



Subsistema de **Universidades
Politécnicas**

Manual de Asignatura

HCA-ES
REV00

The image displays two overlapping document images. The left document is a registration form titled 'FORMULARIO (Registro)'. It includes fields for 'Nombre', 'Código', 'Institución', 'Código', and 'Dirección'. Below these are sections for 'Descripción' and 'Evaluación', with a table for 'Evaluación' containing columns for 'Módulo de aprendizaje' and 'Nota'. The right document is a detailed technical table with multiple columns and rows, likely representing a curriculum or course structure. It includes a header section and a main table with columns for 'Módulo de aprendizaje', 'Código', 'Nombre', 'Créditos', 'Semestre', 'Año', 'Prerrequisitos', and 'Notas'. The table contains several rows of data, with some cells highlighted in yellow and green.

INGENIERÍA CIVIL

HIDRÁULICA DE CANALES
ABIERTOS



DIRECTORIO

Secretario de Educación Pública

Dr. José Ángel Córdova Villalobos

Subsecretario de Educación Superior

Dr. Rodolfo Tuirán Gutiérrez

Coordinadora de Universidades Politécnicas

Mtra. Sayonara Vargas Rodríguez

ORIGINAL

PÁGINA LEGAL

Participantes

Ing. Rigoberto Lizárraga - Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

M. en C. Juan Luis Caro Becerra - Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

M. en C. Pedro Alonso Mayoral Ruiz - Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

M. en C. Luis Fernando Leyva Hinojosa - Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Primera Edición: 2012

DR © 2012 Coordinación de Universidades Politécnicas.

Número de registro:

México, D.F.

ISBN-----

ÍNDICE

Introducción.....	1
Programa de estudios.....	2
Ficha técnica.....	3
Desarrollo de actividades de aprendizaje.....	5
Instrumentos de evaluación.....	16
Glosario.....	26
Bibliografía.....	33

ORIGINAL

INTRODUCCIÓN

El curso de hidráulica de canales abiertos que se imparte en las universidades politécnicas el nivel y la profundidad de los conocimientos queda siempre a criterio del profesor, por lo que se considera que para comprender lo que aquí se presenta, es necesario haber cubierto los cursos de Hidráulica y Redes de Conducción Hidráulica, para poder entender y dominar los métodos de análisis integral y diferencial existente, si bien el énfasis es mayor en el análisis diferencial, reúno la información más actualizada acorde con los métodos empleados.

El flujo de canales abiertos tiene lugar cuando los líquidos fluyen por la acción de la gravedad y solo están parcialmente envueltos por un contorno sólido, además de que se caracteriza porque expone una superficie libre a la superficie atmosférica, siendo el fluido siempre un líquido por lo general agua.

La superficie libre se considera como la interface entre dos fluidos, el superior que es el aire estacionario o en movimiento, y el inferior que es usualmente el agua en movimiento. Las fuerzas de gravedad y de tensión superficial resisten cualquier fuerza tendiente a distorsionar la interface, la cual constituye una frontera sobre la que se tiene un control parcial.

En el flujo de canales abiertos, el líquido que fluye tiene superficie libre y sobre él no actúa otra presión que la debida a su propio peso y a la presión atmosférica.

El flujo en canales abiertos también tiene lugar en la naturaleza, como en ríos, arroyos, etc., si bien en general, con secciones rectas del cauce irregulares, de forma artificial, creadas por el hombre, asimismo en canales, acequias, y canales de desagüe, en la mayoría de los casos los canales tienen secciones rectas regulares y suelen ser rectangulares, triangulares o trapezoidales. También tienen lugar el flujo de canales abiertos en el caso de conductos cerrados, como tuberías de sección recta circular cuando el flujo trabaja con una sección parcialmente llena, tal es el caso de los sistemas de alcantarillado que por lo general es un flujo parcialmente lleno, y su diseño se realiza como canal abierto.

Aunque resulta simple al análisis expuesto, en realidad su tratamiento es más complejo que el de un conducto a presión. La interacción entre las fuerzas da lugar a la complejidad, y únicamente a base de simplificaciones y generalizaciones es posible entender su mecánica.

En el caso de la hidráulica de canales abiertos es de suma importancia poder relacionar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas con la práctica. De esta manera se facilita la comprensión y se asimila de mejor manera todos los conceptos estudiados en clases.

Las experiencias obtenidas en el laboratorio nos ayudan a entender que tan lejos, o que tan cerca está de la realidad, la práctica de la teoría.

PROGRAMA DE ESTUDIOS

PROGRAMA DE ESTUDIO																		
DATOS GENERALES																		
NOMBRE DEL PROGRAMA EDUCATIVO:		Ingeniería Civil																
OBJETIVO DEL PROGRAMA EDUCATIVO:		Formar profesionales competentes en el diseño, proyección, planificación, gestión y administración de proyectos que resuelven problemas de infraestructura, vial, habitacional, hidráulica o sanitaria.																
NOMBRE DE LA ASIGNATURA:		Hidráulica de Canales Abiertas																
CLAVE DE LA ASIGNATURA:		HCAS																
OBJETIVO DE LA ASIGNATURA:		El alumno será capaz de aplicar los conceptos fundamentales de canales, de tal forma que integre el flujo permanente a superficie libre en estructuras hidráulicas y en ríos partiendo de los principios y ecuaciones básicas de la hidráulica.																
TOTAL HRS. DEL CUATRIMESTRE:		105 hrs.																
FECHA DE EMISIÓN:		Febrero, 2012																
UNIVERSIDADES PARTICIPANTES:		Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara.																
CONTENIDOS PARA LA FORMACIÓN			ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE											EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN		
UNIDADES DE APRENDIZAJE	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	EVIDENCIAS	TECNICAS SUGERIDAS		ESPACIO EDUCATIVO			MOVILIDAD FORMATIVA		MATERIALES REQUERIDOS	EQUIPOS REQUERIDOS	TOTAL DE HORAS					TÉCNICA	INSTRUMENTO
			PARA LA ENSEÑANZA (PROFESOR)	PARA EL APRENDIZAJE (ALUMNO)	AULA	LABORATORIO	OTRO	PROYECTO	PRÁCTICA			TEÓRICA		PRÁCTICA				
												Presencial	NO Presencial	Presencial	NO Presencial			
1. Orificios y vertederos	<p>Al completar la unidad de aprendizaje, el alumno será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Calcular el gasto para vertederos rectangulares con contracciones laterales o sin ellas; Determinar los coeficientes de velocidad C_v, contracción C_c y gasto C_d, a partir de la ecuación general de un orificio de pared delgada. Identificar los elementos geométricos que componen un vertedor y que pueden emplearse como obras de control o de excedencias en una presa. 	<p>ECI. Cuestionario: Calcular con las fórmulas experimentales el coeficiente de gasto μ para vertederos rectangulares, aplicables en la ecuación general de gasto de vertedor rectangular.</p> <p>EPL. Fórmulas experimentales: Para determinar el coeficiente de gasto μ o C_c, que puede emplearse para calcular el gasto tanto en vertederos rectangulares como en vertedores triangulares.</p> <p>EPD. Reporte de prácticas: Elementos geométricos que se compone un vertedor de excedencias.</p>	<p>Discusión guiada. Respecto a los orificios y vertederos, en la utilización como dispositivos de laboratorio o en canales y cauces naturales.</p> <p>Exposición. Tipos de orificios, compuertas y vertederos.</p>	<p>Cuadro sinóptico. Tabla de fórmulas experimentales para el cálculo de del coeficiente de gasto μ.</p> <p>Estudio de caso. Coeficientes de gasto μ o C_c en vertederos triangulares.</p>	X	X	N/A	N/A	Tipos de vertederos	Rotafolios, pizarrón, apoyos visuales.	Computadoras portátiles y cañón proyector.	24	0	12	6	Documental	<p>Cuestionario sobre los elementos que componen el canal hidráulico, tales como: Canal Parshall, vertederos pared gruesa y delgada, compuerta de segmento cilíndrico, etc.</p> <p>Fórmulas: para fórmulas experimentales.</p> <p>Lista de cotejo: para reporte de práctica.</p>	
2. Flujo uniforme y energía específicas	<p>Al completar la unidad de aprendizaje, el alumno será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Calcular el gasto o caudal Q para conductos abiertos a partir de las ecuaciones de Manning, Darcy y continuidad. Representar gráficamente la relación que existe entre el gasto unitario o constante y la energía mínima E_{min}. Calcular las energías específicas, para obtener el flujo crítico, subcrítico y supercrítico utilizando la ecuación de la energía y el número de Froude. 	<p>ECI. Cuestionario: Determinar el gasto o caudal en los diferentes tipos de conductos abiertos que se comportan como canales cuando: a) la corriente no está rodeada por un contorno sólido, b) cuando tiene una superficie libre (igual a la presión atmosférica).</p> <p>EPD. Exposición: Aplicaciones prácticas de la Energía específica.</p> <p>EPL. Reporte de prácticas: Sobre el régimen crítico, supercrítico y subcrítico.</p>	<p>Solución de ejemplos. Tipos de flujo por la utilización del tiempo y del espacio como criterio.</p> <p>Práctica mediante la acción. Resolver ejemplos variados de cauces naturales y canales artificiales para flujo permanente y uniforme.</p>	X	X	N/A	N/A	Régimen crítico, supercrítico y subcrítico	Pizarrón	Computadoras portátiles y cañón proyector.	24	0	12	6	Documental y de campo	<p>Cuestionario sobre los tipos de flujo: uniforme y permanente.</p> <p>Guía de observación: para exposición de aplicaciones de la energía específica.</p> <p>Lista de cotejo: Para reporte de práctica.</p>		
3. Principio del momentum y su aplicación al salto hidráulico	<p>Al completar la unidad de aprendizaje, el alumno será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Representar gráficamente la función momentum contra la profundidad, para un determinado valor de gasto unitario. Determinar el salto hidráulico que se presenta al pie de un sifón o aguas debajo de una compuerta. 	<p>EPD. Exposición: Aplicaciones prácticas del principio del Momentum.</p> <p>EPD. Práctica de laboratorio: Salto hidráulico</p>	<p>Solución de ejercicios. Cálculo del tirante aguas arriba y aguas abajo para diferentes situaciones de flujo.</p> <p>Práctica mediante la acción. Resolver ejemplos variados de las características básicas del salto hidráulico.</p>	X	X	N/A	N/A	salto hidráulico	Pizarrón	Computadoras portátiles y cañón proyector.	12	0	6	3	Campo	<p>Guía de observación: para exposición de aplicaciones del principio del Momentum.</p> <p>Guía de observación: para práctica de laboratorio.</p>		

Nombre:	Hidráulica de canales abiertos
Clave:	HCA-ES
Justificación:	El curso de hidráulica de canales permite dar al estudiante el conocimiento cualitativo y cuantitativo del flujo de agua a través de canales abiertos de diferentes formas y pendientes bajo diferentes regímenes de flujo, de modo que pueda tener los criterios necesarios para el diseño de estructuras hidráulicas que sean eficientes y funcionales.
Objetivo:	El alumno será capaz de aplicar los conceptos fundamentales de canales, de tal forma que interprete el flujo permanente a superficie libre en estructuras hidráulicas y en ríos partiendo de los principios y ecuaciones básicas de la hidráulica.
Habilidades:	<p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p> <p>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</p> <p>Responsabilidad social y compromiso ciudadano.</p> <p>Capacidad de investigación.</p> <p>Compromiso con la preservación del medio ambiente.</p>
Competencias genéricas a desarrollar:	<p>Capacidades para análisis y síntesis;</p> <p>capacidad de organizar y planificar para aprender a resolver problemas;</p> <p>habilidades básicas en el manejo de la computadora;</p> <p>habilidad para buscar y analizar información de diversas fuentes;</p> <p>solución de problemas;</p> <p>Toma de decisiones.</p>

Capacidades a desarrollar en la asignatura	Competencias a las que contribuye la asignatura
<p>Especificar las características fundamentales del flujo en tuberías y conductos abiertos con base en los principios básicos de la hidráulica para el diseño de canales.</p> <p>Calcular redes de conducción hidráulica y canales abiertos mediante las teorías clásicas de la hidráulica (Bernoulli) para permitir el paso de un flujo.</p>	<p>Determinar los requerimientos de un proyecto con base en planos conceptuales para identificar elementos estructurales.</p> <p>Calcular las dimensiones y/o refuerzos de un elemento estructural utilizando las fuerzas internas obtenidas y aplicando los códigos y reglamentos de construcción vigentes para generar planos y memorias de cálculo.</p>

	Unidades de aprendizaje	HORAS TEORIA		HORAS PRÁCTICA	
		Presencial	No presencial	Presencial	No presencial
Estimación de tiempo (horas) necesario para transmitir el aprendizaje al alumno, por Unidad de Aprendizaje:	Orificios y vertederos	24	0	12	6
	Flujo uniforme y energía específica	24	0	12	6
	Principio del momentum y su aplicación al salto hidráulico	12	0	6	3
Total de horas por cuatrimestre:	105				
Total de horas por semana:	7				
Créditos:	7				

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Orificios y vertederos		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Vertedores de pared delgada		
Número:	1	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Calcular el gasto para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none"> 1) El alumno expone las partes geométricas que se compone un vertedor de pared gruesa como pared delgada. 2) El profesor deduce e interpreta la ecuación general del gasto para un vertedor rectangular. 3) El alumno investiga y forma un catálogo acerca de las formulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto μ aplicables para vertedores laterales o sin ellas. 4) El alumno identifica la verdadera distribución de presiones como de velocidades en una sección contraída por donde circula el gasto. 5) El profesor una vez deducida la ecuación general del gasto considera las hipótesis aproximadas tales como: la omisión de la pérdida de energía y que las velocidades tienen dirección horizontal y con distribución parabólica. 		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	<p>EC1. Cuestionario: Calcular con las fórmulas experimentales el coeficiente de gasto μ para vertedores rectangulares, aplicables en la ecuación general de gasto de vertedor rectangular.</p>		

DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Orificios y vertederos		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Coeficientes de velocidad, contracción y gasto		
Número:	2	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Determinar los coeficientes de velocidad C_v , contracción C_c y gasto C_d , a partir de la ecuación general de un orificio de pared delgada.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none"> 1) El profesor inicia una discusión sobre la ecuación general de los orificios. 2) El profesor clasifica los coeficientes de velocidad, contracción y velocidad aplicables a orificios de pared delgada. 3) El alumno investiga y redacta el concepto de pérdida de energía, aplicables a los orificios de pared delgada. 4) El alumno identifica las características fundamentales de los fluidos en orificios de grandes dimensiones y cargas pequeñas. 5) El alumno investiga los dos tipos de contracción incompleta en un orificio: <ol style="list-style-type: none"> a) Cuando las paredes o el fondo del recipiente se encuentra a distancias inferiores a 3 veces el diámetro. b) Cuando una de las fronteras del recipiente coincide con una arista del orificio 		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	<p>EP1. Formulas experimentales: Para determinar el coeficiente de gasto μ o C, que puede emplearse para calcular el gasto tanto en vertedores rectangulares como en vertedores triangulares.</p>		



Subsistema de
**Universidades
Politécnicas**

DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Orificios y vertederos		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Tipos de vertedores y sus elementos geométricos		
Número:	3	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Identificar los elementos geométricos que componen un vertedor y que pueden emplearse como obras de control o de excedencias en una presa.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none">1) El profesor inicia una discusión sobre la importancia de diseñar y construir un vertedor de excedencias.2) El alumno calcula la descarga que se efectúa sobre una pared delgada y pared gruesa ó contracciones laterales o sin ellas.3) El alumno identifica el punto o arista más bajo de la pared en contacto con la lámina vertiente, que se conoce como <i>cresta</i> del vertedor.4) El profesor interpreta la ecuación de Bernoulli para una línea de corriente entre la superficie inalterada del agua antes y después del vertedor.5) El alumno resuelve el cuestionario y realiza un catálogo de fichas técnicas para calcular el gasto o caudal Q, para secciones triangulares, trapezoidales ó circulares y los coeficientes de gasto μ para dichas secciones.		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	EP2 Reporte de prácticas: Elementos geométricos que se componen un vertedor de excedencias.		



Subsistema de
**Universidades
Politécnicas**

DESARROLLO DE PRÁCTICA

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Orificios y vertederos		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Elementos geométricos que se compone un vertedor de excedencias		
Número:	1	Duración (horas) :	18
Resultado de aprendizaje:	Identificar los elementos geométricos que componen un vertedor y que pueden emplearse como obras de control o de excedencias en una presa.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none">1) El profesor expone el desarrollo de la práctica.2) El alumno investiga la función de un vertedor de excedencias que se construyen mediante el esfuerzo humano, clasifica sus elementos más importantes, asimismo identifica las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.3) El alumno elabora y desarrolla el reporte de la práctica.4) El profesor revisa los resultados obtenidos de la práctica <i>Elementos geométricos que se compone un vertedor de excedencias</i> y que efectivamente los resultados coincidan con el gasto obtenido por el alumno.		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	EP2. Reporte de práctica: Elementos geométricos que se compone un vertedor de excedencias.		

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Flujo uniforme y energía específica		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Canales abiertos y sus propiedades		
Número:	4	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Calcular el gasto o caudal Q para conductos abiertos a partir de las ecuaciones de Manning, Darcy y continuidad.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none"> 1) El alumno identifica los tipos de canales tanto artificiales como naturales, además revisa ventajas y desventajas de cada uno de ellos con respecto al flujo. 2) Que el alumno compare qué diferencias hay entre un canal artificial y uno natural con respecto a la geometría, asimismo identifica las propiedades hidráulicas de un canal natural que por lo regular son muy irregulares. 3) El alumno clasifica y hace una exposición de canales artificiales que son aquellos construidos mediante el esfuerzo humano, además identifica que las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas. 4) El profesor deduce la <i>ecuación de continuidad</i> tanto para corrientes naturales, canales artificiales y tuberías a sección parcial, sustituyendo el coeficiente de rugosidad o revestimiento de canal n y la ecuación de velocidad introducida por Manning y la ecuación de Chezy. 5) El alumno compara las diferencias que puede haber entre las diferentes formas geométricas utilizadas comúnmente, donde el trapecio es la forma más común para canales con bancas de tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para la estabilidad. 6) El alumno expone las aplicaciones prácticas que existen en los canales artificiales, tales como: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, etc. así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. 		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	<p>EC1. Cuestionario: Determinar el gasto o caudal en los diferentes tipos de conductos abiertos que se comportan como canales cuando:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) La corriente no está rodeada por un contorno sólido. b) Cuando tiene una superficie libre igual a la presión atmosférica. 		

DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Flujo uniforme y energía específica		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Tipos de flujo		
Número:	5	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Representar gráficamente la relación que existe entre el gasto unitario q constante y la energía mínima E_{min} .		
Actividades a desarrollar:	<p>1) El profesor identifica los tipos de flujo tanto en canales abiertos como en tuberías, ya que ambos son muy similares en muchos aspectos pero se diferencian de un aspecto muy importante que es la superficie libre del agua.</p> <p>2) El profesor relata y describe los tipos de flujo, tales como: flujo permanente, uniforme, variado y flujo no permanente y flujo gradualmente no permanente.</p> <p>3) El alumno investiga el concepto de la energía específica, utilizando el fondo del canal como el plano de referencia.</p> <p>4) El alumno identifica la simetría del concepto de la energía específica: que la línea de energía debe descender en la dirección del flujo aunque la energía específica puede aumentar o disminuir dependiendo de otros factores.</p> <p>5) El alumno demuestra y define el concepto de Empuje a partir de que en la dirección vertical las fuerzas no se compensan es decir: sobre la cara superior de los cuerpos actúa una fuerza neta hacia abajo, mientras que sobre la parte inferior actúa una fuerza neta hacia arriba.</p>		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	<p>ED1. Exposición: Aplicaciones prácticas de la Energía específica.</p>		



Subsistema de
**Universidades
Politécnicas**

DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Flujo uniforme y energía específica		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Regímenes de flujo		
Número:	6	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Calcular las energías específicas, para obtener el flujo crítico, subcrítico y supercrítico utilizando la ecuación de la energía y el número de Froude.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none">1) El profesor inicia una discusión sobre el efecto de la gravedad sobre el estado de flujo que se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales.2) El alumno grafica la relación que existe entre la energía E y el gasto unitario q con respecto al tirante crítico y_c.3) El alumno demostrará por medio del diagrama de la energía específica y la curva q que los puntos de la E mínima y de q máxima sean por completo equivalentes.4) El profesor demuestra que la profundidad asociada a los puntos de E mínima y de q máxima se conoce como profundidad crítica y_c, asimismo la profundidad mayor que la profundidad que la crítica se conoce como flujo subcrítico y los flujos menores que la profundidad que la crítica se conoce como flujo supercrítico.5) El alumno deduce y se contesta las siguientes interrogantes: de que un aumento de profundidad en el flujo subcrítico causa un aumento de la energía específica, pero un aumento en el flujo supercrítico causa una disminución de la energía.		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	EP1. Reporte de práctica: Sobre el régimen crítico, supercrítico y subcrítico.		



Subsistema de
**Universidades
Politécnicas**

DESARROLLO DE PRÁCTICA

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Flujo uniforme y energía específica		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Régimen crítico, supercrítico y subcrítico.		
Número:	2	Duración (horas) :	18
Resultado de aprendizaje:	Calcular las energías específicas, para obtener del flujo crítico, subcrítico y supercrítico utilizando la ecuación de la energía y el número de Froude.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none">1) El profesor expone el desarrollo de la práctica.2) El alumno investiga los regímenes de flujo en un canal abierto a través del efecto combinado de la viscosidad y la gravedad y los clasifica como:<ol style="list-style-type: none">a) subcrítico cuando Froude es menor que la unidad;b) crítico cuando Froude es igual a la unidad;c) supercrítico cuando Froude es mayor a la unidad.3) El alumno elabora y desarrolla el reporte de la práctica.4) El profesor revisa los resultados obtenidos de la práctica <i>Régimen crítico, supercrítico y subcrítico</i> y que efectivamente los resultados coincidan con el gasto obtenido por el alumno.		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	EP1. Reporte de práctica: Sobre el régimen crítico, supercrítico y subcrítico.		



Subsistema de
**Universidades
Politécnicas**

DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Principio del momentum y su aplicación al salto hidráulico		
Nombre de la práctica:	Energía del flujo en canales abiertos		
Número:	7	Duración (horas) :	6
Resultado de aprendizaje:	Representar gráficamente la función momentum contra la profundidad, para un determinado valor de gasto unitario.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none">1) El profesor deduce la altura de la energía total de acuerdo con el principio de la conservación de la energía, en la sección 1 localizada aguas arriba que debe ser igual en la sección 2 localizada aguas abajo más la pérdida de energía entre las dos secciones.2) El profesor deduce la ecuación momentum para cualquier sección, aplicando la ecuación del principio de la cantidad en movimiento.3) El alumno grafica la función momentum, que se obtiene al graficar la función momentum M contra la profundidad y para un determinado valor de q.4) El alumno demuestra por medio del diagrama de la función momentum, las condiciones de flujo crítico que es cuando la función momentum es mínima para un determinado valor de q.5) El alumno grafica el diagrama de la función momentum para indicar dos profundidades de flujo: y_1 en el régimen subcrítico y y_2 en el régimen supercrítico.		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	ED1. Exposición: Aplicaciones prácticas del principio del momentum.		



Subsistema de
**Universidades
Politécnicas**

DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Principio del momentum y su aplicación al salto hidráulico		
Nombre de la práctica:	Salto hidráulico		
Número:	8	Duración (horas) :	6
Resultado de aprendizaje:	Determinar el salto hidráulico que se presenta al pie de un cimacio o aguas debajo de una compuerta.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none">1) El profesor explica el fenómeno del salto hidráulico que se presenta con cierta frecuencia al pie de un cimacio o aguas debajo de una compuerta.2) El alumno demostrará que el fenómeno ocurre solamente como una transición de flujo supercrítico al subcrítico, de tal manera que al incrementarse el tirante, este pasará por el tirante crítico.3) El alumno interpreta la caída hidráulica mediante la curva de la energía específica, que es un cambio rápido en la profundidad del flujo de un nivel alto a un nivel bajo, que resulta de una depresión abrupta de la superficie del agua.4) El profesor deduce la ecuación para obtener el tirante aguas abajo y_2, mediante la ecuación del cambio en la cantidad de movimiento una vez que ocurre un cambio rápido en la profundidad del flujo.		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	ED2. Práctica de laboratorio: Salto hidráulico.		

DESARROLLO DE PRÁCTICA

Nombre de la asignatura:	Hidráulica de canales abiertos		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Principio del momentum y su aplicación al salto hidráulico.		
Nombre de la Actividad de aprendizaje:	Salto Hidráulico		
Número:	3	Duración (horas) :	9
Resultado de aprendizaje:	Determinar el salto hidráulico que se presenta al pie de un cimacio o aguas debajo de una compuerta.		
Actividades a desarrollar:	<ol style="list-style-type: none"> 1) El profesor expone el desarrollo de la práctica. 2) El alumno investiga el fenómeno del salto hidráulico aplicado a un dispositivo de laboratorio, que se presenta con cierta frecuencia en un canal por debajo de una compuerta deslizante, al pie de un cimacio o agua debajo de una compuerta y se caracteriza por un incremento brusco del tirante, mucha turbulencia, remolinos, inclusión de aire y ondulaciones en la superficie aguas abajo desde el salto. 3) El alumno elabora y desarrolla el reporte de la práctica. 4) El profesor revisa los resultados obtenidos de la práctica <i>Salto hidráulico</i> y que efectivamente los resultados coincidan con el gasto obtenido por el alumno. 		
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:	<p>ED2. Práctica de laboratorio: Salto hidráulico.</p>		



INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

ORIGINAL

ASIGNATURA: Hidráulica de canales abiertos

Fecha: _____

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Orificios y vertederos

Número: _____

GRUPO: _____

ALUMNO: _____

MATRICULA: _____

Cuestionario. Orificios y vertederos

- 1.- Qué es un vertedor y cuáles son los tipos que existen.
- 2.- Qué representa el coeficiente de gasto μ utilizado en la ecuación general del gasto en un vertedor rectangular.
- 3.- Qué diferencias hay entre un vertedor de pared gruesa y pared delgada.
- 4.- Mencione las fórmulas experimentales para calcular el coeficiente de gasto μ aplicable a la ecuación general de gasto con contracciones laterales o sin ellas.
- 5.- Indique la ecuación general del gasto aplicable a vertedores tipo triangular
- 6.- Cuáles son las finalidades que se destacan en las presas de materiales sueltos
- 7.- Qué clasificaciones tienen los vertedores que puede ser de varias formas:
Por su localización
Por los instrumentos para el control del caudal vertido
Por la pared y la sección donde se produce el vertimiento
Por su función principal
- 8.- Cuál es la función principal de las obras de excedencias.
- 9.- Mencione por lo menos 5 estructuras que se componen las obras de excedencia, así como su definición de c/uno de ellas
- 10.- Describa en un cuadro sinóptico la clasificación de los vertederos por: el manejo de agua, la forma, la posición de la pared, la forma de descarga, por el tipo de conducto y por su tipo de control.
- 11.- Cuáles son los factores determinantes para la elección del tipo del vertedor.
- 12.- Qué características tienen los vertedores de caída libre.
- 13.- Qué características tienen los vertedores tipos cimacio.
- 14.- Cuáles son los elementos que constituyen un vertedor tipo túnel, asimismo mencione la importancia y definición de c/una de ellas.
- 15.- Describa por lo menos 5 ventajas que tienen los vertedores de demasías tipo sifón, además de los elevados costos en combinación con otros tipos de vertedores.
- 16.- En un orificio el único contacto entre el líquido y la pared debe de ser alrededor de una arista afilada, a la que se le conoce como vertedor de pared delgada, mencione qué efectos suceden en la sección contraída.
- 17.- Qué indica la ecuación de Torricelli aplicada al análisis de orificios de pared delgada
- 18.- Qué es una compuerta y qué funciones tiene para controlar la descarga aguas abajo

- producida en un vaso de almacenamiento
- 19.- Qué ventajas ofrece el Medidor Parshall
 - 20.- Cuáles son las tres partes fundamentales que está constituido el Medidor Parshall, además describa el funcionamiento de c/una de ellas.

ORIGINAL

RÚBRICA PARA FÓRMULAS EXPERIMENTALES ORIFICIOS Y VERTEDEROS
U1, EP1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE:
HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS

Variables / Niveles de desempeño	Competente 10	Independiente 9	Básico Avanzado 8	Básico Umbral 7	No competente 0
Análisis y síntesis de la información (4 puntos)	Establece de manera sintetizada los usos de cada elemento.	Muestra los puntos esenciales de cada elemento de forma sintetizada.	Indica parcialmente los conceptos elementales de cada elemento.	Muestra algunos de los usos de los elementos pero no los requeridos.	No plantea los usos requeridos por cada elemento.
Organización de la información (3 puntos)	Agrupar los elementos y jerarquiza sus aplicaciones apropiadamente y logra un orden al presentar sus ideas.	Agrupar los elementos y jerarquiza sus aplicaciones apropiadamente, pero no logra un orden al presentar sus ideas.	Agrupar los materiales pero no jerarquiza sus aplicaciones; no logra articular un orden en sus ideas.	No agrupa los materiales; ni jerarquiza sus aplicaciones.	No agrupa los elementos; ni jerarquiza sus aplicaciones; no logra articular los elementos con sus aplicaciones.
Contenido (3 puntos)	Se encuentran presentes los elementos y sus aplicaciones para obtener los coeficientes de velocidad C_v , contracción C_c y gasto C_d en orificios, así como el coeficiente de gasto μ en un vertedor rectangular pared gruesa y pared delgada en un 100%.	Se encuentran presentes los elementos y sus aplicaciones para obtener los coeficientes de velocidad C_v , contracción C_c y gasto C_d en orificios, así como el coeficiente de gasto μ en un vertedor rectangular pared gruesa y pared delgada en el catálogo en un 75%.	Se encuentran presentes los elementos y sus aplicaciones para obtener los coeficientes de velocidad C_v , contracción C_c y gasto C_d en orificios, así como el coeficiente de gasto μ en un vertedor rectangular pared gruesa y pared delgada en el catálogo en un 50%.	Se encuentran presentes los elementos y sus aplicaciones para obtener los coeficientes de velocidad C_v , contracción C_c y gasto C_d en orificios, así como el coeficiente de gasto μ en un vertedor rectangular pared gruesa y pared delgada en el catálogo en un 25%.	No se encuentran presentes los elementos y sus aplicaciones.



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

LISTA DE COTEJO PARA REPORTE DE PRÁCTICAS
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS QUE SE COMPONE UN VERTEDOR DE
EXCEDENCIAS
U1, EP2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE:
HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Identificar los elementos geométricos que componen un vertedor y que pueden emplearse como obras de control o de excedencias en una presa.

Valor del reactivo	Características a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Puntualidad para iniciar el ejercicio			
10%	Entrega a tiempo la evidencia			
10%	Limpieza y presentación			
30%	Aplica correctamente los principios y las fórmulas generales para el cálculo de vertedores de pared gruesa y pared delgada			
20%	Realiza e introduce correctamente las fórmulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto μ aplicables a la ecuación general del gasto en un vertedor rectangular con contracciones laterales o sin ellas tales como: <i>Hegly, Francis, Rehbock, etc.</i>			
10%	Deduce que los vertedores triangulares se recomiendan para el aforo de gastos comprendidos entre 40 y 300 lt/seg			
10%	Interpreta el significado físico del punto o arista más bajo de la pared en contacto con la lamina vertiente, que se conoce como cresta del vertedor			
100%	CALIFICACIÓN:			



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

CUESTIONARIO

Tipos de flujo: uniforme y permanente

U2, EC1

ASIGNATURA: Hidráulica de canales abiertos

Fecha: _____

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Flujo uniforme y energía específica

Número: _____

GRUPO: _____

ALUMNO: _____

MATRICULA: _____

Cuestionario. Flujo uniforme y energía específica

- 1.- ¿En qué se diferencia el flujo en un canal abierto al flujo en tuberías?
- 2.- ¿Qué características presenta el flujo permanente y no permanente?
- 3.- ¿Cuándo se satisfacen las características de flujo uniforme?
- 4.- Mencione las clasificaciones que puede adquirir el flujo gradualmente variado.
- 5.- ¿El movimiento del agua en un canal en flujo laminar o turbulento que es lo que realmente rige o gobierna?
- 6.- ¿Qué es lo que realmente mide el número de Froude?
- 7.- ¿Cuándo se presenta el flujo uniforme?
- 8.- ¿Que dificultades presenta las condiciones de flujo en canales abiertos?
- 9.- ¿Cuando el flujo cerrado no es necesariamente flujo en tuberías?
- 10.- ¿En qué tipos de flujo se toma como criterio *el tiempo*?
- 11.- ¿En qué tipos de flujo se toma como criterio *el espacio*?
- 12.- ¿En qué condiciones se presenta el flujo laminar en canales abiertos y hasta que número de Reynolds se presenta dicho flujo?
- 13.- Dibuje en forma esquemática las condiciones de flujo uniforme, flujo uniforme no permanente, flujo variado y flujo no permanente.
- 14.- ¿Cuáles son los cuatro regímenes de flujo que se presentan en canales abiertos?
- 15.- Mencione por lo menos 5 diferencias entre un canal natural y un canal artificial.
- 16.- ¿Que dificultades se presentan en canales determinar exhaustiva y sistemáticamente los factores de fricción C o f ?
- 17.- Mencione por lo menos cinco elementos geométricos de importancia básica utilizados en canales.
- 18.- ¿Qué ventajas presenta la ecuación de Colebrook-White, para calcular el coeficiente de Fricción f ?

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE:
HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Características a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Puntualidad para iniciar y concluir la exposición.			
10%	Esquema de diapositiva. Colores y tamaño de letra apropiada. Sin saturar las diapositivas de texto.			
5%	Portada: Nombre de la escuela (logotipo), Carrera, Asignatura, Profesor, Alumnos, Matricula, Grupo, Lugar y fecha de entrega.			
10%	Ortografía (cero errores ortográficos).			
10%	Exposición. a. Utiliza las diapositivas como apoyo, no lectura total			
15%	b. Desarrollo del tema fundamentado y con una secuencia estructurada.			
5%	b. Organización de los integrantes del equipo.			
5%	c. Expresión no verbal (gestos, miradas y lenguaje corporal).			
20%	Preparación de la exposición. Dominio del tema. Habla con seguridad.			
10%	Presentación y arreglo personal.			
100%	<i>CALIFICACIÓN:</i>			



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

LISTA DE COTEJO PARA REPORTE DE PRÁCTICAS RÉGIMEN CRÍTICO,
SUPERCRÍTICO Y SUBCRÍTICO
U2, EP1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE:
HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Identificar los elementos geométricos que componen un vertedor y que pueden emplearse como obras de control o de excedencias en una presa.

Valor del reactivo	Características a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Puntualidad para iniciar el ejercicio			
10%	Entrega a tiempo la evidencia			
10%	Limpieza y presentación			
30%	Identifica los cuatro regímenes de flujo que se presenta tanto en cauces como en canales que pueden ser: <i>subcrítico-laminar, supercrítico laminar, supercrítico turbulento, subcrítico turbulento.</i>			
20%	Realiza e introduce correctamente las fórmulas experimentales para determinar el régimen de flujo en un canal abierto combinado de la viscosidad y de la gravedad.			
10%	Grafica correctamente el diagrama de la energía específica E y curva de gasto unitario q			
10%	Interpreta el significado físico de la energía mínima E_{min} y del gasto unitario q , para obtener una profundidad que se conoce como profundidad crítica y_c .			
100%	CALIFICACIÓN:			

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE:
HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Características a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Puntualidad para iniciar y concluir la exposición.			
10%	Esquema de diapositiva. Colores y tamaño de letra apropiada. Sin saturar las diapositivas de texto.			
5%	Portada: Nombre de la escuela (logotipo), Carrera, Asignatura, Profesor, Alumnos, Matricula, Grupo, Lugar y fecha de entrega.			
10%	Ortografía (cero errores ortográficos).			
10%	Exposición. a. Utiliza las diapositivas como apoyo, no lectura total			
15%	b. Desarrollo del tema fundamentado y con una secuencia estructurada.			
5%	b. Organización de los integrantes del equipo.			
5%	c. Expresión no verbal (gestos, miradas y lenguaje corporal).			
20%	Preparación de la exposición. Dominio del tema. Habla con seguridad.			
10%	Presentación y arreglo personal.			
100%	<i>CALIFICACIÓN:</i>			

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE:
HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Características a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
5%	Puntualidad para iniciar y concluir la práctica.			
10%	El alumno pone atención a la explicación del encargado de laboratorio sobre el funcionamiento del canal de flujo.			
10%	El alumno utiliza de manera adecuada el canal y atiende las instrucciones del personal de laboratorio			
10%	El alumno observa el flujo tanto aguas arriba como aguas abajo y lo clasifica como flujo subcrítico, crítico y supercrítico.			
10%	El alumno selecciona las expresiones adecuadas para la obtención del tirante y_2 aguas abajo.			
15%	El alumno compara las mediciones de tirante antes y después del salto hidráulico, con los obtenidos teóricamente.			
15%	El alumno calcula el salto hidráulico aguas abajo y lo compara con lo observado en el canal de flujo.			
10%	Al terminar la práctica, el alumno apaga la bomba del canal de flujo y se cerciora que quede totalmente vacío.			
10%	El alumno entrega al profesor el reporte de la práctica con los resultados y mediciones obtenidos.			
5%	Uso adecuado del equipo			
100%	<i>CALIFICACIÓN:</i>			

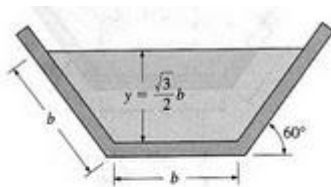
GLOSARIO

Canales Trapezoidales:

Para canales trapezoidales se toman los mismos criterios para la sección hidráulica más eficiente:

$$y = \frac{b \operatorname{sen} \theta}{2(1 - \cos \theta)}$$

Como conclusión se puede decir que la mejor sección transversal hidráulica para un canal abierto es la que tiene el máximo radio hidráulico o, proporcionalmente, la que tiene menor perímetro mojado para una sección transversal específica.

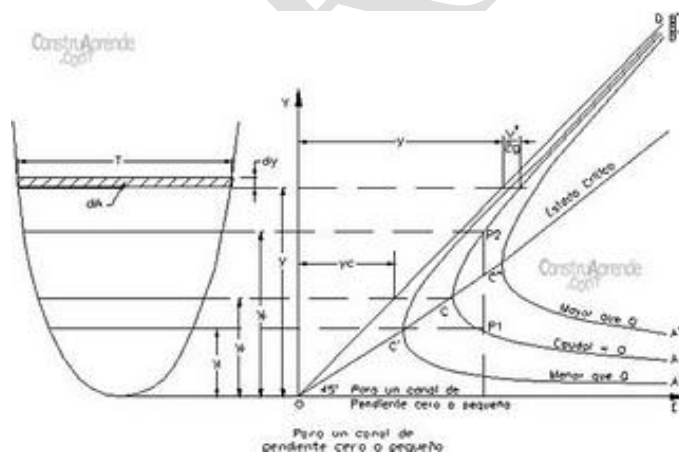


$$R_h = \frac{y}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} b \quad A_c = \frac{3\sqrt{3}}{4} b^2$$

FIGURA 13-25

La mejor sección transversal para canales trapezoidales es la mitad de un hexágono.

Curva de energía específica:



La curva muestra que, para una energía específica determinada, existen dos posibles profundidades, la profundidad baja y_1 y la profundidad alta y_2 . La profundidad baja es la profundidad alterna de la profundidad alta, y viceversa. En el punto C, la energía específica es mínima. Por consiguiente, en el estado crítico es claro que las dos profundidades alternas se convierten en una, la cual es conocida como profundidad crítica y_c . Cuando la profundidad de flujo es mayor que la profundidad crítica, la velocidad de flujo es menor que la velocidad crítica para un caudal determinado y, por consiguiente, el flujo es subcrítico.

Cuando la profundidad de flujo es menor que la profundidad crítica, el flujo es supercrítico. Por tanto, y_1 es la profundidad de un supercrítico y y_2 es la profundidad de un flujo supercrítico. Ven Te Chow (1994)

Flujo en un canal abierto:

Debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en una tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica. El flujo en tubería, al estar confinado en un conducto cerrado, no está sometido a la presión atmosférica de manera directa.

Flujo permanente y No permanente:

Se dice que el flujo en un canal abierto es *permanente* si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo No permanente si la profundidad cambia con el tiempo. En la mayor parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento de flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición de flujo debe tratarse como no permanente. En crecientes y oleadas, por ejemplo, que son casos comunes de flujo no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan, y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control.

Flujo uniforme permanente:

Es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. El establecimiento de flujo uniforme No permanente requeriría que la superficie del agua fluctuará de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal. En efecto, esta es una condición prácticamente imposible. Por tanto, el término "flujo uniforme" se utilizará de aquí en adelante para designar el flujo uniforme permanente.

Flujo uniforme y permanente:

El flujo uniforme es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales de canales abiertos. la profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. En el caso especial de flujo uniforme y permanente, la línea de tiempo bajo

consideración. En el caso de flujo uniforme y permanente, la línea de alturas totales, la línea de alturas piezométricas y la solera del canal son todas paralelas, es decir, sus pendientes son iguales.

La característica principal de un flujo permanente y uniforme en canales abiertos es que la superficie del fluido es paralela a la pendiente del canal, es decir, $dy/dx = 0$ o la profundidad del canal es constante, cuando la pendiente final (S_f) es igual a la pendiente inicial (S_o) del canal. Estas condiciones se dan comúnmente en canales largos y rectos con una pendiente, sección transversal y un revestimiento de las superficies del canal homogéneo, caso típico en regadíos. En el diseño de canales es muy deseable tener este tipo de flujo ya que significa tener un canal con altura constante lo cual hace más fácil diseñar y construir. Las condiciones de flujo permanente y uniforme solo se pueden dar en canales de sección transversal prismáticas, es decir, cuadrada, triangular, trapezoidal, circular, etc. Si el área no es uniforme tampoco lo será el flujo. La aproximación de flujo uniforme implica que la velocidad uniforme es igual a la velocidad media del flujo y que la distribución de esfuerzos de corte en las paredes del canal es constante.

Bajo las condiciones anteriores se puede obtener las siguientes relaciones, denominadas de Chezy-Manning, para la velocidad V y el caudal Q :

$$V = \frac{k}{n} R_H^{2/3} S_o^{1/2},$$

$$Q = \frac{k}{n} A R_H^{2/3} S_o^{1/2},$$

Dónde:

K: Valor constante según las unidades a utilizar.

Ac: Área de la sección del Canal.

Rh: Radio hidráulico de la sección.

So: Pendiente del Fondo del Canal.

n: Coeficiente de Manning

En la tabla siguiente se observan los valores para el coeficiente de Manning (n) donde, como se mencionó k vale 1.0 y 1.49 para el sistema internacional (SI) y el británico respectivamente, n se denomina coeficiente de Manning y depende del material de la superficie del canal en contacto con el fluido.

Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

Tabla 12.1: Valores del coeficiente de Manning n

En muchos canales artificiales y naturales la rugosidad de la superficie del canal, y por lo tanto el coeficiente de Manning, varía a lo largo del perímetro mojado de este. Este es el caso, por ejemplo, de canales que tienen paredes de concreto armado y con un fondo de piedra, el caso de ríos en épocas de bajo flujo la superficie es completamente de piedras y en épocas de crecidas parte del río fluye por la ladera del río, compuesto generalmente por piedras, arbustos, pasto, etc. Por lo tanto, existirá una rugosidad efectiva que debe ser una combinación de las distintas rugosidades existentes. Una forma de solucionar este tipo de problemas es dividir el canal tantas secciones como tipos de materiales de pared existan y analizar cada división en forma aislada. Cada una de las secciones tendría su propio perímetro mojado P , un área A y coeficiente de Manning n .

Flujo uniforme y variado:

Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

Flujo variado:

Si la profundidad del flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente. Debido a que el flujo uniforme no permanente es poco frecuente, el término “flujo no permanente” se utilizará de aquí en adelante para designar exclusivamente el flujo variado no permanente.

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado. El agua cambia de manera abrupta con distancias comparativamente cortas; de otro modo, es gradualmente variado.

Geometría del canal:

Un canal con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal es no prismático; un ejemplo es un vertedero de ancho variable y alineamiento curvo. Al menos que se indique específicamente los canales descritos son prismáticos.

El trapecio es la forma más común para canales con banquetas en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para la estabilidad.

El rectángulo y el triángulo son casos especiales del trapecio. Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos para materiales estables, como mampostería, roca, metal o madera. La sección triangular solo se utiliza para pequeñas asqueas, cunetas o a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio. El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaño pequeño y mediano.

Los elementos geométricos de una sección de canal son propiedades que estarán definidas por completo por la geometría de la sección y la profundidad del flujo del canal. Estos elementos son muy importantes para el estudio de los flujos en canales abiertos y las expresiones más características son las siguientes:

$$R_h = A_c / P$$

Donde R_h es el radio hidráulico en relación al área mojada (A_c) con respecto su perímetro mojado (P).

$$Y_c = A_c / b$$

La profundidad hidráulica Y_c es relación entre el área mojada y el ancho de la superficie.

Energía en canales abiertos:

En hidráulica se sabe que la energía total del agua en metros-kilogramos por kilogramos de cualquier línea de corriente que pasa a través de una sección de canal puede expresarse como la altura total en pies de agua, que es igual a la suma de la elevación por encima del nivel de referencia, la altura de presión y la altura de velocidad.

Energía de un flujo gradualmente variado en canales abiertos:

Por ejemplo, con respecto al plano de referencia, la altura H de una sección O que contiene el punto A en una línea de corriente del fluido de un canal de pendiente alta, puede escribirse como:

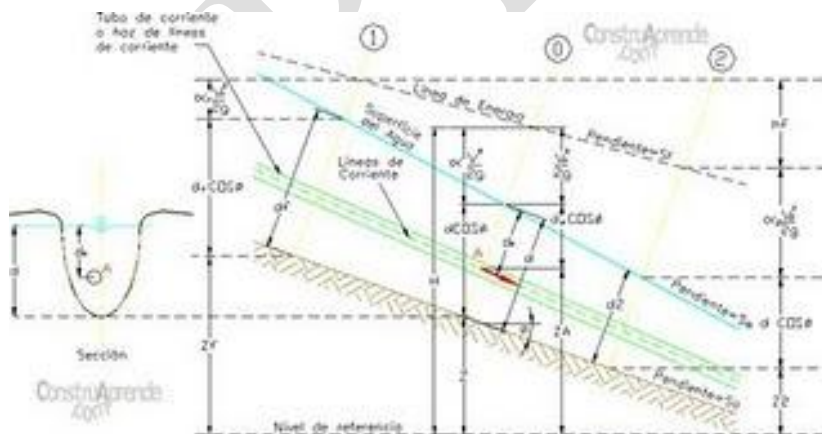
$$H = z_A + d_A \cos \phi + \frac{V_A^2}{2g}$$

De acuerdo con el principio de conservación de energía, la altura de energía total en la sección 1 localizada aguas arriba debe de ser igual a la altura de energía total en la sección 2 localizada aguas abajo más la pérdida de energía h_f entre las dos secciones, ver figura.

$$z_1 + d_1 \cos \phi + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + d_2 \cos \phi + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_f$$

Esta ecuación es aplicable a flujos paralelos o gradualmente variados. Para un canal de pendiente pequeña, esta se convierte en:

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_f \rightarrow \cos \phi \cong 0$$



Energía específica:

La energía específica en una sección de canal se define como la energía de agua en cualquier sección de un canal medida con respecto al fondo de este.

$$E = d \cos \phi + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

Para un canal de pendiente pequeña y $\alpha = 1$, la ecuación se convierte en:

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

La cual indica que la energía específica es igual a la suma de la profundidad del agua más la altura de velocidad. Para propósitos de simplicidad, el siguiente análisis se basará en un canal de pendiente pequeña. Como $V = Q/A$, y puede escribirse como:

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

Puede verse que, para una sección de canal y caudal Q determinados, la energía específica en una sección de canal sólo es función de la profundidad de flujo.

Cuando la profundidad de flujo se gráfica contra la energía para una sección de canal y un caudal determinados, se obtiene una curva de energía específica, como se muestra en la siguiente figura. Esta curva tiene dos ramas, AC y BC. La rama AC se aproxima asintóticamente al eje horizontal hacia la derecha. La rama BC se aproxima a la línea OD a medida que se extiende hacia arriba y hacia la derecha. La línea OD es una línea que pasa a través del origen y tiene un ángulo de inclinación. Para un canal de pendiente alta, el ángulo de inclinación de la línea OD será diferente de 45° . En cualquier punto P de esta curva, la ordenada representa la profundidad y la abscisa representa la energía específica, que es igual a la suma de la altura de presión "y" y la altura de velocidad $V^2/2g$. Ven Te Chow (1994).

BIBLIOGRAFÍA

Básica

TÍTULO: Hidráulica General, Volumen I , Fundamentos
AUTOR: SOTELO Avila, Gilberto
AÑO: 2008
EDITORIAL O REFERENCIA: Ed. Limusa, Grupo Noriega
LUGAR Y AÑO DE LA EDICIÓN: 2008, México D.F.
ISBN O REGISTRO: 978-968-18-0503-6

TÍTULO: Hidráulica de canales abiertos
AUTOR: VEN Te Chow
AÑO: 2009
EDITORIAL O REFERENCIA: Mc graw hill
LUGAR Y AÑO DE LA EDICIÓN: 2009, México D.F.
ISBN O REGISTRO: 958-600-228-4

TÍTULO: Hidráulica de canales
AUTOR: NAUDASCHER Eduard
AÑO: 2007
EDITORIAL O REFERENCIA: Limusa
LUGAR Y AÑO DE LA EDICIÓN: 2007, México D.F.
ISBN O REGISTRO: 968-18-5891-3

Complementaria

TÍTULO: Hidráulica de canales
AUTOR: SOTELO Avila, Gilberto
AÑO: 2009
EDITORIAL O REFERENCIA: Facultad de Ingenieria, UNAM
LUGAR Y AÑO DE LA EDICIÓN: 2009, México D.F.
ISBN O REGISTRO: 968-36-9433-0

TÍTULO: Fundamentos de mecánica de fluidos
AUTOR: MUNSON, Bruce R.

AÑO: 2010
EDITORIAL O REFERENCIA: Ed. Limusa, Grupo Noriega
LUGAR Y AÑO DE LA EDICIÓN México, 2010.
ISBN O REGISTRO: 978-968-18-5042-5

TÍTULO: Mecánica de los fluidos
AUTOR: STREETER Victor, E. Benjamin Wylie
AÑO: 2009
EDITORIAL O REFERENCIA: Mc graw hill
LUGAR Y AÑO DE LA EDICIÓN 2000
ISBN O REGISTRO: 968-451-8412

ORIGINAL