

XIV

Laboratorio n.º 14.

Canales: determinación de coeficientes de Manning (N) y de Chézy (C)

14.1 Introducción

Los canales han sido herramientas usadas desde siglos anteriores, ya que estos fueron utilizados para realizar los procesos de riego y su elaboración era iniciada cerca de los ríos para de esta manera abastecerse. Su principal función es el acopio del agua para ser conducido desde el punto de recolección hasta el lugar de distribución (Moreyra, 2016, p. 29).

Estos son diseñados para caudales con flujo permanente, en ellos el agua circula por la acción de la gravedad sin generar ningún gasto de energía puesto que pueden ser utilizados como vías artificiales y son de vital importancia dentro de la hidráulica. Los canales pueden ser naturales y suelen presentar diferentes tamaños, aparecen de forma natural en la tierra como formación de arroyuelos, lagos, lagunas y quebradas.

En cuanto a los canales artificiales los que son intervenidos por el hombre no aparecen de manera natural, como cunetas, canales hidroeléctricos y canaletas. Pueden presentar secciones abiertas donde el agua fluye libremente, secciones cerradas de tipo parabólico en estructuras hidráulicas o secciones circulares utilizadas mayormente en las alcantarillas pequeñas.

En el presente laboratorio se definirán coeficientes de descarga hallados por la ecuación de Manning y Chézy, los cuales se encontrarán en los diferentes canales que se utilicen en el desarrollo de la práctica.

14.2 Marco teórico

14.2.1 Ecuación de Manning

En el año de 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning desarrolló la presente ecuación para determinar por medio de una manera más simple el cálculo del flujo uniforme presente en los canales abiertos (Pérez, s.f., p. 36).

$$V = C * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V: la velocidad media

C: el factor de resistencia al flujo

R: el radio hidráulico S: la pendiente

Esta ecuación fue modificada para simplificar sus resultados y obtenerlos de una manera más precisa:

$$V = (1/n) * R^{2/3} * S^{1/2}$$

(Siendo n el coeficiente de rugosidad Manning). Más tarde, fue convertida otra vez en unidades inglesas, resultando en:

$$V = (1.486/n) * R^{2/3} * S^{1/2}.$$

Existen diferentes determinantes en los coeficientes de rugosidad los cuales representan:

Irregularidad del canal: se presenta en un cambio uniformemente gradual en las secciones transversales, donde según las condiciones (n) no varían de forma considerable, o donde de modo opuesto se presentan cambios radicales y mayores alteraciones (n) cambia.

Rugosidad de la superficie: se presenta en los materiales que conforman el perímetro del canal y retardan el flujo, siendo estos granos gruesos o finos, donde en los primeros (n) es alto y en los finos (n) es bajo.

Sedimentación y erosión: si estas se presentan de modo más evidente en el canal ocasionarán una elevación en el valor de (n)

Obstrucción: se presentan por factores externos dentro del canal como lo pueden ser desechos, troncos los que generarán un cambio significativo en (n).

Alineamiento del canal: si en este se presentan curvas pronunciadas incrementarán el valor de (n) mientras que en el canal donde las curvas sean con radios grandes y suaves el valor en (n) será bajo.

14.2.2 Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning

Lo que más dificulta la aplicación de la fórmula de Manning es conocer el coeficiente exacto de rugosidad en cada canal y bajo los diferentes parámetros en el interior de este, por lo cual se utilizan tablas con valores específicos para diferentes canales y los trabajos que estos requieren, además de diversas fórmulas para

determinar el coeficiente de Manning en los diferentes trabajos, tipos de material, y diámetros de los distintos canales.

La siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce:

Tabla 1. *Valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce*

Características del cauce	Coficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0.020 – 0.025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0.025 – 0.035
En tierra con ligera vegetación	0.035 – 0.045
En tierra con vegetación espesa	0.040 – 0.050
En tierra excavada mecánicamente	0.028 – 0.033
En roca, superficie uniforme y lisa	0.030 – 0.035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0.035 – 0.045
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón	0.013 – 0.017
Hormigón revestido con gunita	0.016 – 0.022
Encachado	0.020 – 0.030
Paredes de hormigón, fondo grava	0.017 – 0.020
Paredes encachadas, fondo grava	0.023 – 0.033
Revestimiento bituminoso	0.013 – 0.016
Corrientes naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0.027 – 0.033

Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0.033 – 0.040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0.035 – 0.050
Lentos con embalses profundos y canales ramificados	0.060 – 0.080
Lentos con embalses profundos y canales ramificados con vegetación densa	0.100 – 0.200
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0.050 – 0.080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0.030 – 0.200

Nota: Tomado de Selvitecum (2014).

14.2.3 Ecuación de Chézy:

En el año 1769, el ingeniero francés Antonie Chézy, creó y desarrolló la que se conocería como la primera ecuación para el estudio del flujo uniforme, conocida hoy en día como la ecuación de Chézy, la cual se expresa como:

$$V = C\sqrt{RS}$$

Donde:

V: velocidad

C: factor de resistencia del flujo R; radio hidráulico

S: pendiente

Esta ecuación se puede deducir partiendo de dos supuestos, uno de estos hechos por Chézy, donde se prevea que la resistencia que contiene al fluido por una unidad de lecho es correspondiente en proporcionalidad al cuadrado de la velocidad, y la superficie donde presenta contacto el fluido con el lecho, es equivalente al total del perímetro mojado de la sección del canal donde circula.

En el informe que realizó el ingeniero sobre el estudio del canal de I Yvette expresa la formulación en la ecuación y la experimentación

que efectúo para conocer el coeficiente que se generaba en este canal y la verificación de la fórmula, continuando con experimentos en canales de tierra como el río Sena o en canal de Courpalet.

La resistencia que generan los canales al movimiento de los fluidos se pueden explicar también utilizando los principios de la mecánica de fluidos y la dinámica que explica, ya que se puede analizar al canal como una placa curvada en forma cilíndrica abierta, generando que uno de sus lados corresponda a la superficie libre por la que transitará el fluido, creando así las fuerzas de rozamiento en el fondo de las paredes del canal, además de la fuerza que se genera por el movimiento del fluido y el contacto de este con la superficie.

Como se genera un esfuerzo constante y cortante entre el fluido que se conduce y las paredes del canal que los conectan, aunque no se consideran físicamente una velocidad, sí son una fuerza que somete al fluido ya sea aumentando o disminuyendo la velocidad de este y es en el estudio de este fenómeno donde se da cabida al número de Reynolds en la fricción, ya que es parámetro fundamental en el transporte de los sedimentos que se encuentran en el canal de desplazamiento y que absorben energía del fluido generando pérdidas en la velocidad de este (Jiménez, 2015, p. 34).

Tabla 2. *Canales artificiales y canales naturales*

Material	n	Rugosidad k mm
Canales artificiales		
Vidrio	0.010-0.002	0.3
Latón	0.011-0.002	0.6
Acero liso	0.012-0.002	1.0
Acero pintado	0.014-0.003	2.4
Acero revertido	0.015-0.002	3.7
Hierro fundido	0.013-0.003	1.6

Cemento pulido	0.012-0.002	1.0
Cemento no pulido	0.014-0.002	2.4
Madera cepillada	0.012-0.002	1.0
Teja de arcilla	0.014-0.003	2.4
Enladrillado	0.015-0.002	3.7
Asfáltico	0.016-0.003	5.4
Matan ondulado	0.022-0.005	37
Canales excavados en tierra		
Limpio	0.022-0.004	37
Con guijarros	0.025-0.005	80
Con maleza	0.030-0.005	240
Pedregoso, cantos rodados	0.035-0.010	500
Canales naturales		
Limpios y rectos	0.030-0.005	240
Amplios, aljibes profundos	0.040-0.010	900
Grandes ríos	0.035-0.010	500
Zonas inundadas		
Terrenos de pasto	0.035-0.010	500
Poca maleza	0.050-0.020	2000
Mucha maleza	0.075-0.025	5000

Nota: Tomado de Selvitecum (2014).

14.3 Objetivos

14.3.1 Objetivo general

Mediante el desarrollo de este laboratorio se busca que el estudiante pueda determinar los coeficientes de descarga en los distintos tipos de canales que puedan existir y sobre los cuales desarrollará la práctica. Estos coeficientes se determinarán con la ecuación de Manning y Chézy.

14.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la pendiente de los canales sobre la cual se desarrollará la práctica.
- Hallar la velocidad del caudal en las distintas canaletas de estudio de las que disponga.
- Encontrar el radio hidráulico para cada uno de los caudales utilizados en los canales de estudio.
- Encontrar el coeficiente de rugosidad por el medio de Manning y el método de Chézy.

14.4 Materiales

- Canales artificiales de materiales distintos, por lo menos dos.
- Flujo de alimentación de agua (llave de mano y motobomba)
- Cronómetro
- Recipiente de volumen conocido
- Flexómetro
- Manguera
- Motobomba
- Pie de rey
- Nivel de mano
- Lápiz o marcador

14.5 Procedimiento

1. Tome la longitud de los canales con los que cuenta.
2. Tome el área de la sección de estas.

3. Verifique la altura de la sección.
4. Realice el aforo de tres caudales diferentes por el método volumétrico.
5. Instale el canal sobre un soporte de tal manera que genere una pendiente.
6. Tome el primer caudal por medio de la manguera, conéctelo al canal y tome la altura que alcanza al flujo de agua.
7. Repita el procedimiento anterior con los dos caudales restantes y reproduzca esos pasos con los demás canales con las que cuenta.
8. Tome el ancho del espejo de agua.
9. Con esa información complete las tablas que encontrará en la guía práctica de laboratorio.

14.6 Fórmulas

14.6.1 Caudal (Q)

$$Q = V/t$$

Donde:

Q: caudal (m^3/s) V: volumen (m^3) t.: tiempo (s)

14.6.2 Pendiente

$$S = z/L$$

Donde:

S: pendiente

Z: diferencia de nivel (m) L: longitud (m)

14.6.3 Radio hidráulico

$$RH = A/P$$

Donde:

RH: radio hidráulico A: área (m²)

P: perímetro (m)

14.6.4 Ecuación de Manning

$$V = (1/n) RH^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad (m/s)

n. coeficiente de rugosidad de Manning

RH: radio hidráulico S: pendiente

14.6.5 Velocidad ecuación de Chézy

$$V = C (RH S)^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad (m/s)

C: coeficiente de rugosidad de Chézy

RH: radio hidráulico S: pendiente

14.7 Conclusiones

- Es importante conocer el área y perímetro de la sección mojada en las canaletas, para así poder conocer el radio hidráulico del caudal que se transporta por la misma.

- Se deben conocer los coeficientes de fricción de cada canal para el diseño, pues no todas comparten las mismas características, lo que genera diferencias de velocidad entre unas y otras.
- Un factor importante a tener en cuenta en los canales es la adhesión de materiales externos a estos y el fluido que cae dentro del canal y que genera mayores pérdidas en la conducción del fluido.

14.8 Informe de práctica de laboratorio

- El informe deberá presentar los siguientes puntos:
- Título del laboratorio
- Introducción
- Marco teórico (investigado por el estudiante)
- Objetivos (uno general y tres específicos)
- Procedimientos desarrollados
- Toma de datos
- Desarrollo de operaciones
- Entrega de la información
- Resultados del estudiante (lo que aprendió en el desarrollo del laboratorio)
- Conclusiones
- Bibliografía

