



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Evaluación de la velocidad de flujo de agua respecto a la rugosidad, tramo 12+550
hasta 13+050, Canal La Oroya - Junín”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTORES:

Poma Cespedes, Ivan (ORCID: 0000-0002-7100-5672)

Ramos Huaman, Jorge Lino (ORCID: 0000-0001-6300-4613)

Delgado Campos, Khalis Roybi (ORCID: 0000-0002-7797-0211)

Manco Montaña, Victor Antonio (ORCID: 0000-0002-3729-7018)

ASESOR:

Mg. Choque Flores, Leopoldo (ORCID:0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

LIMA - PERÚ 2019

DEDICATORIA

La investigación lo dedicamos principalmente a Dios por darnos la vida y guiarnos en el camino correcto a fin de estudiar y desarrollarnos académicamente en esta emocionante carrera de ingeniería civil, así como también a nuestros padres, por darnos su apoyo y amor.

Al Mg. Leopoldo Choque Flores por darnos su apoyo en el desarrollo de nuestro trabajo, su guía y recomendaciones los cuales resultaron muy importantes.

Además de todos los amigos que nos brindaron ánimos para nuestro trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiarnos y darnos fuerzas para culminar este trabajo.

Al. Mg. Leopoldo Choque por darnos su apoyo en el desarrollo del tema, su guía oportuna y sus importantes recomendaciones. Igualmente, a nuestros amigos y compañeros que nos dieron su apoyo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
I. Introducción.....	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2. Trabajos previos.....	2
1.2.1. Antecedentes Internacional	2
1.2.2. Antecedentes Nacionales.	3
1.3 Teorías relacionadas al tema	4
1.3.1 Canales	4
1.3.2 Canal abierto	4
1.3.3 Tipos de Flujo crítico, subcrítico y supercrítico.....	6
1.3.4 Pendiente del canal	6
1.3.5 Rugosidad	7
1.3.6 Ecuación de Manning	8
1.3.7 Velocidad.....	8
1.3.8 Caudal	8
1.4 Instrumentos de medición	9
1.4.1 Correntómetro	9
1.4.2 Teodolito Electrónico	9
1.4.3 Cinta métrica y flexómetro	10
1.4.4 Distanciómetro.....	10
1.4.5 Mira de nivel	10
1.5 Formulación del problema.....	11
Problema General	11
Problema Específico.....	11
1.6 Justificación del estudio	11
Justificación Práctica	11
Justificación Legal	12
Justificación Teórica	12
Justificación Metodológica.....	12
1.7 Hipótesis	12
Hipótesis General.....	12

Hipótesis Específicas.....	12
1.8 Objetivo.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivo Específico.....	13
II MÉTODO.....	14
2.1 Tipo y Diseño de investigación.....	14
Tipo Aplicada	14
2.2 Población, muestra y muestreo - criterios de selección - variables.....	14
Población:.....	14
Muestra:	14
Unidades de Muestra:.....	15
2.4 Procedimiento	16
2.5 Método y análisis de datos	17
2.6 Aspectos Éticos.....	19
III RESULTADOS.....	20
3.1 Consideraciones previas	20
IV DISCUSIÓN	26
V CONCLUSIONES	27
VI RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXOS	31

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata sobre la determinación de la variación de la velocidad a causa de la rugosidad actual del canal, así como de determinar la velocidad que el flujo de agua tendría en una situación de revestimiento óptimo. Este canal pertenece a la Central hidroeléctrica La Oroya y se ubica en el distrito de Santa Rosa de Sacco, provincia de Yauli, región de Junín.

Este trabajo de investigación sigue una metodología de tipo aplicada, de nivel descriptivo, de diseño no experimental-transeccional. La población está conformada en la estructura del canal La oroya y la muestra corresponde a la progresiva de 12+550 a 13+050. Para la recolección de datos se ha empleado fichas de evaluación, para el análisis y procesamiento se emplearon software como Microsoft Excel, HCanales y Hec-Ras. Los resultados obtenidos demuestran la variación de la velocidad con respecto a la rugosidad, habiendo descendido la velocidad un 52% debido a que la rugosidad que aumentó a 0.063 con respecto a la rugosidad de Manning de diseño 0.022, lo cual es casi tres veces la rugosidad de diseño del canal según tabla. Finalmente, podemos concluir afirmando que existe una moderada variación en la rugosidad de la superficie del canal a partir de los resultados de velocidad encontrados en el canal comparados con la velocidad de diseño que se esperaría en él, partiendo de los datos hidrométricos del canal tomados en la visita.

Palabras Claves:

Velocidad, Rugosidad, Fórmula de Manning y Diseño de Canal.

ABSTRACT

This research paper deals with the determination of the variation of the speed due to the current roughness of the channel, as well as determining the speed that the water flow would have in an optimal coating situation. This channel belongs to the La Oroya hydroelectric power station and is located in the district of Santa Rosa de Sacco, Yauli province, Junín region.

This research work follows a methodology of applied type, descriptive level, nonexperimental-transectional design. The population is formed in the structure of the La Oroya canal and the sample corresponds to the progressive of 12 + 550 to 13 + 050. For the data collection, evaluation sheets have been used, for the analysis and processing software such as Microsoft Excel, HCanales and Hec-Ras were used. The results obtained demonstrate the variation of the speed with respect to the roughness, having decreased the speed by 52 % because the roughness that increased to 0.063 with respect to Manning roughness of design 0.022, which is almost three times the design roughness of the channel according to table. Finally, we can conclude by stating that there is a moderate variation in the roughness of the surface of the channel from the speed results found in the channel compared to the design speed that would be expected in it, based on the hydrometric data of the channel taken in the visit.

Keywords:

Speed, Roughness, Manning Formula and Channel Design.

I. Introducción

1.1 Realidad Problemática

Los canales hidráulicos son construcciones fundamentales para las centrales hidroeléctricas, pues es el líquido que estos transportan y que al llegar a las turbinas de las instalaciones que se generan la energía eléctrica que es demandada por la Industria y la población.

Para dicho fin el buen estado de estos canales es importante, si se quiere que el agua llegue a la central en la medida esperada, con las mínimas pérdidas. Sin embargo, el paso del tiempo junto con la actividad de la naturaleza modifica el entorno constantemente y resulta inevitable que las obras del hombre resulten afectadas, sobre todo cuando no hay un mantenimiento frecuente por descuido o porque resulta muy complejo o involucraría un cese de la producción como es el caso de las centrales con una sola fuente de acceso de agua. Es por ello que detectar la condición o estado del canal permitirá conocer si ocurre un comportamiento inusual o la existencia de probables fallas.

La antigüedad del canal de la central hidroeléctrica la Oroya, el cual fue construido en el año 1914 sumado al deterioro del revestimiento es evidente al visitar el lugar y aunque su aparente desempeño es normal la necesidad de conocer el estado real de este canal es necesario para confirmar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico, evitar fallas, que en el peor de los casos sería el desborde o hasta la ruptura del canal y la consecuente afectación de las viviendas que se encuentran en las zonas bajas.

Por lo antes mencionado y a fin de evidenciar el estado de la condición de la superficie del revestimiento resultaría práctico determinarlo, evitando el cese de su funcionamiento, mediante las respectivas mediciones y cálculos del área hidráulica, velocidad, pendiente, condición de rugosidad, que nos permitan conocer en general si tenemos deterioro que amerite realizar las respectivas correcciones.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Antecedentes Internacional

Martínez y Meneses (2018) “Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales.” En su tesis nos dice que Manning es una forma para expresar la cantidad de resistencia al transporte del fluido en cauces, naturales, artificiales este coeficiente n es muy fiable a una serie de factores como la irregularidad, obstrucciones, nivel, régimen, circulación y caudal su investigación tiene como propósito calcular n Manning estimada, con los diferentes métodos teniendo como muestreo una sección transversal del río Yanuncay en la ciudad de Cuenca. Al obtener el análisis de valores se dio como resultado las mismas características.

Quintero y Morales (2015) “Diseño hidráulico de un canal de 1km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del municipio de ciudad Sandino, de marzo a julio de 2015.” En su tesis con el presente trabajo de investigación el cual tiene como objetivo aplicar conocimientos científicos, emplear software (Excel, HCANALES, AUTOCAD y CIVIL 3D) de esta manera obtener datos precisos. De la aplicación, análisis y metodologías empleadas para el diseño del Canal de una longitud de mil metros, se ubica en la municipalidad de la ciudad Sandino. El diseño permite diagnosticar la magnitud del proyecto y obtener el costo y presupuesto de la obra de manera detallada.

Merchán (2019) “Simulación numérica experimental de un canal con un nuevo modelo de rugosidad artificial” En su tesis nos expresa que al utilizar como base el canal en el laboratorio de hidráulica y mecánica de fluidos de la universidad de cuenca. Para optar los resultados de la simulación numérica que se encuentra en la rugosidad artificial del canal con este programa openfoam y post procesamiento paraview. Se estableció una calibración para replicar en el modelo de cada una de las variables que se mide en el laboratorio, como resultados calculados se establece el coeficiente de rugosidad absoluta en este canal. Por último, se hace tres simulaciones cada una con una rugosidad, para luego ser comparada con respecto al modelo teórico con respecto a la velocidad del fluido usando mediciones de velocidad y régimen de flujo.

1.2.2. Antecedentes Nacionales.

Cordero (2017) “Comportamiento hidráulico de flujos en canales abiertos para ubicar fallas - canal de San Lorenzo - Jauja, 2017.” En esta tesis plantea el determinar los factores externos al canal que influyen en su desempeño, las pérdidas que sufre por infiltración, precipitación, evaporación, así como las características propias del canal como la sección, pendiente y rugosidad para luego determinar si la velocidad del flujo causa sedimentación. Se concluye que la velocidad actual del canal no produce residuos ni levantamiento del revestido.

Cruz (2016) “Evaluación de la velocidad en un canal abierto mediante las ecuaciones de factor de fricción de Darcy - Weisbach, Chezy y Manning - Ayacucho - 2016” En su investigación establece la comparación de velocidad del fluido con las ecuaciones de fricción de Darcy-Weisbach, Chezy y Manning estas velocidades superficiales, media y error relativo. Evaluando la variación de este canal abierto su investigación es de nivel correlativo, a través del tipo de material del canal ocasiona unas fuerzas de fricción obteniendo un roce entre el fluido y la superficie que transporta el flujo. Este estudio se dio en las localidades Carmen Alto (Yanama y Quicapata), Jesús Nazareno (Viña Chiquita y Muyurina), en la cual se determina la velocidad del canal artificial de concreto y tierra tiene un error relativo de $E_{rm}\% = 12.88$, $E_{rc}\% = 20.28$, $E_{rf}\% = 5.39$

Vivar (2017) “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal Quillhuay Alto desde la progresiva 4+000 al 4+500 ubicado en el caserío de Quillhuay, distrito de Moro, provincia del Santa, región Áncash – febrero 2017.” Este trabajo se propuso exponer las patologías encontradas en dicho canal y describirlos detalladamente mediante la clasificación de estos por tipo y extensión sobre su superficie. En esta investigación se descubrió que la patología más común es la erosión en un porcentaje de 15.57%, además se concluye que el nivel severidad de patologías es moderado.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Canales

Según Naranjo (2016) manifiesta que:

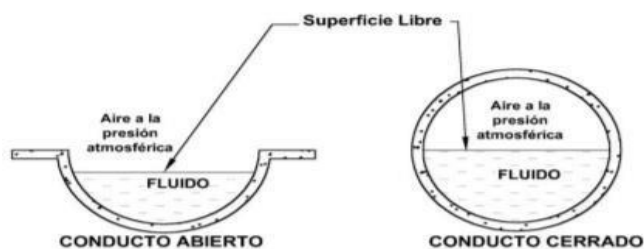
Los canales pueden ser conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y su propio peso. (p. 5).

Agregando a lo mencionado por dicho autor, definimos que los canales cumplen con la función de transportar el líquido de manera adecuada y cumpla la necesidad con la que fue construida y trasladar el fluido de un punto a otro por presentar una pendiente y su propio peso.

1.3.2 Canal abierto

Conducto por medio del cual fluye el líquido con un área expuesta libremente.

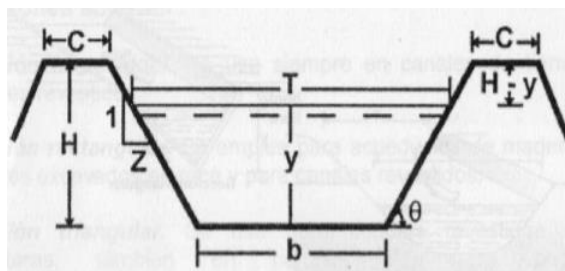
Figura 01: Flujo en conductos



Fuente: Hidráulica de canales, Rodríguez, 2008

Para Villón (2007) representa los componentes del canal de la siguiente forma:

Figura 02: Elementos geométricos de la sección transversal de un canal

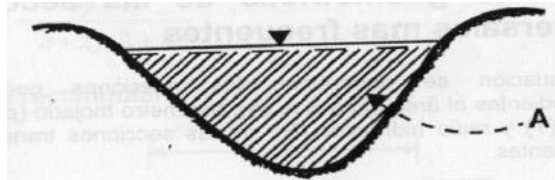


Fuente: Hidráulica de canales, Villón, 2007

Dónde:

- y : Tirante de agua, profundidad o distancia vertical tomado desde el punto más bajo del canal que llega hasta el borde libre.
- b : Ancho de solera
- T : Espejo de agua
- C : Ancho de corona
- H : Profundidad total del canal
- $H - y$: Borde libre
- θ : Ángulo de inclinación
- Z : Talud
- A : Área hidráulica, espacio ocupado por el fluido en una sección transversal del canal.

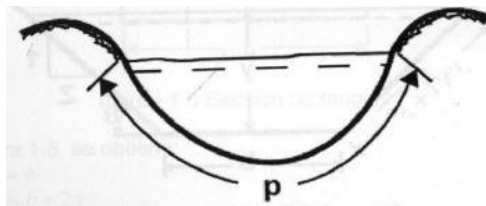
Figura 03: Área hidráulica



Fuente: Hidráulica de canales, Villón, 2007

- p : Perímetro mojado, perfil del canal que entra en contacto con el fluido.

Figura 04: Perímetro mojado



Fuente: Hidráulica de canales, Villón, 2007

- R : Radio hidráulico, extensión de la sección transversal del canal, en tuberías representa el diámetro, representado por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P}$$

- \tilde{y} : Profundidad media, relación entre el espejo del agua y área hidráulica, por lo tanto:

$$\tilde{y} = \frac{A}{T}$$

1.3.3 Tipos de Flujo crítico, subcrítico y supercrítico

Para Villón (2007) manifiesta que:

“El flujo puede ser crítico, subcrítico y supercrítico; la fuerza de gravedad se mide a través del número de Froude (F), que relaciona fuerzas de inercia de velocidad, con fuerzas gravitatorias”. (p. 48).

Representada por la siguiente ecuación:

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

Dónde:

v = Velocidad media de la sección (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s)

L = Longitud característica de la sección (m)

Por lo tanto, el número de Froude del flujo puede ser:

- Flujo subcrítico o lento: si $F < 1$ se presenta cuando la fuerza de gravedad predomina, por lo que el flujo, tiene una velocidad reducida, siendo calmado y lento. En este tipo de flujo, tiene influencia hacia aguas arriba.
- Flujo Crítico: si $F = 1$, se presentan cuando las fuerzas de inercia y gravedad se encuentran en equilibrio.
- Flujo supercrítico o rápido, si $F > 1$, se presentan en condiciones donde las fuerzas de inercia son más pronunciadas, como resultado la velocidad del líquido aumenta, siendo rápido y torrencioso.

1.3.4 Pendiente del canal

Según Naranjo (2016) propone que:

La pendiente de un canal está dada por su topografía y por la altura de energía requerida del flujo de agua. Además, la pendiente dependerá del propósito o uso del agua del canal. Así mismo es conveniente una pendiente pequeña para mantener en el mínimo posible las pérdidas en elevación. (p. 13,14).

1.3.5 Rugosidad

La rugosidad viene a ser un factor que influye en la identificación de la velocidad y el caudal de un canal. Dicho parámetro ha sido estudiado y tratado de estimar por diferentes personajes a través de la historia siendo Robert Manning quien lo definió en su conocida fórmula que actualmente es usada de manera general. En aquella fórmula considera los parámetros geométricos, la pendiente del canal (S), y la rugosidad a quien le asigna la letra “n”.

A continuación, se muestra una tabla con los valores de n asignados según la superficie del canal:

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO	
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero soldado con remaches	0.010 0.013	0.012 0.016	0.014 0.017
		c. Metal corrugado sub - dren	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto tubo recto y libre de basuras	0.010 0.011	0.011 0.013	0.013 0.014
		tubo con curvas, conexiones afinado	0.011 0.013	0.012 0.015	0.014 0.017
		tubo de alcantarillado con cámaras, entradas.	0.012	0.013	0.014
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.014	0.016
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.015	0.017	0.020
		Tubo con moldaje madera en bruto			
b. Madera duelas laminada y tratada		0.010 0.015 0.018	0.012 0.017 0.025	0.014 0.020 0.030	
c. Albañilería de piedra.					
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso sin pintar	0.011 0.012	0.012 0.013	0.014 0.017
		pintado	0.021	0.025	0.030
		b. Corrugado			
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera Sin tratamiento	0.010 0.011	0.012 0.012	0.014 0.015
		Tratada Planchas	0.012	0.015	0.018
		b. Concreto afinado con plana	0.011 0.015	0.013 0.017	0.015 0.020
		afinado con fondo de grava	0.014	0.017	0.020
		sin afinar	0.017	0.020	
		excavado en roca de buena calidad	0.022	0.027	
		excavado en roca descompuesta			
c. Albañilería piedra con mortero	0.017 0.023	0.025 0.032	0.030 0.035		
piedra sola					

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven te Chow, 1983.

En el cuadro 1 se presenta la rugosidad teórica según el tipo de canal (conducto cerrado con escurrimiento y canales revestidos) y según el revestimiento que presenta nos brindara el coeficiente de Manning.

1.3.6 Ecuación de Manning

Robert Manning ingeniero irlandés en 1889 presenta su ecuación, la cual cambiaría hasta tener la forma que actualmente conocemos en la que relaciona la velocidad, el radio hidráulico, la pendiente y la rugosidad. Al principio se presentó de manera complicada para luego ser simplificada. con el paso del tiempo fue modificada y expresada en unidades métricas.

1.3.7 Velocidad

El cambio de posición o la velocidad viene a una de las características del flujo la cual será afectada por la rugosidad del canal. A continuación, se muestra la fórmula de Manning para la velocidad:

$$V = R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \frac{1}{n}$$

Dónde: V= Velocidad

R= Radio Hidráulico

S= Pendiente

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

1.3.8 Caudal

El caudal o gasto, viene a ser el volumen que el canal es capaz de transportar en un determinado tiempo, por ejemplo, en 1 segundo. A continuación, se muestra la fórmula de Manning para el caudal:

$$Q = \frac{A^{\frac{5}{2}} * S^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{2}{3}} * n}$$

Dónde:

A=Área Hidráulica

S= Pendiente

P= Perímetro mojado

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

1.4 Instrumentos de medición

1.4.1 Correntómetro

El correntómetro es un instrumento empleado para la medición de la velocidad de corrientes en el mar, ríos, arroyos, etc. Los cuales registran la dirección, profundidad e inclinación. Estos equipos suelen ser muy precisos el rango de medición como en el caso del modelo FP111 de la marca Global Water considera velocidades de entre 0.1 a 6.1 m/s



Figura 1: Correntómetro

Fuente: www.fullingenieria.pe/portfolio/correntómetro

1.4.2 Teodolito Electrónico

Este equipo de medición se emplea para tomar medidas en ángulos verticales y horizontales. Permite realizar trabajos de medición que sea seguro, fiables y con menor error que un instrumento óptico convencional.



Figura 2: Teodolito electrónico

Fuente: <https://www.alfatopografia.com/product-page/teodolito-electrónico-south-et02>

1.4.3 Cinta métrica y flexómetro

Son herramientas empleadas para medir distancias pequeñas (flexómetro) o distancias largas (cinta métrica) de manera manual, en esta herramienta nos brinda las distancias en dos unidades de medida en pulgadas y centímetros.



Fuente: <https://ferreteriaelvapor.com/index.php/product/cinta-metrica-50-mts-34-263stanley/>

1.4.4 Distanciómetro

Instrumento de medición que permite medir la distancia de un punto a otro mediante un láser.



Fuente: <https://grupoacre.pe/catalogo-productos/leica-disto-d2/>

1.4.5 Mira de nivel

Instrumento de medición que permite obtener la diferencia de niveles, permite una medición exacta en mm.



Fuente: https://www.instop.es/accesoris_leica/miras-para-topografia.php

1.5 Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es la velocidad del canal a partir de la rugosidad de su revestimiento en la actualidad con respecto al diseño original?

Problema Específico

¿Cuáles son los parámetros geométricos e hidráulicos del canal en la actualidad con respecto a los parámetros geométricos e hidráulicos del diseño original?

¿Cuál es la velocidad del agua en el canal en la actualidad con respecto a la velocidad de diseño?

¿Cuál es la variación de la rugosidad del canal en la actualidad con respecto a la rugosidad de diseño?

1.6 Justificación del estudio

Justificación Práctica

Debido a la ausencia de estudios que evalúan el coeficiente de rugosidad en los canales de la región Junín y escasez de información se procede a realizar los cálculos con datos tomados de la visita al canal. Por lo cual se el coeficiente de Manning “n” se puede obtener por medio de la medición de la velocidad, perímetro mojado, solera, tirante hidráulico, talud y pendiente; al realizar el presente trabajo demuestra la situación practica en la que se puede apreciar la relación entre la rugosidad y la velocidad del flujo en el canal en la actualidad con un revestimiento que ha servido durante más de cien años, respecto a la rugosidad y velocidad del canal con la misma sección con un revestimiento del mismo material pero en óptimas condiciones. De esta manera verificar los cambios ocurridos en la velocidad ocasionadas por la variación de la rugosidad.

Justificación Legal

El presente trabajo de investigación se encuentra respaldado por el Manual hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, Hidráulica de canales abiertos de Ven Te Chow, Manual de criterio de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico del ANA y el libro de hidráulica de canales de Máximo Villón Béjar.

Justificación Teórica

El trabajo de investigación tiene como finalidad corroborar la relación de cada variable, planteando para su sustento dimensiones e indicadores; los cuales están basados de acuerdo a las referencias bibliográficas.

Justificación Metodológica

El presente trabajo de investigación ha sido efectuado mediante métodos científicos. Por ello contribuye a una investigación verídica con respecto a las 2 variables propuestas.

1.7 Hipótesis

Hipótesis General

El estado actual del revestimiento tendría un deterioro por erosión lo cual causaría una disminución de la velocidad en el canal.

Hipótesis Específicas

Hipótesis específica 1

Los parámetros hidráulicos del canal corresponderían a la obra proyectada.

Hipótesis específica 2

La velocidad del flujo del agua habría disminuido y correspondería a un flujo subcrítico.

Hipótesis específica 3

La rugosidad habría aumentado a causa del deterioro por erosión del revestimiento y falta de mantenimiento.

1.8 Objetivo

Objetivo General

Determinar la velocidad del canal a partir de la rugosidad de su revestimiento en la actualidad con respecto al diseño original.

Objetivo Específico

O1: Determinar los parámetros hidráulicos del canal en la actualidad con respecto a los parámetros hidráulicos del diseño original.

O2: Determinar la velocidad del agua en el canal en la actualidad con respecto a la velocidad de diseño.

O3: Determinar la variación de la rugosidad del canal en la actualidad con respecto a la rugosidad de diseño.

II MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

Tipo Aplicada

La presente investigación es de tipo aplicada por que se centra en la búsqueda practica de la solución de un problema especifico en un momento dado. Asi mismo en la predicción de un comportamiento especifico a una situación dada.

porque no procederá a la alteración de la variable de estudio.

Diseño de investigación Será no experimental porque no procederá a la alteración de la variable de estudio.

Kerlinger y Lee (2002) nos dicen “que la investigación no experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o a que son inherentemente no manipulables. Se hacen inferencias sobre las relaciones entre las variables, sin intervención directa, de la variación concomitante de las variables independiente y dependiente”. (p.504)

Concierne a un nivel de estudio Descriptivo-transeccional, porque se realiza la descripción o caracterización del canal en un momento definido en el tiempo.

2.2 Población, muestra y muestreo - criterios de selección - variables

Población:

Para el presente trabajo de investigación la población está definida como el canal La Oroya, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Santa Rosa de Sacco, Provincia de Yauli, Región de Junín.

Muestra:

La muestra de estudio será considerada de medio kilómetro de longitud del canal de la Central Hidroeléctrica La Oroya, el cual comenzará desde la progresiva 12+550 hasta 13+050, la misma que se dividirá en unidades de muestra.

Unidades de Muestra:

Las unidades de muestra serán 20 tramos seleccionados de 25 metros cada uno.

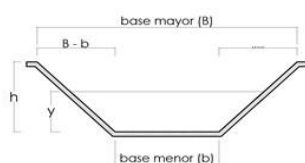
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

FICHA TÉCNICA

Cuenca: _____ Fecha: ____/____/____
Región: _____ hora: _____
Provincia: _____
Distrito: _____

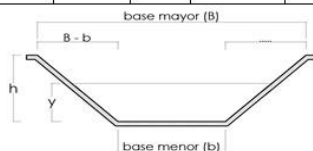
Sección ingreso-Progressiva: _____

DISTANCIA	ALTURA	BASE MENOR	BASE MAYOR	B-B	TIRANTE (Y)	H (TOTAL)	VELOC. CORRENTÓMETRO



Sección salida -Progressiva: _____

DISTANCIA	ALTURA	BASE MENOR	BASE MAYOR	B-B	TIRANTE (Y)	H (TOTAL)	VELOC. CORRENTÓMETRO



Fuente: Propia

Técnicas e Instrumentos

El presente trabajo considera como la técnica empleada a la observación, a la recolección de datos en fichas de evaluación que se recopilaban con la ayuda de herramientas y equipos de medición, se emplea programas para diseño y cálculos empleando la Fórmula de Manning.

Tipo de Muestreo

Tipo de muestreo no probabilístico – Intencional

Plan para recolección de datos y obtener resultados

1. Se inicia con ubicar el lugar de estudios, determinar la población y las muestras.
2. Encontrar información previa de trabajos anteriores (antecedentes).

3. Realizar las fichas de evaluación, además de la adquisición de equipos (alquiler de equipos).
4. Realizar el viaje hacia la zona de estudio y proceder con las mediciones, observaciones y tomar fotografías los cuales se anexadas en el trabajo.
5. Con los datos obtenidos se realizarán los cálculos correspondientes y evaluar la variación en la velocidad que presenta en canal de la Central Hidroeléctrica La Oroya debido a la variación de coeficiente de rugosidad.
6. Se presentará las respuestas obtenidas y se brindaran las recomendaciones correspondientes.

Equipos

- Cuaderno de apunte y fichas de evaluación.
- Nivel
- Teodolito electrónico
- Correntómetro
- Varilla de acero
- AutoCad
- HCanales
- Hec-Ras
- Microsoft Excel
- Cinta métrica de 50 m. y flexómetro 8 m.

2.4 Procedimiento

Métodos de medición de la velocidad

Para la toma de datos de la velocidad se utilizará el método de los 2 puntos a 20% y 80% de la superficie por ser el tirante mayor a 0.70m, para lo cual se procederá a dividir en secciones el ancho del canal.

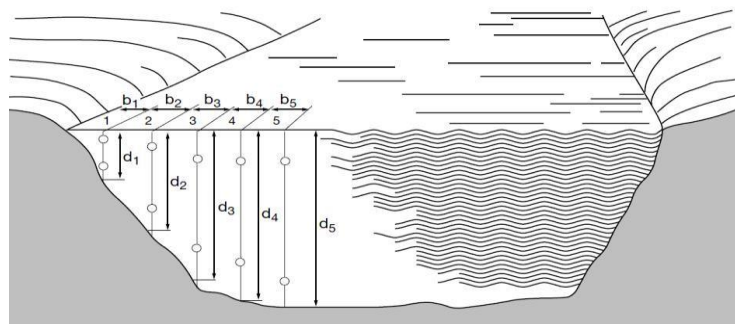


Figura 4 : Canal seccionado

Fuente: Guía de prácticas hidrológicas OMM 168.

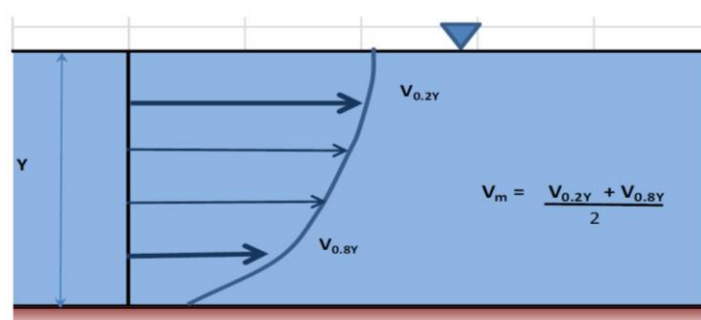


Figura 5: Métodos de los 2 puntos

Fuente: Manual de Hidrometria - Senamhi

2.5 Método y análisis de datos

Pasos para obtener la velocidad del canal

- Primero se realizó un recorrido a lo largo de canal y se seleccionó el lugar preciso donde las condiciones del canal permitan realizar las evaluaciones de velocidad y profundidad.
- Luego se procedió a realizar la medición del largo del canal y seleccionarlo cada 25 m. donde se obtiene el perfil longitudinal del canal y así considerar los cambios de pendientes.
- Se realizó la medición de las velocidades se sumergió el correntómetro a 0.20 tirante y a 0.80 tirante del canal en cada secciones de estudio esto es según SENAMHI se lo conoce como el método de dos puntos.
- Se procederá a introducir el correntómetro en las diversas áreas de cada sección, con este equipo nos brindará la velocidad correspondiente, se tomarán 3 registros y luego se sacará el promedio.

- Se trasladan los datos obtenidos al programa Microsoft Excel, el cual será el programa empleado para realizar los cálculos.

Pasos para la medición de los parámetros geométricos e hidráulicos

- Primero se realizó reconocimiento del área de estudio y se seleccionó el lugar preciso donde las condiciones del canal permitan realizar las evaluaciones de los parámetros geométricos e hidráulicos.
- Luego se procederá a dividir la población (500 m.) en 20 muestras correspondientes los cuales son secciones de 25 m. con ayuda de la cinta métrica de 50 m. se pudo realizar el proceso descrito.
- Una vez dividido la población se procederá a recopilar datos necesarios como: Tirante de agua, Ancho de solera, Espejo de agua, Ancho de corona Profundidad total del canal, Borde libre, Ángulo de inclinación y Talud.
- Con los datos correspondientes se llenará las fichas de evaluación.
- Empleando el teodolito electrónico y el mira de nivel se obtendrá pendiente y además los ángulos entre un punto y el otro.

Pasos para realizar los cálculos y obtener el coeficiente de Rugosidad actual:

- Con los datos obtenidos en campo se procederá a realizar los cálculos correspondientes empleando la Fórmula de Manning.
- Se empleará Microsoft Excel para realizar los cálculos y para respaldar los resultados se usará el Software HCanales.

Operacionalización de variables:

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V.1 Rugosidad del revestimiento.	Por rugosidad del revestimiento se refiere a la condición de la superficie, “La rugosidad superficial se presenta por la forma y el tamaño de los granos del material que forman el perímetro mojado	Características geométricas e hidráulicas del canal Pendiente rugosidad de la superficie del	Base inferior (m) Tirante de agua (m) Espejo de agua (m) Talud (relación numérica) Relación numérica (d/h) Número asignado por el método de	Instrumentos de medición: barra metálica distanciómetro wincha Correntómetro Planos topográficos Teodolito
	y que producen un efecto retardador de flujo”(Quispe, 2008, p.20)	revestimiento	Manning para la rugosidad (n)	
V.2 Velocidad	Se entiende como velocidad para el presente trabajo de investigación como el cambio de posición que experimenta el agua respecto al tiempo en su trayecto por el canal.	Tipo de flujo Velocidad del proyecto Velocidad del flujo de agua actual.	Número de Froude Velocidad del flujo (m/s) Velocidad del flujo (m/s)	método analítico de Manning método analítico de Froude método analítico de Manning y criterios adicionales método analítico de Manning y criterios adicionales

Fuente: Propia

2.6 Aspectos Éticos

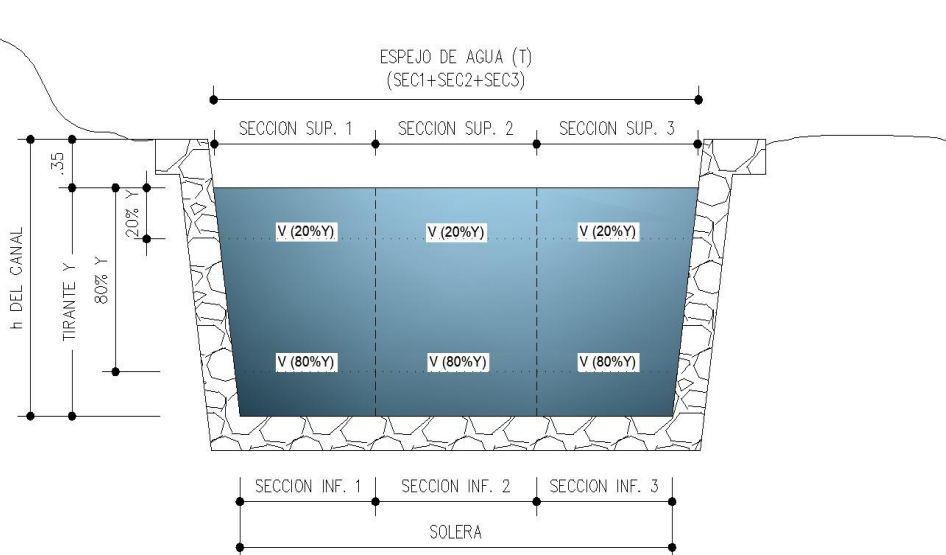
El trabajo de investigación ha sido elaborado con los protocolos de investigación, respetando los derechos de autor.

III RESULTADOS

3.1 Consideraciones previas

El canal de la presente investigación es de piedra y mortero por lo que para este tipo de revestimiento se les suele asignar, según tablas, un coeficiente de rugosidad de 0.017 como mínimo hasta un máximo de 0.030.

Calculando el caudal considerado la velocidad del flujo por el método de 2 puntos: A continuación, se muestra las velocidades del flujo de agua medidas en el canal, de las 20 secciones de estudio mediante el método de los dos puntos, estas velocidades se muestran en las secciones respectivas además del promedio de estas velocidades por cada sección:



Fuente: Propia

PROG.	PROFUND. ND.	PROFUND. DE MEDICIÓN		SECCIÓN 1 (m/s)			SECCIÓN 2 (m/s)			SECCIÓN 3 (m/s)		
		Tirante (Y)	20% de Y	80% de Y	V - (20%Y)	V - (80%Y)	V prom.1	V - (20%Y)	V - (80%Y)	V prom.2	V - (20%Y)	V - (80%Y)
12+550	1.66 m	0.33 m	1.33 m	1	0.8	0.90	1.7	0.9	1.30	1	0.8	0.90
12+575	1.67 m	0.33 m	1.34 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1.1	0.8	0.95
12+600	1.65 m	0.33 m	1.32 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1.1	0.8	0.95
12+625	1.62 m	0.32 m	1.30 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
12+650	1.66 m	0.33 m	1.33 m	1.1	0.7	0.90	1.7	0.9	1.30	1.1	0.7	0.90

12+675	1.65 m	0.33 m	1.32 m	1	0.8	0.90	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
12+700	1.67 m	0.33 m	1.34 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1	0.7	0.85
12+725	1.66 m	0.33 m	1.33 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1	0.7	0.85
12+750	1.67 m	0.33 m	1.34 m	1.1	0.7	0.90	1.6	0.9	1.25	1.1	0.7	0.90
12+775	1.66 m	0.33 m	1.33 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1	0.7	0.85
12+800	1.68 m	0.34 m	1.34 m	1.1	0.7	0.90	1.6	0.9	1.25	1.1	0.7	0.90
12+825	1.66 m	0.33 m	1.33 m	1	0.8	0.90	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
12+850	1.67 m	0.33 m	1.34 m	1.1	0.7	0.90	1.7	0.8	1.25	1.1	0.7	0.90
12+875	1.65 m	0.33 m	1.32 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
12+900	1.68 m	0.34 m	1.34 m	1	0.8	0.90	1.5	0.9	1.20	1	0.8	0.90
12+925	1.68 m	0.34 m	1.34 m	1	0.8	0.90	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
12+950	1.67 m	0.33 m	1.34 m	1	0.8	0.90	1.5	0.9	1.20	1	0.8	0.90
12+975	1.64 m	0.33 m	1.31 m	1.1	0.8	0.95	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
13+000	1.65 m	0.33 m	1.32 m	1	0.8	0.90	1.6	0.9	1.25	1	0.8	0.90
13+025	1.66 m	0.33 m	1.33 m	1.1	0.7	0.90	1.5	0.8	1.15	1.1	0.7	0.90

Fuente: Propia

Los promedios de velocidades por cada sección 1, 2 y 3 fueron usados en el cálculo de los caudales parciales obtenidas a partir del producto de dichas velocidades parciales con áreas mojadas parciales correspondientes y que al sumarlos conforman el caudal total por cada muestra de estudio. (ver Anexo)

A partir de dicho caudal, la pendiente, perímetro mojado y el área mojada, se despejó el valor de rugosidad de Manning de su conocida fórmula y mediante los datos mencionados obtener su valor para cada tramo de estudio. Luego se procedió a calcular la velocidad en base a el cociente del caudal y área mojada de cada sección. Todos los cálculos se muestran en forma detallada y se respaldaron con el programa Hcanales. (ver Anexo)

A continuación, se muestra una tabla con los parámetros hidráulicos empleados entre los cuales consideramos los valores de rugosidad de Manning calculados (ver anexo) y entre los resultados las velocidades correspondientes para cada tramo.

CALCULO DEL CANAL CON UNA RUGOSIDAD NORMAL											PARAMETROS RESULTANTES				
TRAMO	PROGRESIV A	DIF. de h (m)	ALTTUD msnm	CAUDAL	ALTURA	SOLERA (b)	TALUD (Z)	RUGOSIDAD (n)	PENDIENTE (S)						
										TIRANTE	ESPEJO DE AGUA	AREA HID.	VELOCIDAD	FROUDE	
0	12+525	0.150	3936.232	5.99	2										
1	12+550	0.172	3936.060	5.99 m3/s	2.0 m	3.23 m	0.139	0.063	0.0052	1.66 m	3.69 m	5.73 m3/s	1.04 m/s	0.27	
2	12+575	0.170	3935.890	5.99 m3/s	2.0 m	3.13 m	0.15	0.077	0.0068	1.77 m	3.66 m	6.02 m3/s	1.00 m/s	0.25	
3	12+600	0.054	3935.836	5.99 m3/s	2.0 m	3.17 m	0.158	0.064	0.0056	1.64 m	3.69 m	5.63 m3/s	1.06 m/s	0.27	
4	12+625	0.140	3935.696	5.99 m3/s	2.0 m	3.34 m	0.117	0.066	0.0056	1.64 m	3.72 m	5.79 m3/s	1.03 m/s	0.26	
5	12+650	0.135	3935.561	5.99 m3/s	2.0 m	3.21 m	0.145	0.065	0.0054	1.67 m	3.70 m	5.78 m3/s	1.04 m/s	0.26	
6	12+675	0.130	3935.431	5.99 m3/s	2.0 m	3.33 m	0.109	0.065	0.0052	1.68 m	3.70 m	5.89 m3/s	1.02 m/s	0.26	
7	12+700	0.125	3935.306	5.99 m3/s	2.0 m	3.34 m	0.096	0.064	0.005	1.69 m	3.66 m	5.91 m3/s	1.01 m/s	0.25	
8	12+725	0.130	3935.176	5.99 m3/s	2.0 m	3.31 m	0.114	0.065	0.0052	1.68 m	3.69 m	5.88 m3/s	1.02 m/s	0.26	
9	12+750	0.120	3935.056	5.99 m3/s	2.0 m	3.29 m	0.12	0.061	0.0048	1.66 m	3.69 m	5.78 m3/s	1.04 m/s	0.26	
10	12+775	0.120	3934.936	5.99 m3/s	2.0 m	3.28 m	0.133	0.061	0.0048	1.65 m	3.72 m	5.77 m3/s	1.04 m/s	0.27	
11	12+800	0.120	3934.816	5.99 m3/s	2.0 m	3.25 m	0.131	0.061	0.0048	1.66 m	3.69 m	5.77 m3/s	1.04 m/s	0.26	
12	12+825	0.120	3934.696	5.99 m3/s	2.0 m	3.32 m	0.12	0.062	0.0048	1.66 m	3.72 m	5.85 m3/s	1.02 m/s	0.26	
13	12+850	0.120	3934.576	5.99 m3/s	2.0 m	3.36 m	0.09	0.062	0.0048	1.67 m	3.66 m	5.87 m3/s	1.02 m/s	0.26	
14	12+875	0.130	3934.446	5.99 m3/s	2.0 m	3.29 m	0.121	0.063	0.0052	1.65 m	3.69 m	5.74 m3/s	1.04 m/s	0.27	
15	12+900	0.110	3934.336	5.99 m3/s	2.0 m	3.31 m	0.131	0.060	0.0044	1.67 m	3.75 m	5.89 m3/s	1.02 m/s	0.26	
16	12+925	0.120	3934.216	5.99 m3/s	2.0 m	3.25 m	0.131	0.064	0.005	1.70 m	3.69 m	5.89 m3/s	1.02 m/s	0.26	
17	12+950	0.110	3934.106	5.99 m3/s	2.0 m	3.35 m	0.12	0.060	0.0044	1.66 m	3.75 m	5.90 m3/s	1.02 m/s	0.26	
18	12+975	0.120	3933.986	5.99 m3/s	2.0 m	3.28 m	0.134	0.058	0.0048	1.59 m	3.71 m	5.56 m3/s	1.08 m/s	0.28	
19	13+000	0.120	3933.866	5.99 m3/s	2.0 m	3.38 m	0.103	0.062	0.0048	1.65 m	3.72 m	5.86 m3/s	1.02 m/s	0.26	
20	13+025	0.105	3933.761	5.99 m3/s	2.0 m	3.43 m	0.078	0.057	0.0042	1.63 m	3.68 m	5.80 m3/s	1.03 m/s	0.26	
													1.03 m/s		

Fuente: Propia

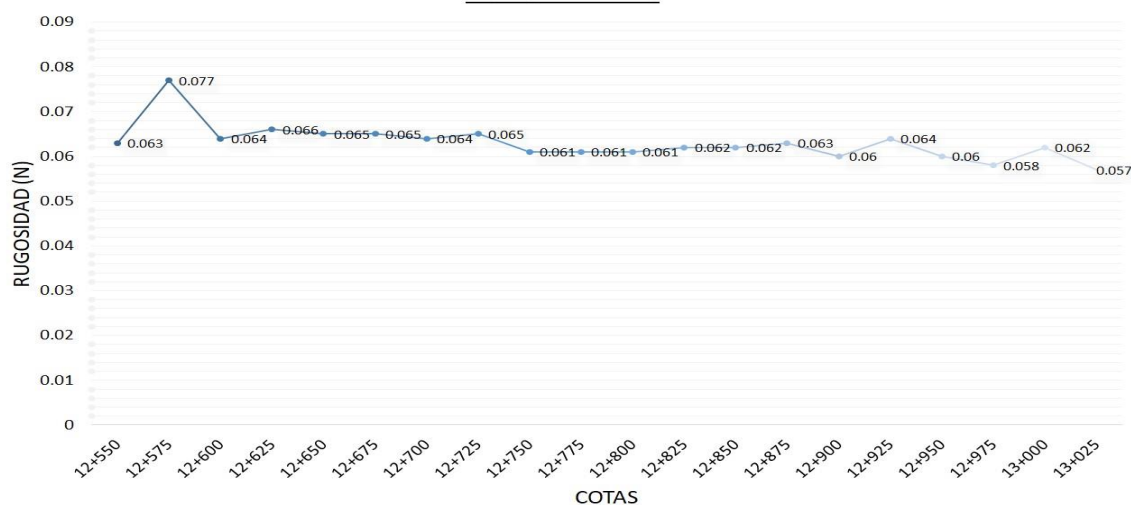
Cálculo de los parámetros con rugosidad y velocidad encontrados en el tramo del canal estudiado.

COTAS	RUGOSIDAD	VELOCIDAD
12+550	0.063	1.04 m/s
12+575	0.077	1.06 m/s
12+600	0.064	1.06 m/s
12+625	0.066	1.04 m/s
12+650	0.065	1.04 m/s
12+675	0.065	1.04 m/s
12+700	0.064	1.02 m/s
12+725	0.065	1.02 m/s
12+750	0.061	1.02 m/s
12+775	0.061	1.02 m/s
12+800	0.061	1.02 m/s
12+825	0.062	1.02 m/s
12+850	0.062	1.02 m/s
12+875	0.063	1.04 m/s
12+900	0.060	1.01 m/s
12+925	0.064	1.02 m/s
12+950	0.060	1.01 m/s
12+975	0.058	1.04 m/s
13+000	0.062	1.02 m/s
13+025	0.057	0.99 m/s

Fuente: Propia

Resumen de resultados de rugosidad y velocidad en el tramo del canal estudiado.

RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS SECCIONES ESTUDIADAS



Fuente: Propia

Desarrollo de la rugosidad en los tramos estudiados, según la condición actual.

Se procedió a realizar nuevamente los mismos cálculos a todas las secciones del canal, considerando las mismas medidas de solera, talud, pendiente, solo que ahora asumimos una rugosidad de 0.022 correspondiente al tipo de revestimiento de piedra y mortero. Esta vez para realizar los cálculos de las velocidades hemos utilizado la ayuda del software Excel en la cual ingresando las fórmulas de Manning nos permitieron obtener de una manera rápida y resumida todos los resultados de los parámetros hidráulicos para todas las secciones.

TRAMO	PROGRESIV A	DIF. de h (m)	msnm	CAUDAL	ALTURA	SOLERA (b)	TALUD (Z)	RUGOSIDAD	PENDIENTE (S)	PARAMETROS RESULTANTES				
										TIRANTE	ESPEJO DE AGUA	AREA HID.	VELOCIDAD	FROUDE
0	12+525	0.150	3936.232	5.99	2	VARIABLE		0.022	VARIABLE					
1	12+550	0.172	3936.060	5.99 m3/s	2.0 m	3.23 m	0.139	0.022	0.0052	0.81 m	3.45 m	2.70 m3/s	2.22 m/s	0.80
2	12+575	0.170	3935.890	5.99 m3/s	2.0 m	3.13 m	0.15	0.022	0.0068	0.76 m	3.36 m	2.45 m3/s	2.44 m/s	0.91
3	12+600	0.054	3935.836	5.99 m3/s	2.0 m	3.17 m	0.158	0.022	0.0056	0.80 m	3.42 m	2.63 m3/s	2.28 m/s	0.83
4	12+625	0.140	3935.696	5.99 m3/s	2.0 m	3.34 m	0.117	0.022	0.0056	0.77 m	3.52 m	2.65 m3/s	2.26 m/s	0.83
5	12+650	0.135	3935.561	5.99 m3/s	2.0 m	3.21 m	0.145	0.022	0.0054	0.80 m	3.44 m	2.67 m3/s	2.25 m/s	0.82
6	12+675	0.130	3935.431	5.99 m3/s	2.0 m	3.33 m	0.109	0.022	0.0052	0.80 m	3.50 m	2.72 m3/s	2.20 m/s	0.80
7	12+700	0.125	3935.306	5.99 m3/s	2.0 m	3.34 m	0.096	0.022	0.005	0.81 m	3.49 m	2.76 m3/s	2.17 m/s	0.78
8	12+725	0.130	3935.176	5.99 m3/s	2.0 m	3.31 m	0.114	0.022	0.0052	0.80 m	3.49 m	2.72 m3/s	2.21 m/s	0.80
9	12+750	0.120	3935.056	5.99 m3/s	2.0 m	3.29 m	0.12	0.022	0.0048	0.82 m	3.49 m	2.79 m3/s	2.15 m/s	0.77
10	12+775	0.120	3934.936	5.99 m3/s	2.0 m	3.28 m	0.133	0.022	0.0048	0.82 m	3.50 m	2.79 m3/s	2.15 m/s	0.77
11	12+800	0.120	3934.816	5.99 m3/s	2.0 m	3.25 m	0.131	0.022	0.0048	0.83 m	3.47 m	2.78 m3/s	2.15 m/s	0.77
12	12+825	0.120	3934.696	5.99 m3/s	2.0 m	3.32 m	0.12	0.022	0.0048	0.82 m	3.52 m	2.79 m3/s	2.15 m/s	0.77
13	12+850	0.120	3934.576	5.99 m3/s	2.0 m	3.36 m	0.09	0.022	0.0048	0.82 m	3.51 m	2.80 m3/s	2.14 m/s	0.76
14	12+875	0.130	3934.446	5.99 m3/s	2.0 m	3.29 m	0.121	0.022	0.0052	0.80 m	3.48 m	2.71 m3/s	2.21 m/s	0.80
15	12+900	0.110	3934.336	5.99 m3/s	2.0 m	3.31 m	0.131	0.022	0.0044	0.84 m	3.53 m	2.88 m3/s	2.08 m/s	0.74
16	12+925	0.120	3934.216	5.99 m3/s	2.0 m	3.25 m	0.131	0.022	0.005	0.82 m	3.46 m	2.74 m3/s	2.18 m/s	0.78
17	12+950	0.110	3934.106	5.99 m3/s	2.0 m	3.35 m	0.12	0.022	0.0044	0.84 m	3.55 m	2.88 m3/s	2.08 m/s	0.74
18	12+975	0.120	3933.986	5.99 m3/s	2.0 m	3.28 m	0.134	0.022	0.0048	0.82 m	3.50 m	2.79 m3/s	2.15 m/s	0.77
19	13+000	0.120	3933.866	5.99 m3/s	2.0 m	3.38 m	0.103	0.022	0.0048	0.81 m	3.55 m	2.80 m3/s	2.14 m/s	0.77
20	13+025	0.105	3933.761	5.99 m3/s	2.0 m	3.43 m	0.078	0.022	0.0042	0.84 m	3.56 m	2.94 m3/s	2.04 m/s	0.72

Fuente: Propia

Resultados del cálculo de las secciones, solo cambiando la rugosidad a un valor de 0.022.

A continuación, se presenta una tabla comparativa en la cual se pueden verificar los cambios en la velocidad causadas por el cambio rugosidad en el canal.

COTAS	RUGOSIDAD TEÓRICA		RUGOSIDAD ACTUAL	
	RUGOSIDAD	VELOCIDAD	RUGOSIDAD	VELOCIDAD
12+550	0.022	2.22 m/s	0.063	1.04 m/s
12+575	0.022	2.44 m/s	0.077	1.06 m/s
12+600	0.022	2.28 m/s	0.064	1.06 m/s
12+625	0.022	2.26 m/s	0.066	1.04 m/s
12+650	0.022	2.25 m/s	0.065	1.04 m/s
12+675	0.022	2.20 m/s	0.065	1.04 m/s
12+700	0.022	2.17 m/s	0.064	1.02 m/s
12+725	0.022	2.21 m/s	0.065	1.02 m/s
12+750	0.022	2.15 m/s	0.061	1.02 m/s
12+775	0.022	2.15 m/s	0.061	1.02 m/s
12+800	0.022	2.15 m/s	0.061	1.02 m/s
12+825	0.022	2.15 m/s	0.062	1.02 m/s
12+850	0.022	2.14 m/s	0.062	1.02 m/s
12+875	0.022	2.21 m/s	0.063	1.04 m/s
12+900	0.022	2.08 m/s	0.060	1.01 m/s
12+925	0.022	2.18 m/s	0.064	1.02 m/s
12+950	0.022	2.08 m/s	0.060	1.01 m/s
12+975	0.022	2.15 m/s	0.058	1.04 m/s
13+000	0.022	2.14 m/s	0.062	1.02 m/s
13+025	0.022	2.04 m/s	0.057	0.99 m/s
Promedios	0.022	2.18 m/s	0.063	1.03 m/s

Fuente: Propia

Con el incremento de la rugosidad, se puede notar que ha habido una disminución de la velocidad promedio, de 2.18 m/s a 1.03 m/s, un promedio de pérdida de velocidad de alrededor del 52%.

Legend
100 MP S
Ground
Bank Sta
Ground



Fuente: Propia

Se ingresaron de los datos tomados en campo en el programa Hec Ras, tales como la pendiente de cada muestra, (cada 25 m), medidas de la sección (b; h, y), la rugosidad calculada y se verificó mediante la simulación que el flujo del agua en el canal es semejante al verificado en la visita y que además no presenta desbordamiento para ambas condiciones de rugosidad presentadas.

IV DISCUSIÓN

Los resultados de rugosidad obtenidos son distintos a los coeficientes de rugosidad de Manning que están en el cuadro de rugosidades correspondiente al revestimiento del canal estudiado (Ven te Chow 1983). Ahí refiere que la rugosidad de Manning debería variar entre 0.017 a 0.030, mientras que en nuestros cálculos hemos obtenido una rugosidad promedio de 0.063. Lo que nos permite observar el cambio drástico de la rugosidad.

Respecto a la velocidad obtenida del flujo en el canal, mediante el correntómetro, es diferentes a los parámetros referenciado en (Villón 2002) donde nos expresa que la velocidad máxima de diseño es de 2m/s, en comparación a los datos registrados que al promediar nos brinda 1.03 m/s debido al aumento del coeficiente de la rugosidad.

V CONCLUSIONES

Se ha determinado la rugosidad actual de la sección estudiada del canal mediante la ecuación de Manning despejando la rugosidad (n) para cada una de las muestras y al promediar los resultados obtenidos, obtuvimos una rugosidad de 0.063 que en comparación con la rugosidad teórica para su tipo de revestimiento debería tener en promedio el valor de 0.022, lo que demuestra que ha habido una variación de 0.039.

Se ha determinado la velocidad del agua actual en el canal mediante el método de los dos puntos haciendo uso del correntómetro en las 20 muestras obteniendo en promedio una velocidad de 1.03 m/s que en comparación a la velocidad de diseño calculada debería ser de 2.18 m/s, lo que nos demuestra una reducción de la velocidad de 1.15 m/s.

Se ha determinado los parámetros hidráulicos del tramo estudiado del canal en cada una de las 20 muestras; tales como dimensión de la solera, tirante de agua, espejo de agua, borde libre, así como también el talud y la pendiente. Se observaron además deterioro en el borde libre como áreas con desprendimiento de revestimiento y crecimiento de vegetación.

Se ha determinado la velocidad actual del agua en el canal y se ha comparado con la velocidad al ser diseñado considerando una condición óptima de rugosidad, llegando a la conclusión que la velocidad actual ha incrementado debido al incremento en la rugosidad.

VI RECOMENDACIONES

- Un revestimiento de concreto que permita disminuir el coeficiente de rugosidad, además sea favorable para la durabilidad del canal.
- Mantenimiento correspondiente de esta manera evitar la acumulación de sedimentos o retiro de materiales, que impidan el flujo normal del canal pues se detectó material suelto en la base del canal.
- Dar mantenimiento a la corona, porque se encontró el lado que esta junto al cerro con material suelto cerca al borde libre y proclive a caer en el canal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- MARTINEZ, Paul y MENESES, Diego. 2018. “Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales.”. Cuenca. Ecuador: Universidad del Azuay, 2018.
- QUINTERO, Baldonato, MARTIN, William y MORALES, Ñurinda. 2015. Diseño hidráulico de un canal de 1km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del Municipio de Ciudad Sandino, de marzo a Julio 2015. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua., 2015.
- NARANJO, C. (2016) “Desarrollo de un software para el cálculo de canales abiertos de flujo uniforme.” Trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil. Elaborado en la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.
- VILLAR, V. (2017) “Diseño de 4 Km del canal unguay - huaso - provincia de Julcán - región La Libertad” Tesis para optar el título de ingeniero agrícola. Elaborado en la Universidad Nacional de Trujillo - Perú.

Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9690>
- VILLON, Máximo. Hidráulica de canales. Perú: Editorial Villón, 2007. 508 PP.

ISBN: 99778-66-081-6
- CHOW Ven Te. Hidráulica de canales abiertos. Colombia: Editorial nomos S.A., 2004. 655 PP.

ISBN: 958-600-228-4
- MERCHAN, Pablo (2019). Simulación numérica experimental de un canal con un nuevo modelo de rugosidad artificial, Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Universidad de cuenca Ecuador.
- LÓPEZ, Liliana (2017) “Desarrollo de un software específico para el cálculo de canales abiertos de flujo uniforme considerando los principios de energía” trabajo

experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil. Universidad técnica de Ambato - Ecuador.

- CORDERO, David (2018) “Comportamiento hidráulico de flujos en canales abiertos para ubicar fallas - canal de San Lorenzo - Jauja, 2017” Para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad nacional del centro del Perú.

Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5048>

- CHOW, VEN. Open-Channel Hydraulics. 57. a ed. The Blackburn Press - University of Illinois, 2009. 700 pp. ISBN-10: 1932846182
- CRUZ, Marcelino (2016) “Evaluación de la velocidad en un canal abierto mediante las ecuaciones de factor de fricción de Darcy - Weisbach, Chezy y Manning - Ayacucho - 2016” tesis para obtener el título profesional de: ingeniero agrícola. Universidad Nacional de San Cristóbal de huamanga.

Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3184>

- GÓMEZ, Luis (2016) “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de regadío del caserío de Asay entre las progresivas 0+000 al 1+000 del distrito de Huacrachuco, provincia del Marañón, región Huánuco – febrero 2016.” Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Piura-Perú.

Disponible en: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1284>

- VIVAR, Erwin (2018) “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal Quillhuay Alto desde la progresiva 4+000 al 4+500 ubicado en el caserío de Quillhuay, distrito de Moro, provincia del Santa, región Áncash – febrero 2017”. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Perú.

Disponible en: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/3734>

- ESPIR, Jan y MORALES, Javier (2015) “Evaluación de fenómenos hidráulicos en el canal chaquin del sistema de riego del valle de Virú primer tramo”. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Privada Antenor Orrego.

Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1142>

- CHUGNAS, Clara y MANTARI, Francisco (2015) “Determinación experimental del coeficiente de rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular.” Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Privada Antenor Orrego.

Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1985>

- **ARCEMENT, GEORGE and SCHNEIDER, VERNE. 1989.** Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. United States : United States Government Printing Office, 1989.

Available in:

<https://dpw.lacounty.gov/lacfd/wdr/files/WG/041615/Guide%20for%20Selecting%20n-Value.pdf>.

- **HARRY, H y BARNES, Jr. 1987.** Roughness Characteristics of Natural Channels. U.S: UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE. WASHINGTON, 1987. Available

in:

https://pubs.usgs.gov/wsp/wsp_1849/pdf/wsp_1849.pdf.

- VILLON, Máximo. 2003. HCANALES. COSTA RICA: IMPRESO EN CARTAGO, 2003.

Disponible en: <https://es.slideshare.net/fabiola232820/manual-hcanales>

ANEXOS

PROGRESIVA 12+550 a 12+575

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 1.

TRAMO 1	PROGRESIVA 12+550 A 12+575		Datos del correntómetro					
sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante	Área (m2)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)	Q (m3/s)
			(m)		20%	80%		
A1	1	1.23	1.66	1.85	1	0.8	0.9	1.67
A2	1.23	1.23	1.66	2.04	1.7	0.9	1.3	2.65
A3	1	1.23	1.66	1.85	1	0.8	0.9	1.67
Solera (B)	3.23	3.69		5.74	m2	Q result		5.99
talud (Z)	0.139					V result		1.04

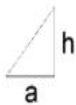
Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.13/25 = 0.0052$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69-3.23)/2)/1.66m = 0.139$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.23 + 2(1.66)\sqrt{1 + 0.139^2} = 6.582$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.74}{6.582} = 0.873$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^2 \cdot n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^2 \cdot Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.74^{5/3} \cdot 0.0052^{1/2}}{6.582^2 \cdot 5.99} = 0.063$$

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+575 A 12+600

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 2.

TRAMO 2	PROGRESIVA 12+575 A 12+600			Datos del correntómetro				
	sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	Área (m2)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)
A1	0.96	1.21	1.67	1.81	1.1	0.8	0.95	1.72
A2	1.21	1.21	1.67	2.02	1.6	0.9	1.25	2.53
A3	0.96	1.21	1.67	1.81	1.1	0.8	0.95	1.72
Solera (B)	3.13	3.63	Area tot.	5.64	m2	Q result		5.97
talud (Z)	0.15					V result		1.06

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.17/25 = 0.0068$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.63 - 3.13) / 2) / 1.67 \text{ m} = 0.15$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.13 + 2(1.67)\sqrt{1 + 0.15^2} = 6.507$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.64}{6.507} = 0.867$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.64^{5/3} \cdot 0.0068^{1/2}}{6.507^{2/3} \cdot 5.97} = 0.077$$

▼ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya **Proyecto:** Investigación

Tramo: 2 **Revestimiento:** Piedra y mortero

Datos:

Caudal (Q): 5.97 m3/s

Ancho de solera (b): 3.13 m

Talud (Z): 0.15

Rugosidad (n): 0.066

Pendiente (S): 0.0068 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 1.6787 m

Perímetro (p): 6.5249 m

Área hidráulica (A): 5.6769 m2

Radio hidráulico (R): 0.8700 m

Espejo de agua (T): 3.6336 m

Velocidad (v): 1.6516 m/s

Número de Froude (F): 0.2686

Energía específica (E): 1.7350 m-Kp/Kg

Tipo de flujo: Subcrítico

Cuidado velocidad erosiva

Calcular
Limpiar Pantalla
Imprimir
Menú Principal
Calculadora
Reporte

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 9:43 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+600 A 12+625

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 3.

TRAMO 3	PROGRESIVA 12+600 A 12+625			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s) 20% 80%		V result. (m/s)
A1	0.97	1.23	1.65	1.82	1.1	0.8	1.72	
A2	1.23	1.23	1.65	2.03	1.6	0.9	2.54	
A3	0.97	1.23	1.65	1.82	1.1	0.8	1.72	
Solera (B)	3.17	3.69	Area tot.	5.66	m ²	Q result		5.99
talud (Z)	0.158					V result		1.06

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

S = 0.14/25 = 0.0056

Obteniendo el Talud:

Z = a/h



Z = ((3.69-3.17)/2)/1.65m = 0.158

Perímetro mojado:

$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$

$P = 3.17 + 2(1.65)\sqrt{1 + 0.158^2} = 6.511$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.66}{6.511} = 0.869$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.66^{5/3} \cdot 0.0056^{1/2}}{6.511^{2/3} \cdot 5.99} = 0.064$$

Datos:

- Lugar: La oroya
- Tramo: 3
- Proyecto: Investigación
- Revestimiento: Piedra y mortero
- Caudal (Q): 5.99 m³/s
- Ancho de solera (b): 3.17 m
- Talud (Z): 0.158
- Rugosidad (n): 0.064
- Pendiente (S): 0.0056 m/m

Resultados:

- Tirante normal (y): 1.6426 m
- Perímetro (p): 6.4959 m
- Área hidráulica (A): 5.6333 m²
- Radio hidráulico (R): 0.8672 m
- Espejo de agua (T): 3.6891 m
- Velocidad (v): 1.0633 m/s
- Número de Froude (F): 0.2747
- Energía específica (E): 1.7002 m-Kg/Kg
- Tipo de flujo: Subcrítico

Cuidado velocidad erosiva

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+625 A 16+650

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 4.

TRAMO 4	PROGRESIVA 12+625 A 16+650			Datos del correntómetro				
	sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	Área (m2)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)
A1	1.05	1.24	1.62	1.85	1.1	0.8	0.95	1.76
A2	1.24	1.24	1.62	2.01	1.6	0.9	1.25	2.51
A3	1.05	1.24	1.62	1.85	1	0.8	0.9	1.67
Solera (B)	3.34	3.72	Area tot.	5.72	m2	Q result		5.94
talud (Z)	0.117					V result		1.04

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.14/25 = 0.0056$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.72-3.34)/2)/1.62m = 0.117$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.34 + 2(1.62)\sqrt{1 + 0.117^2} = 6.602$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.72}{6.602} = 0.866$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.72^{5/3} \cdot 0.0056^{1/2}}{6.602^{2/3} \cdot 5.94} = 0.066$$



Fuente: Propia (programa Hcanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+650 A 12+675

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 5.

TRAMO 5	PROGRESIVA 12+650 A 12+675			Datos del correntómetro					
	sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	Área (m ²)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)	Q (m ³ /s)
						20%	80%		A*V
A1	0.99	1.23	1.66	1.84	1.1	0.7	0.9	1.66	
A2	1.23	1.23	1.66	2.04	1.7	0.9	1.3	2.65	
A3	0.99	1.23	1.66	1.84	1.1	0.7	0.9	1.66	
Solera (B)	3.21	3.69	Area tot.	5.73	Q result			5.97	
talud (Z)	0.145				V result			1.04	

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.135/25 = 0.0054$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69-3.21)/2)/1.66m = 0.145$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.21 + 2(1.66)\sqrt{1 + 0.145^2} = 6.565$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.73}{6.565} = 0.872$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.73^{5/3} \cdot 0.0054^{1/2}}{6.565^{2/3} \cdot 5.97} = 0.065$$

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 5 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:
Caudal (Q): 5.97 m³/s
Ancho de solera (b): 3.21 m
Talud (Z): 0.145
Rugosidad (n): 0.065
Pendiente (S): 0.0054 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 1.6710 m
Área hidráulica (A): 6.7688 m²
Espejo de agua (T): 3.6946 m
Número de Froude (F): 0.2644
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.5870 m
Radio hidráulico (R): 0.8758 m
Velocidad (v): 1.0349 m/s
Energía específica (E): 1.7256 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 5:35 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+675 A 12+700

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 6.

TRAMO 6	PROGRESIVA 12+675 A 12+700			Datos del correntómetro				
	sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	Área (m2)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)
A1	1.05	1.23	1.65	1.88	1	0.8	0.9	1.69
A2	1.23	1.23	1.65	2.03	1.6	0.9	1.25	2.54
A3	1.05	1.23	1.65	1.88	1	0.8	0.9	1.69
Solera (B)	3.33	3.69	Area tot.	5.79	m2	Q result		5.92
talud (Z)	0.109					V result		1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

S = 0.13/25 = 0.0052

Obteniendo el Talud:

Z = a/h



Z = ((3.69-3.33)/2)/1.65m = 0.109

Perímetro mojado:

$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$

$P = 3.33 + 2(1.65)\sqrt{1 + 0.109^2} = 6.65$

Radio hidráulico

$R = \frac{A}{P}$

$R = \frac{5.79}{6.65} = 0.871$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$

$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$n = \frac{5.79^{5/3} \cdot 0.0052^{1/2}}{6.65^{2/3} \cdot 5.92} = 0.065$

Calculadora de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m3/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m2
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculadora | Limpia Pantalla | Imprimir | Menú Principal | Reporte

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 5:31 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+700 A 12+725

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 7.

TRAMO 7	PROGRESIVA 12+700 A 12+725			Datos del correntómetro					
	sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	Área (m ²)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)	Q (m ³ /s)
						20%	80%		A*V
A1	1.06	1.22	1.67	1.9	1.1	0.7	0.9	1.71	
A2	1.22	1.22	1.67	2.04	1.6	0.9	1.25	2.55	
A3	1.06	1.22	1.67	1.9	1.1	0.7	0.9	1.71	
Solera (B)	3.34	3.66	Area tot.	5.85	m ²	Q result		5.97	
talud (Z)	0.096					V result		1.02	

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.125/25 = 0.005$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.66-3.34)/2)/1.67m = 0.096$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.34 + 2(1.67)\sqrt{1 + 0.096^2} = 6.695$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.85}{6.695} = 0.873$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.85^{5/3} \cdot 0.005^{1/2}}{6.695^{2/3} \cdot 5.97} = 0.064$$

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 7 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:
Caudal (Q): 5.97 m³/s
Ancho de solera (b): 3.34 m
Talud (Z): 0.096
Rugosidad (n): 0.064
Pendiente (S): 0.005 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 1.6841 m
Área hidráulica (A): 5.8972 m²
Espejo de agua (T): 3.6633 m
Número de Froude (F): 0.2547
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.7237 m
Radio hidráulico (R): 0.8771 m
Velocidad (v): 1.0123 m/s
Energía específica (E): 1.7363 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 5:08 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+725 A 12+750

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 8.

TRAMO 8	PROGRESIVA 12+725 A 12+750			Datos del correntómetro				
	sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	Área (m ²)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)
A1	1.04	1.23	1.66	1.88	1.1	0.8	0.95	1.79
A2	1.23	1.23	1.66	2.04	1.6	0.9	1.25	2.55
A3	1.04	1.23	1.66	1.88	1	0.7	0.85	1.6
Solera (B)	3.31	3.69	Area tot.	5.81	m ²	Q result		5.94
talud (Z)	0.114					V result		1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.13/25 = 0.0052$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69 - 3.31) / 2) / 1.66 \text{ m} = 0.114$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.31 + 2(1.66)\sqrt{1 + 0.114^2} = 6.652$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.81}{6.652} = 0.873$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^2 n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^2 Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.81^{5/3} \cdot 0.0052^{1/2}}{6.652^2 \cdot 5.94} = 0.065$$

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+750 A 12+775

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 9.

TRAMO 9	PROGRESIVA 12+750 A 12+775			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s) 20% 80%		V result. (m/s)
A1	1.03	1.23	1.67	1.89	1.1	0.7	1.7	
A2	1.23	1.23	1.67	2.05	1.6	0.9	2.57	
A3	1.03	1.23	1.67	1.89	1.1	0.7	1.7	
Solera (B)	3.29	3.69	Area tot.	5.83	m ²	Q result		5.96
talud (Z)	0.12					V result		1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.12/25 = 0.0048$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69 - 3.29)/2) / 1.67 \text{ m} = 0.12$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.29 + 2(1.67)\sqrt{1 + 0.12^2} = 6.654$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.83}{6.654} = 0.876$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.83^{5/3} \cdot 0.0048^{1/2}}{6.654^{2/3} \cdot 5.96} = 0.061$$

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:
 Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:
 Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Botones:

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 4:52 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+775 A 12+800

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 10.

TRAMO	PROGRESIVA 12+775 A 12+800			Datos del correntómetro				
10								
sector	B inf (m)	Bsup	Tirante	Área (m ²)	velocidades (m/s)		V result.	Q (m ³ /s) A*V
		(m)	(m)		20%	80%	(m/s)	
A1	1.02	1.24	1.66	1.88	1.1	0.8	0.95	1.78
A2	1.24	1.24	1.66	2.06	1.6	0.9	1.25	2.57
A3	1.02	1.24	1.66	1.88	1	0.7	0.85	1.59
Solera (B)	3.28	3.72	Area tot.	5.81	m ²	Q result		5.95
talud (Z)	0.133					V result		1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.12/25 = 0.0048$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.72 - 3.28)/2) / 1.66 \text{ m} = 0.133$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.28 + 2(1.66)\sqrt{1 + 0.133^2} = 6.629$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.81}{6.629} = 0.876$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.81^{5/3} \cdot 0.0048^{1/2}}{6.629^{2/3} \cdot 5.95} = 0.061$$

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 10 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:

Caudal (Q): 5.95 m³/s
Ancho de solera (b): 3.28 m
Talud (Z): 0.133
Rugosidad (n): 0.061
Pendiente (S): 0.0048 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 1.6417 m
Area hidráulica (A): 5.7431 m²
Espejo de agua (T): 3.7167 m
Número de Froude (F): 0.2661
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.5923 m
Radio hidráulico (R): 0.8712 m
Velocidad (v): 1.0360 m/s
Energía específica (E): 1.6964 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

4:55 a. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+800 A12+825

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 11.

TRAMO 11	PROGRESIVA 12+800			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s)	
	A12+825				20%	80%		A*V
sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	1.88	velocidades (m/s)		V result. (m/s)	
A1	1.01	1.23	1.68		1.1	0.7	0.9	1.69
A2	1.23	1.23	1.68	2.07	1.6	0.9	1.25	
A3	1.01	1.23	1.68	1.88	1.1	0.7	0.9	
Solera (B)	3.25	3.69	Area tot.	5.83	m ²		Q result	5.97
talud (Z)	0.131						V result	1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.12/25 = 0.004$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69-3.25)/2)/1.68\text{m} = 0.131$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.25 + 2(1.68)\sqrt{1 + 0.131^2} = 6.639$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.83}{6.639} = 0.878$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^2 Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.83^{5/3} \cdot 0.004^{1/2}}{6.639^2 \cdot 5.97} = 0.061$$

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada

PROGRESIVA 12+825 A 12+850

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 12.

TRAMO 12	PROGRESIVA 12+825 A			Área (m ²)	Datos del correntómetro			Q (m ³ /s) A*V
	12+850				velocidades (m/s)		V result.	
sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)	20%	80%	(m/s)	Q result	
	A1	1.04	1.24					1.66
A2	1.24	1.24	1.66	1.6	0.9	1.25	2.57	
A3	1.04	1.24	1.66	1	0.8	0.9	1.7	
Solera (B)	3.32	3.72	Area tot.	5.84	m ²	Q result		5.98
talud (Z)	0.12					V result		1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.12/25 = 0.0048$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.72 - 3.32)/2) / 1.66 \text{ m} = 0.12$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.32 + 2(1.66)\sqrt{1 + 0.12^2} = 6.664$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.84}{6.664} = 0.877$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^2 n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^2 Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.84^{5/3} \cdot 0.0048^{1/2}}{6.664^2 \cdot 5.98} = 0.062$$

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:
 Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:
 Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 4:59 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+850 A 12+875

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 13.

TRAMO 13	PROGRESIVA 12+850 A 12+875			Área (m2)	Datos del correntómetro		Q (m3/s) A*V	
	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)		velocidades (m/s)			V result. (m/s)
A1	1.07	1.22	1.67	1.91	1.1	0.7	1.72	
A2	1.22	1.22	1.67	2.04	1.7	0.8	2.55	
A3	1.07	1.22	1.67	1.91	1.1	0.7	1.72	
Solera (B)	3.36	3.66	Area tot.	5.86	m2		Q result	5.99
talud (Z)	0.09						V result	1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.12/25 = 0.0048$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.66-3.36)/2)/1.67m = 0.09$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.36 + 2(1.67)\sqrt{1 + 0.09^2} = 6.713$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.86}{6.713} = 0.873$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{2}{3}} \cdot n}$$

$$n = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{2}{3}} \cdot Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.86^{\frac{5}{3}} \cdot 0.0048^{\frac{1}{2}}}{6.713^{\frac{2}{3}} \cdot 5.99} = 0.062$$

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+875 A 12+900

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 14.

TRAMO 14	PROGRESIVA 12+875 A 12+900			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s) 20% 80%		V result. (m/s)
A1	1.03	1.23	1.65	1.86	1.1	0.8	0.95	1.77
A2	1.23	1.23	1.65	2.03	1.6	0.9	1.25	2.54
A3	1.03	1.23	1.65	1.86	1	0.8	0.9	1.68
Solera (B)	3.29	3.69	Area tot.	5.76	m ²	Q result		5.99
talud (Z)	0.121					V result		1.04

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.13/25 = 0.0052$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69 - 3.29) / 2) / 1.65 \text{ m} = 0.121$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.29 + 2(1.65)\sqrt{1 + 0.121^2} = 6.614$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.76}{6.614} = 0.871$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.76^{5/3} \cdot 0.0052^{1/2}}{6.614^{2/3} \cdot 5.99} = 0.063$$

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 14 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:
Caudal (Q): 5.99 m³/s
Ancho de solera (b): 3.29 m
Talud (Z): 0.121
Rugosidad (n): 0.063
Pendiente (S): 0.0052 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 1.6464 m
Área hidráulica (A): 5.7445 m²
Espejo de agua (T): 3.6884 m
Número de Froude (F): 0.2668
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.6068 m
Radio hidráulico (R): 0.8695 m
Velocidad (v): 1.0427 m/s
Energía específica (E): 1.7018 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+900 A 12+925

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 15.

TRAMO 15	PROGRESIVA 12+900 A 12+925			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s) 20% 80%		V result. (m/s)
A1	1.03	1.25	1.68	1.92	1	0.8	0.9	1.72
A2	1.25	1.25	1.68	2.1	1.5	0.9	1.2	2.52
A3	1.03	1.25	1.68	1.92	1	0.8	0.9	1.72
Solera (B)	3.31	3.75	Area tot.	5.93	m2		Q result	5.97
talud (Z)	0.131						V result	1.01

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.11/25 = 0.0044$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.75 - 3.31)/2) / 1.68 \text{ m} = 0.131$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.31 + 2(1.68)\sqrt{1 + 0.131^2} = 6.699$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.93}{6.699} = 0.885$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.93^{5/3} \cdot 0.0044^{1/2}}{6.699^{2/3} \cdot 5.97} = 0.060$$

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n): m/m

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m

Área hidráulica (A): m²

Espejo de agua (T): m

Número de Froude (F):

Tipo de flujo:

Perímetro (p): m

Radio hidráulico (R): m

Velocidad (v): m/s

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Reporte

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+925 A 12+950

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 16.

TRAMO 16	PROGRESIVA 12+925 A 12+950			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s) 20% 80%		V result. (m/s)
A1	1.01	1.23	1.68	1.88	1	0.8	0.9	1.69
A2	1.23	1.23	1.68	2.07	1.6	0.9	1.25	2.58
A3	1.01	1.23	1.68	1.88	1	0.8	0.9	1.69
Solera (B)	3.25	3.69	Area tot.	5.83	m ²	Q result		5.97
talud (Z)	0.131					V result		1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.125/25 = 0.005$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.69-3.25)/2)/1.68\text{m} = 0.131$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.25 + 2(1.68)\sqrt{1 + 0.131^2} = 6.639$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.83}{6.639} = 0.878$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.83^{5/3} \cdot 0.005^{1/2}}{6.639^{2/3} \cdot 5.97} = 0.064$$

Calculadora de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 16 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:
Caudal (Q): 5.9619 m³/s
Ancho de solera (b): 3.25 m
Talud (Z): 0.131
Rugosidad (n): 0.064
Pendiente (S): 0.0048 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 1.6587 m
Área hidráulica (A): 6.7513 m²
Espejo de agua (T): 3.6846 m
Número de Froude (F): 0.2649
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.6958 m
Radio hidráulico (R): 0.8720 m
Velocidad (v): 1.0366 m/s
Energía específica (E): 1.7135 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculadora Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 12:05 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa Hcanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+950 A 12+975

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 17.

TRAMO 17	PROGRESIVA 12+950 A 12+975			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s) 20% 80%		V result. (m/s)
A1	1.05	1.25	1.67	1.92	1	0.8	0.9	1.73
A2	1.25	1.25	1.67	2.09	1.5	0.9	1.2	2.51
A3	1.05	1.25	1.67	1.92	1	0.8	0.9	1.73
Solera (B)	3.35	3.75	Area tot.	5.93	m ²		Q result	5.96
talud (Z)	0.12						V result	1.01

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

S = 0.11/25 = 0.0044

Obteniendo el Talud:

Z = a/h



Z = ((3.35-3.35)/2)/1.7m = 0.12

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.35 + 2(1.67)\sqrt{1 + 0.12^2} = 6.714$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.93}{6.714} = 0.883$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.93^{5/3} \cdot 0.0044^{1/2}}{6.714^{2/3} \cdot 5.96} = 0.060$$

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldao con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 12+975 A 13+000

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 18.

TRAMO 18	PROGRESIVA 12+975 A			Área (m ²)	Datos del correntómetro			Q (m ³ /s) A*V
	13+000				velocidades (m/s)		V result. (m/s)	
sector	B inf (m)	Bsup (m)	Tirante (m)		20%	80%		
	A1				1.02	1.24		
A2	1.24	1.24	1.64	2.03	1.6	0.9	1.25	2.54
A3	1.02	1.24	1.64	1.85	1	0.8	0.9	1.67
Solera (B)	3.28	3.72	Area tot.	5.74	m2		Q result	5.97
talud (Z)	0.134						V result	1.04

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

S = 0.12/25 = 0.0048

Obteniendo el Talud:

Z = a/h



Z = ((3.72-3.28)/2)/1.64m = 0.134

Perímetro mojado:

$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$

$P = 3.72 + 2(1.64)\sqrt{1 + 0.134^2} = 6.589$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.74}{6.589} = 0.871$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.74^{5/3} \cdot 0.0048^{1/2}}{6.55^{2/3} \cdot 5.97} = 0.058$$

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 18 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:

Caudal (Q): 5.97 m³/s
Ancho de solera (b): 3.28 m
Talud (Z): 0.134
Rugosidad (n): 0.06
Pendiente (S): 0.0048 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 1.6259 m
Area hidráulica (A): 5.6870 m²
Espejo de agua (T): 3.7157 m
Número de Froude (F): 0.2709
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.5608 m
Radio hidráulico (R): 0.8668 m
Velocidad (v): 1.0498 m/s
Energía específica (E): 1.6820 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 10:29 p. m. 01/12/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldando con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 13+000 A 13+025

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 19.

TRAMO 19	PROGRESIVA 13+000 A 13+025			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s)	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)
					20%	80%		
A1	1.07	1.24	1.65	1.91	1	0.8	0.9	1.72
A2	1.24	1.24	1.65	2.05	1.6	0.9	1.25	2.56
A3	1.07	1.24	1.65	1.91	1	0.8	0.9	1.72
Solera (B)	3.38	3.72	Area tot.	5.86	m2		Q result	5.99
talud (Z)	0.103						V result	1.02

Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

$$S = 0.12/25 = 0.0048$$

Obteniendo el Talud:

$$Z = a/h$$



$$Z = ((3.72 - 3.38) / 2) / 1.65 \text{ m} = 0.103$$

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.38 + 2(1.65)\sqrt{1 + 0.103^2} = 6.697$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.86}{6.697} = 0.875$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{P^{2/3} Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.86^{5/3} \cdot 0.0048^{1/2}}{6.697^{2/3} \cdot 5.99} = 0.062$$

Calculadora de canales: Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 19 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:
Caudal (Q): 5.98 m³/s
Ancho de solera (b): 3.38 m
Talud (Z): 0.103
Rugosidad (n): 0.062
Pendiente (S): 0.0048 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 1.6488 m
Área hidráulica (A): 5.8531 m²
Espejo de agua (T): 3.7197 m
Número de Froude (F): 0.2600
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.6951 m
Radio hidráulico (R): 0.8742 m
Velocidad (v): 1.0217 m/s
Energía específica (E): 1.7020 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora, Reporte

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 3:50 p. m. 30/11/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.

PROGRESIVA 13+025 A 13+050

A continuación, se presentan los cálculos en el tramo 20.

TRAMO 20	PROGRESIVA 13+025 A 13+050			Área (m ²)	Datos del correntómetro		Q (m ³ /s) A*V	
	sector	B inf (m)	Bsup (m)		Tirante (m)	velocidades (m/s)		V result. (m/s)
					20%	80%		
A1	1.1	1.23	1.66	1.93	1.1	0.7	0.9	1.74
A2	1.23	1.23	1.66	2.04	1.5	0.8	1.15	2.35
A3	1.1	1.23	1.66	1.93	1.1	0.7	0.9	1.74
Solera (B)	3.43	3.69	Area tot.	5.91	m2	Q result		5.83
talud (Z)	0.078					V result		0.99

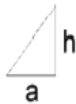
Pendiente (S): h/d

S = difer. de h / dist.

S = 0.105/25 = 0.0042

Obteniendo el Talud:

Z = a/h



Z = ((3.69-3.43)/2)/1.66m = 0.078

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 3.43 + 2(1.66)\sqrt{1 + 0.078^2} = 6.760$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{5.91}{6.76} = 0.874$$

Despejando la rugosidad (n) de la ecuación de

Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n}$$

$$n = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot Q}$$

Reemplazando datos y calculando la rugosidad:

$$n = \frac{5.91^{5/3} \cdot 0.0042^{1/2}}{6.76^{2/3} \cdot 5.83} = 0.057$$

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: La oroya Proyecto: Investigación
Tramo: 20 Revestimiento: Piedra y mortero

Datos:

Caudal (Q): 5.98 m³/s
Ancho de solera (b): 3.43 m
Talud (Z): 0.078
Rugosidad (n): 0.050
Pendiente (S): 0.0044 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 1.6418 m
Área hidráulica (A): 5.8417 m²
Espejo de agua (T): 3.6861 m
Número de Froude (F): 0.2596
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 6.7236 m
Radio hidráulico (R): 0.8688 m
Velocidad (v): 1.0237 m/s
Energía específica (E): 1.6952 m·Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 3:45 p. m. 30/11/2019

Fuente: Propia (programa HCanales)

Respaldo con Hcanales el resultado hallado para la rugosidad de la sección considerada.



Fuente: Propia

Vista del canal de la Central hidroeléctrica La Oroya. Se puede apreciar que la vegetación ha llegado a invadir el borde libre de un lado del canal.



Fuente: Propia

Midiendo el espejo de agua haciendo uso del distanciómetro.



Fuente: Propia

Tomando medidas de diferencias de altura cada 25 m, para calcular la pendiente.



Fuente: Propia

Equipo topográfico usado para la toma de diferencias de altura en cada sección.



Fuente: Propia

Posicionado del equipo y verificación.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Realizando la medición de la velocidad del flujo del agua con el uso del correntómetro.



Fuente: Propia

Vista del canal de la Central hidroeléctrica La Oroya.



Fuente: Propia

Preparando la regla para medir el tirante de agua del canal.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Detalle de certificación de calibración del teodolito.