



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambios de rugosidad en zonas Altoandinas, Canal de Huajaqui, Anta, Cusco  
2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Palomino Oviedo, Alexander (ORCID: 0000-0003-2296-2086)

**ASESOR:**

Dr. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**Lima – Perú**

**2021**

## **Dedicatoria**

La investigación lo dedico principalmente a Dios, por guiarme en el camino correcto a fin de estudiar y desarrollarme académicamente en esta carrera de Ingeniería Civil, así como también a mis padres y hermanos, por nunca dejar de creer en mí.

Al Dr. Muñoz Paucarmayta, Abel Alberto por brindarme su apoyo y confianza durante el desarrollo de esta investigación. Además, a mis amigos que nos brindaron ánimo de seguir adelante.

## **Agradecimiento**

Principalmente agradecer a Dios padre, a mis padres por la dedicación, confianza brindada, a mis hermanos, por su apoyo Incondicional en cada etapa del desarrollo de mi formación académica.

Al jurado calificador, y al Dr. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto por las recomendaciones hechas para optimizar el correcto desarrollo de este trabajo de investigación.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de Figura.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2 Variables y operacionalización.....	17
3.3 Población, muestra y muestreo.....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
3.5 Procedimientos .....	21
3.6 Métodos de análisis de dato .....	21
3.7 Aspectos éticos.....	35
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>56</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Método de los puntos reducidos.....	11
Tabla 2: Parámetros de rugosidad según material.....	12
Tabla 3: Rangos de validez.....	19
Tabla 4: Dictamen de validadores.....	20
Tabla 5: Interpretación de un coeficiente de confiabilidad.....	20
Tabla 6: Sección transversal canal Huajaqui.....	22
Tabla 7: Cálculos de velocidad con el correntómetro global FP111.....	25
Tabla 8: Presencia de sedimentos en el canal.....	26
Tabla 9: Presencia de vegetación en el canal.....	28
Tabla 10: Tirante del canal por secciones de 25m.....	31
Tabla 11: Clasificación de flujo.....	32
Tabla 12: Flujo según el tramo.....	32
Tabla 13: Valores obtenidos con respecto al cambio de rugosidad.....	34
Tabla 14: Secciones transversal del canal.....	38
Tabla 15: Velocidades por secciones.....	40
Tabla 16: Tirante por secciones.....	41
Tabla 17: Tipo de flujo por secciones.....	43
Tabla 18: Comportamiento hidráulico con respecto a la rugosidad.....	44

## Índice de Figura

Figura 1: Turbulencia en el canal .....	2
Figura 2: Deterioro de superficie de canal.....	2
Figura 3: Sección transversal en canales.....	9
Figura 4: Determinación de los parámetros de sección 2 .....	22
Figura 5: Determinación de parámetros del canal la sección 1 .....	22
Figura 6: Sección al 60% con el tirante .....	24
Figura 7: Presencia de desgaste de material .....	26
Figura 8: Canal con presencia de vegetación .....	28
Figura 9: Corroboración de la sección indicada en el proyecto .....	31
Figura 10: Presencia de vegetación en el canal de riego .....	31
Figura 11: Se aprecia presencia de sedimentos .....	32
Figura 12: Presencia de vegetación .....	32
Figura 13: Mapa político del Perú.....	36
Figura 14: Mapa político del departamento del Cusco .....	36
Figura 15: Mapa de la provincia de Cusco .....	37
Figura 16: Mapa del distrito de Anta.....	37
Figura 17: Croquis del tramo con dimensiones iguales en sección 1 .....	38
Figura 18: Canal correspondiente a la sección 1 .....	38
Figura 19: Canal correspondiente a la sección 2 .....	39
Figura 20: Canal correspondiente a la sección 2 .....	39
Figura 21: Porcentajes de cambios de rugosidad .....	39
Figura 22: Velocidad vs Coeficiente de rugosidad .....	40
Figura 23: Porcentajes de cambios de rugosidad por desgaste.....	41
Figura 24: Rugosidad vs Numero de Froude.....	42
Figura 25: Numero de Froude vs Rugosidad .....	43

## Resumen

La presente investigación, titulada Comportamiento hidráulico de flujos en Canales de riego por cambios de rugosidad en zonas altoandinas, canal de Huajaqui, Anta, Cusco, 2021 fijo por objetivo determinar el comportamiento hidráulico del comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambio de rugosidad del canal Huajaqui, Anta, Cusco. Como metodología; se aplicó una metodología que consiste en determinar los cambios de rugosidad; obtener los valores reales equivalentes por presencia de vegetación, sedimento y desgaste de materia del canal; del tipo aplicada del nivel: explicativo y diseño no experimental.

Los resultados obtenidos fueron que en el tramo km 0+000 al km 0+570 la rugosidad equivalente por distintos cambios de rugosidad en el canal son 0.040 – 0.061, con velocidades comprendidas entre 0.61-0.73 m/s, teniendo presencia de tipo de flujo subcrítico con valores de 0.356-0.462. En el tramo km 0+570 al km 1+000 la rugosidad está comprendido entre 0.038 – 0.063, con velocidades comprendidas de 0.59 - 0.72 m/s, teniendo presencia de tipo de flujo subcrítico con valores de 0.315 - 0.425.

La investigación muestra como conclusión que los valores obtenidos de con respecto a la rugosidad están comprendidos entre 0.040 al 0.063 y con velocidades comprendidas entre 0.59 – 0.73 m/s que fueron con correlación con la hipótesis.

**Palabras clave:** Rugosidad, comportamiento, velocidad, flujo, tirante

## **Abstract**

The present investigation, entitled Hydraulic behavior of flows in irrigation channels due to changes in roughness in high Andean areas, Huajaqui channel, Anta, Cusco, 2021, set the objective of determining the hydraulic behavior of the hydraulic behavior of flows in irrigation channels due to changes in roughness. of the Huajaqui channel, Anta, Cusco. As a methodology; a methodology was applied that consists of determining changes in roughness; obtain the real equivalent values for the presence of vegetation, sediment and wear of material from the channel; of the applied type of the level: explanatory and non-experimental design.

The results obtained were that in the section km 0+000 to km 0+570, the equivalent roughness due to different roughness changes in the channel are 0.040 - 0.061, with speeds between 0.61-0.73 m/s, with the presence of a flow type subcritical with values of 0.356-0.462. In the section km 0+570 to km 1+000, the roughness is between 0.038 - 0.063, with speeds between 0.59 - 0.72 m/s, with the presence of a subcritical flow type with values of 0.315 - 0.425.

The investigation shows as a conclusion that the values obtained with respect to roughness are between 0.040 to 0.063 and with speeds between 0.59 - 0.73 m/s that were correlated with the hypothesis.

**Keywords:** Roughness, behavior, speed, flow, tightness



## I. INTRODUCCIÓN

Una de las variables importantes para un adecuado diseño en los canales de riego es el coeficiente de rugosidad de Manning siendo este afectado por distintos parámetros ambientales, teniendo consecuencias de manera paulatina al comportamiento del flujo hídrico y la eficiencia del transporte del agua a los sectores de regadío.

Venezuela fue uno de los primeros países en determinar el coeficiente de Manning, esto se debe a que no hay una manera exacta de seleccionar "n" también se observó la dificultad de usar la fórmula de Manning (Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" de Manning en los grandes ríos de Venezuela, 2000).

En Sudamérica sucede que (Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI, 2015), evaluó el funcionamiento hidráulico teniendo como principal problema el daño causado por un mal control en los canales provocando deterioros en la infraestructura el cual ocasiona baja producción agrícola.

Así mismo en el Perú específicamente en zonas altoandinas, se han visto casos en un mal control de los flujos hídricos provocando pérdidas económicas. Entre las múltiples consecuencias que pueden estar originando este cambio de rugosidad están el cambio climático, vegetación en canales, produciendo así un comportamiento hidráulico ineficiencia en los canales y una pérdida de flujo hídrico.

Es por ello que el presente trabajo de investigación está enfocado en evaluar el comportamiento de flujo producido por la rugosidad de los canales de riego del sector de Huajaqui, logrando potenciar el sector agrícola como ganadero de la comunidad en desarrollo mediante la búsqueda de proponer recomendaciones que permitan mejorar los niveles de eficiencia de los canales de riego según su comportamiento hidráulico.

Teniendo este problema en otros sectores altoandinos, tomando al proyecto de canal de riego por gravedad en los sectores de Huajaqui y Cabrahuycó del distrito

de Anta, provincia de Anta Cusco como zona de evaluación principal, entre las múltiples causas que se le da a este estudio, se estudiará en forma precisa la rugosidad y el flujo hídrico de los canales de riego, ya que las consecuencias que puede traer este problema son muchas entre las que se detectó son pérdidas en el sector agrícola como ganadera y una pérdida hídrica en el sector a evaluar.



Figura 1: Turbulencia en el canal



Figura 2: Deterioro de superficie de canal

Como se observa la primera variable está relacionado al cambio de rugosidad y la variable dos al comportamiento de flujo en canales, ocurre que el flujo en canales es afectado por la rugosidad del canal por consiguiente la realidad problemática se da por el comportamiento hidráulico provocado por presencia de sedimentos, vegetación y desgaste de la superficie del canal que se presenta en la zona problemática.

En tal sentido nos lleva a plantear las interrogantes de la investigación como problema general: ¿Cuál es el comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambio de rugosidad del canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021?, así mismo planteamos los problemas específicos: la primera ¿Cuánto es la velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021?, la segunda ¿Cuánto es el tipo de flujo por cambio de rugosidad en canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021?, y tercera ¿Cuánto es el tirante hidráulico por cambio de rugosidad en canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021?

Este estudio cuenta con una justificación teórica, porque resume a los autores que hace referencia al estudio de canales de riego por gravedad y estudios de flujos hidráulicos, la cual está enfocado a la eficiencia y mejora del funcionamiento y operación por parte de la entidad encargada.

A si mismo cuenta con una justificación práctica porque el estudio se realizó por la necesidad de analizar el grado de severidad que sufre los canales de riego por gravedad, que son afectado por agentes externo como clima, vegetación las cual afecta a la eficiencia de los canales de riego, por consiguiente, los resultados contribuyo a la población determinando la pérdida hídrica que sufre los canales en la actualidad.

En cuanto a la justificación económica impacta a la economía del sector, ya que conociendo el grado de deterioro de los canales de regadío alentara a la población a desarrollar planes de mantenimiento con el fin de reducir el deterioro y aprovechar el máximo grado de eficiencia de los canales y por ende tener un mejor rendimiento en cada sector económico para la población

Igualmente presenta una justificación social puesto que el estudio beneficiará a la población dando parámetros para tener un mayor grado de eficiencia y tener un amplio conocimiento para las entidades operadoras

Además, se tuvo una justificación metodología, ya que la investigación está enfocada cuantitativamente, desarrollando un análisis teórico de investigación y cuya comprobación de los resultados será mediante una descripción teórica y un análisis experimental del estudio del canal de riego, el cual sirvió de una guía metodología para otros estudios posteriores.

La investigación fijo como objetivos generales: Determinar el comportamiento hidráulico del comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambio de rugosidad del canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021; los objetivos específicos, son: la primera Evaluar la velocidad de flujo en cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021; la segunda Indicar el tipo de flujo por cambios de

rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021 y la tercera Calcular el tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021.

Las proposiciones de estos objetivos nos lleva a plantear las siguientes hipótesis de investigaciones teniendo como hipótesis general, es: El comportamiento hidráulico de flujo de canales de riego por cambio de rugosidad es supercrítico ; las hipótesis específicas, son: la primera La velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, es alta; la segunda El tipo de flujo por cambios de rugosidad y la tercera El tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, es crítico.

## II. MARCO TEÓRICO

La investigación está centrada en el flujo hídrico y la rugosidad de los canales de riego, un tema poco estudiado por el cual se busca estudiar alternativas de solución para mejorar en el desarrollo de la población. Los antecedentes de esta investigación, que se tomaron para realizar el estudio son de ámbito nacional como internacional, los cuales fueron considerados para dar más soporte en la obtención de resultados finales y por ende comparar resultados obtenidos por otros estudios.

Como antecedentes nacionales, según (Chavez Deza, y otros, 2020) en su investigación el cual se fijó como objetivo general de la investigación es realizar una modificación paulatina de 0+000 a 6+440 del coeficientes de Manning del canal Taza en el distrito de Salpo de Otsuko, La Libertad aplicando un método ya aplicado con el método Cuantitativo en la cual los datos que se obtuvieron en la recolección de datos en campo para probar las teorías numéricas del coeficiente de rugosidad de Manning, de las cuales el valor promedio de rugosidad según el método analítico estudiado es de 0.026 y en excavaciones fue de 0.052, se concluyó que los parámetros obtenidos en el sitio fueron superiores a los mencionados en la hidrología , hidráulica y manual de drenaje, inferiores a los indicados por dichos parámetros considerados sólo para hormigón sin afirmar 0,020 y 0, 04.

Luego se tiene a (Sinche Cordero, 2018), se presenta como objetivo: estudiar y calcular la influencia del material de revestimiento y caudal del cauce en el comportamiento hidráulico, mediante la aplicación de una metodología: aplicando la interpretación de falla definida determinada para obtener los valores reales del coeficiente de rugosidad, obtenidos el resultado: coeficiente de rugosidad 0,01839 con caudales de 122 l/s a 578 l/s con comportamiento hidráulico subcrítico con un valor de Froude valores van desde 0,41 a 1,00, con velocidades entre 0,74 m/s y 1,53 m/s en la presencia de defectos como grietas, deslizamientos, asentamientos, finalmente, se fijó como conclusión: el coeficiente de rugosidad con valores de 0.016 a 0.0277 y con el régimen crítico está influenciado por la rugosidad del material a la velocidad.

(Aznaran Monzon, y otros, 2019) en su estudio titulado: “Coeficiente de rugosidad, en el Canal Carlos Leigh entre las progresivas 1+000 al 8+000, Centro Poblado Cascajal, Ancash, 2019”, fijo que su objetivo general es determinar el coeficiente de rugosidad en los canales de Carlos Leigh en el centro poblado de Cascajal teniendo una metodología no experimental porque las mediciones y el modelado matemático se realizaron utilizando la ecuación de Manning, por ende los resultados obtenidos en los tramos un caudal de 5.576 m<sup>3</sup>/s y con una medición en el segundo aforo de caudal 3.474 m<sup>3</sup>/s y un tercer aforo de caudal de 3.009 m<sup>3</sup>/s teniendo como un apoyo primordial el uso del correntómetro también se obtiene un valor promedio del coeficiente de rugosidad 0.016 mientras que el valor teórico de diseño es 0.011 llegando a una conclusión que el porcentaje de eficiencia está por debajo de 19% de la eficiencia hidráulica.

Como antecedentes internacionales (Maldonado Narvaez, y otros, 2019), se presenta como objetivo: caracterizar mediante modelación numérica el comportamiento hidráulico del canal de riego, mediante la aplicación de la metodología: descriptivo y experimental así mismo se describirán las fórmulas aplicadas mediante simulación del canal teniendo los resultados obtenidos con respecto a la rugosidad en la parte central tendrán valores comprendidos entre 0.018 a 0,045 con velocidad media de 0,89 m/s a 1,17 m/s y NF con máximo valor de 0,53 El máximo con un tipo de caudal subcrítico queda finalmente fijado en la conclusión: aplicando modelación numérica se obtiene el número de Froude 0,53 con la valor máximo.

(Picon Verjel, y otros, 2016) en su tesis se plantea como objetivo general Realizar un estudio físico para evaluar el comportamiento hidráulico del estado actual del cauce del río Chiquito en la ciudad de Ocagna, la metodología se manejó para evaluar el comportamiento hidráulico del estado actual del cauce del río Chiquito en la ciudad de Ocagna. Esto implica la implementación práctica de herramientas de información hidroeléctrica como HEC-RAS. Esto permite modelar el flujo cíclico de retorno especificado, los parámetros hidráulicos y la geometría del canal permitiendo examinar el estado físico del canal, involucrando así el estudio de canales de estudio de obstrucción fractura, abrasión, asentamiento de losas,

ruptura de terraplenes, rotura de caudal de agua, presencia de escombros, residuos sólidos se concluye sobre el estado físico de la estructura, 96,97% de desgaste del revestimiento, además de que se encontró vegetación en el 100% de la parte superficial analizada, obtenido en secciones dando un resultado de 8 m<sup>3</sup>/s en la primera parte, y con la ampliación de esa sección la potencia aumenta a 11. En m<sup>3</sup>/s, al final del canal, tiene una capacidad de 19 m<sup>3</sup>/s, está trabajando con velocidad media y caudal crítico.

(Valencia Ventura, 2000) tiene como objetivo general la estimación del coeficiente de rugosidad "n" de Manning mediante los aforos de las velocidades obtenidas teniendo así una metodología practica cuantitativa, ya que se apoyó en la obtención de datos obtenidos en campo para determinar el coeficiente de Manning teniendo como resultado que los parámetros de la sección de aforo, teniendo que el valor de "n" tiene una relación de ascenso logarítmico, llegando a la conclusión de que el valor "n" se puede calcular en función del diámetro medio de las partículas del fondo.

En el artículo de (Velancia, 2021) tiene como objetivo de analizar el efecto de la sensibilidad del coeficiente de rugosidad de Gauckler-Manning sobre el comportamiento de la onda ascendente del caudal teniendo como conclusión el parámetro del coeficiente de rugosidad influye a la capacidad de amortiguamiento de una onda, igualmente en el diseño de canales se debe considerar un análisis de condición de flujo no permanente en zonas de intervención.

(Calculation of the roughness coefficient "n" for trapezoidal channels with sediment presence ( $\varnothing = 0.05$  mm), 2017) en el artículo da conocer los canales naturales y artificiales, el objetivo fue calcular el factor de rugosidad del canal con presencia sedimento para determinar con el nuevo valor de n en la ecuación de Manning, los valores de velocidad y caudal del se acercan a los medidos por el correntómetro teniendo valores comprendidos entre 0.15 y 0.24 m/s. Para determinar la velocidad o caudal de estos flujos utilizando ecuaciones empíricas como Chezy-Manning, se tuvieron tener en cuenta los cambios físicos al calcular el factor de rugosidad de la sección transversal del canal «n». Las conclusiones que los efectos negativos del

sedimento que se encontró son de 0.002-0.050 mm el cual se ve reflejado en la reducción de la velocidad del flujo teniendo coeficiente equivalente 0.022, 0.023, 0.024.

En la presente artículo (Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales, 2018) propone calcular y estimar el  $n$  de Manning utilizando una variedad de métodos que se pueden encontrar en el libro, cada uno aplicado a una sección diferente del río Yununcay en Cuenca, Ecuador. El resultado obtenido en su estudio fue de 0.043 según el método de Cowan, mencionando que se refleja la débil influencia de la vegetación. De igual forma, se obtuvo un resultado de 0.043 utilizando el antiguo método servicio de conservación de suelos de Estados Unidos (S.C.S.), basado en la tabla de Cowan. Con el método taquimétrico el coeficiente de rugosidad promedio obtenido con el mismo resultado es de 0.043 y finalmente el método basado en imágenes da como resultado el rango de 0.051 - 0.073 y 0.028 - 0.030. Si bien es cierto que existe incertidumbre en la obtención del coeficiente de rugosidad de Manning  $n$  y esto se refleja en la aplicación de diferentes métodos en este trabajo y mediante análisis preliminares, se concluye que para obtener el coeficiente de rugosidad más preciso y cercano al valor verdadero es el método del correntómetro, ya que otros métodos se basan en imágenes y tablas, estos son más subjetivos.

(Modeling Of Vegetated Open Channel Flow: A Review, 2021), el presente artículo tiene como objetivo estudiar las interacciones entre el flujo y la vegetación que proporcionarán detalles sobre varios enfoques de modelado del flujo de canales con vegetación. Su metodología fue de tipo experimental donde se observó la resistencia en los canales y aplicando varias simulaciones numéricas, para predecir el campo de flujo en presencia de vegetación. Como resultado se desarrollaron numerosas ecuaciones modelo para predecir la descarga, pero se encontró que los modelos sobreestimaban la descarga cuando se aplicaban a un canal con vegetación natural o construido como canales. En conclusión, para predecir la rugosidad de la vegetación mediante la presencia de vegetación natural en combinación con las interacciones de los tipos de vegetación sumergida, emergente y flotante, que está menos investigada por los investigadores. sigue



siendo cuestionable determinar con precisión el valor óptimo de rugosidad vegetal para el diseño de canales con vegetación.

En el presente artículo (Fluid resistance of composite roughness, 1950) como objetivo plantea determinar la resistencia compuesta de diferentes tipos de rugosidad que se oponen al flujo de agua a través de un canal abierto y con una metodología del tipo aplicada teniendo así como resultado de la primera serie de experimentos se obtuvo valores comprendidos entre 0.0208 como coeficiente de rugosidad y con velocidades comprendidas entre 3.91 m/s y 3.98 m/s teniendo como conclusión que dentro del rango de las variables ensayadas, se encontró que la resistencia total ejercida por los tipos de rugosidad combinados es igual a la suma de las fuerzas de resistencia ejercidas por cada tipo individualmente.

Sobre la teoría de los canales según (Villón Béjar, 2002) define a los canales como conductos en la cual el agua es transportada debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, debido al contacto con la gravedad entre las secciones de los canales tenemos el del estudio secciones trapezoidales revestidas definidas en el siguiente gráfico.

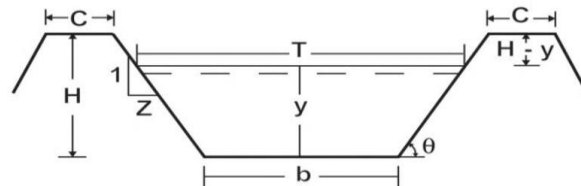


Figura 3: Sección transversal en canales

Fuente: (Villón Béjar, 2002)

Donde

$y$ = Tirante del agua

$b$ = Ancho de solera

$t$ = Espejo de agua

$c$ = Ancho de corona

$h$ = Profundidad total del canal

$\theta$ = Ángulo de inclinación con la horizontal

De igual forma (Chow, 2004), menciona que un canal abierto es una superficie a través de la cual fluye agua en una superficie libre. Suele ser una sección larga y de suave pendiente construida sobre el suelo, que puede o no estar cubierta con piedra, hormigón, cemento, madera, materiales bituminosos.

Respecto a la sección hídrica transversal es denominado al corte vertical en un punto del canal de riego, que permite definir las dimensiones de los elementos que componen el canal. (Rodríguez Ruiz, 2008) recomienda elegir una sección transversal en función del tipo de conducción. El más utilizado es la sección transversal trapezoidal de un conducto de hormigón, lo que explica aún más la relación geométrica del conducto trapezoidal. Perímetro de agua mojada (P), que es la longitud del contorno de la pared del canal incluyendo el área mojada.

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \text{ (Ec. 2.1)}$$

Donde:

b= Solera

y= Tirante

z= Talud del canal

En relación con el fluido (Streeter, y otros, 2009), un fluido es una sustancia que continúa deformándose cuando se aplica un esfuerzo cortante, sin importar cuán bajo sea el esfuerzo cortante. El esfuerzo cortante es el componente de la fuerza tangente a una superficie, y esta fuerza dividida por el área de la superficie es el cortante promedio de esa superficie. El esfuerzo cortante puntual es el valor límite de la fuerza por unidad de área cuando el área se reduce a un punto.

En el libro de (Villón Béjar, 2002) nos brindan los conceptos a la velocidad media, esta velocidad varía en los siguientes rangos: velocidad de baja intensidad que no causa acumulación de material (deposición) y una velocidad máxima que resulta en la erosión del lecho del río y la pared. Con respecto a la velocidad mínima, se recomienda diseñar conductos revestidos con una velocidad mínima permitida del orden de 0,4 a 1,0 m/s para evitar la sedimentación de los sólidos en suspensión. (Valverde, 2007). Para el uso del correntómetro el (Ministerio de agricultura, 2004)

lo define como un instrumento que miden la velocidad de una corriente eléctrica y son más comúnmente un eje giratorio que cuenta el número de revoluciones de la hélice, luego lo relaciona con la velocidad de la corriente eléctrica donde está sumergida. (Arboleda Orozco, y otros, 2018) aplica el método de puntos donde D es la profundidad del agua en cm.

Tabla 1: Método de los puntos reducidos

Número de mediciones	Profundidad del curso de agua en (cm)	Puntos de medidos desde la superficie libre	Velocidad media
1	30-60	0.6 D	$V_{media} = V_{0.6}$
2	60 - 300	0.2 y 0.8 D	$V_{media} = 0.5 (V_{0.2} + V_{0.8})$
3	300 - 600	0.2, 0.6 y 0.8 D	$V_{media} = 0.25 (V_{0.2} + 2 V_{0.6} + V_{0.8})$

Fuente: (Arboleda Orozco, y otros, 2018)

Al determinar el caudal la determinación de los caudales abiertos está definido según la teoría de continuidad que se expresa por  $Q = V_m * A$  (Ec. 2.2) siendo el caudal total la suma de los caudales parciales de la siguiente manera  $Q = V_m * A_1 + V_m * A_2 + V_m * A_3 \dots V_{m_n} * A_n$  (Ec. 2.3) (Valverde, 2007), velocidad máxima es determinado para conductos revestidos, la velocidad máxima recomendada es de 1,5 a 3 m / s en tramos rectos. Sin embargo, para piezas curvas con cancelas, divisores, etc., la velocidad recomendada es de 1 m / s.

La rugosidad según (Autoridad Nacional del Agua, 2010) la rugosidad en sí es un parámetro que se toma al inicio de cualquier diseño de canales siendo esta misma un parámetro imposible de mantener ya sé por distintos parámetros como es la vegetación, el clima, obstrucciones entre otros así mismos se considera un parámetro mínimo al momento de diseñar dependerá mucho del material a efectuar, en la cual consideraremos el módulo de rugosidad “n” Manning en la siguiente tabla.

Tabla 2: Parámetros de rugosidad según material

Tipo de Material	Valores		
	Mínimo	Normal	Máximo
Roca	0.035	0.040	0.050
Tepetate (liso y uniforme)	0.025	0.035	0.040
Tierra	0.017	0.020	0.025
Mampostería seca	0.025	0.030	0.033
Concreto	0.013	0.017	0.020
Polietileno (PVC)	0.007	0.008	0.009

Fuente: (Rodríguez Ruiz, 2008).

(Villón Béjar, 2002) da a conocer la ecuación de Manning el cual determina el coeficiente de rugosidad que se efectuará teniendo los siguientes parámetros de la ecuación a mención  $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$  (Ec. 2.4) , donde el valor de “R” es el radio hidráulico, y donde el radio hidráulico “R” es el área hidráulica dividido por el perímetro mojado de la sección, “S” es la pendiente de la sección del canal y V es la velocidad del flujo. De tal modo al despejar el valor de n se tendrá la siguiente ecuación  $n = \frac{1}{V} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$  (Ec. 2.5)

Las condiciones que afectan al cambio del coeficiente de Manning son estimación "n" es una variable y se basa en varios factores. La información sobre estos componentes debe tenerse en cuenta al elegir las estimaciones adecuadas para "n" para diversas condiciones estructurales, como son la rugosidad en la superficie, vegetación, integridad en canales, alineamiento en canal, deposición y socavaciones, obstrucciones, tamaño y forma del canal, material suspendido y transporte de fondo, flujo en canales.

El Tipo de flujo en los distintos tipos de flujo (Cadavid H, 2006), menciona que el flujo puede ser crítico, subcrítico o supercrítico en relación con los efectos de la gravedad". donde al comparar la fuerza inercial con la gravedad nos da como resultado el número de Froude  $\sqrt{gd}$  es la celeridad del canal de una profundidad.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}} \text{ (Ec. 2.6)}$$

donde

V= Velocidad media del flujo

g= Aceleración de la gravedad

d= Profundidad hidráulica

Flujo subcrítico

Corresponde a la condición  $V < c$  donde  $0 < F < 1$ , en donde la fuerza de gravedad se hace dominante donde la velocidad del flujo es menor, siendo así tranquilo y lento.

Flujo crítico

El flujo se mantiene estacionario, es decir que la fuerza de inercia y gravedad se mantienen en equilibrio. por ende,  $F=1$  y  $v=c$

Flujo supercrítico

Corresponde a la condición  $v > c$  y  $1 < F < \infty$  usualmente se produce en las aperturas de las compuertas agua abajo

La sección hidráulica óptima según (Autoridad Nacional del Agua, 2010) da a conocer que la máxima eficiencia hidráulica en canales se da cuando la sección húmedo-mínima del canal es igual al área que conduce el mayor caudal posible y se representa de la siguiente manera.

$$\frac{b}{y} = 2 * \left(\frac{\theta}{2}\right) \text{ (Ec. 2.7)}$$

Donde

b= Solera del canal

y= Tirante o altura hidráulicos

$\theta$ = Angulo del talud

En cuanto al tipo de caudal, se ha confirmado la acción del canal para llevar los recursos hídricos a través del canal a lugares donde se necesita riego con urgencia. Para ello es necesario encontrar un canal que se encuentre en buen estado y en buen estado para el sistema constructivo. Cada cálculo utiliza un polinomio para

garantizar que toda la información requerida no se vea afectada.

Los factores que afectan el comportamiento del flujo hidráulico son los tirantes según (Villón Béjar, 2002) es la medida desde el punto más bajo de la sección hasta la superficie libre del agua. Aunque insignificante, este período depende de la profundidad de corte. En la práctica, la profundidad del flujo de una sección es la profundidad del flujo perpendicular a la dirección del flujo o la altura de la sección del canal que contiene agua, otro factor que afecta al comportamiento del flujo hidráulico es la velocidad dado que los cambios de posición o velocidad son una de las características del flujo que se ven afectadas por la rugosidad del canal, la fórmula de velocidad de Manning es según la ecuación (Ec. 2.5), de la misma forma (Sotelo Avila, 2002) define al tirante como la distancia y perpendicular a la solera del canal, medida desde el punto más profundo del perfil hasta la superficie libre del agua.

Teniendo como flujo subcrítico lo que corresponde a la condición  $V < c$  donde  $0 < F < 1$ , en donde la fuerza de gravedad se hace dominante donde la velocidad del flujo es menor, siendo así tranquilo y lento. Teniendo como flujo crítico lo que se mantiene estacionario, es decir que la fuerza de inercia y gravedad se mantienen en equilibrio. por ende,  $F=1$  y  $v=c$ . El flujo supercrítico corresponde a la condición  $v > c$  y  $1 < F < \infty$  usualmente se produce en las aperturas de las compuertas agua abajo

Los factores que afectan al coeficiente de rugosidad es el caudal de circulación (Dominguez Javier, 1945) define como "el volumen de líquido que pasa por una sección por unidad de tiempo". La definición analítica para incluir una corriente no constante se denomina relación entre el volumen de un elemento que pasa y el tiempo que tarda el elemento en disiparse.

$$q = \frac{dv}{dt} \text{ (Ec. 2.8)}$$

Donde

$q$ =Caudal

$dv$ =Velocidad

$dt$ =Tiempo

Con respecto a la vegetación (Rocha Felices,, 2011), este parámetro es especialmente importante en canales pequeños. Su crecimiento puede cambiar significativamente la estimación basándose únicamente en la rugosidad. A menudo se encuentra en canales de tierra y un aumento excesivo puede conducir fácilmente a un aumento del 50% en el factor de rugosidad  $n$ .

(Chow, 2004), da mención que los sedimentos se encuentran en ambientes húmedos o secciones transversales en presencia de arena, depresiones y terraplenes en el fondo de los canales que provocan el cambio en el dimensionamiento de la sección transversal. Por otro lado, (Mery, 2013), afirma que cuando las partículas se mueven en una distribución de velocidades, se depositan en la región inferior, lo que provoca una disminución en la capacidad de flujo.

(Broto, 2005) define el deterioro de los canales, como el desprendimiento de las superficies de hormigón, el cual se produce por lluvias, agua con sólidos flotantes cambian constantemente de forma y comportamiento hidráulico. La separación del sellador de juntas es el colapso del material que sella la junta, provocando la separación del revestimiento.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación del presente proyecto de investigación está vinculado a la aplicación, porque (Borja Suarez, 2012) define como la capacidad de resolver, o en algunos casos prevenir, los problemas específicos que enfrenta un individuo, organización o sociedad mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos, lo que proporciona la solidez y utilidad del conocimiento. Según la teoría revisada, la presente investigación de tipo aplicada. investigación aplicada tienen como objetivo demostrar la causalidad con el fin de resolver problemas.

##### **Enfoque de investigación**

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014), define al enfoque cuantitativo a la utilización de datos numéricos el cual nos permite brindar respuestas precisas y concisas a las hipótesis de investigación a través de estadísticas utilizadas en respuesta a los avances tecnológicos. Este estudio es cuantitativo porque emplea datos obtenidos del trabajo de campo, enfoque cuantitativo

##### **Diseño de investigación**

(Kerlinger, 2002) Afirman que "los estudios no experimentales son estudios empíricos y sistemáticos en los que los científicos no pueden controlar directamente las variables independientes, debido a la naturaleza de los hechos ya ocurridos. Con respecto al diseño de la investigación no experimental, se determinará el comportamiento del flujo con distintas rugosidades sin alterar las variables presentes en la actualidad, como la presencia de sedimentos, algas, entre otros que se presentan por el transcurso del tiempo. Según este análisis el diseño a aplicar en la presente investigación se aplicará el diseño no experimental.

##### **Nivel de investigación**

Con respecto al nivel de investigación (Carrasco Diaz, 2005) da a conocer que el nivel explicativo es el nivel en el que un investigador informa las causas, factores y condiciones existentes de distintos fenómenos estudiados. Es explicativo porque



es una investigación cuantitativa que estudia el comportamiento del flujo con diferentes rugosidades que se presenta en el periodo de vida útil; bajo este análisis la investigación corresponde al nivel explicativo

### **3.2 Variables y operacionalización**

variable 1: Cambios de rugosidad

Definición conceptual. Los cambios de rugosidad del recubrimiento se refieren al estado de la superficie. La rugosidad de la superficie está representada por la forma y el tamaño de las partículas del material que forman el área humedecida y producen el efecto de bloqueo del flujo (Villón Béjar, 2002).

Definición operacional. Para los cambios de rugosidad, se determina usando la fórmula de Horton y Einstein, usando los datos recolectados del canal con el instrumento de medición de velocidades

variable 2: Comportamiento del flujo hidráulico

Definición conceptual. El estado o comportamiento del flujo lo define (Mott, 2006), en un canal abierto está básicamente determinado por los efectos de la viscosidad y la gravedad sobre la fuerza inercial del flujo

Definición operacional. El comportamiento de flujo hidráulico de los canales se determinará mediante el número de Froude. Se ejecuta usando ecuaciones para examinar el comportamiento del flujo en el canal.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población:**

De acuerdo (Hurtado Becerra, 2018) se considera población a un conjunto de personas, elementos que tienen cualidades y aspectos en común que se pueden identificar en áreas prioritarias de investigación.

El tamaño de la población de este estudio está presentado en el tramo del canal Huajaqui 0+000 a 5+450.

**Muestra:**

Para (Aguilar Marquez, y otros, 2010) la muestra es un subconjunto o parte de la población en la que se realiza la investigación.

La muestra de estudio será considerada de 1.0 kilómetros de longitud del canal Huajaqui, el cual comenzará desde la progresiva 0+000 hasta 1+000, la misma que se dividirá en unidades de muestra.

**Muestreo:**

El muestreo no probabilístico se define para (Hurtado de Barrera, 2010) como el método utilizado para seleccionar los componentes de una muestra teniendo en consideración un conjunto de pasos, criterios y reglas para dicha selección que represente el contenido de toda la población a evaluar. En el presente trabajo de investigación se presentó el muestreo no probabilístico.

**Unidad de análisis:**

(Sanchez Carlessi, y otros, 2018). Lo define como caracteres específicos que se distinguen, en un ámbito total o específicamente el cual se pueden ser ordenados por ciertos criterios. En el presente trabajo se presentan las unidades de muestreo que estarán compuestas por 41 tramos seleccionados de 25 metros cada uno.

**3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos****Técnica de investigación**

(Fernández Collado, y otros, 2014), en este proyecto se utiliza la observación, cuyo propósito es explicar cualitativamente aspectos y características de los objetos de un pequeño número y recopilar más información sobre el área de estudio en un tiempo más corto.

En ende el presente proyecto, se empleó el método de observación directa porque es posible registrar secuencialmente observación directa y aforamiento de caudal en canales para la recopilación de información.

### **Instrumentos de recolección de datos**

(Carrasco Diaz, 2005), la ficha de recopilación de datos se consideran recursos que los investigadores emplean para registrar datos o información sobre las variables recopiladas en su investigación.

En el presente proyecto de investigación se aplicó como instrumento la ficha de recopilación de información, porque es posible registrar secuencialmente observación directa y con ayuda de instrumentos recolectar datos con respecto al comportamiento hidráulico.

### **Validez**

Los instrumentos de investigación validados mediante juicios de expertos como da mención (Arias Gonzales, 2021). La validez se refiere a la relación que debe existir entre un concepto y su medición. El objetivo final es analizar si el instrumento de medición mide realmente el objeto que se va a medir.

Tabla 3: Rangos de validez

<b>Rango de Validez</b>	<b>Interpretación</b>
0.53	Validez Nula
0.54 a 0.59	Validez Baja
0.60 a 0.65	Validez
0.66 a 0.71	Muy Válido
0.72 a 0.99	Excelente Validez
1	Validez Perfecta

Fuente. (Oseda Gago, y otros, 2011)

Tras pasar por el procedimiento de validación por valoración de expertos, se obtuvo según el índice (Oseda Gago, y otros, 2011). Se tiene un factor validez de 0.71 que es válido.

Tabla 4: Dictamen de validadores

N°	Grado Académico	Nombre y Apellido	CIP	Dictamen
1	Ingeniero Civil	Americo Perca Coaquira	188765	0.83
2	Ingeniero Civil	Jorge Ñaccha Lucana	117478	0.66
3	Ingeniero Civil	Magno Danilo Huallparimachi	164601	0.83

Fuente. Fuente Propia

Según la presente tabla tiene una validez de 0.77 que según Oseda es una Valides Valida.

### Confiabilidad de los instrumentos

(Carrasco, 2005) La confiabilidad es una característica de un instrumento validado sobre una muestra, por lo que, si se obtiene el mismo resultado, se puede utilizar más de una vez para lograr el mismo resultado si el instrumento utilizado es confiable y que pueden ser utilizados en los respectivos ensayos para obtener resultados que sean datos exactos y confiables. En el presente trabajo de investigación contiene la validación de 3 o más expertos para garantizar la confiabilidad.

Tabla 5: Interpretación de un coeficiente de confiabilidad

MUY BAJA	BAJA	REGULAR	ACEPTABLE	ELEVADA
←				→
0				1
0% de confiabilidad en la medición (la medición está contemplada de error)				100% de confiabilidad en la medición (no hay error)

Fuente. Fuente Propia

## **3.5 Procedimientos**

### **3.5.1 Estudios previos**

#### **3.5.1.1 Estudios de campo**

##### **3.5.1.1.1 Estudios topográficos**

(Consejo Sectorial De Ministros De Transportes De Centroamérica, 2016) indica que la topografía es muy importante cuando se planean estudios hidráulicos, ya que la información obtenida ayudará en el análisis de las condiciones de flujo. Para los levantamientos topográficos de campo, se configura un BM como punto de partida, donde se obtienen las coordenadas y la elevación utilizando un GPS de mano. El levantamiento topográfico se realizó mediante la estación total GM52, a partir de la cual se dieron las coordenadas del cauce y la pendiente en cada punto. La precisión de los instrumentos utilizados tiene medidas del orden de las diez milésimas de ángulo y en milímetros de distancia, se pueden realizar medidas en puntos entre 2 y 5 km, con tiempos de calibración no mayores a un año (certificado de calibración adjunto).

##### **3.5.1.1.2 Aforo de Corrientes**

- Para medir el aforo se usará el método del correntómetro  $Q=V \cdot A$ , marcando secciones de 25 metros, manteniendo en cada sección un tiempo de 30 segundos por cada sección a evaluar.
- Se procedió a realizar reajuste de velocidades mediante la fórmula del correntómetro FP11,  $V = 0.2465n + 0.015$ , si  $n < 0.72$  y si  $n > 0.72$  se aplicara la siguiente formula  $V = 0.2590n + 0.006$ , siendo n las revoluciones por segundo

## **3.6 Métodos de análisis de dato**

### **3.6.1 Estimación de la velocidad de flujo por cambios de rugosidad en el canal**

### a) Medición de los parámetros geométricos e hidráulicos

Se realizó la obtención de los parámetros geométrico de la sección del canal requeridos para el proyecto de investigación, permitiendo evaluar los parámetros hidráulicos.



Figura 4: Determinación de los parámetros de sección 2



Figura 5: Determinación de parámetros del canal la sección 1

Según la figura 4 y 5 se procedió a determinar el ancho de canal ancho del canal (B), tirante (y), ancho de solera o Base (b), altura del canal (H) y espejo de agua (T).

Tabla 6: Sección transversal canal Huajaqui

Tramo	Progresiva	Características de la sección			
		Solera (b)(m)	Espejo de agua(m)	Talud	Profundidad "Y"(m)
1	0+000-0+025	0.40	0.68	0.78	0.36
2	0+025-0+050	0.40	0.68	0.78	0.34
3	0+050-0+075	0.40	0.64	0.78	0.35
4	0+075-0+100	0.40	0.64	0.78	0.36
5	0+100-0+125	0.40	0.64	0.78	0.36
6	0+125-0+150	0.40	0.64	0.78	0.36
7	0+150-0+175	0.40	0.69	0.78	0.36
8	0+175-0+200	0.40	0.69	0.78	0.34
9	0+200-0+225	0.40	0.69	0.78	0.34

10	0+225-0+250	0.40	0.70	0.78	0.36
11	0+250-0+275	0.40	0.73	0.78	0.30
12	0+275-0+300	0.40	0.73	0.78	0.30
13	0+300-0+325	0.40	0.76	0.78	0.28
14	0+325-0+350	0.40	0.76	0.78	0.28
15	0+350-0+375	0.40	0.75	0.78	0.28
16	0+375-0+400	0.40	0.73	0.78	0.27
17	0+400-0+425	0.40	0.73	0.78	0.26
18	0+425-0+450	0.40	0.71	0.78	0.28
19	0+450-0+475	0.40	0.74	0.78	0.27
20	0+475-0+500	0.40	0.73	0.78	0.28
21	0+500-0+525	0.40	0.72	0.78	0.25
22	0+525-0+550	0.40	0.72	0.78	0.25
23	0+550-0+575	0.40	0.69	0.78	0.25
24	0+575-0+600	0.35	0.66	0.78	0.25
25	0+600-0+625	0.35	0.58	0.78	0.31
26	0+625-0+650	0.35	0.53	0.78	0.31
27	0+650-0+675	0.35	0.58	0.78	0.33
28	0+675-0+700	0.35	0.53	0.78	0.33
29	0+700-0+725	0.35	0.54	0.78	0.33
30	0+725-0+750	0.35	0.55	0.78	0.32
31	0+750-0+775	0.35	0.58	0.78	0.32
32	0+775-0+800	0.35	0.56	0.78	0.32
33	0+800-0+825	0.35	0.61	0.78	0.32
34	0+825-0+850	0.35	0.61	0.78	0.33
35	0+850-0+875	0.35	0.58	0.78	0.33
36	0+875-0+900	0.35	0.63	0.78	0.25
37	0+900-0+925	0.35	0.62	0.78	0.25
38	0+925-0+950	0.35	0.63	0.78	0.25
39	0+925-0+950	0.35	0.63	0.78	0.25
40	0+950-0+975	0.35	0.60	0.78	0.26
41	0+975-1+000	0.35	0.61	0.78	0.26

Fuente: Elaboración propia

#### b) Cálculo de la velocidad mediante el correntómetro

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 mediante el uso del correntómetro y profundidad, teniendo en cuenta los cambios de rugosidad.

La ecuación de calibración de instrumentos de medición es  $V = 0.2465n + 0.015$  (Ec. 3.1) , si  $n < 0.72$  y si  $n > 0.72$  se aplicara la siguiente formula  $V = 0.2590n + 0.006$  (Ec. 3.2), siendo  $n$  las revoluciones por segundo.

Se procedió a efectuar 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.

De igual manera se procedió a calcular el cálculo de velocidades mediante el correntómetro, mediante el procedimiento de la tabla 01 indicada.

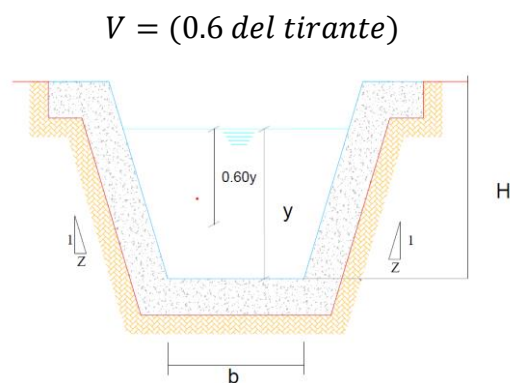


Figura 6: Sección al 60% con el tirante

Mediciones que se efectuaron con el correntómetro, por índice de porcentaje con respecto al tirante del canal de las secciones mencionadas, mostrando todos los cálculos de velocidad para cambios de rugosidad.

Determinado los cambios de rugosidad por sedimentos por vegetación y por desgaste de materia se procedió a determinar las velocidades en cada sección del canal teniendo en cuenta las profundidades de medición de la sección y el tiempo empleado de medición, con apoyo del correntómetro FP11 y teniendo una velocidad promedio



Tabla 7: Cálculos de velocidad con el correntómetro global FP111

Tramo	OBSERVACIONES				CÁLCULOS		
	Profundidad (m)	Profundidad de lectura (cm)	Revol. (n°)	Tiempo (seg)	N (rev/seg)	Velocidad	
						Puntual (m/s)	Media (m/s)
1	0.36	21.00	87	30.00	2.90	0.730	0.730
2	0.34	21.00	85	30.00	2.83	0.713	0.713
3	0.35	20.40	72	30.00	2.40	0.607	0.607
4	0.36	20.40	74	30.00	2.47	0.623	0.623
5	0.36	20.40	73	30.00	2.43	0.615	0.615
6	0.36	20.40	76	30.00	2.53	0.639	0.639
7	0.36	21.60	80	30.00	2.67	0.672	0.672
8	0.34	21.60	77	30.00	2.57	0.648	0.648
9	0.34	21.60	75	30.00	2.50	0.631	0.631
10	0.36	21.00	79	30.00	2.63	0.664	0.664
11	0.30	21.00	82	30.00	2.73	0.689	0.689
12	0.30	21.00	83	30.00	2.77	0.697	0.697
13	0.28	20.40	86	30.00	2.87	0.722	0.722
14	0.28	20.40	85	30.00	2.83	0.713	0.713
15	0.28	20.40	78	30.00	2.60	0.656	0.656
16	0.27	19.80	78	30.00	2.60	0.656	0.656
17	0.26	19.80	78	30.00	2.60	0.656	0.656
18	0.28	19.80	85	30.00	2.83	0.713	0.713
19	0.27	18.60	85	30.00	2.83	0.713	0.713
20	0.28	18.60	87	30.00	2.90	0.730	0.730
21	0.25	18.60	78	30.00	2.60	0.656	0.656
22	0.25	18.60	83	30.00	2.77	0.697	0.697
23	0.25	18.00	85	30.00	2.83	0.713	0.713
24	0.25	18.00	85	30.00	2.83	0.713	0.713
25	0.31	18.00	71	30.00	2.37	0.598	0.598
26	0.31	18.00	70	30.00	2.33	0.590	0.590
27	0.33	18.60	76	30.00	2.53	0.639	0.639
28	0.33	18.60	73	30.00	2.43	0.615	0.615
29	0.33	18.60	75	30.00	2.50	0.631	0.631
30	0.32	18.00	70	30.00	2.33	0.590	0.590
31	0.32	18.60	72	30.00	2.40	0.607	0.607
32	0.32	19.80	70	30.00	2.33	0.590	0.590
33	0.32	19.80	74	30.00	2.47	0.623	0.623
34	0.33	19.80	71	30.00	2.37	0.598	0.598
35	0.33	19.80	79	30.00	2.63	0.664	0.664
36	0.25	19.80	75	30.00	2.50	0.631	0.631

37	0.25	19.20	76	30.00	2.53	0.639	0.639
38	0.25	19.20	86	30.00	2.87	0.722	0.722
39	0.25	19.20	85	30.00	2.83	0.713	0.713
40	0.26	19.20	81	30.00	2.70	0.681	0.681
41	0.26	19.20	81	30.00	2.70	0.681	0.681

Fuente: Elaboración propia

**c) Determinación de la velocidad por cambios de rugosidad por presencia de desgaste de superficie.**

Se efectuó el desarrollar la recolección de datos observando que los taludes de retiro adyacentes al canal no tenían el perfilado adecuado, generando la sedimentación en el canal de estudio, siendo el desgaste de superficie del concreto el más frecuente, de igual modo se presentó desgaste de material de superficie del canal originado por el cambio climático e intensas lluvias en zonas altoandinas.

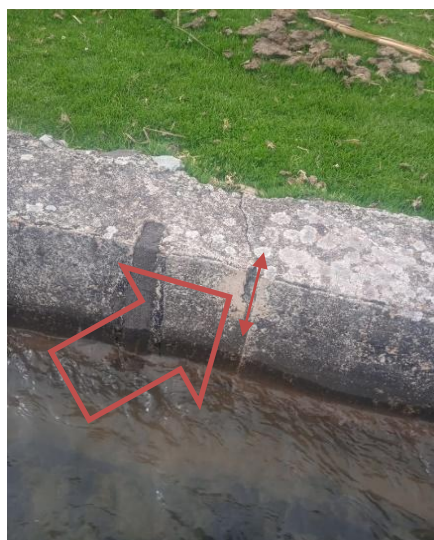


Figura 7: Presencia de desgaste de material

Tabla 8: Presencia de sedimentos en el canal

Tramo	Progresiva	Velocidad (m/s)	Desprendimiento del revestimiento	Fisura	Desprendimiento de Juntas	Distancia (m)	Observaciones
1	0+000-0+025	0.73	2	2	3	25	Desgaste, fisura, desprendimiento
2	0+025-0+050	0.71	1	1	4	25	Desgaste, fisura, desprendimiento
3	0+050-0+075	0.61	5		2	25	Desgaste, desprendimiento
4	0+075-0+100	0.62	6		4	25	Desgaste, desprendimiento

5	0+100-0+125	0.61	4		2	25	Desgaste, desprendimiento
6	0+125-0+150	0.64	3	4		25	Desgaste, fisura, desprendimiento
7	0+150-0+175	0.67	4	4	1	25	Desgaste, fisura, desprendimiento
8	0+175-0+200	0.65	5			25	Desgaste, desprendimiento
9	0+200-0+225	0.63	2			25	Desgaste, desprendimiento
10	0+225-0+250	0.66	3			25	Desgaste, desprendimiento
11	0+250-0+275	0.69			1	25	Desgaste de superficie
12	0+275-0+300	0.70			1	25	Desgaste de superficie
13	0+300-0+325	0.72		3	2	25	Desgaste, fisura, desprendimiento
14	0+325-0+350	0.71	2			25	Desgaste, desprendimiento
15	0+350-0+375	0.66	3			25	Desgaste, desprendimiento
16	0+375-0+400	0.66			2	25	Desgaste de superficie
17	0+400-0+425	0.66	1	2		25	Desgaste, fisura, desprendimiento
18	0+425-0+450	0.71	2	1		25	Desgaste, fisura, desprendimiento
19	0+450-0+475	0.71	2			25	Desgaste de superficie
20	0+475-0+500	0.73			1	25	Desgaste, desprendimiento
21	0+500-0+525	0.66	2			25	Desgaste de superficie
22	0+525-0+550	0.70	3			25	Desgaste, desprendimiento
23	0+550-0+575	0.71		3	1	25	Desgaste, fisura, desprendimiento
24	0+575-0+600	0.71	3			25	Desgaste de superficie
25	0+600-0+625	0.60	3			25	Desgaste de superficie
26	0+625-0+650	0.59	2			25	Desgaste, desprendimiento
27	0+650-0+675	0.64			1	25	Desgaste de superficie
28	0+675-0+700	0.61	2			25	Desgaste, desprendimiento
29	0+700-0+725	0.63		2	2	25	Desgaste, fisura, desprendimiento
30	0+725-0+750	0.59	1			25	Desgaste de superficie
31	0+750-0+775	0.61	2			25	Desgaste, desprendimiento
32	0+775-0+800	0.59			2	25	Desgaste de superficie
33	0+800-0+825	0.62	2			25	Desgaste, desprendimiento
34	0+825-0+850	0.60	2			25	Desgaste de superficie
35	0+850-0+875	0.66	1	3		25	Desgaste, fisura, desprendimiento
36	0+875-0+900	0.63			1	25	Desgaste de superficie
37	0+900-0+925	0.64			1	25	Desgaste, desprendimiento
38	0+925-0+950	0.72	1	2		25	Desgaste de superficie
39	0+925-0+950	0.71		1		25	Desgaste, fisura, desprendimiento
40	0+950-0+975	0.68	2			25	Desgaste de superficie
41	0+975-1+000	0.68	1	2		25	Desgaste, fisura, desprendimiento

Fuente: Elaboración propia

**d) Estimación del cambio de velocidad del flujo por presencia de vegetación.**

Se efectuó el desarrollar la recolección de datos observando presencia de vegetación en cada tramo de la sección, igualmente en el fondo del canal se apreció presencia de algas, siendo las algas, la más frecuente, de igual modo se presentó vegetación de superficie del canal originado por el cambio climático e intensas lluvias en zonas altoandinas



Figura 8: Canal con presencia de vegetación

Tabla 9: Presencia de vegetación en el canal

Tramo	Progresiva	Velocidad (m/s)	Distancia (m)	Observaciones
1	0+000-0+025	0.73	25	Crecimiento de vegetación, algas
2	0+025-0+050	0.71	25	Crecimiento de vegetación, algas
3	0+050-0+075	0.61	25	Crecimiento de vegetación, algas
4	0+075-0+100	0.62	25	Crecimiento de vegetación, algas
5	0+100-0+125	0.61	25	Crecimiento de vegetación, algas
6	0+125-0+150	0.64	25	algas
7	0+150-0+175	0.67	25	Crecimiento de vegetación, algas
8	0+175-0+200	0.65	25	algas
9	0+200-0+225	0.63	25	Crecimiento de vegetación, algas
10	0+225-0+250	0.66	25	Crecimiento de vegetación, algas
11	0+250-0+275	0.69	25	Crecimiento de vegetación, algas
12	0+275-0+300	0.70	25	algas
13	0+300-0+325	0.72	25	Crecimiento de vegetación, algas

14	0+325-0+350	0.71	25	Crecimiento de vegetación, algas
15	0+350-0+375	0.66	25	Crecimiento de vegetación, algas
16	0+375-0+400	0.66	25	algas
17	0+400-0+425	0.66	25	algas
18	0+425-0+450	0.71	25	algas
19	0+450-0+475	0.71	25	algas
20	0+475-0+500	0.73	25	algas
21	0+500-0+525	0.66	25	Crecimiento de vegetación, algas
22	0+525-0+550	0.70	25	Crecimiento de vegetación, algas
23	0+550-0+575	0.71	25	Crecimiento de vegetación, algas
24	0+575-0+600	0.71	25	algas
25	0+600-0+625	0.60	25	algas
26	0+625-0+650	0.59	25	algas
27	0+650-0+675	0.64	25	Crecimiento de vegetación, algas
28	0+675-0+700	0.61	25	algas
29	0+700-0+725	0.63	25	Crecimiento de vegetación, algas
30	0+725-0+750	0.59	25	Crecimiento de vegetación, algas
31	0+750-0+775	0.61	25	algas
32	0+775-0+800	0.59	25	algas
33	0+800-0+825	0.62	25	Crecimiento de vegetación, algas
34	0+825-0+850	0.60	25	algas
35	0+850-0+875	0.66	25	algas
36	0+875-0+900	0.63	25	Crecimiento de vegetación, algas
37	0+900-0+925	0.64	25	algas
38	0+925-0+950	0.72	25	algas
39	0+925-0+950	0.71	25	Crecimiento de vegetación, algas
40	0+950-0+975	0.68	25	algas
41	0+975-1+000	0.68	25	Crecimiento de vegetación, algas

Fuente: Elaboración propia

e) **Estimación del cambio de velocidad del flujo por presencia de sedimentos.**

Se efectuó el desarrollar la recolección de datos observando que los taludes de retiro adyacentes al canal no tenían el perfilado adecuado, generando la sedimentación en el canal de estudio, siendo las piedras la más frecuente, de igual modo se presentó desgaste de material de superficie del canal originado por el cambio climático e intensas lluvias en zonas altoandinas

Tabla 9: Presencia de sedimentos en el canal

Tramo	Progresiva	Velocidad (m/s)	Distancia (m)	Sedimentos(m <sup>3</sup> )	Observaciones
1	0+000-0+025	0.73	25	0.03	Arena y Grava
2	0+025-0+050	0.71	25	0.01	Arena y Grava
3	0+050-0+075	0.61	25	0.02	Arena y Grava
4	0+075-0+100	0.62	25	0.01	Arena y Grava
5	0+100-0+125	0.61	25	0.03	Piedra
6	0+125-0+150	0.64	25	0.01	Piedra
7	0+150-0+175	0.67	25	0.02	Piedra
8	0+175-0+200	0.65	25	0.03	Piedra
9	0+200-0+225	0.63	25	0.02	Piedra
10	0+225-0+250	0.66	25	0.01	Piedra
11	0+250-0+275	0.69	25	0.03	Piedra
12	0+275-0+300	0.70	25	0.01	Piedra
13	0+300-0+325	0.72	25	0.02	Piedra
14	0+325-0+350	0.71	25	0.04	Arena y Grava
15	0+350-0+375	0.66	25	0.06	Arena y Grava
16	0+375-0+400	0.66	25	0.03	Arena y Grava
17	0+400-0+425	0.66	25	0.04	Piedra
18	0+425-0+450	0.71	25	0.01	Arena y Grava
19	0+450-0+475	0.71	25	0.03	Arena y Grava
20	0+475-0+500	0.73	25	0.04	Arena y Grava
21	0+500-0+525	0.66	25	0.01	Piedra
22	0+525-0+550	0.70	25	0.05	Arena y Grava
23	0+550-0+575	0.71	25	0.03	Piedra
24	0+575-0+600	0.71	25	0.04	Arena y Grava
25	0+600-0+625	0.60	25	0.01	Arena y Grava
26	0+625-0+650	0.59	25	0.03	Arena y Grava
27	0+650-0+675	0.64	25	0.02	Piedra
28	0+675-0+700	0.61	25	0.04	Arena y Grava
29	0+700-0+725	0.63	25	0.04	Piedra
30	0+725-0+750	0.59	25	0.03	Arena y Grava
31	0+750-0+775	0.61	25	0.04	Piedra
32	0+775-0+800	0.59	25	0.02	Arena y Grava
33	0+800-0+825	0.62	25	0.03	Piedra
34	0+825-0+850	0.60	25	0.04	Arena y Grava
35	0+850-0+875	0.66	25	0.02	Arena y Grava
36	0+875-0+900	0.63	25	0.03	Arena y Grava
37	0+900-0+925	0.64	25	0.03	Piedra
38	0+925-0+950	0.72	25	0.04	Arena y Grava
39	0+925-0+950	0.71	25	0.02	Piedra
40	0+950-0+975	0.68	25	0.04	Arena y Grava

41	0+975-1+000	0.68	25	0.02	Piedra
----	-------------	------	----	------	--------

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2 Cálculo del tirante hidráulico por cambios de rugosidad

#### a) Cálculo del tirante hidráulico por cambio de rugosidad

Se procederá a determinar el tirante hidráulico de las secciones a evaluar, para el cálculo del tirante medio de la sección.



Figura 9: Corroboración de la sección indicada en el proyecto



Figura 10: Presencia de vegetación en el canal de riego

Tabla 10: Tirante del canal por secciones de 25m

Tramo	Progresiva	Solera(m)	Área(m <sup>2</sup> )	Pendiente	Tirante
1	0+000-0+025	0.40	0.19	0.0005	0.36
2	0+025-0+050	0.40	0.18	0.0005	0.34
3	0+050-0+075	0.40	0.18	0.0005	0.35
4	0+075-0+100	0.40	0.18	0.0005	0.36
5	0+100-0+125	0.40	0.18	0.0005	0.36
6	0+125-0+150	0.40	0.19	0.0005	0.36
7	0+150-0+175	0.40	0.20	0.0005	0.36
8	0+175-0+200	0.40	0.19	0.0005	0.34
9	0+200-0+225	0.40	0.21	0.0005	0.34
10	0+225-0+250	0.40	0.20	0.0005	0.36
11	0+250-0+275	0.40	0.20	0.0005	0.30
12	0+275-0+300	0.40	0.20	0.0007	0.30
13	0+300-0+325	0.40	0.19	0.0007	0.28

14	0+325-0+350	0.40	0.18	0.0007	0.28
15	0+350-0+375	0.40	0.19	0.0007	0.28
16	0+375-0+400	0.40	0.18	0.0007	0.27
17	0+400-0+425	0.40	0.18	0.0007	0.26
18	0+425-0+450	0.40	0.18	0.0007	0.28
19	0+450-0+475	0.40	0.18	0.0007	0.27
20	0+475-0+500	0.40	0.18	0.0007	0.28
21	0+500-0+525	0.40	0.17	0.0007	0.25
22	0+525-0+550	0.40	0.17	0.0007	0.25
23	0+550-0+575	0.40	0.16	0.0007	0.25
24	0+575-0+600	0.35	0.15	0.0008	0.25
25	0+600-0+625	0.35	0.15	0.0008	0.31
26	0+625-0+650	0.35	0.15	0.0008	0.31
27	0+650-0+675	0.35	0.15	0.0008	0.33
28	0+675-0+700	0.35	0.15	0.0008	0.33
29	0+700-0+725	0.35	0.15	0.0008	0.33
30	0+725-0+750	0.35	0.14	0.0008	0.32
31	0+750-0+775	0.35	0.14	0.0008	0.32
32	0+775-0+800	0.35	0.15	0.0008	0.32
33	0+800-0+825	0.35	0.14	0.0008	0.32
34	0+825-0+850	0.35	0.15	0.0008	0.33
35	0+850-0+875	0.35	0.15	0.0008	0.33
36	0+875-0+900	0.35	0.15	0.0008	0.25
37	0+900-0+925	0.35	0.14	0.0008	0.25
38	0+925-0+950	0.35	0.14	0.0008	0.25
39	0+925-0+950	0.35	0.14	0.0008	0.25
40	0+950-0+975	0.35	0.15	0.0008	0.26
41	0+975-1+000	0.35	0.15	0.0008	0.26

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3 Cálculo del tipo de flujo por cambios de rugosidad

#### a) Cálculo del cambio de flujo por cambio de flujo hidráulico

Se procederá a determinar mediante la fórmula de Froude, se tomó en cuenta radios hidráulicos de las secciones y las velocidades obtenidas mediante el correntómetro.

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{gD_H}} \text{ (Ec. 3.3)}$$





Figura 11: Se aprecia presencia de sedimentos



Figura 12: Presencia de vegetación

Determinar el número de Froude en cada sección a evaluar, para determinar el tipo de flujo que tiene el tramo a evaluar como se muestra en la tabla

Tabla 11: Clasificación de flujo

Numero adimensional	Régimen	Régimen	Régimen
Froude	Subcrítico $F < 1$	Critico $F = 1$	Supercrítico $F > 1$

Fuente: Propia

En el siguiente cuadro de mostrar las secciones con los siguientes flujos, en donde se clasifica según el número de Froude, en donde la sección que se muestra es mediante rugosidades compuestas.

Tabla 12: Flujo según el tramo

Tramo	Progresiva	Área(m <sup>2</sup> )	Espejo de agua (m)	Velocidad media	Froude	Tipo de flujo
1	0+000-0+025	0.19	0.68	0.73	0.4420	FLUJO SUBCRITICO
2	0+025-0+050	0.18	0.68	0.71	0.4320	FLUJO SUBCRITICO
3	0+050-0+075	0.18	0.64	0.61	0.3564	FLUJO SUBCRITICO
4	0+075-0+100	0.19	0.64	0.62	0.3660	FLUJO SUBCRITICO
5	0+100-0+125	0.19	0.64	0.61	0.3612	FLUJO SUBCRITICO

6	0+125-0+150	0.19	0.64	0.64	0.3757	FLUJO SUBCRITICO
7	0+150-0+175	0.20	0.69	0.67	0.4102	FLUJO SUBCRITICO
8	0+175-0+200	0.19	0.69	0.65	0.3951	FLUJO SUBCRITICO
9	0+200-0+225	0.19	0.69	0.63	0.3851	FLUJO SUBCRITICO
10	0+225-0+250	0.20	0.70	0.66	0.4081	FLUJO SUBCRITICO
11	0+250-0+275	0.17	0.73	0.69	0.4322	FLUJO SUBCRITICO
12	0+275-0+300	0.17	0.73	0.70	0.4373	FLUJO SUBCRITICO
13	0+300-0+325	0.16	0.76	0.72	0.4620	FLUJO SUBCRITICO
14	0+325-0+350	0.16	0.76	0.71	0.4568	FLUJO SUBCRITICO
15	0+350-0+375	0.16	0.75	0.66	0.4172	FLUJO SUBCRITICO
16	0+375-0+400	0.15	0.73	0.66	0.4116	FLUJO SUBCRITICO
17	0+400-0+425	0.15	0.73	0.66	0.4116	FLUJO SUBCRITICO
18	0+425-0+450	0.16	0.71	0.71	0.4415	FLUJO SUBCRITICO
19	0+450-0+475	0.15	0.74	0.71	0.4507	FLUJO SUBCRITICO
20	0+475-0+500	0.16	0.73	0.73	0.4580	FLUJO SUBCRITICO
21	0+500-0+525	0.14	0.72	0.66	0.4087	FLUJO SUBCRITICO
22	0+525-0+550	0.14	0.72	0.70	0.4343	FLUJO SUBCRITICO
23	0+550-0+575	0.14	0.69	0.71	0.4352	FLUJO SUBCRITICO
24	0+575-0+600	0.13	0.66	0.71	0.4256	FLUJO SUBCRITICO
25	0+600-0+625	0.14	0.58	0.60	0.3347	FLUJO SUBCRITICO
26	0+625-0+650	0.14	0.53	0.59	0.3155	FLUJO SUBCRITICO
27	0+650-0+675	0.15	0.58	0.64	0.3577	FLUJO SUBCRITICO
28	0+675-0+700	0.15	0.53	0.61	0.3287	FLUJO SUBCRITICO
29	0+700-0+725	0.15	0.54	0.63	0.3407	FLUJO SUBCRITICO
30	0+725-0+750	0.14	0.55	0.59	0.3214	FLUJO SUBCRITICO
31	0+750-0+775	0.15	0.58	0.61	0.3393	FLUJO SUBCRITICO
32	0+775-0+800	0.15	0.56	0.59	0.3243	FLUJO SUBCRITICO
33	0+800-0+825	0.15	0.61	0.62	0.3574	FLUJO SUBCRITICO
34	0+825-0+850	0.16	0.61	0.60	0.3432	FLUJO SUBCRITICO
35	0+850-0+875	0.15	0.58	0.66	0.3714	FLUJO SUBCRITICO
36	0+875-0+900	0.12	0.63	0.63	0.3680	FLUJO SUBCRITICO
37	0+900-0+925	0.12	0.62	0.64	0.3698	FLUJO SUBCRITICO
38	0+925-0+950	0.12	0.63	0.72	0.4207	FLUJO SUBCRITICO
39	0+925-0+950	0.12	0.63	0.71	0.4159	FLUJO SUBCRITICO
40	0+950-0+975	0.12	0.60	0.68	0.3871	FLUJO SUBCRITICO
41	0+975-1+000	0.12	0.61	0.68	0.3904	FLUJO SUBCRITICO

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4 Determinación del comportamiento hidráulico del flujo en canales de riego por cambio de rugosidad del canal

Determinado el tirante en número de Froude y la velocidad se procedió a efectuar los cálculos de caudales y determinar el régimen del canal, como se aprecia en la siguiente tabla por distintos cambios de rugosidad (cambios de rugosidad por algas, por desgaste de material y por sedimentos)

Tabla 13: Valores obtenidos con respecto al cambio de rugosidad

Tramo	Progresiva	Área(m <sup>2</sup> )	Velocidad media	Froude	Tipo de flujo	Coficiente de rugosidad	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0+000-0+025	0.19	0.73	0.4420	FLUJO SUBCRITICO	0.0520	0.14
2	0+025-0+050	0.18	0.71	0.4320	FLUJO SUBCRITICO	0.0532	0.13
3	0+050-0+075	0.18	0.61	0.3564	FLUJO SUBCRITICO	0.0611	0.11
4	0+075-0+100	0.19	0.62	0.3660	FLUJO SUBCRITICO	0.0595	0.12
5	0+100-0+125	0.19	0.61	0.3612	FLUJO SUBCRITICO	0.0603	0.12
6	0+125-0+150	0.19	0.64	0.3757	FLUJO SUBCRITICO	0.0580	0.12
7	0+150-0+175	0.20	0.67	0.4102	FLUJO SUBCRITICO	0.0567	0.13
8	0+175-0+200	0.19	0.65	0.3951	FLUJO SUBCRITICO	0.0589	0.12
9	0+200-0+225	0.19	0.63	0.3851	FLUJO SUBCRITICO	0.0604	0.12
10	0+225-0+250	0.20	0.66	0.4081	FLUJO SUBCRITICO	0.0578	0.13
11	0+250-0+275	0.17	0.69	0.4322	FLUJO SUBCRITICO	0.0428	0.12
12	0+275-0+300	0.17	0.70	0.4373	FLUJO SUBCRITICO	0.0423	0.12
13	0+300-0+325	0.16	0.72	0.4620	FLUJO SUBCRITICO	0.0415	0.12
14	0+325-0+350	0.16	0.71	0.4568	FLUJO SUBCRITICO	0.0420	0.12
15	0+350-0+375	0.16	0.66	0.4172	FLUJO SUBCRITICO	0.0454	0.11
16	0+375-0+400	0.15	0.66	0.4116	FLUJO SUBCRITICO	0.0449	0.10
17	0+400-0+425	0.15	0.66	0.4116	FLUJO SUBCRITICO	0.0449	0.10
18	0+425-0+450	0.16	0.71	0.4415	FLUJO SUBCRITICO	0.0409	0.11
19	0+450-0+475	0.15	0.71	0.4507	FLUJO SUBCRITICO	0.0415	0.11
20	0+475-0+500	0.16	0.73	0.4580	FLUJO SUBCRITICO	0.0406	0.11
21	0+500-0+525	0.14	0.66	0.4087	FLUJO SUBCRITICO	0.0447	0.09
22	0+525-0+550	0.14	0.70	0.4343	FLUJO SUBCRITICO	0.0420	0.10
23	0+550-0+575	0.14	0.71	0.4352	FLUJO SUBCRITICO	0.0404	0.10
24	0+575-0+600	0.13	0.71	0.4256	FLUJO SUBCRITICO	0.0386	0.09
25	0+600-0+625	0.14	0.60	0.3347	FLUJO SUBCRITICO	0.0620	0.09
26	0+625-0+650	0.14	0.59	0.3155	FLUJO SUBCRITICO	0.0608	0.08
27	0+650-0+675	0.15	0.64	0.3577	FLUJO SUBCRITICO	0.0580	0.10
28	0+675-0+700	0.15	0.61	0.3287	FLUJO SUBCRITICO	0.0583	0.09
29	0+700-0+725	0.15	0.63	0.3407	FLUJO SUBCRITICO	0.0572	0.09

30	0+725-0+750	0.14	0.59	0.3214	FLUJO SUBCRITICO	0.0616	0.08
31	0+750-0+775	0.15	0.61	0.3393	FLUJO SUBCRITICO	0.0611	0.09
32	0+775-0+800	0.15	0.59	0.3243	FLUJO SUBCRITICO	0.0620	0.09
33	0+800-0+825	0.15	0.62	0.3574	FLUJO SUBCRITICO	0.0607	0.10
34	0+825-0+850	0.16	0.60	0.3432	FLUJO SUBCRITICO	0.0632	0.09
35	0+850-0+875	0.15	0.66	0.3714	FLUJO SUBCRITICO	0.0558	0.10
36	0+875-0+900	0.12	0.63	0.3680	FLUJO SUBCRITICO	0.0479	0.08
37	0+900-0+925	0.12	0.64	0.3698	FLUJO SUBCRITICO	0.0462	0.08
38	0+925-0+950	0.12	0.72	0.4207	FLUJO SUBCRITICO	0.0419	0.09
39	0+925-0+950	0.12	0.71	0.4159	FLUJO SUBCRITICO	0.0424	0.09
40	0+950-0+975	0.12	0.68	0.3871	FLUJO SUBCRITICO	0.0436	0.08
41	0+975-1+000	0.12	0.68	0.3904	FLUJO SUBCRITICO	0.0439	0.08

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Aspectos éticos

Este estudio tuvo en cuenta la norma ISO 6902 y la guía de preparación de tesis y el sistema Turnitin. Esto nos permitió respetar los derechos del autor y los valores éticos obtenidos de los libros y artículos científicos. Se puede mencionar que, si los datos personales se utilizan, serán tratados de forma correcta sin causar daños éticos a las personas. Además, se tendrá cuidado con el entorno en el que se realizará el estudio, teniendo en cuenta las consideraciones ambientales.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio

#### 4.1.1. Ubicación política

La presente investigación se realizó en el sector de Huajaqui en el distrito de Anta, provincia de Cusco, en el departamento de Cusco.



Figura 13: Mapa político del Perú



Figura 14: Mapa político del departamento del Cusco

#### 4.1.2. Ubicación del proyecto

La zona de estudio está ubicada en la provincia de Anta, región Cusco a una altitud de 3424 msnm y dentro de las coordenadas Latitud: 13° 29' 05" Sur Longitud: 72° 16' 07" Oeste



Figura 15: Mapa de la provincia de Cusco



Figura 16: Mapa del distrito de Anta

### Límites

Los límites políticos del Distrito de Anta son los siguientes:

- Norte: Provincia de Urubamba
- Sur: Ciudad de Cusco
- Este: Distrito de Pucyura
- Oeste: Distrito de Zurite

### Características de las zonas de estudios

#### El canal cuenta con dos secciones

El canal artificial, está revestido con concreto el cual cuenta con dos secciones. El estudio se realizó en un canal clasificado como canales de riego, el canal tiene una longitud de 5450 metros, lo cual se verificó mediante el levantamiento topográfico. Con respecto al clima en el área de estudio varía entre frío y templado, con lluvias más frecuentes durante el período enero-mayo. La temperatura promedio anual en el área de estudio es de 20 °C, con una mínima de 6 °C. La altura promedio del área de estudio es de 3424 m sobre el nivel del mar. Fuente: SENAMHI.

El tramo de 1+000 este compuesto por dos secciones, teniendo una reducción de 0.10 m en ancho como en solera, teniendo entonces un cambio de sección mostraras en la figura.

Tabla 14: Secciones transversal del canal

Progresiva	Ancho de solera (m)	Profundidad total (m)	Talud
0+000 – 0+575	0.80	0.40	0.65
0+575 – 1+000	0.70	0.35	0.71

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia dos secciones según las Figura siguientes con sus respectivas dimensiones en cada tramo.

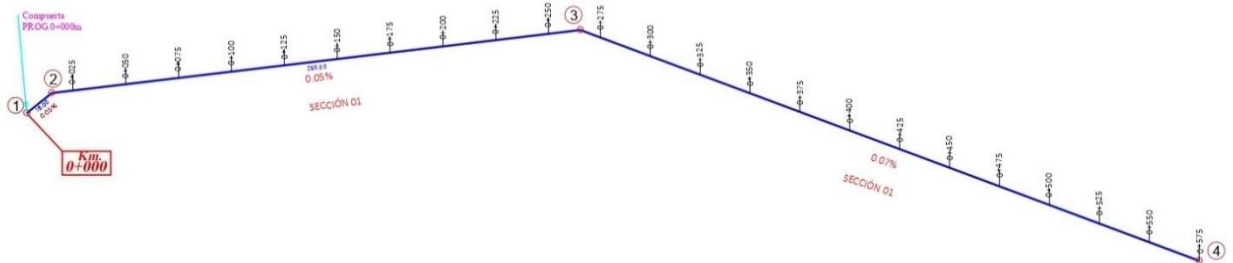


Figura 17: Croquis del tramo con dimensiones iguales en sección 1

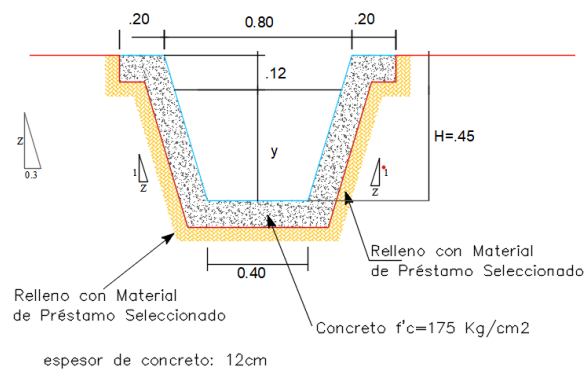


Figura 18: Canal correspondiente a la sección 1

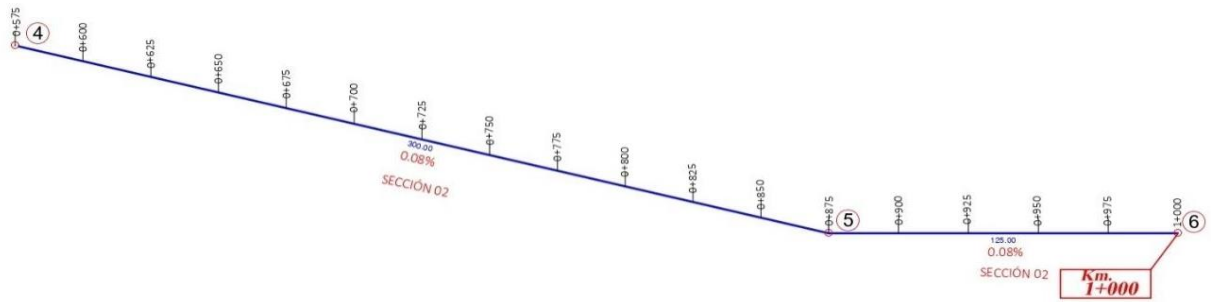


Figura 19: Canal correspondiente a la sección 2

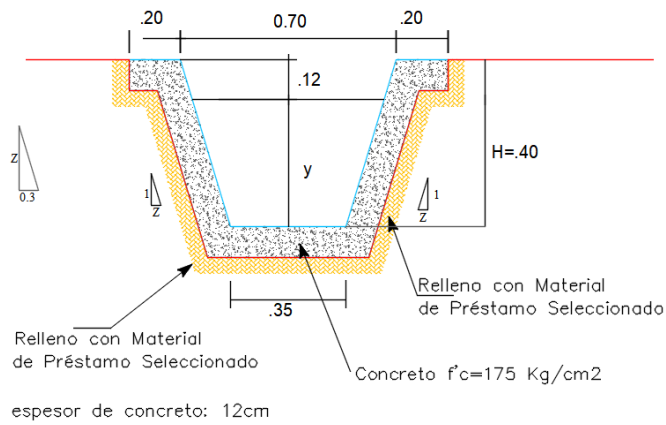


Figura 20: Canal correspondiente a la sección 2

Teniendo unas variaciones por cambio de velocidad por cambio de sección igualmente tenemos los siguientes porcentajes en toda la sección a evaluar de 1+000.

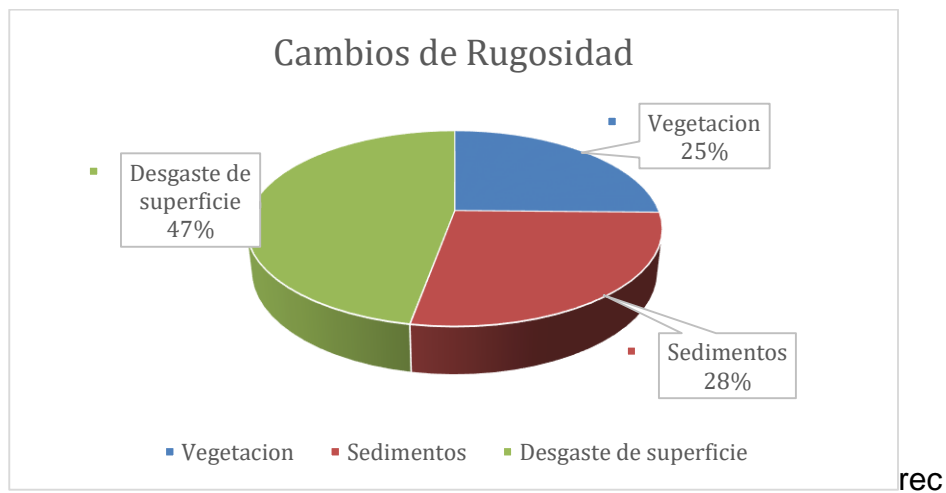


Figura 21: Porcentajes de cambios de rugosidad



#### 4.2. Resultado de la estimación de velocidades por cambios de rugosidad en el canal de riego

Se tuvo como resultado las siguientes velocidades mostradas en las distintas secciones como se aprecia en el siguiente cuadro.

Tabla 15: Velocidades por secciones

Tramo	Sección	Velocidades(m/s)		Rugosidad Compuesta	
0+000+0+570	Sección 1	0.61	0.73	0.040	0.061
0+575-1+000	Sección 2	0.59	0.72	0.038	0.063

Fuente: Elaboración propia

En toda la sección se apreció variaciones, que influye en la velocidad como se muestra en la figura, en donde los coeficientes de rugosidad se determinaron mediante el coeficiente de Manning como se muestra en la ecuación (2.5), de igualmente las velocidades del correntómetro.

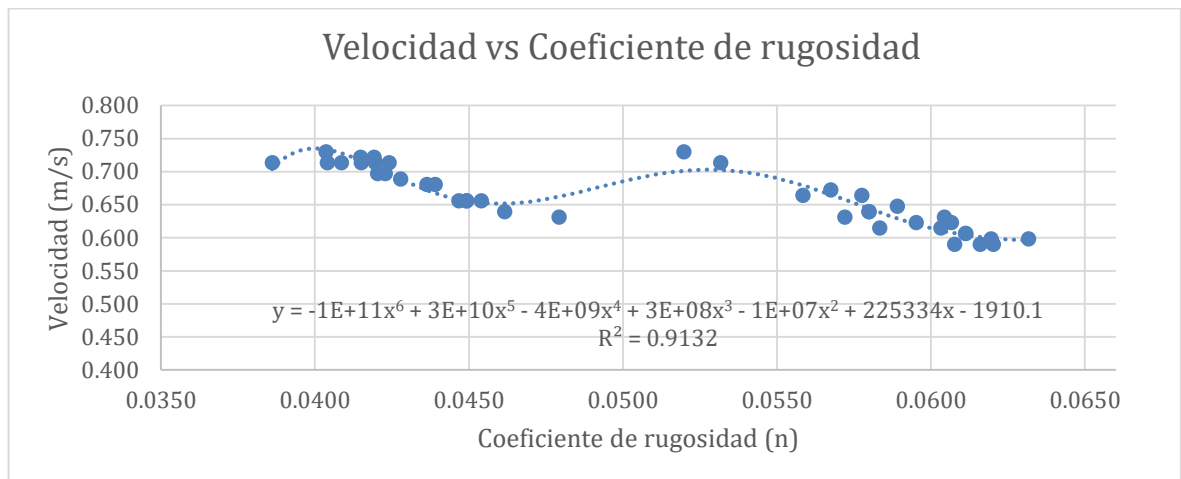


Figura 22: Velocidad vs Coeficiente de rugosidad

**Interpretación:** Las velocidades de rugosidad por crecimiento de vegetación, sedimento y desgaste varían, teniendo así los siguientes resultados que se presenta figura que da a conocer que la rugosidad es 0.052, la velocidad alcanzó su mayor valor de 0.730 m/s. Por otra parte, el mínimo valor de la velocidad que se obtuvo es de 0.590 m/s, donde el coeficiente de rugosidad de Manning alcanza un valor de 0.0608, así mismo se tuvo un coeficiente de correlación de 0.91 sienta un valor fuerte de relación el cual indica que a mayor

coeficiente de rugosidad menor velocidad de flujo.

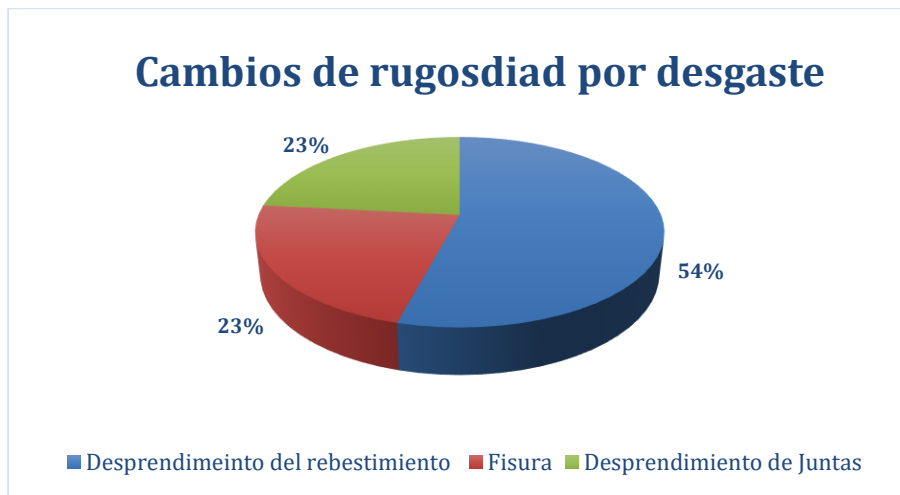


Figura 23: Porcentajes de cambios de rugosidad por desgaste

Así mismo se pudo apreciar que los valores por desgaste de superficie y desprendimiento el cual presentó velocidades comprendidas entre 0.59-0.71 m/s, así mismo con cambios de rugosidad de presencia de vegetación y presencia de algas se tuvo velocidades comprendidas entre 0.59 - 0.73 m/s, con respecto al cambio de rugosidad por presencia de sedimentos se presentó velocidades con presencia de piedras entre 0.61-0.72 m/s y con presencia de arena y grava 0.59 – 0.73 m/s debido a la presencia de material obstruyente se aprecia velocidades menores 1m/s.

#### 4.3 Resultados de estimar el tirante hidráulico por cambios de rugosidad

Los tirantes que se evaluaron por distintos cambios de rugosidad están comprendidos por la sección y la velocidad del flujo como se muestran en la siguiente tabla y figura.

Tabla 16: Tirante por secciones

Tramo	Sección	Tirante(cm)	
0+000+0+570	Sección 1	0.25	0.36
0+575-1+000	Sección 2	0.25	0.33

Fuente: Elaboración propia

El tirante varía a lo largo del canal y sus valores están comprendidos como se

muestra en la figura del tirante con respecto a la rugosidad, en donde el coeficiente de rugosidad se determinó mediante el coeficiente de Manning como se muestra en la ecuación (2.5).

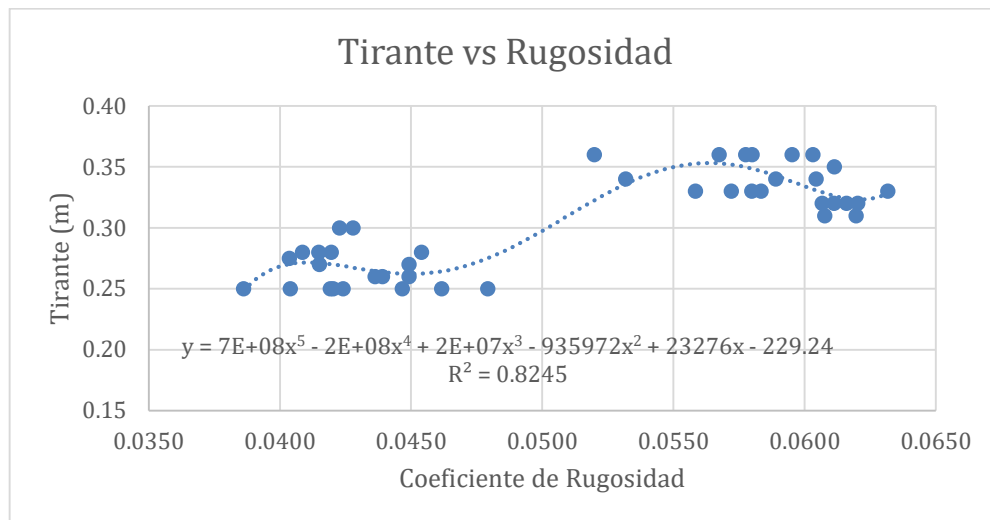


Figura 24: Rugosidad vs Numero de Froude

**Interpretación:** Los resultados que se presenta en los tramos del canal son valores de la rugosidad compuesta comprendidas entre 0.0386 al 0.0632 y en donde los valores del tirante del flujo varían de acuerdo a la presencia de sedimentos y desgaste de superficies alcanzando valores comprendidos en 0.25 a 0.36 m, igualmente teniendo coeficiente de correlación es de 0.82 siendo un valor fuerte de relación, lo que significa que a mayor coeficiente de rugosidad mayor tirante así mismo el coeficiente de rugosidad más bajo 0.0386 con un tirante de 0.25 y con rugosidad 0.052 alcanza un tirante de 0.36

#### 4.4 Resultados del determinar el tipo de flujo por cambios de rugosidad

Los tipos de flujo por cambios de rugosidad en cada sección que se evaluaron en cada tramo son la siguiente.

Tabla 17: Tipo de flujo por secciones

Tramo	Sección	Froude	Tipo de flujo
0+000+0+	Sección	0.356	Subcrítico
570	1	4	0
0+575-	Sección	0.315	Subcrítico
1+000	2	5	6

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al flujo por distintos cambios de rugosidad que se presentan en la sección a evaluar, se pudo apreciar que el flujo con más presencia fue un FLUJO SUBCRITICO, lo cual indica que la presencia de vegetación, sedimentos y el desgaste de la superficie del canal conlleva una pérdida en el transporte del agua produciendo pérdidas en la conductividad acuífera.

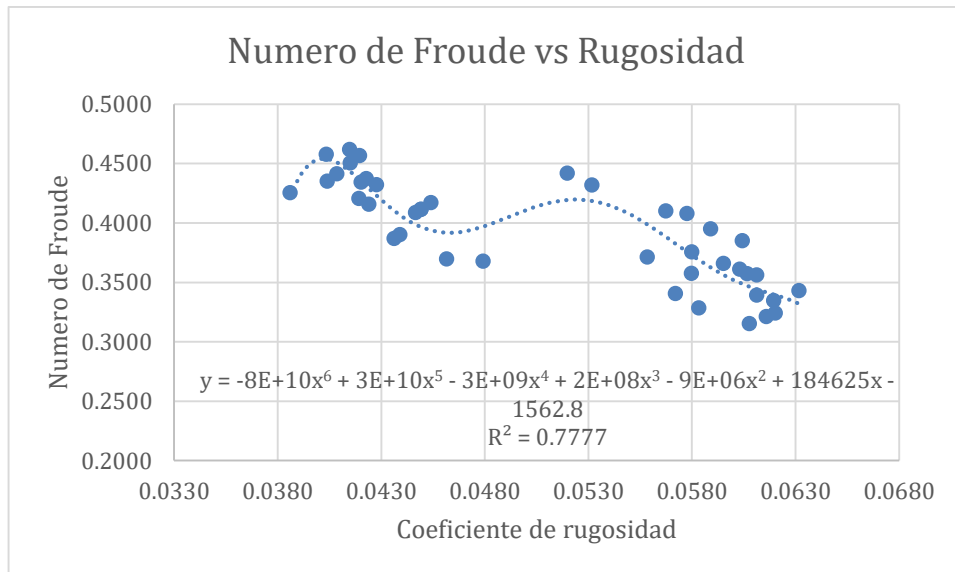


Figura 25: Numero de Froude vs Rugosidad

**Interpretación:** Teniendo las siguientes Figura de dispersión se pudo apreciar que los valores de dispersión son menores a 1, las que están comprendidas entre 0.315 y 0.462 teniendo característica de FLUJO SUBCRITICO, debido a la presencia de sedimentos, vegetación y desgaste de superficie, así mismo se presenta un coeficiente de correlación en sentido decreciente esto es debido a que a mayor coeficiente de rugosidad el flujo tendrá a ser más subcrítico teniendo valores inferiores a 1.

#### 4.5 Determinación del comportamiento hidráulico del flujo en canales de riego por cambio de rugosidad del canal

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento del flujo en relación con el cambio de rugosidad del canal como se muestra en la figura

Tabla 18: Comportamiento hidráulico con respecto a la rugosidad

Tramo	Progresiva	Coefficiente de rugosidad	Froude	Tipo de flujo
22	0+525-0+550	0.0420	0.4343	FLUJO SUBCRITICO
23	0+550-0+575	0.0404	0.4352	FLUJO SUBCRITICO
24	0+575-0+600	0.0386	0.4256	FLUJO SUBCRITICO
25	0+600-0+625	0.0620	0.3347	FLUJO SUBCRITICO
26	0+625-0+650	0.0608	0.3155	FLUJO SUBCRITICO
27	0+650-0+675	0.0580	0.3577	FLUJO SUBCRITICO
28	0+675-0+700	0.0583	0.3287	FLUJO SUBCRITICO
29	0+700-0+725	0.0572	0.3407	FLUJO SUBCRITICO
30	0+725-0+750	0.0616	0.3214	FLUJO SUBCRITICO
31	0+750-0+775	0.0611	0.3393	FLUJO SUBCRITICO
32	0+775-0+800	0.0620	0.3243	FLUJO SUBCRITICO
33	0+800-0+825	0.0607	0.3574	FLUJO SUBCRITICO
34	0+825-0+850	0.0632	0.3432	FLUJO SUBCRITICO
35	0+850-0+875	0.0558	0.3714	FLUJO SUBCRITICO
36	0+875-0+900	0.0479	0.3680	FLUJO SUBCRITICO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, se observó que en el tramo km 0+ 825 a km 0 + 850 el coeficiente de rugosidad es de 0.0632 en consecuencia se observó disminución del número de Froude de 0.343 dando como resultado un flujo subcrítico, en cambio en el tramo km 0 + 555 a km 0 + 575 el coeficiente de rugosidad de 0.0404 y un valor de número de Froude de 0.4352 resultando un flujo subcrítico, en ambos casos la rugosidad juega un papel importante como el ser la fuerza resistente al flujo.

## **Contratación de hipótesis**

En el presente trabajo de investigación se contratará la hipótesis mediante las pruebas de normalidad.

### **Prueba estadística**

#### **Planteamiento de la hipótesis**

El nivel de significancia  $\alpha$  fue de 0.05 debido a que es comúnmente trabajado por la comunidad científica

**Hipótesis nula (H0):** Las medidas de los grupos no varían significadamente.

**Hipótesis alternativa (H1):** Las medidas de los grupos varían significativamente si (p-valor) obtenido es mayor que  $\alpha$ , entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Este resultado confirma que los datos no cuentan con varianzas iguales.

#### **H1: Prueba estadísticas (Velocidad por rugosidad)**

**Hipótesis Alternativa** La velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, es alta.

**Hipótesis nula:** La velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, no es alta.

Prueba de normalidad, se utilizó e Shapiro-Wilk porque se tiene menos de 50 datos.

La velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal es baja por ende la hipótesis es nula

#### **H2: Prueba estadísticas (Tirante por cambios de rugosidad)**

**Hipótesis Alternativa** El tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, es crítico.

**Hipótesis nula:** El tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, no es crítico.

El tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal es normal por ende la hipótesis es nula

### **H3: Prueba estadísticas (Flujo por cambios de rugosidad)**

**Hipótesis Alternativa** El tipo de flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui es crítica, Anta, Cusco, es critica

**Hipótesis nula:** El tipo de flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui es crítica, Anta, Cusco, no es critica

El tipo de flujo por cambios de rugosidad en el canal es subcrítico por ende la hipótesis en nula

## V.DISCUSION

**Discusión 1:** En relación con la velocidad con respecto a distintos cambios del coeficiente de rugosidad en el canal a evaluar, en donde los coeficientes de rugosidad se determinaron mediante el coeficiente de Manning como se muestra en la Ec (2.5), de igualmente las velocidades del correntómetro, teniendo los siguientes resultados que se dan a conocer que la rugosidad es 0.052, la velocidad alcanzó su mayor valor de 0.730 m/s. Por otra parte, el mínimo valor de la velocidad que se dio es de 0.590 m/s, donde el coeficiente de rugosidad de Manning alcanza un valor de 0.0608, así mismo se tuvo un coeficiente de correlación de 0.91 sienta un valor fuerte de relación el cual indica que a mayor coeficiente de rugosidad menor velocidad de flujo. Al respecto (Chavez Deza, y otros, 2020) como antecedentes nacionales tuvo resultados promedios con respecto al coeficiente de rugosidad según el método analítico estudiado fue de 0.026 y en tramos de excavación (terreno natural) es 0.052. Asimismo; (Villón Béjar, 2002), expresa que la velocidad máxima de diseño 2 m/s, así mismo en la tesis de (Sinche Cordero, 2018) llegó valores con respecto a la velocidad 0.74 m/s – 1.53 m/s valores obtenidos por presencia de cambios de rugosidad.

Como se puede observar los valores que se determinaron con respecto al primer ítem de rugosidad es 0.052 y 0.590, son similares con los resultados de los antecedentes con coeficiente de rugosidad de 0.052; y con respecto a la velocidad el promedio registrado en la investigación está comprendido entre 0.590 a 0.730 m/s que al promediar nos da un valor 0.66 m/s debido al coeficiente de rugosidad.

**Discusión 2:** Respecto al tirante, se apreció variaciones a lo largo del canal y con valores de la rugosidad compuesta comprendidas entre 0.0386 al 0.0632 y en donde los valores del tirante del flujo varían de acuerdo con la presencia de sedimentos y desgaste de superficies alcanzando valores comprendidos en 0.25 a 0.36 m, así mismos se tuvo un coeficiente de correlación es de 0.82 siendo un valor fuerte de relación, lo que significa que a mayor coeficiente de rugosidad mayor tirante. Al respecto (Sinche Cordero, 2018) citado como antecedentes nacionales en trabajado de investigación con respecto al tirante está comprendido entre 0.17m



a 0.51m debido al cambios y fallas con respecto al canal inicial. Asimismo; Al respecto (Chow, 2004) da a conocer que los factores que afectan al tirante hidráulico es el coeficiente de rugosidad, hace referencia que a mayor irregulariza del canal se presentara mayor tirante de transporte de agua, se puede apreciar que el factor más relevante es el coeficiente de Manning “n”.

Como se puede observar los valores determinamos para este ítem del tirante tiene valores comprendidos en 0.25 y 0.36 m este valor vario de acuerdo a parámetros del canal, así como pendientes y cálculos de diseño.

**Discusión 3:** Con respecto al flujo por distintos cambios de rugosidad que se presentan en la sección a evaluar se pudo apreciar que los valores de dispersión son menores a 1, las que están comprendidas entre 0.315 y 0.462 teniendo característica de FLUJO SUBCRÍTICO, debido a la presencia de sedimentos, vegetación y desgaste de superficie, así mismo se presenta un coeficiente de correlación en sentido decreciente esto es debido a que a mayor coeficiente de rugosidad el flujo tendrá a ser más subcrítico teniendo valores inferiores a 1. Asimismo; (Sínche Cordero, 2018) como antecedente nacional con respecto flujo hidráulico, tiene los siguientes resultados en canales de concreto tiene un régimen SUBCRÍTICO debido a fallas presentados en los distintos tramos de la sección del canal de concreto. Asimismo; (Picon Verjel, y otros, 2016) citado como antecedente internacional en su trabajo de investigación menciona que hubo presencia de vegetación al 100%, de igual modo hubo presencia de escombros y un desgaste del revestimiento al 96.97%os sólidos de la misma forma el 96,97% dando como resultado un FLUJO CRÍTICO.

Como se puede observar los valores determinados para este ítem son similares con los resultados de los antecedentes conteniendo flujo subcrítico debido a los cambios de rugosidad; por consiguiente, el objetivo es alcanzado.

**Discusión 4:** Se observó que en el tramo km 0+ 825 a km 0 + 850 el coeficiente de rugosidad es de 0.0632 en consecuencia se observó disminución del número de Froude de 0.343 dando como resultado un flujo subcrítico, en cambio en el tramo

km 0 + 555 a km 0 + 575 el coeficiente de rugosidad de 0.0404 y un valor de número de Froude de 0.4352 resultando un flujo subcrítico, en ambos casos la rugosidad juega un papel importante como el ser la fuerza resistente al flujo. Así mismo como antecedente nacional (Sinche Cordero, 2018) obtuvo resultados con respecto al coeficiente de rugosidad de 0.01839 con valores de Froude prevaeciente menores a 1 con presencia de flujo Subcrítico, como antecedentes internacionales (Maldonado Narvaez, y otros, 2019), en su tesis de investigación da a conocer que el coeficiente de rugosidad que se obtuvieron está en relación a 0.018 a 0.45, así mismo se obtuvieron valores de Froude de 0.53, con un comportamiento hidráulico subcrítico.

Como se puede observar los valores determinamos al comportamiento hidráulico por cambios de rugosidad en el canal tiene valores comprendidos en 0.3155 y 0.395 m este valor vario de acuerdo con los parámetros del canal, así mismo según lo antecedentes se obtuvieron valores de menores a 1 por presencia de cambios de rugosidad siendo valores similares con los antecedentes.

## VI. CONCLUSIONES

**Conclusión 1:** Con respecto al objetivo específico de determinación de velocidades por cambios de rugosidad se obtuvieron los siguientes resultados que se dan a conocer que la rugosidad es 0.052, la velocidad alcanzó su mayor valor de 0.730 m/s. Por otra parte, el mínimo valor de la velocidad que se dio es de 0.590 m/s, donde el coeficiente de rugosidad de Manning alcanza un valor de 0.0608, así mismo se tuvo un coeficiente de correlación de 0.91 siendo un valor fuerte de relación el cual indica que a mayor coeficiente de rugosidad menor velocidad de flujo

**Conclusión 2:** Con respecto al objetivo específico de determinar el tirante por cambios de rugosidad se obtuvieron valores de la rugosidad compuesta comprendidas entre 0.0386 al 0.0632 y en donde los valores del tirante del flujo varían de acuerdo a la presencia de sedimentos y desgaste de superficies alcanzando valores comprendidos en 0.25 a 0.36 m, así mismos se tuvo un coeficiente de correlación es de 0.82 siendo un valor fuerte de relación, lo que significa que a mayor coeficiente de rugosidad mayor tirante.

**Conclusión 3:** En conclusión al objetivo específico de determinar el flujo por cambios de rugosidad se pudo apreciar que los valores de dispersión son menores a 1, las que están comprendidas entre 0.315 y 0.462 teniendo característica de FLUJO SUBCRÍTICO, debido a la presencia de sedimentos, vegetación y desgaste de superficie, así mismo se presenta un coeficiente de correlación en sentido decreciente esto es debido a que a mayor coeficiente de rugosidad el flujo tendrá a ser más subcrítico teniendo valores inferiores a 1.

**Conclusión 4:** Esta tesis tuvo por objetivo general determinar el comportamiento hidráulico por distintos cambios de rugosidad por ellos se evaluaron los canales teniendo los siguientes parámetros en tramo km 0+ 825 a km 0 + 850 el coeficiente de rugosidad es de 0.0632 en consecuencia se observó disminución del número de Froude de 0.343 dando como resultado un flujo subcrítico, en cambio en el tramo km 0 + 555 a km 0 + 575 el coeficiente de rugosidad de 0.0404 y un valor de número

de Froude de 0.4352 resultando un flujo subcrítico, en ambos casos la rugosidad juega un papel importante como el ser la fuerza resistente al flujo.

## VII. RECOMENDACIONES

**Recomendación 1:** Se plantea realizar acciones de mantenimiento periódicamente para evitar el cambio brusco en la rugosidad, así como también el cambio de velocidades de la sección revestida de concreto.

**Recomendación 2:** Para los avances relacionados con la investigación, se recomienda que el estudio del índice antes mencionado se realice bajo diferentes condiciones físicas evaluadas en el tiempo, es decir, se debe realizar un cálculo del índice de rugosidad anual, periódico. para realizar un mejor análisis.

**Recomendación 3:** Se recomienda que los ingenieros cuya profesión esté relacionada con el diseño de obras de riego y drenaje utilicen el coeficiente de rugosidad obtenido en este levantamiento. se ha tenido en cuenta. propios de lugares de similares características.

**Recomendación 4:** Se deben realizar levantamientos similares en otros cauces, con características hidráulicas similares al cauce estudiado, que permitan comparaciones y contribuyan a mejorar la metodología y procedimientos aplicados en el levantamiento, y sobre todo para el desarrollo de futuros cauces o sus entrevistas.

## REFERENCIAS

1. **Aguilar Marquez, Armando, Altamira Ibarra, Jorge y Garcia Leon , Omar. 2010.** *Introduccion a la referencia estatica.* Mexico : Pearson Educacion, 2010.
2. **Arboleda Orozco, Juan Fernando, Felipe Obando, Oscar y Yerrén Suarez, Jorge Enrique. 2018.** *Manual de Hidrometría Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).* Lima : s.n., 2018.
3. **Arias Gonzales, Jose Luis. 2021.** *Diseño y Metodología de la Investigacion .* Lima : Enfoque Consulting EIRL, 2021.
4. **Autoridad Nacional del Agua. 2010.** *Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico.* Lima : s.n., 2010.
5. **Aznaran Monzon, R M y Moran Martinez, W J. 2019.** *Coeficiente de rugosidad, en el Canal Carlos Leigh entre las progresivas 1+000 al 8+000, Centro Poblado Cascajal, Ancash, 2019.* Chimbote : s.n., 2019.
6. **Borja Suarez, Manuel. 2012.** *Metodología de la investigación para ingenieros.* Chiclayo-Perú : s.n., 2012.
7. **Broto, Carles. 2005.** *Enciclopedia Broto de patologías de la.* Madrid : s.n., 2005.
8. **Cadavid H, J. 2006.** *Hidráulica de Canales.* Medellin : s.n., 2006.
9. *Calculation of the roughness coefficient "n" for trapezoidal channels with sediment presence ( $\varnothing = 0.05 \text{ mm}$ ).* **Mejia , Diego y Benavides Muñoz, Holger. 2017.** 2017.
10. *Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" de manning en los grandes ríos de Venezuela.* **Osío Yépez, Mónica , y otros. 2000.** Valencia, Venezuela : s.n., 2000, INGENIERÍA UC.
11. **Carrasco Diaz, Sergio. 2005.** *Metodología de la investigación científica.* Lima : s.n., 2005.
12. **Carrasco, Sergio . 2005.** *Metodología de la Investigación científica.* Peru : San Marcos, 2005.

13. **Chavez Deza, M L y Chavez Deza, E L. 2020.** *Verificación del coeficiente de rugosidad de Manning en el Canal Taza Botador entre las progresivas 0+000 a 6+440, Distrito de Salpo, Otuzco, La Libertad.* Trujillo : s.n., 2020.
14. **Chow, V. 2004.** *Hidráulica de canales abiertos.* Santafé de Bogotá : s.n., 2004.
15. **Consejo Sectorial De Ministros De Transportes De Centroamérica. 2016.** Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en centroamérica. El Salvador : s.n., 2016.
16. **Dominguez Javier, F. 1945.** *Hidráulicas.* Santiago de Chile : s.n., 1945.
17. **Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación.* s.l. : Mexicana, 2014.
18. *Fluid resistance of composite roughness.* **H. A., Einstein y R. B. , Banks. 1950.** 1950, pág. 4.
19. **Hernandez Sampieri, R y Collado, F C. 2014.** *Metodología de la investigacion.* Mexico : Interamericana Editores, 2014.
20. **Hurtado Becerra, J. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.* Lima- Peru : Bussiness Support, 2018.
21. **Hurtado de Barrera, J C. 2010.** *Metodología de la investigación.* Caracas, Venezuela : s.n., 2010.
22. *Influencia del metodo de estimacion en el coeficiente de Manning para cauces naturales.* **Fernandez de Cordova Webster, Carlos Javier. 2018.** 2018, págs. 17-31.
23. **Kerlinger, F. 2002.** *Métodos de Investigación.* México : s.n., 2002.
24. **Maldonado Narvaez, Lenín Rafael y Carrasco Carrasco, Xavier Alejandro. 2019.** *Estudio y caracterización hidráulica del óvalo 21 al óvalo 22 del canal de riego Ambato – Huachi - Pelileo, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.* Ambato : s.n., 2019.
25. **Mery, Horacio. 2013.** *Hidráulica aplicada al diseño de obras.* Santiago : s.n., 2013.
26. **Ministerio de agricultura. 2004.** *Calibración de estructuras hidráulicas de medición.* Lima : s.n., 2004.
27. **Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. 2015.** *Mantenimiento de Infraestructura de Sistema de Riego.* Lima : s.n., 2015.

28. *Modeling Of Vegetated Open Channel Flow: A Review*. **Abdullahi , Nuhu y Busari, Afis. 2021.** 2021, ICONIC RESEARCH AND ENGINEERING JOURNALS.
29. **Mott, R. 2006.** *Mecanica de Fluidos*. Mexico : Person Educacion, 2006.
30. **Oseda Gago, D, y otros. 2011.** *Metodología de la Investigación*. 2011.
31. **Picon Verjel, A V y Paredes Manzano,, S D. 2016.** *Diagnóstico del estado actual y evaluación del comportamiento hidráulico del canal revestido del rio chiquito desde Cra12 barrio el palomar hasta la Cra 27 barrio Totumalito en la ciudad de Ocaña Norte de Santander*. Colombia : s.n., 2016.
32. **Rocha Felices,, A. 2011.** *Hidráulica en tuberías y canales*. Lima : s.n., 2011.
33. **Rodriguez Ruiz, Pedro. 2008.** *Hidraulica II*. 2008.
34. **Sanchez Carlessi, Hugo, Sanchez Vargas, Yuri y Gonzalez Moreyra, Raul. 2018.** *Metodologia y diseño de la investigacion cientifica*. Lima : s.n., 2018.
35. **Sinche Cordero, David Levi. 2018.** *Comportamiento hidráulico de flujos en canales abiertos para ubicar fallas - canal San Lorenzo - Jauja, 2017*. Huancayo : s.n., 2018.
36. **Sotelo Avila, Gilberto. 2002.** *Hidráulica de canales*. México: : s.n., 2002.
37. **Streeter, V, Bedford, K y Wylie, B. 2009.** *Mecánica de Fluidos*. Santafe Bogotá, Colombia : s.n., 2009.
38. **Valencia Ventura, E. 2000.** *Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" de Manning en los grandes rios de Venezuela*. Venezuela : s.n., 2000.
39. **Valverde, J C. 2007.** *Riego y Drenaje*. Costa Rica : s.n., 2007.
40. **Velancia, A. 2021.** *Efecto de la rugosidad de Gauckler–Manning en el tránsito de caudales en canales de baja pendiente*. 2021.
41. **Villón Béjar, M. 2002.** *Hidrología*. Lima-Perú : Tecnológica de Costa Rica, Cartago, 2002.



## **ANEXO**

Anexo 1: Matriz de consistencia “Comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambios de rugosidad en zonas altoandinas, canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Metodología
¿Cuál es el comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambio de rugosidad del canal Huajaqui, Anta, ¿Cusco 2021?	Determinar el comportamiento hidráulico del comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambio de rugosidad del canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021	El comportamiento hidráulico de flujo de canales de riego por cambio de rugosidad es supercrítico	V1  Cambios de rugosidad	D1 -Rugosidad por desgaste de superficie. D2 -Rugosidad por crecimiento de vegetación. D3 -Rugosidad por sedimentación de materiales	I1 -Tamaño -Tipo -Comportamiento I2 -Tamaño -Tipo -Comportamiento I3 -Tamaño -Tipo -Comportamiento		<b>Tipo de investigación</b> aplicada <b>Enfoque de la investigación</b> cuantitativa <b>El diseño de la investigación</b> no experimental <b>El nivel de la investigación</b> explicativo
¿Cuánto es la velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, ¿Cusco 2021?	Estimar la velocidad de flujo en cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021	La velocidad del flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, es alta.	V2	D1 -Velocidad del flujo actual	I1 - Alta - Media - Baja	Ficha de recolección de datos	<b>Población</b> canal de Huajaqui <b>Muestra</b> Progresiva 0+000 hasta 2+500 <b>Muestreo</b> No probabilístico
¿Cuánto es el tipo de flujo por cambio de rugosidad en canal Huajaqui, Anta, ¿Cusco 2021?	Indicar el tipo de flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021.	El tipo de flujo por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui es crítica, Anta, Cusco, es crítica.	Comportamiento del flujo hidráulico	D2 -Tipo de flujo Va al 3 D3 -Tirante	I2 - Subcrítico - Crítico - Supercrítico I3 - normal - crítico - real.		
¿Cuánto es el tirante hidráulico por cambio de rugosidad en canal Huajaqui, Anta, ¿Cusco 2021?	Calcular el tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco 2021	El tirante hidráulico por cambios de rugosidad en el canal Huajaqui, Anta, Cusco, es crítico					

Anexo 2: Operacionalización de variables

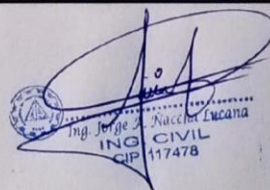
Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable 1 Cambios de rugosidad	Los cambios de rugosidad del recubrimiento se refieren al estado de la superficie. "La rugosidad de la superficie está representada por la forma y el tamaño de las partículas del material que forman el área humedecida y producen el efecto de bloqueo del flujo. (Villón Béjar, 2002)	Para los cambios de rugosidad, se determina usando la fórmula de Horton y Einstein, usando los datos recolectados del canal con el instrumento de medición de velocidades	D1 -Rugosidad por desgaste de superficie. D2 -Rugosidad por crecimiento de vegetación. D3 -Rugosidad por sedimentación de materiales.	I1 -Tamaño -Tipo -Comportamiento I2 -Tamaño -Tipo -Comportamiento I3 -Tamaño -Tipo -Comportamiento	intervalos 0.010-0.020
variable 2 Comportamiento del flujo hidráulico	El estado o comportamiento del flujo en un canal abierto está básicamente determinado por los efectos de la viscosidad y la gravedad sobre la fuerza inercial del flujo." (Mott, 2006)	El comportamiento de flujo hidráulico de los canales se determinará mediante el número de Froude. Se ejecuta usando ecuaciones para examinar el comportamiento del flujo en el canal.	D1 -Velocidad del flujo actual D2 -Tipo de flujo Va al 3 D3 -Tirante	I1 - Alta - Media - Baja I2 - Subcrítico - Crítico - Supercrítico I3 - Normal - crítico - real.	m/s  Intervalos  Intervalos

Anexo 3: Instrumento de investigación validación

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
PROYECTO : "Comportamiento hidráulico de flujos en canales de riego por cambios de rugosidad en zonas Altoandinas, Canal de Huajaqui, Anta, Cusco 2022"					
INFORMACION GENERAL					
UBICACIÓN		Huajaqui			
DISTRITO	Anta	ALTITUD	3424 msnm		
PROVINCIA	Cusco	LATITUD	13° 29' 05"		
REGION	Cusco	LONGITUD	72° 16' 07"		
I INFORMACION GENERAL					
Velocidad de flujo					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Alta	m/s	Media	m/s	Baja	m/s
II INFORMACION GENERAL					
Tipo de flujo					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Subcritico	Intervalo	Critico	Intervalo	Supercritico	Intervalo
III INFORMACION GENERAL					
Tirante					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Normal	m	Critico	m	Real	m
IV INFORMACION GENERAL					
Rugosidad por presencia de sedimentos					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Tamaño	mm	Tipo		Comportamiento	
IV INFORMACION GENERAL					
Rugosidad por desgaste de superficie					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Tamaño	mm	Tipo		Comportamiento	
IV INFORMACION GENERAL					
Rugosidad por presencia de vegetacion					
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und
Tamaño	m3	Tipo		Comportamiento	
PROFESION:	Ingeniero Civil				
NOMBRE:	Jorge Naccha Lucana				
REGISTRO CIP:	517478				
EMAIL:	jorgenaccha666@gmail.com				
TELEFONO:	972 40 7238				

EXPERTO  
A

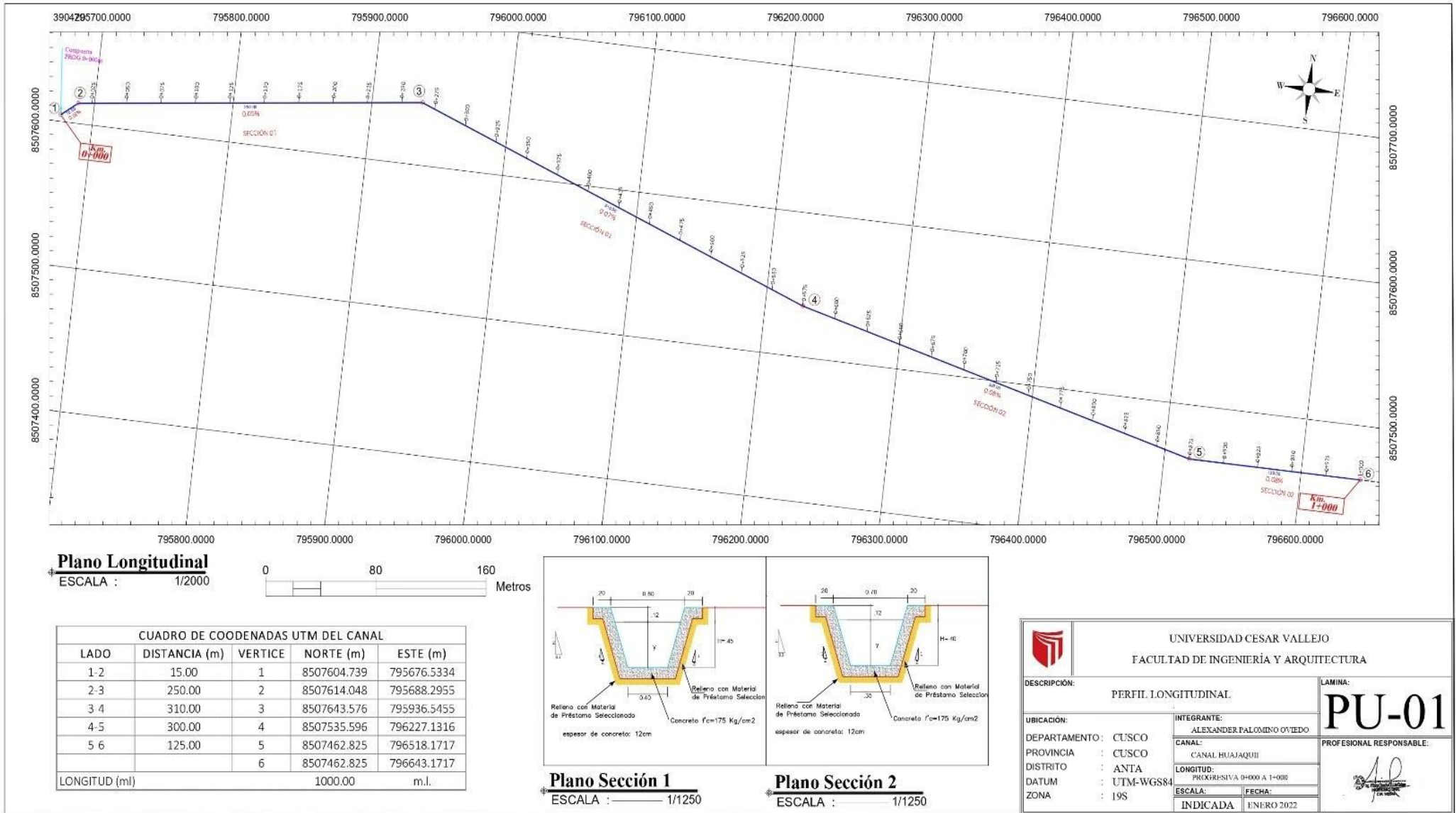
↓
↓
↓
↓
↓
○
○
○
0,66

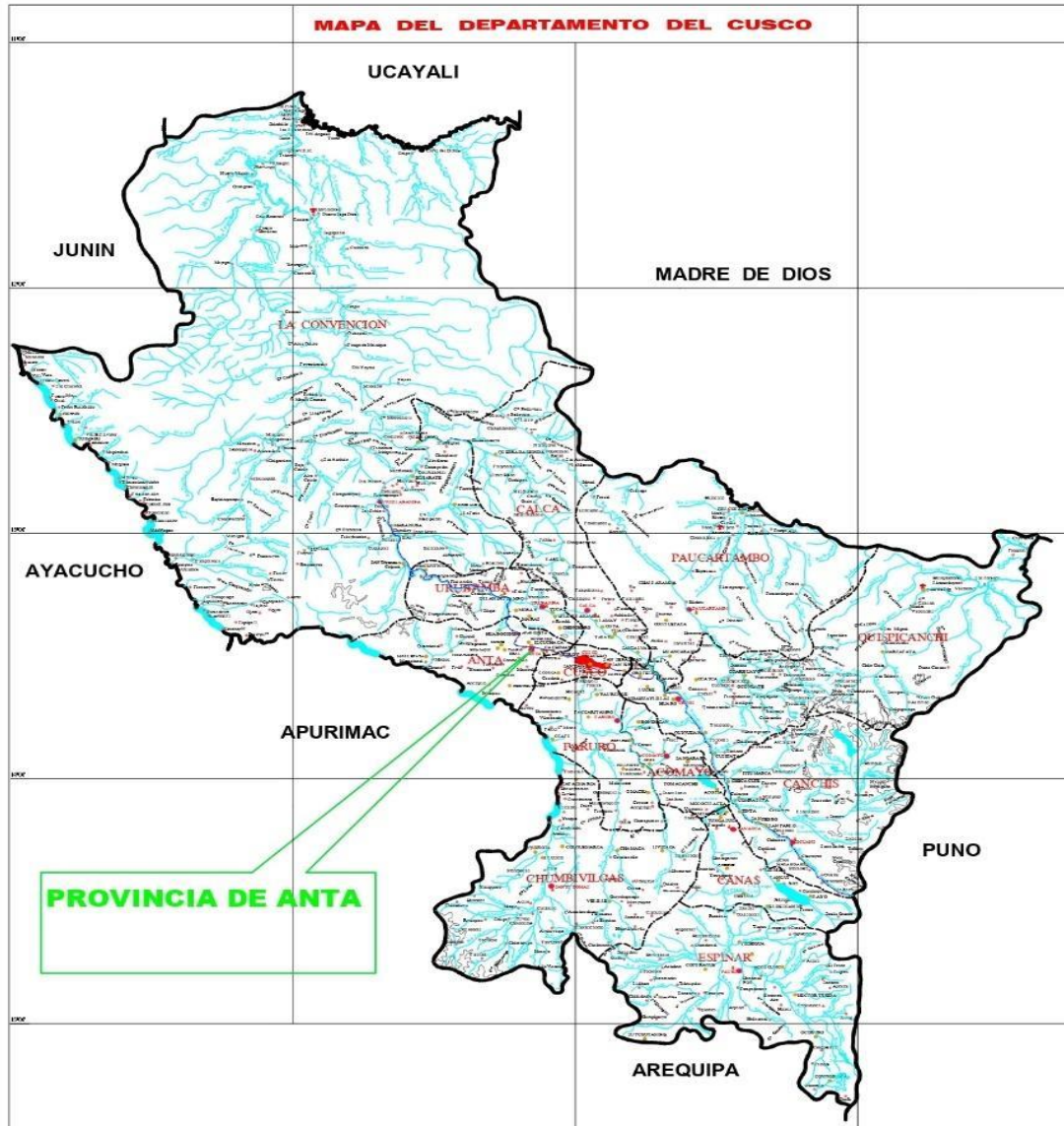
  
 Ing. Jorge Naccha Lucana  
 ING CIVIL  
 CIP 117478





7.Anexo 05: Planos





 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		<b>PU-01</b>
DESCRIPCIÓN: UBICACIÓN DEL PROYECTO		
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CUSCO DISTRITO: ANTA DATUM: UTM-WGS84 ZONA: 19S	INGENIERO: ALEXANDER PALOMINO OVIEDO CANAL: CANAL HUATAQUI LONGITUD: PROYECTIVA 6-000 A 1-000 ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2022	PROFESIONAL RESPONSABLE: 



Aneo 06: Panel Fotográfico



En la figura se presenta el canal con desgaste de superficie



En la figura se presenta el canal con sedimentos y desgaste de materia



En la figura se presenta el canal con presencia de algas y vegetación



En la figura se aprecia la entrada del canal con desgaste de superficie

## Anexo 8: Permiso para el estudio



Los Olivos, 3 de enero del 2022

### CARTA N°558-2022/EP-ING-CIV-UCV

Señor  
**WILIAM, LOAIZA RAMOS**  
Alcalde Distrital  
Anta - Cusco

De mi consideración:

Por medio de la presente, es grato dirigirme a usted a fin de saludarlo muy cordialmente y a la vez presentar al estudiante PALOMINO OVIEDO, ALEXANDER con código de matrícula N°7002737865 quien en el 2021- II se encuentra en la etapa de desarrollo de la tesis en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, asimismo, nuestro estudiante requiere Visualizaciones en los tramos del canal de regadío, mediciones, cotejos, toma de fotografías, tomad de datos en campo en el caudal hidráulico. Para continuar con el desarrollo de la TESIS titulada: "COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE FLUJOS EN CANALES DE RIEGO POR CAMBIOS DE RUGOSIDAD EN ZONAS ALTOANDINAS, CANAL DE HUAJAQUI, ANTA, CUSCO 2022".

Agradezco anticipadamente su gentil atención y su apoyo a favor del dicho estudiante.

En tal sentido, si fuera posible de remitirle la información al correo electrónico [ppalominoov@ucvvirtual.edu.pe](mailto:ppalominoov@ucvvirtual.edu.pe)

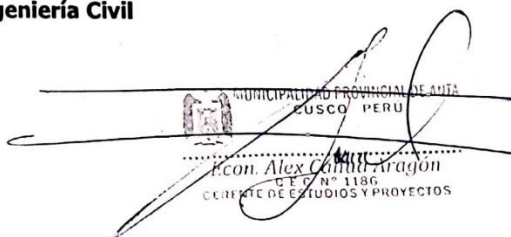
Segura de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Cordialmente,



**Mg. Doris Lina Huamán Baldeón**  
Coordinadora  
EP de Ingeniería Civil

Sheila



Anexo 03: Certificado de calibración de instrumentos



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0143-2021

**OTORGADO A :** IRAE J&L S.A.C.

**DATOS GENERALES**

<b>EQUIPO :</b>	<b>ESTACIÓN TOTAL</b>	<b>MARCA :</b>	<b>TOPCON</b>
<b>MODELO :</b>	<b>GM-52</b>	<b>N° SERIE :</b>	<b>1YD09589</b>
<b>FECHA DE EMISIÓN :</b>	<b>20/07/2021</b>	<b>FECHA DE VENCIMIENTO :</b>	<b>19/01/2022</b>

TOPOEQUIPOS T&T SRL CERTIFICA QUE EL EQUIPO ARRIBA DESCRITO, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO Y CALIBRADO, SEGÚN LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES ISO 17123 Y DIN 18723.

**EQUIPO DE CALIBRACIÓN UTILIZADA**

EQUIPO	MODELO
SET DE COLIMADORES - SOUTH	NSC-1

LA CALIBRACIÓN Y PRUEBAS REALIZADAS A LA ESTACIÓN TOTAL, ARROJARON UNA PRECISIÓN DENTRO DE SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

**PRECISIÓN ANGULAR:**

DESCRIPCIÓN	VALOR DEL PATRÓN	ERROR	PRECISIÓN
LIMBO HORIZONTAL	90° 00' 00"	0.7"	2"
LIMBO VERTICAL	00° 00' 00"	0.4"	2"

**PRECISIÓN DISTANCIÓMETRO:**

DESCRIPCIÓN	VALOR
PRISMA SIMPLE	± (1.5 + 2PPMXD) mm
DIANA REFLECTANTE	± (2 + 2PPMXD) mm
DIRECTO / SIN PRISMA	± (2 + 2PPMXD) mm

**COMPENSADOR Y NIVELES:**

DESCRIPCIÓN	VALOR
COMPENSADOR ELECTRÓNICO	1"
NIVEL TUBULAR	-
NIVEL CIRCULAR	10/2 mm

**PLOMADA LASER U ÓPTICA**

DESCRIPCIÓN	VALOR
PLOMADA ÓPTICA	1 mm

APROBADO LA CONFORMIDAD DE LA CALIBRACIÓN, EL USUARIO SERÁ EL RESPONSABLE DEL ADECUADO CUIDADO, USO Y TRANSPORTE DEL EQUIPO. TOPOEQUIPOS T&T SRL NO SE RESPONSABILIZARÁ DE DAÑOS DESPUES DE LA CONFORMIDAD Y ENTREGA DEL EQUIPO.  
 SE EXPIDE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA, PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE.

**TOPOEQUIPOS T&T S.R.L.**  
[www.topoequiposperu.com](http://www.topoequiposperu.com)  
  
**Diego Murillo Romero**  
 Jefe Servicio Técnico

Servicio Técnico 

**TOPCON - LEICA - SOUTH - PARROT - JAVAD - DJI - GARMIN - SOKKIA**

TOPOEQUIPOS T&T S.R.L. Av. Aramburú N° 920 Of 202 San Isidro - Lima - Perú - Telf: (511) 421 6165 / 222 6062 / 2226102  
 E-Mail: [gginto@topoequipos.com](mailto:gginto@topoequipos.com) / [epinto@topoequipos.com](mailto:epinto@topoequipos.com) / [peru@topoequipos.com](mailto:peru@topoequipos.com) Cel: 992724084 / 992722730  
[www.topoequiposperu.com](http://www.topoequiposperu.com) - [topoequiposperuoficial](http://topoequiposperuoficial)

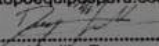


**TOPOEQUIPOS**  
Nos reinventamos en el Perú.

### COMPROBACION DE CALIBRACION

SERIES	CIRCULO	LIMBO		ERROR	
		HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL
I	DIRECTO	0° 00' 00"	90° 00' 08"	00.0"	00.0"
	INVERSO	180° 00' 00"	269° 59' 52"		
II	DIRECTO	15° 15' 15"	90° 00' 08"	-01.0"	00.5"
	INVERSO	195° 15' 13"	269° 59' 53"		
III	DIRECTO	30° 30' 30"	90° 00' 09"	00.0"	01.0"
	INVERSO	210° 30' 30"	269° 59' 53"		
IV	DIRECTO	45° 45' 45"	90° 00' 09"	01.5"	01.0"
	INVERSO	225° 45' 48"	269° 59' 53"		
V	DIRECTO	60° 05' 05"	90° 00' 09"	-00.5"	00.5"
	INVERSO	240° 05' 04"	269° 59' 52"		
VI	DIRECTO	75° 20' 20"	90° 00' 09"	00.0"	00.0"
	INVERSO	255° 20' 20"	269° 59' 51"		
VII	DIRECTO	90° 35' 35"	90° 00' 09"	00.5"	00.5"
	INVERSO	270° 35' 36"	269° 59' 52"		
VIII	DIRECTO	105° 50' 50"	90° 00' 08"	00.0"	00.0"
	INVERSO	285° 50' 50"	269° 59' 52"		
PROMEDIO DE ERROR DE LECTURA				00.1"	00.4"
DESVIACION ESTANDAR DE LECTURA				01.5"	00.8"

TOPOEQUIPOS T & T S.R.L.  
www.topoequiposperu.com

  
Diego Murillo Romero  
Jefe Servicio Técnico

# Anexo 07: Turnitin

feedback studio | ALEXANDER PALOMINO OVIEDO | DPH-PALOMINO.docx

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Comportamiento hidráulico de Flujos en Canales de Riego por Cambios de Rugosidad en zonas Altoandinas, Canal de Huajaqui, Anta, Cusco 2022"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**  
PALOMINO OVIEDO, Alexander (<https://orcid.org/0000-0003-2296-2086>)

**Resumen de coincidencias**

**16 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

**16**

**Coincidencias**

1	repositorio.ucv.edu.pe	6 %	>
	Fuente de Internet		
2	Entregado a Universid...	2 %	>
	Trabajo del estudiante		
3	hdl.handle.net	1 %	>
	Fuente de Internet		
4	Entregado a Universid...	1 %	>
	Trabajo del estudiante		
5	repositorio.upac.edu.pe	<1 %	>
	Fuente de Internet		
6	repositorio.uancv.edu...	<1 %	>
	Fuente de Internet		
7	issuu.com	<1 %	>
	Fuente de Internet		

Página: 1 de 84 | Número de palabras: 14201 | Versión solo texto del informe | Alta resolución | Activado