /Cpo. A km 2+400" c.c. 30-04-2018 fecha de actualización 29-01-2019.

<p>Q = 2.500 m³/s n = 0.017 s₀ = 0.005 k = 0.750 y = ? b = 0.600 m</p>	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 0.601041$
$F(y) = [(b + ky)y] \left[\frac{(b + ky)y}{b + 2y\sqrt{1 + k^2}} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(y) = \left[\frac{(b + ky)y}{b + 2y\sqrt{1 + k^2}} \right]^{2/3} \left(\frac{5}{3}(b + 2k) - \frac{4}{3} \frac{(b + ky)y}{b + 2y\sqrt{1 + k^2}} \sqrt{1 + k^2} \right)$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



CANAL DE DESAGÜE EN CARRETERA

Hoja 2/2

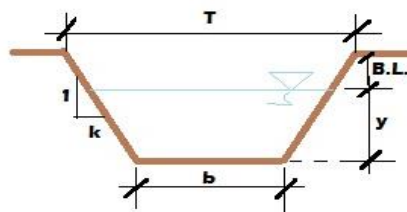
Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

y (m)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(y)	F'(y)	F/F'	y-F/F'
1.000000	1.350000	3.100000	0.435484	0.574533	2.100000	0.174578	1.285058	0.135852	0.864148
0.864148	1.078552	2.760369	0.390727	0.534461	1.896222	-0.024597	1.219401	-0.020171	0.884319
0.884319	1.117107	2.810798	0.397434	0.540559	1.926479	0.002821	1.229568	0.002295	0.882024
0.882024	1.112690	2.805061	0.396672	0.539868	1.923037	-0.000335	1.228419	-0.000273	0.882297
0.882297	1.113214	2.805743	0.396763	0.539951	1.923446	0.000040	1.228555	0.000032	0.882265

En este problema se emplean las Formulas de la Tabla 4 apartado 4.2 con las se obtienen el área, el perímetro y el radio hidráulico, así como también las Expresiones Particulares 33 y 34 de la sección que nos ocupa. El material de recubrimiento es concreto sin pulir y el Talud y el Bordo Libre se determina con la Tabla 1 y 3 respectivamente.



Q = 2.5000 m ³ /s	A = 1.1132 m ²
n = 0.0170	P = 2.8057 m
s ₀ = 0.005	Rh = 0.3967 m
y = 0.8822 m	T = 1.9234 m
b = 0.6000 m	B.L. = 0.4000 m

4.4 CANALES CIRCULARES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL
DESAGÜE EN PLANTÍO



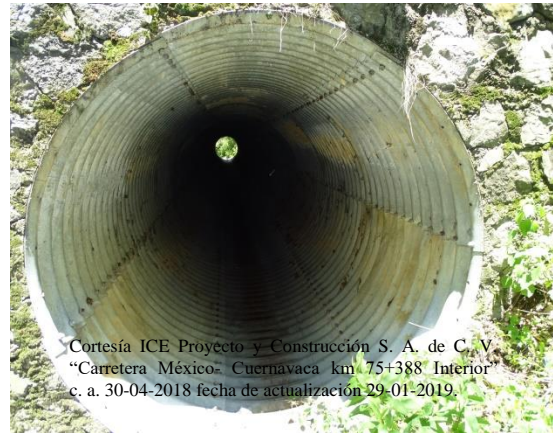
Hoja 1/2

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

Se desea pasar el desagüe de un plantío a otro terreno y para tal efecto es necesario atravesar un camino en la zona baja. El conducto será circular y de metal formado por piezas de lamina corrugada unida mediante tornillos. La pendiente tiene un valor 0.0015 y circulará un gasto de 2.50 m³/s.



<p>Q = 2.5000 m³/s n = 0.0240 s₀ = 0.0015 D = ? y. = 0.6000 m</p>	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 1.549193$
$F(D) = \frac{1}{4} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) D^2 \left[\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \frac{D}{4} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(D) = \frac{(8 - \sin \theta) D^2}{4 \theta D} \left[\frac{5}{3} D \left(2 - \frac{\sin \theta}{4} \right) - \frac{(8 - \sin \theta) D^2}{4 \theta D} \theta \right]$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL



Hoja 2/2

DESAGÜE EN PLANTÍO

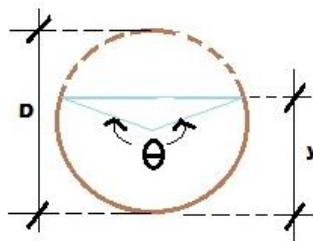
Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

D (m)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(D)	F'(D)	F/F'	D - F/F'
1.000000	42.201980	168.460000	0.250516	0.397396	-0.926876	15.221711	44.710166	0.340453	0.659547
0.659547	18.357955	111.107284	0.165227	0.301107	-0.611318	3.978515	22.340233	0.178087	0.481460
0.481460	9.782557	81.106673	0.120613	0.244116	-0.446253	0.838889	13.219377	0.063459	0.418000
0.418000	7.373716	70.416362	0.104716	0.222165	-0.387435	0.088986	10.444038	0.008520	0.409480
0.409480	7.076178	68.981045	0.102581	0.219135	-0.379537	0.001447	10.091510	0.000143	0.409337
0.409337	7.071222	68.956885	0.102545	0.219084	-0.379404	-0.000001	10.085617	0.000000	0.409337
0.400000	6.752317	67.384000	0.100206	0.215740	-0.370750				

En este problema se emplean las Formulas de la Tabla 4 apartado 4.4 con las que se obtienen el área, el perímetro y el radio hidráulico y así como también las Expresiones Particulares 39 y 40 de la sección que nos ocupa. El material es lámina corrugada y el Bordo Libre se determina con la Tabla 3.



$$\begin{aligned}
 Q &= 2.3504 \text{ m}^3/\text{s} & A &= 6.7523 \text{ m}^2 \\
 n &= 0.0240 & P &= 67.3840 \text{ m} \\
 s_0 &= 0.0015 & Rh &= 0.1002 \text{ m} \\
 D &= 0.4000 \text{ m} & T &= -0.3707 \text{ m} \\
 y &= 0.6000 \text{ m}
 \end{aligned}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL
ALCANTARILLA



Hoja 1/4

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

El trazo de un camino atraviesa un desagüe natural y para garantizar la seguridad de los usuarios se pretende entubarlo. La constructora dispone de una reserva de tubos de concreto de 1.10 m de diámetro que piensa utilizar para tal efecto. El gasto a conducir es de 3 m³/s con una pendiente de 0.0010 m/m. Determine las condiciones hidráulicas con las que funcionara la alcantarilla.



<p>Q = 3.00 m³/s n = 0.013 s₀ = 0.001 m/m D = 1.10 m y = ?</p>	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 1.233288$
$F(y) = \frac{1}{4} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) D^2 \left[\left(1 - \frac{(\sin 2\theta)}{2\theta} \right) \frac{D}{4} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(y) = \frac{\left[1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right]^{2/3}}{3} \left[5[(\sin \theta)D] - \frac{2 \left[\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right) D \right]}{\sqrt{\frac{y}{D} \left(1 - \frac{y}{D} \right)}} \right]$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL
ALCANTARILLA



Hoja 2/4

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

y (m)	θ rad	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	Rh ^{2/3} (m ^{2/3})	T (m)	F(y)	F'(y)	F/F'	y - F/F'
1.000000	2.529038	0.907336	2.781942	0.326152	0.473820	0.632456	-0.803374	0.141077	-5.694564	6.694564
6.694564										

En este caso se observa que el diámetro propuesto no es suficiente para conducir dicho gasto, lo que se propone es variar el cálculo con un diámetro mayor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL
ALCANTARILLA



Hoja 3/4

Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

El trazo de un camino atraviesa un desagüe natural y para garantizar la seguridad de los usuarios se pretende entubarlo. La constructora dispone de una reserva de tubos de concreto de 2 m de diámetro que piensa utilizar para tal efecto. El gasto a conducir es de 3 m³/s con una pendiente de 0.0010 m/m. Determine las condiciones hidráulicas con las que funcionara la alcantarilla.



Cortesía ICE Proyecto y Construcción S. A. de C. V. Zacapalco - Rancho Viejo km 10+850 c. a. 30-04-2019. Fecha de actualización 29-01-2019.

<p>Q = 3.000 m³/s n = 0.013 s₀ = 0.001 m/m D = 2.000 m y = ?</p>	$\frac{nQ}{s_0^{1/2}} = 1.233288$
$F(y) = \frac{1}{4} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) D^2 \left[\left(1 - \frac{(\sin 2\theta)}{2\theta} \right) \frac{D}{4} \right]^{2/3} - \frac{nQ}{s_0^{1/2}}$	$F'(y) = \frac{\left[1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right]^{2/3}}{3} \left[5[(\sin \theta)D] - \frac{2 \left[\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right) D \right]}{\sqrt{\frac{y}{D} \left(1 - \frac{y}{D} \right)}} \right]$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL
ALCANTARILLA



Hoja 4/4

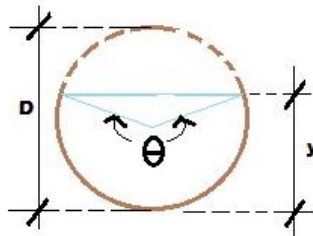
Calculó: Anel Valeriano García

Fecha: Enero-2019

Revisó: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández

y (m)	θ rad	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	$Rh^{2/3}$ (m ^{2/3})	T (m)	F(y)	F'(y)	F/F'	y - F/F'
1.000000	1.570796	1.570796	3.141593	0.500000	0.629961	2.000000	-	1.679895	-0.145097	1.145097
1.145097	1.716408	1.859970	3.432815	0.541820	0.664615	1.978835	0.243748	1.706668	0.001685	1.143412
1.143412	1.714705	1.856634	3.429409	0.541386	0.664260	1.979326	0.000000	1.706809	0.000000	1.143412

En este problema se emplean las Formulas de la tabla 4 apartado 4.4 con las que se obtienen el área, el perímetro y el radio hidráulico y así como también las Expresiones Particulares 39 y 40 de la sección que nos ocupa. El material es concreto y el Bordo Libre se determina con la Tabla 3.



$$\begin{aligned}
 Q &= 3.000 \text{ m}^3/\text{s} & A &= 1.856 \text{ m}^2 \\
 n &= 0.013 & P &= 3.429 \text{ m} \\
 s_0 &= 0.001 \text{ m/m} & Rh &= 0.541 \text{ m} \\
 D &= 2.000 \text{ m} & T &= 1.979 \text{ m} \\
 y &= 1.143 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Imagen tomada del sitio:
<http://2.bp.blogspot.com/-7Va82ccywX0/VOtdyDLdJYI/AAAAAAAAABI/5et9TbNOy2c/s1600/logica.png>

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

A lo largo de la vida, siempre o en la mayoría de las ocasiones, cada que se termina un proyecto, ya sea personal o profesional se realiza un análisis reflexivo del término de este, para que de esta manera se alcance la madurez y esta ocasión no será la excepción. Los argumentos reflexivos que genera esta tesis se presentan a continuación, tratan de ser un aporte al lector, además de infundir en él una confianza, para que aprecie que el diseño de canales no es tan complejo como lo puede parecer, sino todo lo contrario.

CAPÍTULO I

Se detallan las expresiones de las secciones simples y por estar lejos del alcance del objetivo de este trabajo, no se hace lo mismo con las secciones combinadas, debido a que estas últimas se consideran una composición de las simples.

CAPÍTULO II

De acuerdo con los cálculos realizados en este trabajo, el método de Newton Raphson resulto ser un método práctico, de inversión en tiempo de cálculo reducido, sin embargo para llegar a lo anterior, es necesario disponer algo de tiempo para llegar a la deducción de las expresiones, pero esto afortunadamente se realiza una sola vez, permitiendo concentrarlas en un formulario.

CAPÍTULO III

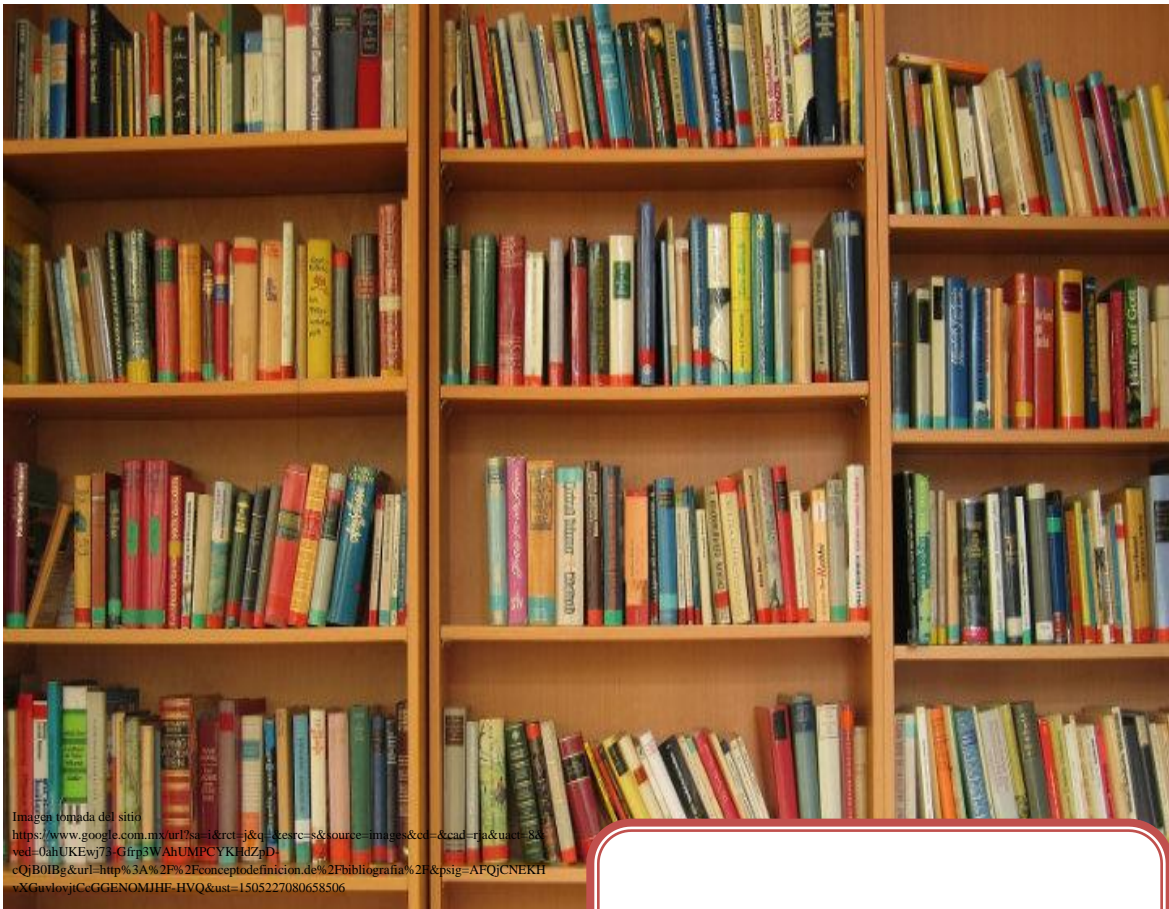
La hoja de cálculo FPDC-V1 se presenta en su primera versión dado que es susceptible a mejorarse, además es muy accesible y tiene la ventaja de que conjunta tanto la información de campo como de gabinete.

CAPÍTULO IV

Se aconseja efectuar los cálculos con una aproximación de seis dígitos, para cerrar constructivamente al milímetro.

Debe tenerse especial cuidado al insertar las expresiones en la hoja de cálculo debido a que un error sin intención en un signo, nos arroja resultados incompatibles.

La tenacidad y no perder de vista el objetivo es como cierro la conclusión de esta tesis. Doy gracias a Dios y a mi asesor y la Fes Aragón por ser esta mi segundo hogar.



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Arroyo Hernández, Patrocinio, "Apuntes personales del curso de Hidráulica de Canales", U.N.A.M. F.E.S. Aragón, México, 2017.
2. González Cardel, Francisco, "Métodos numéricos", Editorial UNITEC, México, 2002.
3. Iriarte Balderrama, Rafael, "Métodos numéricos", Editorial Trillas, México, 1990.
4. Sotelo Ávila, Gilberto, "Hidráulica de canales", Editorial Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 2014.
5. Ven Te Chow, "Hidráulica de canales abiertos", Editorial Mc Graw-Hill, Colombia, 1988.