

**UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL PARA  
CONTROLAR LA EROSIÓN HÍDRICA AL FINAL  
DEL CANAL DE IRRIGACIÓN DEL ANEXO DE  
PUQUIO – PROVINCIA HUAYTARA, REGIÓN  
HUANCAVELICA, 2021.**

**TESIS**

Tesis para obtener el título profesional de **Ingeniero Civil**, que presenta el  
bachiller

**Melchor Amadeo NAVARRO MALDONADO**

ASESOR: Dr. JOSE LUIS LEÓN UNTIVEROS

Ing. RAUL CURASMA RAMOS

Huancayo, Junio de 2021

UPeCEN

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la universidad y convertirme en un profesional.

A los profesores de nuestra digna Universidad que me apoyaron en toda mi carrera profesional

A mis asesores por su constancia en el desarrollo de esta investigación

A mis amigos por compartir momentos gratos e inolvidables

# ÍNDICE GENERAL

<i>Dictamen de declaratoria de expedito</i>	<i>ii</i>
<i>Acta de sustentación del jurado Examinador</i>	<i>iii</i>
<i>Certificado de la comisión de ética</i>	<i>iv</i>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b>	<b>4</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1 Problema General</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Problema Específico</b>	<b>7</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA</b>	<b>7</b>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA</b>	<b>7</b>
<b>1.5 OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b>1.5.1 Objetivo General</b>	<b>7</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos</b>	<b>8</b>
<b>1.6 HIPÓTESIS</b>	<b>8</b>
<b>1.6.1 Hipótesis general</b>	<b>8</b>
<b>1.6.2 Hipótesis Específicas</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
<b>2.1 MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1 Antecedentes internacionales</b>	<b>10</b>
<b>2.2.2 Antecedentes Nacionales</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3 Antecedentes locales</b>	<b>18</b>
<b>2.3 BASES TEÓRICAS</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1 Diseño hidráulico de canales</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Erosión</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3 Canal</b>	<b>27</b>
<b>2.3.4 Salto Hidráulico</b>	<b>30</b>

2.3.5	Diseño de estructura Hidráulica	32
2.3.6.	Hidrología	43
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>46</b>
	<b>METODOLOGÍA</b>	46
3.1.	TIPO, NIVEL DE INVESTIGACIÓN Y DISEÑO	46
3.2.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	47
3.3	TAMAÑO DE MUESTRA	47
3.4.	DESARROLLO DE TEMA Y/O TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>51</b>
	<b>DESARROLLO DEL TEMA</b>	51
4.1.	ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	51
	Fuente: <i>Estación meteorológica de Huaytará.</i>	53
4.1.1	Estudio topográfico	56
4.1.2.	Estudio de Erosión	58
4.1.3	Estudio hidráulico del caudal	59
4.1.4.	Calculo estructural de muro de transición	66
4.2.	DISEÑO FINAL DE LA TRANSICIÓN	77
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>78</b>
	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	78
5.1.	Análisis interpretación y discusión de resultados	78
5.1.1.	Análisis e interpretación	78
5.1.2.	Interpretación y discusión de resultados	79
5.2.	Prueba de hipótesis	80
5.2.1	Hipótesis General	80
5.2.2	Hipótesis Específicas	81
5.3.	Presentación de Resultados	83
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>84</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>86</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXO</b>	<b>0</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	4
Ubicación de canal de irrigación	4
<b>Figura 2</b>	22
Representación del borde libre	22
<b>Figura 3</b>	24
Etapas de la Erosión	24
<b>Figura 4</b>	29
Flujo de canal abierto	29
<b>Figura 5</b>	31
Tipos de flujos en canales abiertos	31
<b>Figura 6</b>	31
Salto Hidráulico	31
<b>Figura 7</b>	32
Relación entre F1 y F2, en canal regular	32
<b>Figura 8</b>	32
Vista isométrica de una transición en un canal	32
<b>Figura 9</b>	33
Vista en planta de una transición	33
<b>Figura 10</b>	35
Planta y perfil longitudinal de una transición alabeada	35
<b>Figura 11</b>	40
Coefficientes de pérdida de energía	40
<b>Figura 12</b>	41
Medición de caudal	41
<b>Figura 13</b>	52
Mapa de ubicación del departamento de Huancavelica	52
<b>Figura 14</b>	52
Ubicación del Distrito de San Francisco de Sangayaico	52
<b>Figura 15</b>	55
Ubicación del canal de riego en el Anexo de Puquio	55
<b>Figura 16</b>	56
Mapa de accesibilidad del proyecto	56
<b>Figura 17</b>	57

Mapa del canal de irrigación	57
<b>Figura 18</b>	57
Gráfica del final del canal de irrigación	57
<b>Figura 19</b>	59
Regiones hidráulicas según FAO	59
<b>Figura 20</b>	59
Erosión hídrica	59
<b>Figura 21</b>	59
Perú: Niveles de Erosión, 1996	59
<b>Figura 22</b>	641
Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular captación del canal	641
<b>Figura 23</b>	652
Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular al final del canal	62
<b>Figura 24</b>	654
Cálculo de transición de entrada alabeada	64
<b>Figura 25</b>	655
Preparación de vertedero de pared delgada	65
<b>Figura 26</b>	77
Diseño de mezcla	77
<b>Figura 27</b>	78
Diseño de transición	78

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	46
<i>Caudal aforado caudal de canal Puquio</i>	46
<b>Cuadro 2</b>	48
Caudal al final del canal de irrigación Puquio, Huaytará, Huancavelica	48
<b>Cuadro 3</b>	50
Caudal tomado en época de avenida al final del canal	50
<b>Cuadro 4</b>	50
Caudal tomado en época de estiaje al final del canal	50
<b>Cuadro 5</b>	51
Técnicas de recolección de datos	51
<b>Cuadro 6</b>	53
Promedio de las principales variables climatológica	53
<b>Cuadro 7</b>	54
Coordenadas UTM	54
<b>Cuadro 8</b>	55
Acceso a proyecto	55
<b>Cuadro 9</b>	61
<i>Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular captación del canal</i>	61
<b>Cuadro 10</b>	61
Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular al final del canal	61
<b>Cuadro 11</b>	62
“Cálculo de transición de entrada alabeada HC”	62
<b>Cuadro 12.</b> Base de Datos	66
<b>Cuadro 13.</b> Calculo de Datos	66
<b>Cuadro 14.</b> Dimensionamiento de acero compresión y tracción A	71
<b>Cuadro 15.</b> Dimensionamiento de acero compresión y tracción B	71
<b>Cuadro 16.</b> Dimensionamiento de fierro corrugado en talón	72
<b>Cuadro 17.</b> Dimensionamiento de fierro corrugado en talón	73
<b>Cuadro18.</b> Dimensionamiento de fierro corrugado en la pantalla A	75
<b>Cuadro19.</b> Dimensionamiento de fierro corrugado en la pantalla B	75
<b>Cuadro 20</b>	80
Caudal máximo y mínimo	80

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, desarrollar el diseño hidráulico y estructural para controlar la erosión hídrica al final del canal de irrigación del Anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

El trabajo académico es una investigación aplicada de un nivel descriptivo con diseño no experimental, la muestra fue el aforo del caudal al final del canal de irrigación del Anexo de puquio, siendo 91.29 l/s. Se obtuvo los siguientes resultados: para estructura del diseño, se verificó el deslizamiento y volteo:  $FSD=Hr/Ha=f*N/Ha=1.317>1.30$  y  $FSV=Mr/Ma=3.502>2.00$ , siendo ambos conformes; el corte y tracción por presión en la punta; siendo  $Vactuante<Vadmisible=0.13<5.96$  siendo conforme; así mismo, se verificó las presiones en el terreno, obteniendo  $0.05<0.08$ , cumpliendo la condición de  $e<B/6$ ; siendo conforme,  $M_{max. act.}=(q_1xM^2/2)+((q_{max}-q_1)xM^2/3)=0.01$  Tn-m, Cálculo de cortante y momento flector en el talón con  $Vactuante<Vadmisible=0.16<5.96$  siendo conforme; cálculo de la fuerza cortante y momento flector en la pantalla  $Vactuante< Vadmisible=0.14<5.96$  siendo conforme; diseño de acero en la punta  $Mr>Mact$ ,  $1.46>0.01$  no requiriendo acero de compresión, diseño de acero en el talón  $Mr> Mact$ ,  $1.46>0.03$  no requiriendo acero en compresión, diseño de acero en la pantalla  $Mr>Mact$ ,  $1.49>0.06$  no requiriendo acero en compresión. En el diseño hidráulico para controlar la erosión se calculó la dimensión de transición, obteniendo base=0.4m; L=1.0m; tirante  $Y_2=0.58m$  y  $Y_1=0.22m$ ; resalto hidráulico  $A=5m^2$  L=2.0m; longitud recta de transición de L=0.8m y un ángulo de  $12.50^\circ$ ; a modo de conclusión: con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará Región Huancavelica, 2021.

**Palabras Claves:** Erosión, estructura, diseño, hidráulica, canal.

## ABSTRACT

The objective of this research is to develop the hydraulic and structural design to control water erosion at the end of the irrigation canal of the Puquio Annex, Huaytará Province, Huancavelica Region, 2021.

The study is a descriptive applied study with a non-experimental design, the sample was constituted by the flow at the end of the irrigation canal of the Puquio Annex, being 91.29 l/s. The following results were obtained: for design structure, sliding and overturning were verified:  $FSD = Hr/Ha = f \cdot N/Ha = 1.317 > 1.30$  and  $FSV = Mr/Ma = 3.502 > 2.00$ , being both compliant; the cut and traction by pressure at the tip; being  $Vactuante < V_{admissible} = 0.13 < 5.96$  being compliant likewise the pressures in the ground were verified, obtaining  $0.05 < 0.08$  fulfilling the condition of  $e < B/6$ ; being compliant,  $M_{max. act.} = (q_1 \times M^2/2) + ((q_{max} - q_1) \times M^2/3) = 0.01 \text{ Tn-m}$ , Calculation of shear and bending moment at the heel with  $Vactuante < V_{admissible} = 0.16 < 5.96$  being compliant; calculation of shear force and bending moment at the screen  $Vactuante < V_{admissible} = 0.14 < 5.96$  being compliant; steel design at the toe  $Mr > M_{act}$ ,  $1.46 > 0.01$  not requiring steel in compression, steel design at heel  $Mr > M_{act}$ ,  $1.46 > 0.03$  not requiring steel in compression, steel design at screen  $Mr > M_{act}$ ,  $1.49 > 0.06$  not requiring steel in compression. In the hydraulic design to control erosion, the transition dimension was calculated, obtaining base=0.4m; L=1.0m; tie rod Y2=0.58m and Y1=0.22m; hydraulic shoulder A=5m<sup>2</sup> L=2.0m; straight length of transition of L=0.8m and an angle of 12.50°; in conclusion: with the hydraulic and structural design, water erosion is controlled at the end of the irrigation canal of the Puquio Annex, Huaytará Province, Huancavelica Region, 2021.

Key words: erosion, structure, design, hydraulics, canal.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Esta tesis trata del diseño hidráulico y estructural para controlar la erosión hídrica al final del canal de irrigación del Anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021. La finalidad de este diseño es suministrar agua de riego a los agricultores y ganaderos de la zona, de manera que el agua que llegue al final del canal no erosione el suelo. Esta estructura hidráulica se diseñó para evitar la erosión hidráulica al final del canal de Irrigación que se da cuando la velocidad aumenta más de lo recomendado; en pocas palabras, ¿por qué ocurre una erosión?, por falta de control de velocidad. Cuando la erosión hidráulica y estructural no son condicionadas surgen cárcavas y hoyos profundos verticales y horizontales de forma progresiva. La técnica más usada para el riego en la agricultura mundial, con 95% de aplicación y entre 10 a 50% de eficiencia, es el riego superficial. Mientras que el riego por surco es otro método empleado para cultivos en hileras y huertos de fruta (MATAS, 1995).

La agricultura en la actualidad es una de las actividades económicas más importantes para ciertas localidades, por lo que se inicia la construcción de represas y en menor escala los canales de riego, debido a que el caudal no llega en mayor volumen a los terrenos de cultivos e impide que los agricultores puedan cultivar sus productos, es necesario construir más canales de irrigación con los

que también se pueda evitar las filtraciones a los terrenos al final del canal de irrigación, donde el agua en ocasiones forman puquiales canales, derrumbes que perjudican los terrenos agrícolas donde finaliza el canal.

La presentación de esta tesis de investigación está organizada por capítulos. El primer capítulo expone el planteamiento del estudio con la estructura de problemas y objetivos. En el segundo capítulo se presenta el marco teórico o soporte teórico y también las hipótesis. En el tercer capítulo se encuentra estructurada la metodología de la investigación. El cuarto capítulo redacta la ejecución del trabajo de investigación y cálculos para el diseño. En el quinto capítulo se realiza el análisis y discusión de resultados. Seguidamente se mencionan las conclusiones, recomendaciones y anexos.

Como resultado se encontró una transición divergente recta de sección rectangular de 0,4 m a 0,1 m, con una profundidad de 0,58 m y velocidad de entrada de la transición de 0,2 m/s, y la velocidad de salida 0.0m/s.

## **1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Las estructuras hidráulicas constituyen la clave para la operación de todos los sistemas. Estas pueden ser: presas, defensas fluviales, bocatomas, desarenadores, canales, disipadores de energía, aliviaderos, caídas, canoas etc. Siendo el éxito o fracaso de los proyectos hidráulicos la manipulación de la base de datos obtenida en el lugar o campo de acción, la cual determinará el correcto funcionamiento de sus estructuras. por estar en contacto con el agua se denominan hidráulicas. De no realizar de manera óptima los datos geoespaciales e hidráulicos, se corre el riesgo de falla estructural y generación de subsecuentes problemas.

Según el Ministerio de Agricultura y Riego, los estudios hídricos en el Perú no tienen un plan o mejoramiento para la reducción de la degradación por erosión de los suelos agrarios, esto conlleva a problemas de nivel económico y social porque se pierden suelos productivos.

El problema detectado en el ámbito de la ingeniería civil en su aporte a los diseños hidráulicos y estructurales, es que los canales no toman en cuenta el tramo final del canal, esta parte es la que provoca la erosión hídrica, genera cárcavas y gradualmente aparecen hoyos profundos verticales y horizontales perjudicando la actividad productiva, por ello el objetivo de la investigación es elaborar un diseño y estructura hidráulica al final de canal de Irrigación para controlar la erosión y mantener al suelo fértil.

En el Anexo de puquio Provincia de Huaytará Región Huancavelica, el problema surge cuando el canal vierte las aguas excedentes o no consumidas en riego sobre los terrenos ubicados al final del canal de irrigación; lo que causa una relevante erosión en los suelos próximos y una erosión por arrastre en su entorno, por ellos se debería de proponer un diseño hidráulico y Estructural de transmisión y variador de fondo para que la velocidad de agua sea mínima y no cause la mencionada la erosión

## **Figura 1**

*Ubicación de canal de irrigación*



Fuente: Tomado de Google Maps

Para solucionar este problema se propone diseñar una estructura de transición y variador de fondo, para que la velocidad de agua sea mínima y no cause la mencionada erosión hidráulica, la solución de estos inconvenientes sería que los proyectistas al realizar un proyecto de canal de irrigación en zonas alto andinas de la sierra tomarían en cuenta al final del canal abierto se considere la estructura mencionada, u otras alternativas.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Problema General

¿Cómo deberá ser el diseño hidráulico y estructural para controlar la erosión al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará Región Huancavelica, 2021?

### **1.2.2 Problema Específico**

¿Cómo determinar el diseño hidráulico para controlar la erosión al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica, ¿2021?

¿Cómo calcular la estructura para controlar la erosión al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica, ¿2021?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La importancia de un diseño hidráulico y estructural en la etapa final de riego en el ámbito de la ingeniería civil, es que conlleva a un estudio completo de la ingeniería con sus componentes como es la ingeniería agrícola, ambiental, agroindustrial etc.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La importancia en el ámbito agroambiental, es que al reducir la velocidad de la erosión del suelo con el diseño propuesto permanece la productividad del suelo fértil y se evitaría el acarreamiento de rocas, evitándose un posible huaico o avalancha de lodos; por lo que, un diseño hidráulico será capaz de disminuir la velocidad de fluido al mínimo y se evitará la erosión

### **1.5 OBJETIVOS**

#### **1.5.1 Objetivo General**

- Diseñar la hidráulica y estructura para controlar la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica 2021

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el diseño hidráulico para controlar la erosión al final del canal de Irrigación del Anexo Puquio Huaytará, Huancavelica 2021.
- Calcular la estructura para controlar la erosión al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica 2021.

## **1.6 HIPÓTESIS**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión al final del canal de Irrigación del Anexo Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica 2021.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

- El diseño hidráulico y estructura controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del Anexo de Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica 2021.
- La estructura hidráulica controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación Anexo Puquio Provincia Huaytará, Región Huancavelica 2021.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

Yuste M. (2015) la Ingeniería Civil se centra en diversos temas que coadyuven a solucionar problemas que enfrenta el hombre, en su constante lucha por mantener su estatus de Homo Sapiens; es por eso que, una de sus ramas, la Hidráulica, se centra específicamente en resolver los problemas como el traslado de agua del punto A al B, realizando estimación de valores extremos (necesarios para el diseño de obras hidráulicas) y la simulación y pronóstico de variables hidrológicas, las cuales son necesarias para la operación de sistemas hidráulicos, sistemas de embalses, riego, distribución urbana, etc. Siendo así, que los estudios de Ingeniería Civil e Hidrología se centran en su variabilidad temporal y el desarrollo de técnicas de mejora del control del agua. En la actualidad también deben llevarse a cabo adaptaciones y estudios que enfoquen el diseño de obras hidráulicas con perspectiva de prevención de efectos colaterales por dicha actividad; tal es la generación de erosión hídrica, conllevando a acontecimientos que

puedan generar cambios ambientales significativos en perjuicio de la flora, fauna.

## **2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1 Antecedentes internacionales**

(González, H, Henríquez, R. y Robles, E. 2010) en su estudio denominado Análisis comparativo de normas de diseño hidráulico y metodología de aplicación en urbanizaciones; tuvo como objetivo de ofrecer un apoyo y ampliar los conocimientos a estudiantes y profesionales interesados en el campo de diseño de sistemas hidráulicos en urbanizaciones, en cuanto a valores de parámetros de diseño y metodología a desarrollar empleando la metodología de diseño para transporte de agua, aplicada a un ejemplo modelo, haciendo uso de un software (EPANET), para facilitar el diseño, así mismo se puede hacer uso de una hoja de cálculo (H-Canales), para facilitar el diseño, arribando a las siguiente conclusión: El uso de hojas de cálculo y software, que ayuden a obtener los datos necesarios para el diseño, son necesarios para agilizar el proceso de cálculo y diseño del sistema que se requiera diseñar.

García (2016), en su trabajo “Hidráulica de canales Principios básicos” que tiene como fin aportar en la formación académica del campo de la ingeniería hidráulica, aquí los fundamentos físico-matemáticos que dan origen a las ecuaciones que representan el flujo en canales son analizados. La investigación se respalda con la aplicación de las leyes fundamentales de la física de Newton, acerca de un volumen de control inmerso en el centro de un fluido con una superficie libre; con una de sus fronteras

expuesta a la presión atmosférica. Se toma la conservación y el balance de una propiedad intensiva en un sistema de coordenadas naturales para poder caracterizar el comportamiento del flujo.

Bajo esta premisa de referencia, el estudio surge de la obtención de las ecuaciones generales de conservación de masa y de cantidad de movimiento para un flujo tridimensional y seguidamente, aludiendo a una serie de hipótesis simplificadoras, se sucede a la derivación de las mismas para el flujo unidimensional aplicable a canales. Durante el proceso del desarrollo analítico que dirige a la deducción de las ecuaciones unidimensionales, incluso en su forma integral como diferencial, se recopilan y discrepan un conjunto de respuestas y conclusiones de interés, como una expresión general para contabilizar la presión hidrostática en un flujo con una trayectoria que describe una curva en el espacio tridimensional de un observador ubicado en un sistema fijo de coordenadas; la conversión algebraica para conseguir las ecuaciones de Euler tras atravesar de un sistema de coordenadas naturales a un sistema de coordenadas rectangulares. De igual manera se añade el efecto de la aceleración radial originada por el grado de curvatura que presenta la trayectoria del flujo en las ecuaciones unidimensionales; al reducir matemáticamente estas ecuaciones para su utilización en un flujo permanente espacialmente variado, se evidencia que resulta una ecuación única para las dos condiciones cuya diferencia está en el signo positivo o negativo del término que contabiliza el ingreso o extracción de masa cuando la ingreso o egreso de gasto se lleva a cabo perpendicularmente hacia la dirección del flujo.

Frente a interrupciones de las variables físicas que bajo ciertas condiciones se presentan dentro del flujo en canales, se discuten y presentan las versiones diferenciales conservativa y no conservativa de las ecuaciones fundamentales, como es el caso del salto hidráulico y la aparición de ondas cruzadas. Por efecto del desplazamiento de sus fronteras, un aumento y reducción de la región que lo incluye, particularmente es sobre el flujo superficial que destila temporalmente o intermitente y durante el cual se presenta. Para imitar correctamente esta situación se proyecta y adopta el concepto de malla adaptativa, que trata de adimensionalizar espacialmente las ecuaciones de Saint-Venant para reducir numéricamente la dimensión de la región de flujo superficial en una longitud unitaria en el espacio transformado adimensional, dentro de una región transformada que permanece constante, muy aparte del aumento o reducción espacial que con el tiempo padece la región real del flujo. A partir de que la escala adimensional aprueba proponer paradigmas de solución discreta sobre una malla con un número de nudos que permanece constante durante la ficción de una avenida, del riego intermitente u de otro fenómeno con fronteras que se mueven a través del tiempo. En pocas palabras, el enfoque que se presenta admite estudiar los principios básicos del flujo en canales de forma convergente. Cuando se trabaja coordenadas naturales y se añade el concepto de conservación de una propiedad intensiva dentro de un volumen de control, se simplifica la deducción de las ecuaciones que describen los distintos fenómenos físicos que se dan en la práctica relacionada con la hidráulica de canales, como flujo transitorio, flujo espacialmente variado, flujo gradualmente variado, salto hidráulico, flujo en

régimen crítico, flujo con curvatura, flujo en transiciones y el flujo uniforme, entre otros.

### **2.2.2 Antecedentes Nacionales**

(García, A. 2018) La presente tesis titulada “Diseño Hidráulico y Estructural de Obras de Protección frente a Erosión e Inundaciones del río Balsayacu en el Centro Poblado de Balsayacu, Distrito de Campanilla, Provincia de Mariscal Cáceres – Región San Martín”, se realizó con el objetivo de obtener una alternativa de solución para los problemas sobre erosión e inundación del área urbana de la ribera del Centro Poblado de Balsayacu, para poder colaborar con la Municipalidad del Distrito de Campanilla en la creación del Perfil del Proyecto de Defensa Ribereña, cuya póstuma ejecución viabilizará alternativas de solución a los problemas. En primer lugar, se hizo la investigación documental para recaudar los pasos y fórmulas estratégicas para el diseñar estas obras. Seguidamente, se realiza en campo la recaudación de datos topográficos, sobre mecánica de suelos y de sucesos históricos de las máximas avenidas, complementando con el procesamiento en gabinete. Seguidamente, se han especificado las características de la cuenca hidrográfica del río Balsayacu, como el perímetro, el área, factor de forma, índice de compacidad, longitud del cauce, tiempo de concentración, y densidad de drenaje. A continuación, se hace el estudio hidrológico de máximas avenidas, basándose en la información pluviométrica de la estación CO Campanilla proporcionada por el SENAMHI, con el Método de Número de Curva N, donde obtienen el caudal de diseño. Luego, se ha determinado los parámetros de hidráulica fluvial, como la pendiente media del cauce, el ancho estable del cauce,

velocidad del agua, la rugosidad del cauce, tirante de máxima avenida, y profundidad de socavación. Al final, se lleva a cabo el diseño hidráulico y estructural de espigones y dique de tierra, que abarca la localización en planta y la configuración geométrica de las estructuras como también la verificación de estabilidad al vuelco, al deslizamiento y al punzonamiento respectivamente. En los resultados se proyecta 15 espigones deflectores de flujo de corta longitud para dar solución al problema de erosión del cauce y un dique de tierra de dos tramos que hacen un total de 846 m, fuera del cauce, paralelo y adyacente a la ribera derecha del río y solucionar el problema de inundación.

(Espir Nureña, 2015). En el trabajo se identifican y analizan los fenómenos hidráulicos en el primer tramo del canal "Chaquin"- Valle Virú, por su Arquitectura Hidráulica. Es sobre el canal lateral de segundo orden que origina del "Canal madre" del proyecto CHAVIMOCHIC, sirve un área de riego de 4,866.86 Ha. Los fenómenos hidráulicos son efectos del cambio de sección, pendiente y trazo, lo que se quiere al estudiar este canal, es identificar a que están relacionados estos fenómenos que presenta dicho canal. Se realizó una evaluación in situ donde se confirmó que existen fenómenos Hidráulicas actuando sobre el flujo del canal obligando a reducir el caudal que pasa por el mismo, lo que afecta a los usuarios directos quienes no podían captar el agua suficiente para sus actividades de riego de sus campos de cultivo, impactando negativamente al desarrollo socioeconómico de la zona. Se realizó también una verificación del diseño usando un software HCanales y Criterios de diseño U.S. Bureau of Reclamation (USBR), con el objetivo de contrastar los datos y obtener las

fallas a evaluar. Se Desarrolló una Simulación Hidráulica utilizando otro Software River Analysis System (HEC-RAS), para obtener más a detalle los parámetros que actúan sobre el canal, ya que este programa es más preciso al analizar canales y siendo una simulación nos permite observar el desarrollo de las obras hidráulicas en conjunto. Después de procesar los datos de proyecto, obtenidos en la zona después de una ardua jornada de gabinete se pudo comparar y analizar los resultados, obteniendo que los fenómenos hidráulicos sí están ligados directamente a la arquitectura hidráulica. Se verificó que el diseño del canal se hizo bajo ciertos criterios y correctamente, criterios que se basan en fórmulas empíricas para un análisis bidimensional y se analizó por partes a las estructuras que hacen parte de la arquitectura del mismo; Se asume así, que los diseños individuales de una obra hidráulica deben ser analizadas en conjunto, y no uno por uno, ya que así se puede analizar con mayor precisión el funcionamiento de la arquitectura como un sistema integrado en sí. De igual forma es importante resaltar que es fundamental para el desarrollo la experiencia profesional. Se sugieren tres soluciones hidráulicas por su importancia, que deben ser evaluadas para poder recuperar el canal y conducir los  $3.8 \text{ m}^3/\text{s}$  considerado en su diseño inicial.

(Calderón Mendoza, 2014). Esta investigación se realizó con el objetivo de sentar las bases que se requieren para la elaboración de sistemas de control y su implementación en los canales de riego más icónicos del Perú. Se parte de la problemática actual, los recursos hídricos están siendo cada vez más insuficientes y en el futuro los cambios climáticos convertirán al Perú en uno de los países más afectados de Latinoamérica, lo que

provocará un estrés hídrico duradero. Esto hace que sea necesario el empleo de técnicas adecuadas para una distribución eficaz del agua conforme a las demandas establecidas por los regantes. Dados los datos, se propone una solución desde el punto de vista de la Ingeniería de Control y Automatización; con la realización de un controlador neuro-difuso con predictor de Smith (NDPS), desde un modelo obtenido a través de técnicas de identificación de sistemas, partiendo de un tramo del canal principal “Imperial de Aragón”, ubicado en la confederación hidrográfica del río Ebro en España. Dicho planteamiento podría luego prolongarse gracias a su adecuación a otras estructuras hidráulicas como por ejemplo a la primera etapa del Proyecto Chavimochic en la Región la Libertad – Perú. Primero, se realizó el estado del arte, la descripción de los canales principales de riego, sus partes, elementos empleados en la regulación de flujo de agua y de los sistemas de control de la distribución de agua en canales principales de riego, a nivel internacional y el ámbito nacional se aborda la problemática actual que asume el Perú respecto a infraestructuras hidráulicas óptimas y el déficit de sistemas de medición y control de la distribución de agua. Segundo, se obtuvo un modelo matemático que explica el comportamiento dinámico de un tramo de canal de riego. Para ello se consideraron varias estructuras de modelos de caja negra y validación para la determinación del mejor modelo. Al final se realiza la transformación del modelo obtenido en tiempo discreto a tiempo continuo. En el tercer capítulo se diseña un controlador neuro-difuso con predictor de Smith para el control de la apertura de la compuerta equivalente aguas arriba de un tramo de un canal principal de riego. Diseño para el que se

estableció un modelo discreto en espacio-estado equivalente y en base a las variables de estado establecidas la determinación de un rango de variabilidad para la formación de una serie de reglas. Luego, reglas se aplican dentro de una estructura neuro difusa. Y para compensar el retardo de tiempo presente en la dinámica de la planta, con realimentación proporcionada por las salidas estimadas de un filtro de Kalman, incorporación de un predictor de Smith. Al final se hace una comparación del controlador NDPS con un PI con predictor de Smith y se evalúan los comportamientos. Y en el último capítulo la propuesta de implementación práctica del controlador elaborado con la selección de instrumentos para medir las variables de nivel y posición, un sistema de monitoreo y la selección de un controlador local.

(Castillo, 2014). La presente tesis titulada “Análisis y elaboración de propuesta para mejorar la implementación exitosa del Programa Psi – Sierra en la junta de usuarios de agua Cusco”, pretende contribuir al logro exitoso de los objetivos del Programa PSI Sierra en la junta de usuarios del Cusco, pues como es sabido, la aplicación de gestión del proyecto, son variables esenciales, críticas, estratégicas y tácticas hacia los resultados de las inversiones en los proyectos privados como públicos. El programa Sub sectorial de Irrigaciones Sierra denominado PSI-Sierra del Gobierno Central que se viene ejecutando actualmente en 09 regiones de la Sierra del Perú, beneficiando de Agua para riego a 12 Juntas de Usuarios. En el 2010 el Gobierno Peruano aprobó el endeudamiento externo con el Banco internacional de Reconstrucción y Fomento–BIRF, para financiar al programa, siendo la Unidad Ejecutora el PSI. Como se pudo comprobar,

existen elementos comunes en el problema de riego que afrontan los agricultores como un proyecto como el PSI Sierra puede contribuir, en la sierra peruana se presentan casos debido a diversos factores ambientales y sociales. En resumen, el problema central es la ineficiente organización para el manejo del riego que se manifiesta en la desigual distribución del agua entre los usuarios, en la inadecuada utilización del recurso y en la falta de mantenimiento del sistema. Ello implica que se requiera la utilización de técnicas adecuadas para una distribución eficiente del agua de acuerdo a las demandas establecidas por los regantes, lo que se busca al analizar este canal, es determinar a que están ligados estos fenómenos que presenta dicho canal. Se realizó una evaluación in situ en la cual se corroboró que efectivamente existen fenómenos Hidráulicas actuando sobre el flujo del canal obligando a disminuir el caudal que transita por el mismo, lo que perjudica a los usuarios directos quienes no pueden captar el agua suficiente para el riego de sus campos de cultivo, afectando de esta manera directamente al desarrollo socioeconómico de la zona. Como se ha podido comprobar hay elementos comunes en la problemática de riego que enfrentan todos los agricultores y que un proyecto como el PSI Sierra trata de resolver, en la sierra peruana existe una compleja diversidad de casos debido a factores ambientales y sociales muy variados.

### **2.2.3 Antecedentes locales**

(Alanya E. 2017). En su tesis titulada “Sistema de Prevención y Control de Erosión en la Ribera del Río San Fernando Tramo Chayhuamayo – Shucusma, Huancayo - Junín”, es una investigación cuyo tipo es aplicada,

con un nivel descriptivo – explicativo, es un diseño no experimental se trabaja con una población de 600 metros de ribera del río San Fernando.

El trabajo pretende dar respuesta a: ¿Qué tipo de sistema de prevención y control de erosión se debe de emplear para evitar el deterioro de las riberas del río San Fernando en el tramo Chayhuamayo – Shucusma, Huancayo – Junín? Y tiene como objetivo general determinar el tipo de sistema de prevención y control de erosión apto a emplear ante el deterioro de las riberas del río. La hipótesis que se propone es: la interposición de un elemento estructural de muros de gaviones entre la orilla y la corriente de agua previene y controla considerablemente la debilitación de las riberas del río. Finalmente, como conclusión principal presentan; El sistema de interposición de una estructura de muro de gaviones previene y controla la erosión de taludes en la ribera del río San Fernando, el caudal máximo  $10.13\text{m}^3/\text{s}$  por el método de medición in-situ en épocas de máximas avenidas, los datos mecánicos de los suelos identificados, es material de grava mal graduada GP-GC, cuya cohesión es de  $0.40\text{Tn}/\text{m}^2$  y su ángulo de fricción es de  $27.9^\circ$ , la velocidad y esfuerzo cortante del río cuando esta queda desbordada por el margen derecho es  $2.59\text{m}/\text{s}$  y un esfuerzo cortante máximo de  $80.27\text{N}/\text{m}^2$ .

## **2.3 BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1 Diseño hidráulico de canales**

En el diseño hidráulico de canales se realiza el dimensionamiento y la forma geométrica del canal en relación al caudal que transporta, conforme a la demanda de agua que necesita el sistema de riego. El diseño involucra la

ingeniería de trazo: pendiente de fondo, alineamiento, secciones transversales y la forma y dimensiones de la sección del canal, su revestimiento y la determinación de las características hidráulicas como, por ejemplo, la velocidad y el tirante que permiten establecer el régimen del flujo de agua en el canal. El diseño hidráulico prioriza el cálculo del tirante normal, que es el que corresponde para cada descarga de un canal con pendiente de fondo, sección, sección transversal y rugosidad de paredes establecidas.

Fases de diseño hidráulico de canales:

**a. Estudios Preliminares:**

Esta fase del proyecto, depende de cada caso; en algunos, consiste en un reconocimiento de los recursos, otros unen información que ha sido obtenida con antelación, y en otros casos, debe producirse la información apta para los fines del proyecto. Es en esta fase que se compatibilizan objetivos e intereses de los involucrados, se define el alcance de los proyectos y el marco dentro del cual deberían tomarse las decisiones inherentes al proyecto. (Ven Te , 2008)

**b. Estudios de Factibilidad:**

Esta fase resulta de alto contenido técnico, aquí, se deja libertad a la imaginación y la creatividad, para inventar alternativas que satisfagan los objetivos del proyecto si la fase previa lo garantiza, en los estudios de factibilidad. Cada alternativa imaginada debe estudiarse minuciosamente, para que se pueda efectuar su evaluación en términos de desempeño, costo, calidad y otros. Posteriormente las alternativas evaluadas son comparadas para la elección de la mejor. Los resultados deben presentarse

clara y coherentemente a las instancias de toma de decisiones, de donde deben salir las soluciones respecto a:

Una propuesta específica puede ser seleccionada para cumplir con el objetivo deseado mediante el proyecto.

Algunos estudios sobre alternativa(s) son necesarios para poder llegar a una conclusión. (Ven Te , 2008)

**c. Diseño y Planificación:**

En esta parte, los interesados deben contar con disposición, recursos y las condiciones para llegar a la construcción y gestionar el proyecto. A continuación, se empieza con el proyecto de diseño detallado de las obras parte del proyecto, la descripción de las especificaciones técnicas relativas a su calidad, procesos de licitación y otros. La fase de planificación y diseño debe elaborar en el marco de una visión integral tanto de los problemas como necesidades a resolver. (Ven Te , 2008)

**Ingeniería del Proyecto**

Durante la fase de diseño, se debe tomar permanentemente en cuenta el futuro desempeño del diseño, de manera que los efectos de las obras que se toman en cuenta en el proyecto puedan ser pronosticados razonablemente. El buen desempeño de un sistema guarda relación con la calidad y funcionalidad de su infraestructura, así como con la rentabilidad en el uso de los recursos productivos.

**d. Geometría del canal:**

Un canal hidráulico puede tener varias formas (circulares, trapezoidales, rectangulares, etc). En esta situación el canal se clasifica como un canal artificial y es de nuestro interés la geometría rectangular, ya que de aquí se

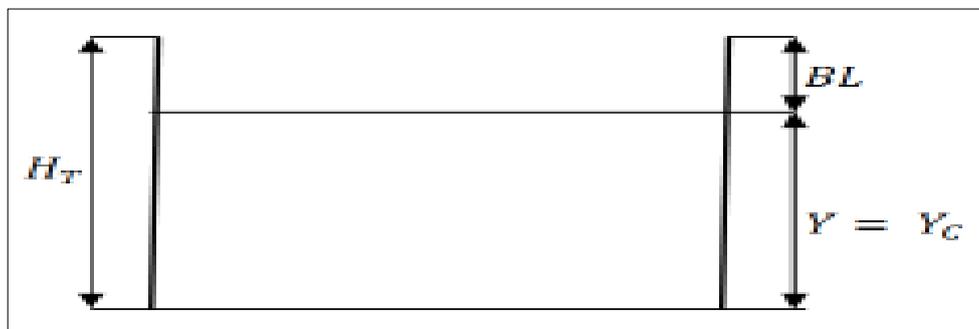
obtienen una serie de fórmulas que nos brindan información teórica e importante para desarrollar el diseño. (Ven Te , 2008)

**e. Diseño de borde libre:**

El borde libre es aquella distancia vertical que recorre partiendo de la parte superior del canal hasta llegar a la superficie del agua en la condición de diseño. La distancia debe de ser la adecuada para evitar que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua provoquen rebose sobre los lados. Es el cálculo del borde libre, gracias a que la acción de las ondas o fluctuaciones en la superficie del agua se puedan formar nueva y constantemente diversas causas incontrolables. En el diseño es común el uso de bordes libres que varían desde menos del 5% o más del 30% de la profundidad de flujo. El borde libre en un canal no revestido o lateral por lo general está gobernado por consideraciones de tamaño, caudal, fluctuaciones del nivel (si hay olas), la corriente del viento, el tipo de suelo, resaltos, etc.

Según Ven Te Chow, el borde libre varía de un 30 % arriba de la altura total del canal, como se muestra en la siguiente figura. (Ven Te , 2008)

**Figura 2**  
*Representación del borde libre*



Fuente: (Ven Te , 2008)

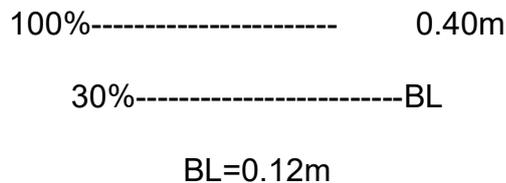
Donde:

[ H\_T= Altura total del Canal

BL=borde Libre

Y=Profundidad Hidráulica

De la figura anterior se puede deducir lo siguiente:



Entonces la profundidad del flujo en el canal será de:

$$HT=BL+Y \quad HT-BL= 0.40m-0.12m =0.28m$$

### 2.3.2 Erosión

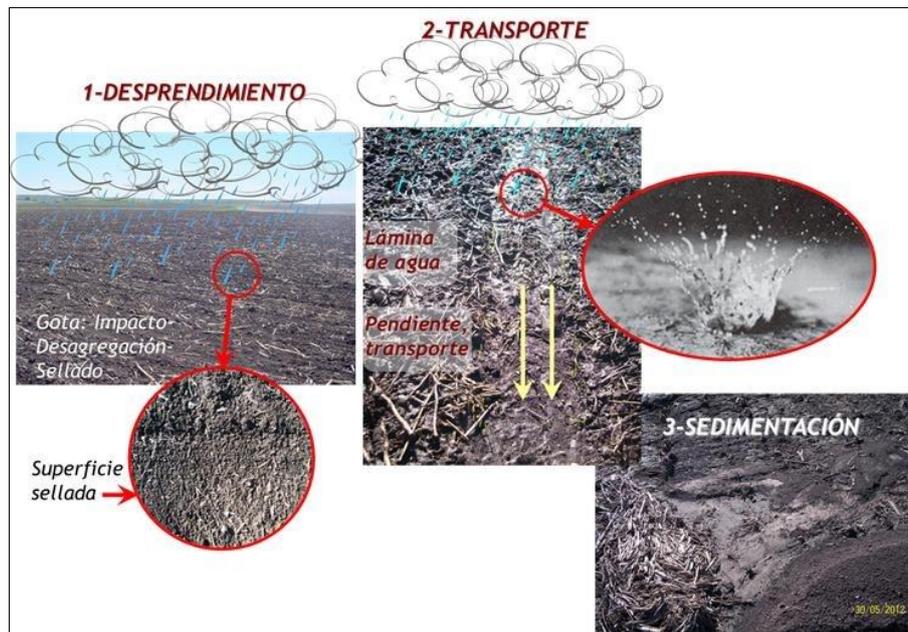
Según Pérez, García, Hill & Clerici (2010) La erosión de suelos puede ser definida como el movimiento de material del suelo de un lugar del paisaje a otro.

Para este proceso existe un agente que mueve el suelo y de la misma forma una resistencia del suelo a erosionarse. El agua y el viento pueden ser agentes erosivos.

Distinguen tres etapas:

1. Desprendimiento de partículas de suelo
2. Transporte de partículas del suelo con el agua de escurrimiento
3. Sedimentación, cuando el agua pierde la velocidad, las partículas del suelo se depositan en algún lugar del paisaje.

**Figura 3**  
*Etapas de la Erosión*



Fuente: Tomado de UNICEN

#### **a. Tipos de erosión**

- En lámina o mantiforme

Este tipo de erosión se da cuando las partículas son arrastradas en forma de láminas delgadas y uniformes. Es la más extendida de las erosiones hídricas y a su vez la más difícil de observar, pues se presenta en suelos con poco declive.

Conforme el proceso avanza, el descenso de los nutrientes es evidente en el cambio de coloración en los suelos hacia tonos más claros.

- Erosión por arroyamiento

Ocurre cuando el agua concentra su poder erosivo a través de un canal. En proporción a su energía cinética (Orton, 2018).

## **b. Erosión hídrica**

(Orton 2018) Erosión hídrica. Es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma. El agua es capaz de erosionar el sustrato por el que se discurre y su fuerza erosiva es proporcional a la aceleración que consigue en las pendientes. Provocando el desgaste de la superficie rocosa o parte del suelo provocada por el agua. En la naturaleza este es un fenómeno muy común que provoca la nivelación de las montañas y la formación de mesetas, llanuras, valles y deltas.

## **c. Clases de erosión hídrica**

- Erosión pluvial

La erosión pluvial hace referencia al efecto erosivo de la lluvia. Una gota de agua de lluvia es en promedio 1000 veces superior a una partícula de suelo. Como resultado, la fuerza durante el impacto de una única gota es suficiente para disipar partículas de suelo. En zonas áridas o semiáridas, donde la protección que brinda la cobertura vegetal es escasa, las pocas precipitaciones se traducen en una importante erosión.

Mientras el agua de la lluvia fluye en el suelo, se forman pequeños canales, produciendo la erosión en surcos si la pendiente ayuda. Las precipitaciones llenan los suelos de las laderas, haciendo que las capas superiores de tierra y roca se deslicen.

Ahora, si en zonas de suelo delgado suscitan constantes lluvias y estas son intensas, el agua no se absorbe del todo y fluye en torrentes capaces de causar estragos.

- Erosión fluvial

El fluir de aguas continentales, principalmente en forma de ríos, es un agente erosivo de gran magnitud. Este flujo desgasta todos los materiales a su alrededor; además, arrastran sedimentos en dirección a las partes más bajas del relieve.

La erosión fluvial puede devenir en terrazas, conos de deyección, cascadas, grutas, desfiladeros y cañones, entre otros accidentes geográficos (Orton 2018).

#### **d. Degradación de suelo por erosión**

La erosión es la pérdida físico-mecánica del suelo, con efectos en sus funciones y servicios de los ecosistemas, esto implica la reducción de la capacidad productiva de los mismos (al, 2001). Es un proceso natural, pero se califica como degradación cuando se hacen presentes actividades indebidas de la mano del hombre que lo aceleran, intensifican y magnifican. Bajo esta premisa, según el protocolo se define a la degradación de suelo por erosión, como la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que influye por parte del accionar del hombre, con consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” (IDEAM-UDCA, 2015).

Se clasifican dos tipos de erosión: la erosión hídrica y la erosión eólica. La primera se produce por la acción del agua ya sean lluvias, ríos y mares, en las zonas de ladera, cuando el suelo se encuentra sin cobertura vegetal. Siendo así, las gotas de lluvia o el riego y la fuerza gravitacional propia, forman zanjas o cárcavas y provocan desplazamiento o deslice de terreno. Por otra parte, la erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, producida de los mismos (al, 2001).

Y es el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo producido de los mismos lo que provoca la erosión eólica. (al, 2001).

### **2.3.3 Canal**

La estructura de un canal son conductos que traslada o circulan agua con la acción de la gravedad sin presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos arroyos) o artificiales (construidos por el hombre) dentro de estos últimos, pueden ser incluidos aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías). (Hidráulica de canales, 2008)

#### ***Reglamento***

La Resolución Ministerial N° 0658-2009-AG, concordante con la Cuarta Disposición Complementaria Final del Reglamento de la Ley N° 29338, aprobado por el Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el Ministerio de Agricultura - hoy Ministerio de Agricultura y Riego – diseña, formula y aprueba políticas y normas para el desarrollo y sostenibilidad de los servicios de distribución de agua para uso agrario, así como, para la operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje

La Dirección General de Infraestructura Hidráulica del Ministerio de Agricultura y Riego, brindará asistencia técnica a los Gobiernos Regionales para que las Direcciones o Gerencias Regionales Agrarias, supervisen la distribución del agua para riego derivadas del requerimiento efectuado para los Planes de Cultivo y Riego.

Definición

Según Rojas Rubio (2013). Este autor precisa que un canal abierto es un conducto por el cual el líquido fluye con una superficie sometida a la presión atmosférica. Este flujo surge por la pendiente del canal y de la superficie del líquido. La solución exacta de los problemas de flujo es difícil y depende de datos experimentales que deben cumplir una amplia gama de condiciones.

Así mismo se entiende que es una estructura hidráulica para controlar el flujo y evitar la erosión hídrica en final de canal de riego abierto.

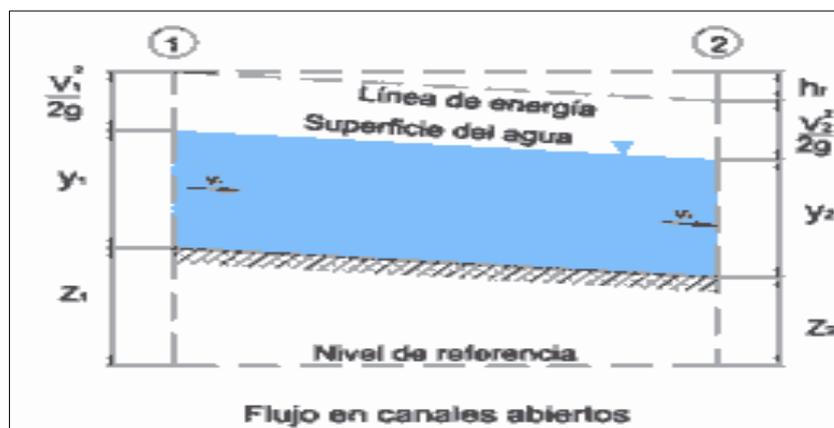
El canal hidráulico abierto tiene una superficie libre, en esta situación el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está a disposición de la presión atmosférica.

Las condiciones de flujo en canales abiertos se complican porque la posición de la superficie libre puede variar con el tiempo y con el espacio, y por el hecho de que la profundidad de flujo, caudal y las pendientes del fondo del canal de la superficie libre son interdependientes.

Así como se muestra en la figura:

**Figura 4**

*Flujo de canal abierto*



Fuente: (Rodríguez Ruiz , Agosto 2018)

La superficie en canales abiertos varía desde metales pulidos utilizados en canales de prueba, hasta lechos rugosos e irregulares en ríos con materiales como el concreto simple.

- Flujo permanente en canal abierto:

El flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad de flujo no varía o puede mostrarse constante a través del intervalo de tiempo en consideración.

- Flujo no permanente en canal abierto:

El flujo es no permanente si la profundidad de flujo varía con respecto al tiempo. Son casos comunes de flujo no permanente, cuando se estudian los fenómenos de creciente y oleadas, por ejemplo, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control.

- Flujo uniforme:

El flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad de flujo no varía en cada sección del canal. Este puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

- El flujo uniforme permanente:

Es el tipo de flujo que se considera elemental en la hidráulica de canales abiertos. Además, la profundidad de flujo no varía durante el intervalo de tiempo bajo consideración.

- El flujo uniforme no permanente:

Este flujo se determina cuando la superficie del agua fluctúa de un tiempo a otro, pero permaneciendo paralela al fondo del canal.

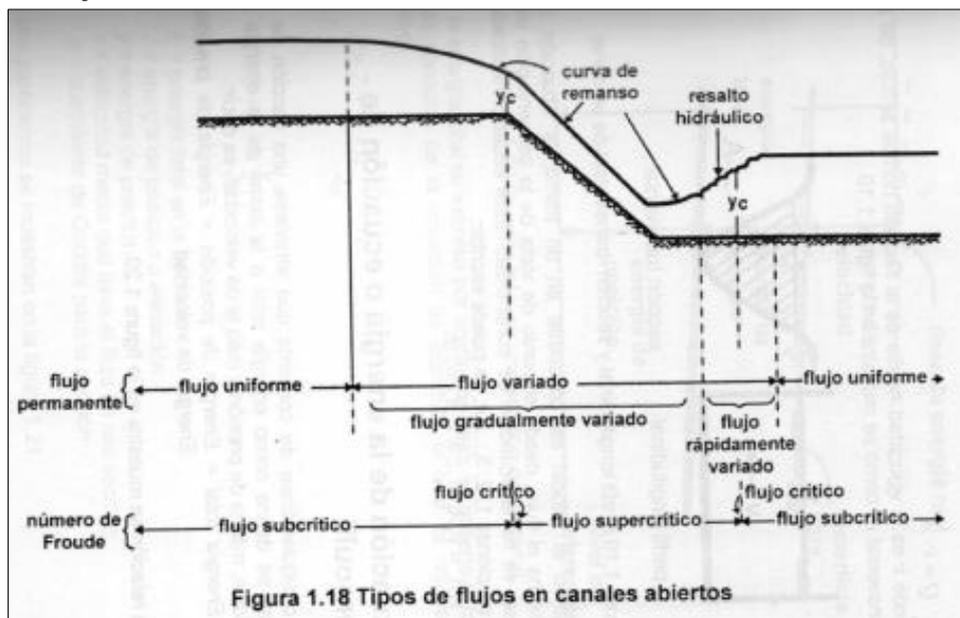
- Flujo variado:

Se denomina flujo variado si la profundidad de flujo suscita cambios a lo largo del canal. Este flujo puede ser clasificado también como: Flujo rápidamente variado o gradualmente variado: si es que la profundidad del agua varía abruptamente en distancias comparativamente cortas, sino de otro modo se comporta gradualmente variado.

F.G.V= flujo gradualmente variado. F.R.V= flujo rápidamente variado.

**Figura 5**

*Tipos de flujos en canales abiertos*

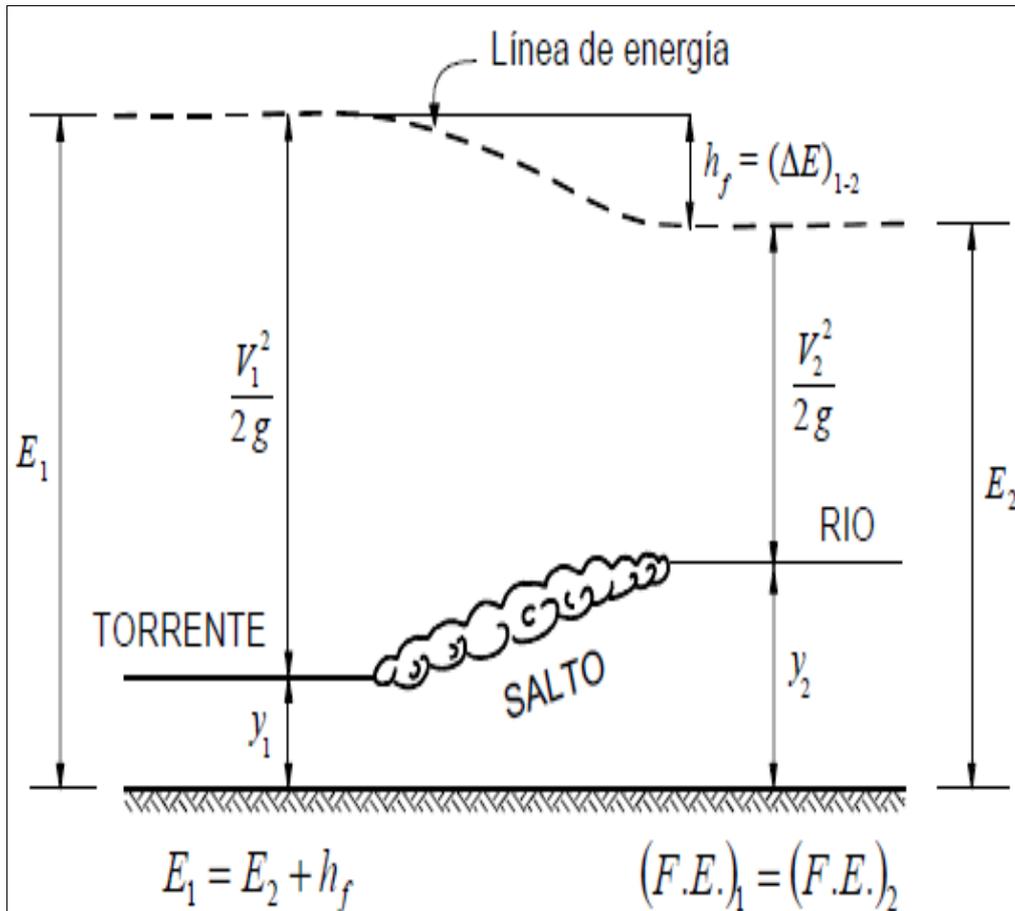


Fuente: Tomado de *Hidráulica de canales* (p.49), por M. Villón, 2007, Villón

### 2.3.4 Salto Hidráulico

El salto hidráulico, es aquel paso que se da violentamente de un régimen supercrítico a uno subcrítico con gran dispersión de energía. También es conocido como resalto. En seguida, se muestra en la figura.

**Figura 6**  
Salto Hidráulico



Fuente: (Rocha Felices, 2008)

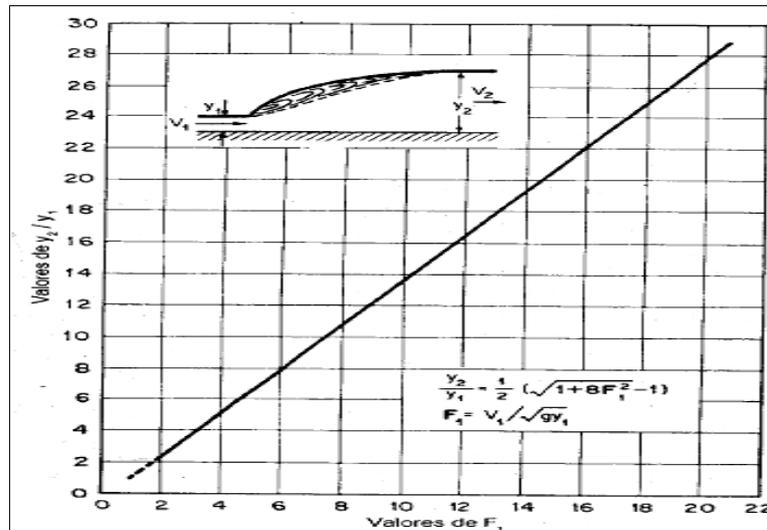
- Salto hidráulico en un canal rectangular:

Para flujo supercrítico en un canal rectangular horizontal, la energía del flujo se dispersa a mediante la resistencia de fricción a lo largo del canal, dando como resultado una reducción en la velocidad y un incremento en la profundidad en la dirección del flujo y aguas abajo completan la siguiente ecuación.

Esta ecuación puede representarse mediante la curva mostrada en la figura.

**Figura 7**

Relación entre  $F_1$  y  $F_2$ , en canal regular



Fuente: (Ven Te , 2008)

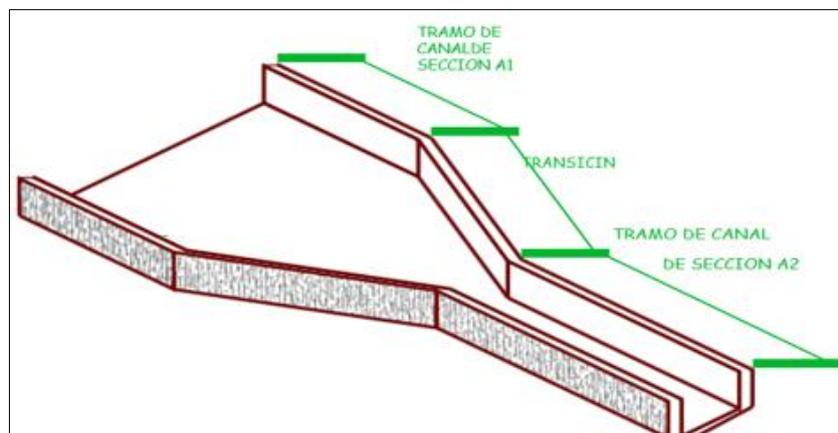
### 2.3.5 Diseño de estructura Hidráulica

#### a. Transición:

La Transición es una estructura utilizada para ir modificando gradualmente la sección transversal de un canal, al momento de que se tiene que unir dos tramos con distintas formas de sección transversal, pendiente o dirección.

**Figura 8**

Vista isométrica de una transición en un canal



Fuente: Tomado de *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (p.13), por M. Villón, 2005, Villón

El objetivo de la transición es evitar que el transcurso de una sección hacia la siguiente, de dimensiones y características distintas, suceda de un modo brusco, disminuyendo así las pérdidas de carga en el canal.

Las transiciones son diseñadas a la entrada y/o salida de distintas estructuras tales como: tomas, rápidas, caídas, desarenadores, puentes canales, alcantarillas, sifones invertidos, etc.

#### b. Diseño simplificado de transiciones (transiciones rectas)

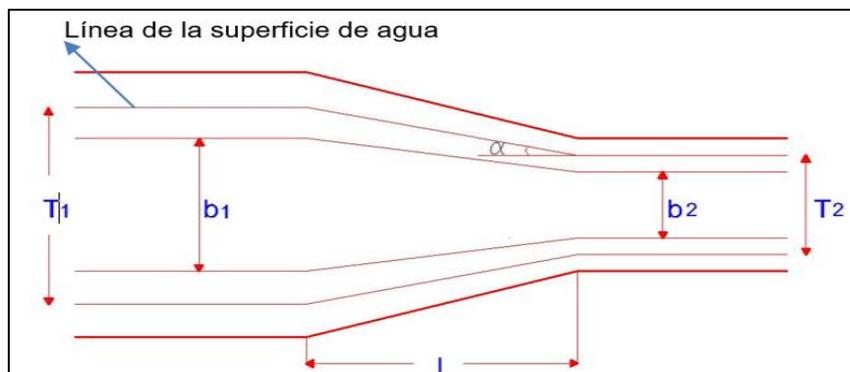
Se debe definir la longitud de la transición de modo que la pérdida en el paso entre dos tramos de características diferentes sean las mínimas posibles, para determinar el diseño de una transición recta.

En hidráulica y en el diseño de estructura hidráulicas gran parte de fórmulas que se han concretado son de resultados experimentales, las fórmulas que se exponen en esta sección y las que siguen son tipo: “la confianza que tendremos de su uso estriba en que se han aplicado con buenos resultados en el diseño de muchas estructuras hidráulicas”.

Cálculo de la longitud de la transición: En la figura, se observa un esquema en planta de una transición que junta dos tramos de diferentes formas de un canal.

**Figura 9**

*Vista en planta de una transición*



Fuente: Tomado de *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (p.15), por M. Villón, 2005, Villón

En la figura, los espejos de agua, b los anchos de solera y  $\alpha$ , el Ángulo de forma los espejos de agua, de esta figura se puede apreciar que se cumple que:

Del triángulo, la  $\text{tg}\alpha$ . Se puede expresar como:

$$\text{tg}\alpha = (T_1 - T_2) / 2L \quad \text{colocr centro}$$

Despejando L, se tiene:

$$L = (T_1 - T_2) / 2 \text{tg}\alpha = (T_1 - T_2) / 2 \text{ctg}\alpha \quad \dots(1.1)$$

Donde:

L = longitud de la transición, m

T1, T2 = espejo de agua, m

$\alpha$  = ángulo de forma los espejos de agua

De la ecuación (1.1), se aprecia que, si  $\alpha$  crece, entonces  $\text{tg}\alpha$  crece por lo que L decrece, mientras que, si  $\alpha$  decrece, el valor de L aumenta. Por temas económicos, es requerido definir una longitud L óptima que produzca pérdidas mínimas.

Conforme a las experiencias de Julián Hinds, y de acuerdo a Bereau of Reclamation, se halló que pasa  $\alpha = 12^\circ 30'$ , se obtienen pérdidas de carga mínimas en la transición, por lo que la longitud se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$L = (T_1 - T_2) / (2 \text{tg}12^\circ 30') = (T_1 - T_2) / 2 \text{ctg}12^\circ 30'$$

De acuerdo a las experiencias de la antigua Comisión Nacional de Irrigación de México, el Angulo  $\alpha$ , puede ser incrementado hasta  $22^\circ 30'$  sin

que el cambio de la transición sea brusco, por lo que se puede decir que el valor de L, es decir:

$$L = T_{(1-T_2)} / (2 \operatorname{tg} 22^\circ 30'') \quad T_{(1-T_2)} / 2 = \operatorname{ctg} 22^\circ 30' \quad \dots\dots(1.2)$$

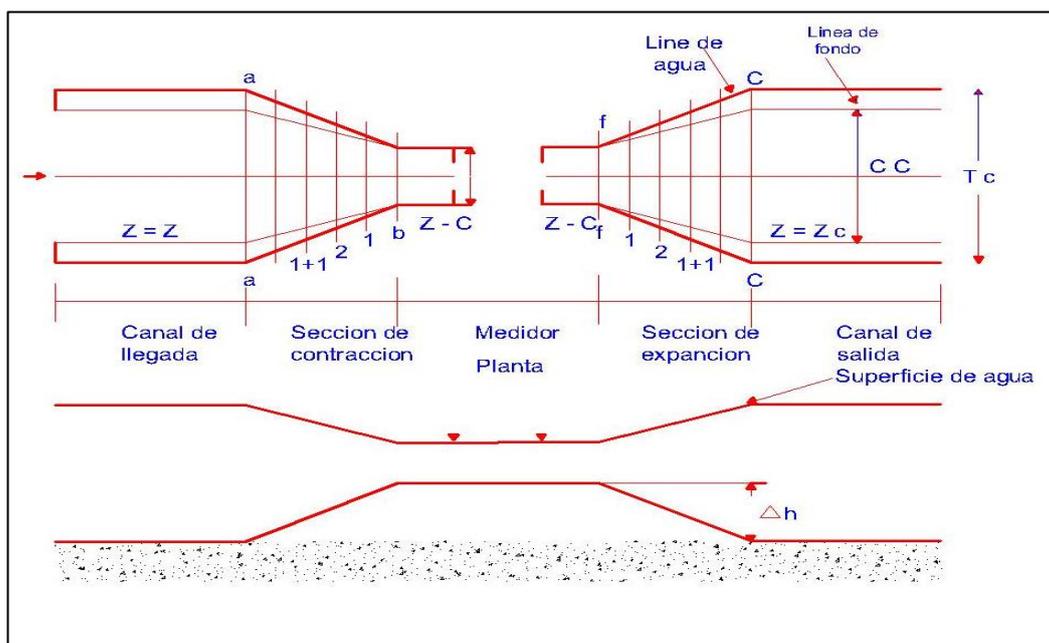
La ecuación (1.2) es la que se supone en forma práctica para determinar la longitud de la transición recta

**c. Transiciones:**

Transiciones alabeadas (método racional)

Diseño de transiciones para un régimen sub crítico. En la figura, se observa para proyección en planta y el perfil longitudinal de una transición alabeada, tanto de contracción como de exención, que junta una sección rectangular con una trapezoidal, la que representa uno del caso más general, donde se suscita un cambio de sección (ancho de solera y talud) y la cota de fondo.

**Figura 10**  
*Planta y perfil longitudinal de una transición alabeada*



Fuente: Tomado de *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (p.17), por M. Villón, 2005, Villón

De la figura, las líneas punteadas interpretan los cortes de la sección transversales, donde:

aa: interpreta la sección de inicio de la transición de contracción, viniendo de aguas arriba o de izquierda a derecha, es el final del canal de llegada

bb: interpreta la sección final de la transición de contracción, y es el inicio del canal intermedio

ff: interpreta la sección de inicio de la transición de expansión, y el final de canal intermedio

cc: interpreta la sección final de la transición de expansión y es el inicio del canal de salida

En el diseño de la transición se intenta llegar a un diseño adecuado, es decir que el perfil que tiene la estructura, obedezca al perfil hidrodinámico del flujo, de tal manera que cuando que el flujo entre en la transición, la napa no se desprende de las paredes, sino que vaya con ellas, tanto en planta como en corte longitudinal.

Existen diversos métodos obtenidos en el laboratorio en forma experimental, para el diseño de una transición, desarrollados bajo ciertas hipótesis, como:

- El método de Hinds
- El método de Mitra
- El método de Chaturvedi
- El método Racional

Las ecuaciones palteadas en la sección, pertenecen al método Racional, mismo que fue producto de varios trabajos realizados por distintos investigadores como Carde, Ranga, Raju, Mishra y Carnot, y otros.

La definición de la forma geométrica de la transición, por ejemplo, para el caso de una transición de expansión, se realiza con las siguientes ecuaciones:

Cálculo de la longitud de transición

$$L=4.7b+1.65Z_c Y_c$$

Donde:

$$b=b_c(b_f)/2$$

L = Longitud de la transición

Zc = Talud en el canal trapezoidal (canal de salida)

Yc = tirante en el canal de salida

bc = ancho de solera en el canal de salida (canal trapezoidal)

b<sub>f</sub> = ancho de solera en el canal intermedio (Canal rectangular)

Cálculo del ancho de fondo (solera) en cada sección

$$(b-b_f)/b_c(b_f) = x/L [1-(1-x/L)^{nb}] \quad \text{ó,}$$

$$b_c(1 - [(b_f/b_c) - (b_f/b_c) + (b_c(b_f)) x/(L) ] [1-(1-x/L)^{nb}] = b_c^{2n})$$

Donde:

b= ancho de solera a una diferencia x

b<sub>c</sub>= ancho de solera en el canal trapezoidal

b<sub>f</sub>= ancho de solera en el canal rectangular

x= distancia a la que se está calculando b, tomando como inicio la sección rectangular

L= longitud de la transición

$$nb= 0.8 - 0.26 Z_c^{1/2}$$

Z<sub>c</sub>= valor del talud en el canal trapezoidal

Cálculo del talud en cada sección

$$[ z=Z ]_c [ 1-(1-x/L)^{(1/2)} ]$$

Donde:

Z = talud a una distancia x

Z<sub>c</sub> = talud del canal de sección trapezoidal

X = distancia a la que se está calculando el talud Z, tomando como inicio la sección rectangular.

L = longitud de la transición

Calculando del desnivel de fondo en cada sección

$$\Delta h_i = \Delta h/L \cdot x$$

Donde:

$\Delta h_i$  = desnivel del fondo en cada sección

$\Delta h$  = desnivel total entre las dos secciones (rectangular y trapezoidal)

x = distancia a la que se encuentra la sección que se está

Calculando, tomando como inicio la sección rectangular

L = longitud de la sección

El desnivel entre dos secciones consecutivas i y i + 1 se calcula con la ecuación:

$$\Delta h_{(ij+1)} = \Delta h/L (x_{(i+1)} - x_i)$$

Donde:

$\Delta h_{j,i+1}$  = desnivel del fondo entre las secciones i y i + 1

$\Delta h$  = desnivel total entre las dos secciones (rectangular trapezoidal)

$x_i, x_{(i+1)}$  = distancia a la que se encuentra la sección  $i$  y  $i+1$ , Respectivamente

$L$  = longitud de la transición

Para el cálculo del tirante y la energía específica en cada sección de la transición alabeada, se aplica la ecuación de la energía, es decir:

$$E_1 = E_2 + hf_{(1-2)}$$

Donde:

$E_1, E_2$  = Energía total en las secciones 1 y 2, respectivamente

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

$H$  = carga de posición

$y$  = tirante, carga de presión

$\frac{V^2}{2g}$  = carga de velocidad

$hf_{(1-2)}$  = pérdida por cambio de dirección entre las secciones 1 y 2

De acuerdo a Hinds:

$$\Delta h_{(1-2)} = K \left( \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \right)$$

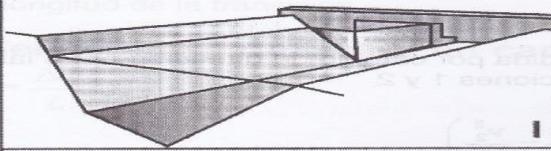
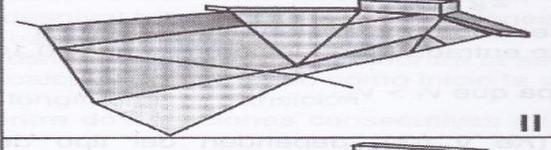
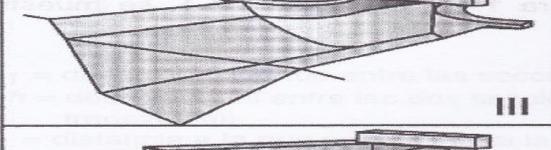
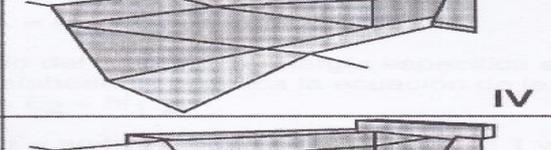
Para una transición de salida (expansión)  $K = K_e = 0.20$

Para una transición de entrada (contracción)  $k = K_s = 0.10$

Los valores de  $K$  ( $K_e$  y  $K_s$ ), dependen del tipo de transición diseñada, en la figura 1.4 y en la tabla 1.1, se encuentra en algunos valores de ellos.

**Figura 11**

*Coefficientes de pérdida de energía*

	Pérdida de entrada Factor $K_e$	Pérdida de salida Factor $K_s$
 <b>I</b>	0.50	1.00
 <b>II</b>	0.30	0.60
 <b>III</b>	0.25	0.50
 <b>IV</b>	0.20	0.40
 <b>V</b>	0.10	0.20

Fuente: Tomado de *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (p.22), por M. Villón, 2005, Villón

**a. Medición del caudal**

La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución. Dicha medición se realiza a través de medidores de flujo; los cuales, son dispositivos que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser cuantificado.

Para la medición del caudal, debemos de conceptualizar los términos; lo cual, podemos definir que es la cuantificación del caudal de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería; también se le conoce como aforo.

## **b. Método de medición de caudal**

Son los métodos a los que más se recurren. Para poder determinar el caudal se necesita medir el área de la sección transversal del flujo de agua junto con la velocidad media, para recién poder aplicar la fórmula.

Para la medición de caudales, es común también usar algunas estructuras especialmente construidas, conocidas como medidores o aforadores, donde sus diseños se respaldan en los principios hidráulicos de orificios, vertederos y secciones críticas.

Los métodos de aforo más utilizados son:

1. Velocidad y sección
2. Estructuras Hidráulicas
3. Método volumétrico
4. Método químico
5. Calibración de compuertas

Área hidráulica

Es el área de la sección transversal ocupada por el líquido dentro del conducto.

### **Figura 12**

*Medición de caudal*



Nota: En la figura se muestra al investigador tomando las medidas del caudal del canal de irrigación. Elaboración propia-foto recopilación de datos.

**c. Variación del fondo del canal**

Varían de acuerdo a las secciones de la estructura del canal. De acuerdo a la rugosidad pendiente caudal.

**d. Diseño de transición de entrada**

Transición, el flujo desde el canal aguas arriba de la estructura hacia el tramo inclinado. Debe proveer un control para impedir la aceleración del agua y la erosión en el canal. El control es logrado por la combinación de una retención, un vertedero o un control notch en la entrada. La entrada usada deberá ser simétrica con respecto al eje de la rápida, permitir el paso de la capacidad total del canal aguas arriba hacia la rápida con el tirante normal de aguas arriba, y donde sea requerido, permitir la evacuación de las aguas del canal cuando la operación de la rápida sea suspendida.

**e. Diseño de variación de fondo**

Varían de acuerdo al caudal que transporta el canal, las secciones en canales rectangulares.

**f. Diseño de transición de salida**

Es usada cuando es necesaria para conectar el flujo entre el dissipador de energía y el canal aguas abajo. Si es necesario proveer el tirante de aguas abajo (tailwater) al dissipador de energía, la superficie de agua en la salida debe ser controlada

**g. Sección de Canal**

Un canal puede tomar distintas formas desde trapezoidal hasta rectangular, esto, atravesando por formas poligonales, parabólicas, semicirculares y otras.

Los canales en zonas de montaña se construyen generalmente de formas trapezoidales y rectangulares, los primeros en suelos con menor estabilidad relativa y los segundos en suelos con mayor estabilidad relativa o en suelos rocosos.

#### **h. Pendiente constante**

Es aquel flujo que surge en un canal recto de sección y pendiente constante, con una distancia considerable de 20 a 30 veces la profundidad del agua en el canal, desde un punto singular; un punto donde hay una mudanza de sección transversal, así sea de forma o de rugosidad, un cambio de pendiente o una variación en el caudal. En el tramo estudiado, las funciones en mención toman la forma:

##### **→ Tirante constante**

Tirante constante en cualquier instante o lapso especificado, en caso contrario el flujo se considera como no permanente. El caso más común sucede en un canal cuyo gasto es constante en cualquier sección transversal de dicho canal y cómo casos prácticos tenemos los vertedores de canal lateral (Presas, Obras de Toma), cunetas en carreteras o bien canales para riego agrícola.

#### **2.3.6. Hidrología**

La fuente principal del recurso hídrico de la Provincia de Huaytará viene hacer el río Ica que forma la cuenca del mismo nombre, que cuenta con ríos tributarios, que irrigan parte de sus tierras, entre ellas las más importantes se tiene las micro cuencas de los ríos; Pilpichaca, Santo Domingo de Capillas, Tambo, San Francisco de Sangayaico, Santiago de Chocorvos, y Ayavi.

El Río Pilpichaca es de régimen de flujo permanente, es decir es alimentado por riachuelos, el caudal en las épocas de invierno incrementa debido a las precipitaciones constantes, los mayores registros ocurren durante los meses de enero-marzo y la época de estiaje ocurre en los meses de invierno (junio-agosto). (Huaytará, s.f.)

Cabe resaltar que los riachuelos de Puquio son uno de los tributarios del río Ica.

### Disponibilidad de Agua

La fuente principal del recurso hídrico viene hacer los riachuelos denominado “Toma puquio”, que tiene un caudal en épocas de precipitaciones de 0.3515 m<sup>3</sup>/s.

Actualmente las zonas de captación cuentan con una infraestructura de un dique de piedra en las captaciones y canales de concreto en ambas localidades en condiciones precarias. El Ministerio de Agricultura y Riego - Huancavelica, a través de la oficina de Administración Local del Agua (ALA) otorga al presente proyecto un caudal de 91.29 lt/s respectivamente, la Constancia de Disponibilidad del recurso hídrico otorgado por “ALA”, para el canal Puquio Huaytará, Huancavelica.

#### Cuadro 1

*Caudal aforado final de canal puquio*

FUENTE	Q=Aforado	COORDENAS UTM		ALTITUD
		N	E	Msnm
Puquio	91.29 l/s.	8475680.00	471944.00	3046.00

Fuente: elaboración propia

En general, el agua utilizada es apta para riego; así mismo, no existe riesgo de salinización y alcalinización de acuerdo a los resultados del análisis en el laboratorio.

De acuerdo al diagnóstico por los análisis de agua no habría ningún problema; sin embargo, la experiencia que se tiene es que en los meses de avenida incrementa el total de sólidos suspendidos TSD por lo que es primordial un mantenimiento permanente y el monitoreo de cualquier indicio de sedimentación en el sistema.

Para el análisis de la precipitación, se obtuvo el registro de precipitaciones medidas mensuales de la estación letrayoc, la más cercana a la zona del proyecto, misma que cuenta con una longitud de registro de 30 años (1962 al 1991) se completó con el método de los promedios simples en los meses de enero a marzo del año 1962 y enero a marzo del año 1969.

Asimismo, se realizó el análisis de frecuencia de precipitaciones medias mensuales ordenándolas de mayor a menor, utilizando la fórmula de probabilidad empírica de Weibull, lo que nos dio una serie al 75% de probabilidad de ocurrencia que es el valor más adecuado para el riego de los cultivos.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPO, NIVEL DE INVESTIGACIÓN Y DISEÑO

Según Luis Piscocoy L. 2005. clasifica la investigación científica en investigación aplicada, en este caso se trata de una investigación aplicada porque utilizara conocimiento científico de la ingeniería para dar respuesta a la pregunta de investigación; que constituye una solución técnica con soporte científico y dentro del ámbito de las ciencias físicas.

- **Tipo:** Es una investigación de tipo tecnológico o aplicada, porque utiliza el conocimiento científico para dar solución al problema de erosión al final del canal de irrigación.

- **Nivel:** Por la naturaleza de esta investigación y el planteamiento del problema el nivel es descriptivo cuyo objeto es diseño hídrico y estructural a través de sus características de estudio es al final del canal de irrigación para terreno agrícola del Anexo de Puquio, Distrito de San Francisco de Sangayaico Provincia de Huaytará, Región Huancavelica.

### **3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población de estudio se desarrolló al final del canal de irrigación del anexo de puquio, Huaytará, Región Huancavelica; es un estudio de caso único.

Características propias del lugar, F Hernández, C Fernández (2013).

La población de análisis cuantitativos se tomaron 10 muestras de caudales en época de avenida y 10 muestras en época de estiaje, tomados al final del canal puquio Huaytará Huancavelica 2021. Pues M. Villón (2000) en su libro *Hidráulica de canales*, señala que las mediciones propician la determinación de las cantidades de agua suministrada para calcular las pérdidas que se producen en la conducción y valiéndose del recorrido del canal para establecer la cantidad de muestras.

### **3.3 TAMAÑO DE MUESTRA**

Para el tamaño de muestra de la investigación se debe tener como punto de partida que el caudal del final del canal de irrigación puquio es 91.29 l/s, dato tomado a partir del aforo calculado.

**Cuadro 2***Caudal al final del canal de irrigación Puquio, Huaytará, Huancavelica*

N° LECTURA	TIEMPO	VOLUMEN
	(seg)	(litros)
1	11.00	91.29
2	8.00	91.10
3	12.00	91.30
4	9.00	91.14
Tiempo promedio (seg)		10
Volumen promedio (Its)		91.29
Q (lt/seg)	=	91.29
Caudal de Diseño	=	92.00 (lt/seg)

Fuente: *Elaboración propia*-aforo del caudal

Caudales en épocas de avenidas y épocas de estiajes son de 10 muestras:

**Cuadro 3***Caudal tomado en época de avenida al final del canal*

N°		Caudal (l/s)
Q1	=	102.00
Q2	=	102.50
Q3	=	102.20
Q4	=	102.10
Q5	=	102.32
Q6	=	102.25
Q7	=	102.40
Q8	=	102.45
Q9	=	102.15
Q10	=	102.18

Fuente: *Elaboración propia*

#### **Cuadro 4**

*Caudal tomado en época de estiaje al final del canal*

Caudal N°		Caudal l/s
Q1	=	91.29
Q2	=	91.00
Q3	=	91.50
Q4	=	91.40
Q5	=	91.30
Q6	=	90.90
Q7	=	91.10
Q8	=	90.98
Q9	=	91.30
Q10	=	91.32

Fuente: *Elaboración propia*

#### **●Selección de muestra**

La investigación es de muestra censal, quiere decir que la población de los 20 caudales tomados en el final de canal serán todas como muestra, por ser un caso de estudio único que tiene el propósito de diseñar un diseño hidráulico y estructural que logre controlar la erosión hídrica.

### **3.4. DESARROLLO DE TEMA Y/O TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la recolección de datos se tuvo que hacer un estudio en el mismo punto del final del canal puquio geográficamente se encuentra ubicado en las coordenadas siguientes como se indica en el cuadro: caso de estudio

único tiene el propósito de diseñar un diseño hidráulico y estructural que logre controlar la erosión hídrica.

### **Cuadro 5**

#### *Técnicas de recolección de datos*

Técnica	Instrumento	Actividad
Observación	Ficha de observación	Evaluación del terreno al final del canal
Registro	Ficha de registro	Toma de datos del campo
Hoja de calculo	Caudal	Medición de aforo de agua

Fuente: *Elaboración propia*

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **4.1. ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se desarrollará de acuerdo al diseño Hidráulico y estructural para controlar la erosión al final del canal de irrigación del anexo de puquio provincia Huaytará, Región Huancavelica, se realizó los siguientes esquemas.

1. Estudio topográfico
2. Estudio de erosión
3. Estudio Hidráulico del caudal en el canal
4. Calculo de diseño de muro de transición

#### **A. Ubicación política del proyecto**

- |              |                               |
|--------------|-------------------------------|
| a. región    | : Huancavelica                |
| b. Provincia | : Huaytará                    |
| c. Distrito  | : San francisco de Sangayaico |
| d. Anexo     | : Puquio                      |

#### **B. Ubicación geográfica Provincial**

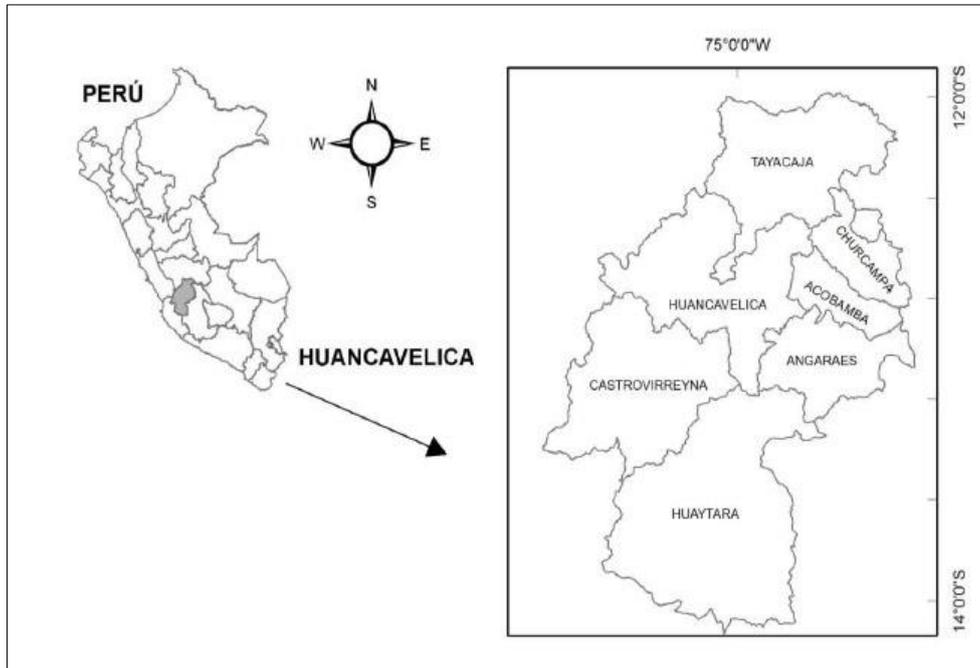
Coordenadas geográficas:

Latitud : 13°36'16"

Longitud : 75°21'11"  
Altitud : 2709 msnm

**Figura 13**

*Mapa de ubicación del departamento de Huancavelica*



Fuente: Tomado de *Catálogo de las gramíneas (Poaceae) de Huancavelica, Perú* por H. Gutiérrez y R. Castañeda, 2017 Scielo.org

**Figura 14**

*Ubicación del Distrito de San Francisco de Sangayaico*



Fuente: Tomado de *Huaytará, Huancavelica, Perú – Genealogía* por FamilySearch, 2019.

## Coordenadas UTM

Zona : 18L  
Este : 461833  
Sur : 8496001

### C. Clima.

El clima de la provincia de Huaytará es desértico, a lo largo del año característica casi sin lluvia, este clima es considerado BWK según clasificación climática de kooppen-Geinger.

En Huaytará la temperatura media anual es de 13.1 ° C.

La precipitación más baja es en mayo con un promedio de 0 mm 99mm, mientras la caída media en marzo. el mes que tiene mayores precipitaciones del año.

A una temperatura media de 14.7 ° C enero es el mes más caluroso del año. En el mes más frío del mes es de 10.4 ° C es el medio de julio.

### Cuadro 6

*Promedio de las principales variables climatológica*

Mes	Evaporación Tanque (mm)	V.Vto. (m/s)	HR (%)	Tmáx (°C)	Tmín (°C)
Ene	127.08	1.7	74	23.2	6.2
Feb	102.32	1.5	76	22.7	6.1
Mar	108.14	1.4	73	21.9	6.3
Abr	105.08	1.6	72	22.3	5.8
May	103.44	1.7	61	21.2	5.3
Jun	102.75	1.7	57	21.9	4.1
Jul	109.90	1.7	54	21.9	3.8
Ago	122.82	1.9	58	22.8	4.2
Sep	126.14	1.7	58	24.2	5.3
Oct	138.89	2.0	57	25.3	6.1
Nov	144.05	2.1	61	25.4	6.3
Dic	123.27	2.1	65	24.8	6.0
<b>Total</b>	<b>1413.87</b>				
<b>Consolidado</b>	<b>1995-2006</b>	<b>1995-2006</b>	<b>1993-2006</b>	<b>1993-2006</b>	<b>1993-2006</b>

Fuente: *Estación meteorológica de Huaytará.*

#### D. Actividades económicas predominantes:

Según la Municipalidad Distrital San Francisco de Sangayaico, su población genera sus ingresos a base de las siguientes actividades económicas:

- La Agricultura. - El 45 % de la población se dedica a la Agricultura; existe la producción de maíz, papa, habas, cebada, trigo, arvejas, quinua y otros de pan llevar. La producción agrícola es destinada al auto consumo y el exiguo remanente es destinado a su comercialización en los mercados de la costa como Ica.
- La minería. - el 5% de la población se dedica a la Minería.
- La Ganadería. - El 40% de la población se dedican a la Ganadería; crianza de animales como: Vacuno, ovino, caprino, equino, y porcino.
- Otros. - El 10 % de la población se dedican a otras actividades alternativas como: Educación, empleados del concejo, el comercio vecinal.

#### E. Ubicación del proyecto de Investigación

Este proyecto de investigación está ubicado dentro de las siguientes coordenadas.

#### Cuadro 7

*Coordenadas UTM del punto final del canal de irrigación*

<b>CORDENADAS UTM DATUM WGS-84 (GPS GERMANIN OREGON 650)</b>		
COORDENADA	ESTE	471944.00
COORDENADA	SUR	8475680.00

Fuente: *Elaboración Propia*

**Figura 15**

*Ubicación del canal de riego en el Anexo de Puquio*



Fuente: Tomado de *Google Maps*

### **Delimitación**

La comunidad beneficiaria, se encuentra limitada por:

- El Norte con la provincia de Huaytará
- El Sur con el distrito de san Isidro.
- El Este con el distrito de Querco
- El Oeste con la región Ica.

### **Accesibilidad**

Al área en estudio se llega a través de tres accesos:

#### **Cuadro 8**

*Acceso a proyecto*

<b>TRAMOS</b>	<b>DISTANCIA (Km.)</b>	<b>TIEMPO (Hr.)</b>	<b>TRANSPORTE</b>	<b>TIPO DE VIA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
HUAYTARA- SANGAYAICO	65	3.00	Vehicular	Trocha	Constante
SANGAYAICO A PUQUIO	2	30 min	Camino	Herradura	Variable

Fuente: Elaboración del equipo.

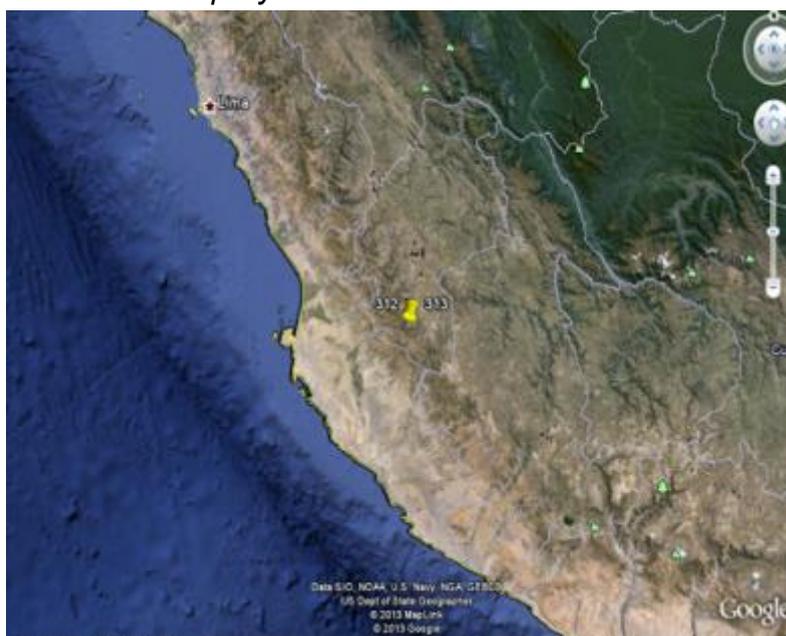
El único medio de transporte existente para acceder al área del Proyecto en el distrito de San Francisco de Sangayaico, es el Terrestre; constituido por camiones mixtos, camionetas, station vagón y combis que brindan este servicio con una frecuencia diaria intercalándose los mixtos con los buses: su terminal se ubica en la ciudad de Ica y en el Distrito de San Francisco de Sangayaico.

ciudades son:

✈	Huancavelica	: 255 km
✈	Huaytará	: 65 km
✈	Ica	: 118 km

### Figura 16

*Mapa de accesibilidad del proyecto*



Fuente: Tomado de Google Earth

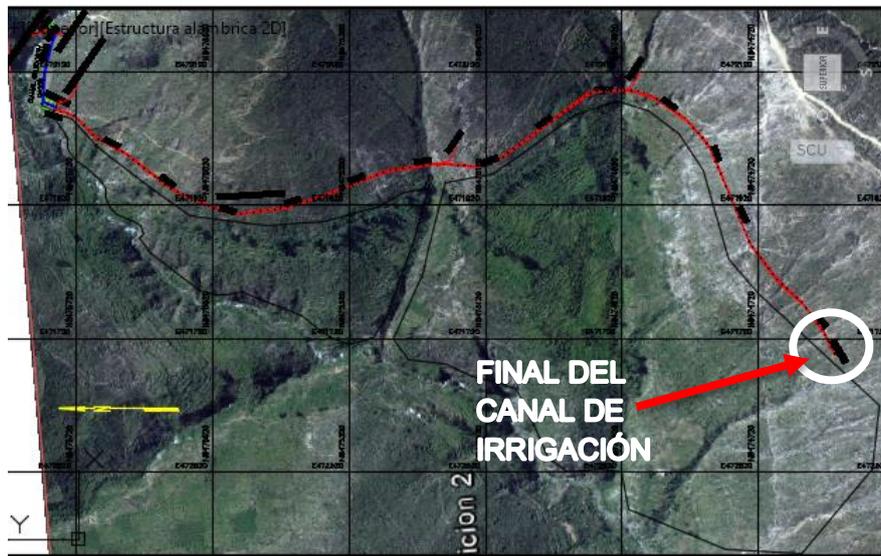
#### 4.1.1 Estudio topográfico

Consiste en efectuar las mediciones de los puntos de la superficie terrestre al final del canal de irrigación del anexo de Puquio provincia Huaytará región Huancavelica.

El estudio se inició desde la primera visita de campo, que se llevó a cabo para conocer los detalles físicos, geológicos y geográficos de la investigación. Donde se obtuvieron los resultados del canal existente de la captación a una altura de 3046msnm progresiva 0+00 y al final del canal de irrigación se encuentra en la progresiva 1+250 a una altitud de 3040 msnm donde se desarrolló la investigación al final del canal de irrigación del Anexo de puquio.

**Figura 17**

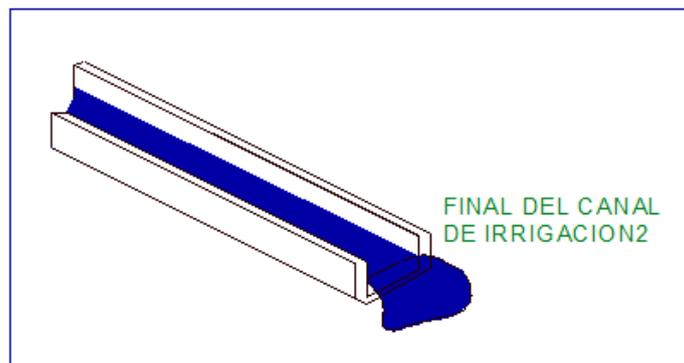
*Mapa del canal de irrigación*



Fuente: Tomado de Google Earth

**Figura 18**

*Gráfica del final del canal de irrigación*



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Estudio de Erosión

El estudio de erosión del final del canal se realizó de manera empírica con apoyo de un profesional del tema, quien determinó, que, al encontrarse el área de investigación, departamento de Huancavelica, en la Región Hidrológica Atlántico 13, los suelos califican como suelos con erosión alta según la clasificación FAO.

**Figura 19**

*Regiones hidrológicas según FAO*



Fuente: Tomado de Atlas de Erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú (p.15), por SENAMHI

**Figura 20**

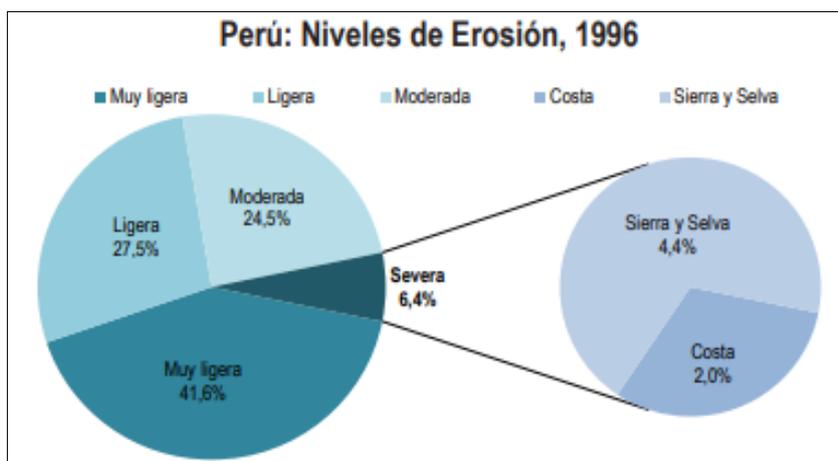
*Erosión hídrica*



Fuente: Tomado de *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión* (p.32), por IDEAM - MADS -U.D.C. A, 2015

**Figura 21**

*Perú: Niveles de Erosión, 1996*



Nota: El gráfico representa los niveles de afección por la erosión en las regiones del Perú. Tomado de Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)

#### 4.1.3 Estudio hidráulico del caudal

En la presente investigación sobre hidráulica de canales, se considera importante por ser una estructura hidráulica de entrada de caudal en una transición para controlar la erosión hídrica al final del canal de irrigación del Anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica.

##### a. Evaluación de Campo

En el anexo de Puquio, se ha identificado presencia de suelo erosionado al final del canal de irrigación. Por lo que se decide empezar a partir de la captación del canal existente que está ubicado en el riachuelo del Anexo de Puquio. Estudio del que se obtuvo un caudal de 102 m<sup>3</sup>/s y un tirante de 22m con una velocidad 1.13 m/s. a la entrada del canal, el recorrido del canal es de 1+250 km, el flujo al llegar al final del canal es 0.9129 m<sup>3</sup>/s.

### Cuadro 9

*Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular captación del canal*

Nombre de lugar	PUQUIO		
DATOS	Caudal Q	0.102	m <sup>3</sup> /s
	Ancho de solera (b)	0.4	M
	Talud (z)	0	
	Rugosidad (n)	0.014	
	Pendiente (s)	0.005	m/m
RESULTADO	Tirante normal (y)	22.54	M
	Área hidráulica (A)	0.0902	m <sup>2</sup>
	Espejo de agua (T)	0,400	
	Numero de fraude (F)	0.7606	
	Tipo flujo	Subcrítico	
	Velocidad (V)	1.131	m/s

Fuente: *Elaboración propia*

### Figura 22

*Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular captación del canal*

Fuente: *Elaboración propia*

Evidenciando la pérdida de 10 m<sup>3</sup>/s de caudal en todo el trayecto, esta pérdida de flujo se da por la junta de canal, cámara de dissipador, toma laterales, entre otras estructuras hidráulicas. El estudio, específicamente se

desarrolla al final del canal de irrigación, encontrando un caudal de 91.29 l/s. Datos que fueron corroborados con el software de Hc y partir de estos resultados se calcula el diseño de una transición para controlar la erosión hídrica.

### Cuadro 10

Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular al final del canal

Nombre de lugar	PUQUIO		
DATOS	Caudal Q	0.09129	m3/s
	Ancho de solera (b)	0.4	M
	Talud (z)	0	
	Rugosidad (n)	0.014	
	Pendiente (s)	0.005	m/m
RESULTADO	Tirante normal (y)	0.2073	M
	Área hidráulica (A)	0.0829	m2
	Numero de fraude (F)	0.7722	
	Tipo flujo	Subcrítico	
	Velocidad (V)	1.10	m/s

Fuente: *Elaboración propia*

### Figura 23

Cálculo de tirante normal sección de canal rectangular al final del canal

Fuente: *Elaboración propia*

**b. Explicación de la investigación**

Este trabajo se realizó valiéndose del muestreo del caudal, considerando el método y sección del canal de irrigación, evaluando la erosión causada por el caudal que fluye del canal, así se realizó cálculos para el diseño de la variación de fondo y el diseño de transición de salida al final del canal. Con el software HC se propone un diseño de transición alabeada, con un caudal de entrada de transición de 0.09129 m<sup>3</sup>/s con una velocidad de 1.10 m/s, que termine con velocidad 0 para evitar la erosión del suelo.

**Cuadro 11**

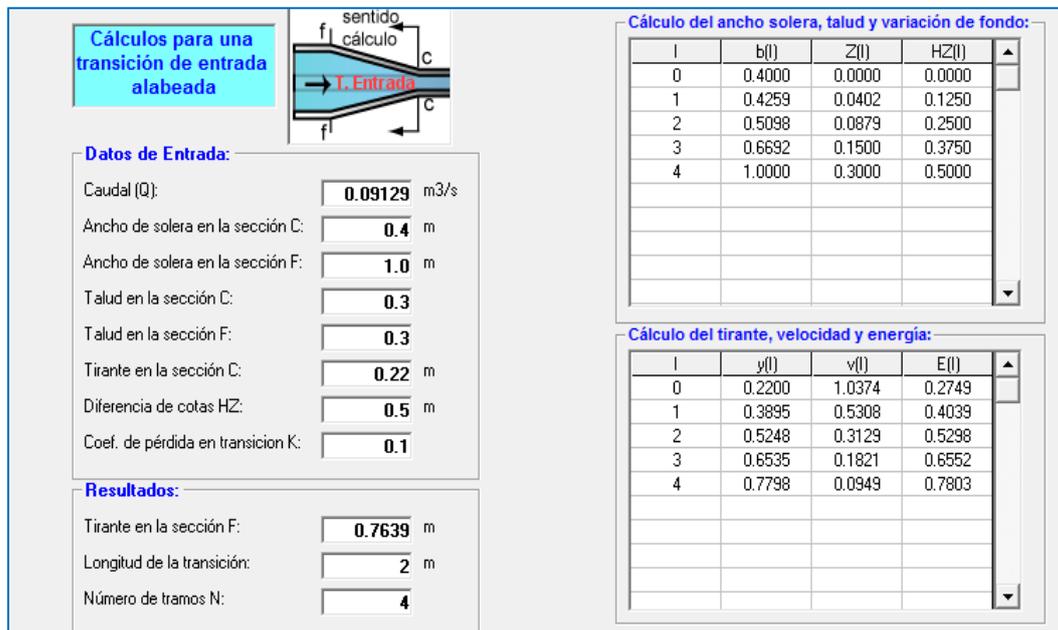
*“Cálculo de transición de entrada alabeada HC”*

Nombre de lugar	PUQUIO		
DATOS	Caudal Q	0.09129	m <sup>3</sup> /s
	Ancho de solera de la sección (C)	0.40	M
	Ancho de solera de la sección (F)	1	M
	Talud en la sección (C)	0.3	
	Talud de sección (F)	0.3	
	Tirante de sección (C)	0.22	M
	Diferencia de cota HZ	0.05	M
	Oef. De perdida en transición K	0.1	
RESULTADO	Tirante de sección (F)	0.7639	M
	Longitud de transición	2	M
	Numero de transición N	4	
	Velocidad (V)	1.10	m/s

Fuente: *Elaboración propia*

Figura 24

“Cálculo de transición de entrada alabeada HC”



Fuente: Elaboración simple

c. Con un diseño de hidráulica de canal apto, al final del canal, se podría reducir daños al terreno superficial a futuro, como avalanchas, cárcavas deterioro de flora y fauna, desequilibrio de ciclo hidrológico. También se considera a la erosión un tipo de contaminación del suelo, situación que perjudica daños a terrenos cultivables o fértiles que pueden ser aprovechados por los agricultores de la localidad.

El cálculo hidráulico del diseño de transición al final del canal de irrigación, se desarrolló de la siguiente forma:

✓ Por ecuación de Francis:

$$= 1,83 \times \left[ b - \frac{H}{10} \right] \left[ \left( H^{\frac{3}{2}} + h^{\frac{3}{2}} \right) - h^{\frac{3}{2}} \right] m^3/s$$

Sin contracciones y como la relación (5,6/14,4) > 0,388:

Entonces:

$$Q_1 = 1,83 \times b \times H^{\frac{3}{2}} \frac{m^3}{s} = 1,83 \times 0,4 \times 0,25^{\frac{3}{2}} = \mathbf{0.0912} \frac{m^3}{s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0912}{0,4 \times 0,35} = 0,65 \frac{m}{s} \quad h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,65^2}{2g} = 0,21 \text{ m}$$

$$Q_2 = 1,83 \times [0,4] \left[ \left( 0,27^{\frac{3}{2}} + 0,021^{\frac{3}{2}} \right) - 0,022^{\frac{3}{2}} \right] = 0,102 \text{ m}^3/s$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,102}{0,4 \times 0,35} = 0,72 \frac{m}{s} \quad , h = \frac{0,72^2}{2g} = 0,26 \text{ m}$$

$$Q_3 = 1,83 \times 0,4 \times \left[ \left( 0,28^{\frac{3}{2}} + 0,022^{\frac{3}{2}} \right) - 0,022^{\frac{3}{2}} \right] = 0,102 \text{ m}^3/s$$

Entonces: como  $Q_2 = Q_3$ ; entonces el caudal buscado es  $Q = 102 \text{ l/s}$ .

### Figura 25

*Preparación de vertedero de pared delgada*



En la figura se muestra la preparación del vertedero para la medición del caudal de acuerdo a la ecuación de Francis. Elaboración propia-foto recopilación de datos.

### CALCULO DE DIMENSION DE TRANSICION

b = 0.4 m

$L = 4.7xb + 1.75x Zc yc$  como Canal Rectangular no tiene talud 0

L = 1.88 m

### CALCULO DE TIERANTE EN LA TRANSICION

$$Y2 = 1.41xTg 22.5$$

Y2 = 0.587 m

Y1 = 0.22 m

### LONGITUD DE RESALTO HIDRAULICO

$$L = A * (Y2 - Y1)$$

A = 5 m<sup>2</sup>

L = 1.8 m 2

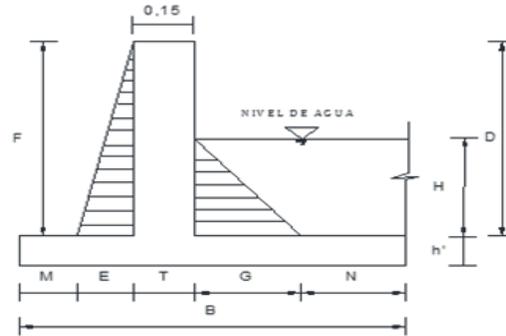
#### 4.1.4. Cálculo estructural de muro de transición

**Cuadro 12.** Base de Datos

DATOS	(MTS.)
B =	0.40
T =	0.15
h' =	0.15
H =	0.15
E =	-
G =	-
D =	0.90
F =	0.70
M =	0.10
N =	0.20
FSD =	1.30
FSV =	2.00

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 27** Diseño Muro Transición



Fuente: Elaboración Propia

Peso específico del concreto (w)	=	2.40	T/m3.	FY =	4,200.00	Kg./cm2	
Peso específico del agua o suelo (&)	=	1.00	T/m3.	F'C =	175.00	Kg./cm2	
Angulo de fricción interna (Ø)	=	18.00	Grados	Recub. base	=	2.50	cm.
Presión Admisible del Terreno (q)	=	0.90	kg/cm2.	Recub. muro	=	2.50	cm.
Coefficiente de fricción (f)	=	0.370		Ancho (b) =	0.30	cm.	

**Cuadro 13.** Calculo de Datos

P	PESOS (Ton)	Brazo Giro (m)	P*X
P1	-	0.100	-
P2	0.324	0.175	0.057
P3	-	0.250	-
P4	0.108	0.150	0.016
P5	0.140	0.450	0.063
P6	-	0.250	-
P7	(0.110)	0.350	(0.039)
TOTAL	0.462		0.0974

Fuente: Elaboración Propia

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2})$$

$$= 0.528$$

$$H_a = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$= 0.024 \quad M_a = 0.00 \quad T\cdot m$$

VERIFICACION AL DESLIZAMIENTO Y AL VOLTEO

FSD = Hr/Ha = f\*N/Ha  
 = 7.196 > 1.30 CONFORME

FSV = Mr/Ma = 41.004 > 2.00 CONFORME

VERIFICACION DE PRESIONES EN EL TERRENO

Xo = (Mr-Ma)/N = 0.21 m

e = B/2-Xo = (0.06) m

B/6 = 0.05 m

Si cumple que e<B/6 (0.06) < 0.05 CONFORME

qmax = N(1+6\*e/B) = (0.17) T/m2.

qmin = N(1-6\*e/B) = 3.25 T/m2.

qmax < q admisible 0.325 < 0.90 CONFORME

CALCULO DE FUERZAS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES ACTUANTES EN EL MURO DE CONTENCION

A.- VERIFICACIÓN DE CORTE Y TRACCIÓN POR PRESIÓN EN LA PUNTA

CÁLCULO DE LA PRESIÓN ACTUANTE EN LA PUNTA (q1)

Existen 3 casos para el cálculo de q1

Caso 1.- (qmin>0)

q1=((qmax-qmin)(B-M)/B)+qmin = 0.97 T/m2.

Caso 2.- (qmin<0)

q1=qmax-(Mxqmax/B1) - T/m2.  
 Y B1=B-(Bxqmin/(qmax+qmin))

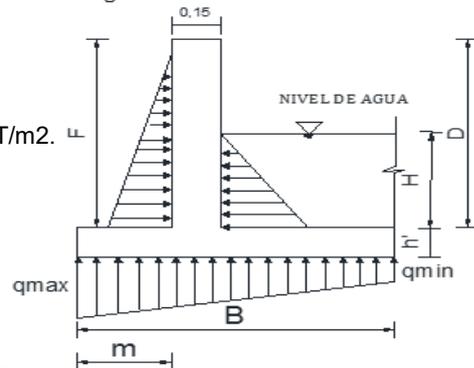
Hallando B1 = 0.30 m.

Caso 3.- (qmin=0)

q1=qmax-(Mxqmax/B) - T/m2.

PARA CUALQUIERA DE LOS 3 CASOS

Figura 28. Diseño de Cortante Momento Flector



Fuente:Elaboracion Propia

$$q_1 = 0.97 \text{ T/m}^2.$$

Se debe de cumplir que el cortante(V):

$$\text{Vactuante} = q_1.M + (q_{\max}-q_1).M/2 = 0.04 \text{ Ton.} = 0.03 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Vadmisible} = 0.53.\phi.f'c^{1/2}; \phi=0.85 = 5.96 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Vactuante} < \text{Vadmisible} = 0.03 < 5.96 \quad \text{CONFORME}$$

CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR ACTUANTE EN LA PUNTA. -

$$M_{\max \text{ act.}} = (q_1 \times M^2/2) + ((q_{\max}-q_1) \times M^2/3) = 0.00 \text{ Tn-m}$$

**B.- CÁLCULO DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN EL TALÓN**

Existen 3 casos para el cálculo de q2

Caso 1.- (qmin>0)

$$q_2 = (((q_{\max}-q_{\min}) \times N)/B) + q_{\min} = 0.97 \text{ T/m}^2.$$

Caso 2.- (qmin<0)

$$q_2 = (q_{\max}(N-B_1))/(B-B_1) \quad - \quad \text{T/m}^2.$$

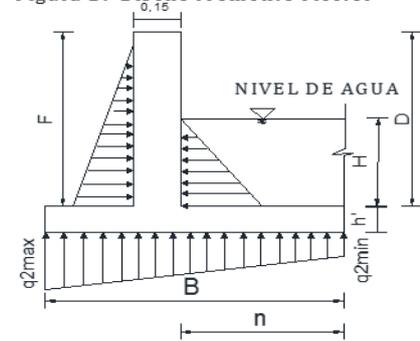
Y  $B_1 = B \times q_{\min}/(q_{\max}+q_{\min})$

$$\text{Hallando } B_1 = 0.30 \text{ m.}$$

Caso 3.- (qmin=0)

$$q_2 = (q_{\max}N)/B \quad - \quad \text{T/m}^2.$$

Figura 29 Diseño Momento Flector



Fuente:elaboracion Propia

PARA CUALQUIERA DE LOS 3 CASOS

$$q_2 = 0.97 \text{ T/m}^2.$$

CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO ACTUANTE EN EL TALÓN

$$\text{Vactuante} = (q_{\min} \times N) + (q_2 - q_{\min})(N/2) = 0.42 \text{ Ton} = 0.28 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Mactuante} = (q_{\min})(N^2/2) + (q_2 - q_{\min})(N^2/6) = 0.05 \text{ Ton-m}$$

$$\text{Vadmisible} = 0.53.\phi.f'c^{1/2}; \phi=0.85 = 5.96 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Vactuante} < \text{Vadmisible} = 0.28 < 5.96 \quad \text{CONFORME}$$

**C.- CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN LA PANTALLA**

$$\text{Vactuante} = (0.5 \times \text{Peso esp.mat} \times H^2) \times K_a = 0.21 \text{ Ton} = 0.14 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Mactuante} = (0.5 \times \text{Peso esp.mat} \times H^2) \times K_a \times (H/3) = 0.06 \quad \text{Ton-m}$$

$$\text{Vadmisible} = 0.53 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot \phi^{1/2} ; \phi = 0.85$$

$$= 5.96 \quad \text{Kg./cm}^2$$

$$\text{Vactuante} < \text{Vadmisible} = 0.14 < 5.96 \quad \text{CONFORME}$$

#### D.- DISEÑO DE ACERO EN LA PUNTA (METODO ELASTICO).-

Es = Modulo de elasticidad del acero de refuerzo

$$Es = 2100000$$

Ec = Modulo de elasticidad del concreto

$$Ec = 15000 \cdot f'_c \cdot c^{1/2} \quad f'_c = 175 \quad \text{Kg/cm}^2.$$

$$Ec = 198,431.35$$

n = Relación modular de elasticidad del acero y del concreto

$$n = Es/Ec$$

$$= 10.58 \quad n = 10.583$$

r = Relación entre tensiones del acero y del concreto

$$r = fs/fc \quad fs = 0.50 \cdot xfy \quad \text{y} \quad fc = 0.45 \cdot xfc$$

$$fs = 2,100.00$$

$$fc = 78.75$$

$$r = 26.67$$

k = Factor Adimensional

$$k = n/(n+r)$$

$$k = 0.284$$

j = Factor Adimensional

$$j = 1 - k/3$$

$$j = 0.91$$

$$b = 0.30 \quad \text{cm.}$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$d = \sqrt{2M/(fc \cdot k \cdot j \cdot b)} \quad d = 5.82 \quad \text{cm.}$$

Determinando el "d" verdadero

$$d = h - \text{Recub.} - \text{Diam.}/2 \quad d = 12.02 \quad \text{cm.}$$

#### DETERMINANDO SI ES O NO DOBLEMENTE REFORZADA.-

$$\text{Mom.resistente (Mr)} \quad Mr = 0.5 \cdot fc \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2 \quad Mr = 0.00 \quad \text{Ton-m}$$

$$\text{Condición} = \frac{Mr}{\text{Mact.}} = \frac{0.00}{0.00} > 0.00 \quad \text{NO REQUIERE ACERO EN COMPRESION}$$

#### CÁLCULO DEL ÁREA DE ACERO CUANDO NO REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN. -

$$As = M_{\text{max.}}/fs \cdot j \cdot d \quad As = 0.00 \quad \text{cm}^2.$$

As<sub>min</sub>  
comp.=0.0018x<sub>b</sub>x<sub>d</sub>      As<sub>min</sub> =      0.01      cm<sup>2</sup>.      Acero mínimo por temperatura

CÁLCULO DEL ÁREA DE ACERO CUANDO REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN. -

Area de acero en tracción = (As<sub>1</sub> + As<sub>2</sub>)  
Area de acero en compresión = (A's)

Cálculo de As<sub>1</sub>.-

$$As_1 = \frac{M_r}{(f_s \times j \times d)} \quad As_1 = \frac{\text{Req.simple}}{\text{ref.}} \quad \text{cm}^2.$$

Cálculo del Momento Residual.-

$$M_{resid.} = M_{act.} - M_r \quad M_{resid.} = \frac{\text{Req.simple}}{\text{Ref.}} \quad \text{Ton-m}$$

Cálculo de la Armadura adicional en Compresión(A's) y en Tracción (As<sub>2</sub>)

que equilibre al momento residual

$$f's = \left( \frac{k_d - d'}{k_d} \right) \times 2 \times n \times f_c; \quad \text{Si: } f's < f_{sadm} \text{ entonces } A's = \frac{M_{resid.}}{(f's(d-d'))}$$

$$\text{y } As_2 = \frac{M_{resid.}}{(f_{sadm} \cdot (d-d'))}$$

$$\text{Si: } f's \geq f_{sadm} \text{ entonces } A's = As_2 = \frac{M_{resid.}}{(f_{sadm} \cdot (d-d'))}$$

$$f's = \frac{\text{Req.simple}}{\text{Ref.}} < f_{sadm} = 2,100.00 \quad \text{Kg/cm}^2.$$

Por lo tanto:  $A's = \frac{\text{Req.simple}}{\text{Ref.}} \quad \text{cm}^2.$        $As_2 = \frac{\text{Req.simple}}{\text{Ref.}} \quad \text{cm}^2.$

Conclusión: Area de acero en tracción = (As<sub>1</sub> + As<sub>2</sub>) =  $\frac{\text{Req.simple}}{\text{Ref.}} \quad \text{cm}^2.$

Area de acero en compresión = (A's) =  $\frac{\text{Req.simple}}{\text{Ref.}} \quad \text{cm}^2.$

Fierro de construcción corrugado. -

**Cuadro 14.** Dimensionamiento de acero compresión y tracción A

Nro.	Diam.(Pulg)	Diam. (cm.)	Area (cm <sup>2</sup> .)	Piezas (Comp.)	Piezas(Tracc.)
1	1/4"	0.635	0.315	0	0
2	3/8"	0.953	0.713	0	0
3	1/2"	1.270	1.267	0	0
4	5/8"	1.588	1.979	0	0
5	3/4"	1.905	2.850	0	0
6	7/8"	2.223	3.879	0	0
7	1"	2.540	5.067	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Distribución del acero a usar:

Eligiendo un diámetro de fierro tenemos; se recomienda que el espaciamiento del fierro sea 20 o 25cm

**Cuadro 15.** Dimensionamiento de acero compresión y tracción B

Nro	Diam.(Pulg)	Diam. (cm.)	Area (cm2.)	Piezas(Comp.)	Piezas(Tracc.)	Esp.(Comp.)	Esp.(Tracc.)
3	1/2"	1.27	1.267	1		0.30	
2	3/8"	0.953	0.713		1		0.30

Fuente: Elaboración Propia

NOTA: Se usaran 1 Fierros de 1/2" con esp. Cada 0.3 cm. por cada m.l. En Compresión y 1 fierros de Diam. 3/8" Con esp. Cada 0.3 cm. Por cada m.l. En Tracción

E.- DISEÑO DE ACERO EN EL TALÓN (MÉTODO ELÁSTICO)

Es = Módulo de elasticidad del acero de refuerzo

Es = 2100000

Ec = Módulo de elasticidad del concreto

Ec = 15000xf'c<sup>1/2</sup> f'c = 175 Kg/cm2.

Ec = 198431.348

n = Relación modular de elasticidad del acero y del concreto

n = Es/Ec = 10.58 n = 10.58

r = Relación entre tensiones del acero y del concreto

r = fs/fc fs = 0.50xfy y fc=0.45xf'c

fs = 2,100.00

fc = 78.75

r = 26.67

k = Factor Adimensional

k = n/(n+r)

k = 0.284

j = Factor Adimensional

j = 1 - k/3

j = 0.91

b = 0.30 cm.

Reemplazando valores en la fórmula

d = (2M/(fc x k x j x b))<sup>1/2</sup> d = 40.51 cm.

Determinando el "d" verdadero

d = h - Recub. - Diam./2 d = 12.02 cm.

DETERMINANDO SI ES O NO DOBLEMENTE REFORZADA.-

Mom.resistente (Mr) Mr = 0.5\*fc\*k\*j\*b\*d<sup>2</sup> Mr = 0.00 Ton-m

Condición=  $\frac{M_r}{M_{act.}}$   $\frac{0.00}{0.05} > 0.05$  REQUIERE ACERO EN COMPRESION

CÁLCULO DEL ÁREA DE ACERO CUANDO NO REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN. -

$$A_s = \frac{M_{max.}}{f_s \cdot x_j \cdot d} \quad A_s = \frac{Req. doble}{Ref.} \quad cm^2.$$

$$A_{smin} = 0.0018 \cdot b \cdot x_d \quad A_{smin} = \frac{Req. doble}{Ref.} \quad cm^2.$$

CÁLCULO DEL AREA DE ACERO CUANDO REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN. -

Area de acero en tracción =  $(A_{s1} + A_{s2})$   
 Area de acero en compresión =  $(A's)$

Cálculo de  $A_{s1}$ .-

$$A_{s1} = \frac{M_r}{(f_s \cdot x_j \cdot d)} \quad A_{s1} = 0.02 \quad cm^2.$$

Cálculo del Momento Residual. -

$$M_{resid.} = M_{act.} - M_r \quad M_{resid.} = 0.06 \quad Ton \cdot m$$

Cálculo de la Armadura adicional en Compresión( $A's$ ) y en Tracción ( $A_{s2}$ ) que equilibre al momento residual

$f's = ((k_d - d')/k_d) \cdot x_2 \cdot x_n \cdot f_c$ ; Si:  $f's < f_{sadm}$ . entonces  $A's = \frac{M_{resid.}}{(f's \cdot (d - d'))}$   
 y  $A_{s2} = \frac{M_{resid.}}{(f_{sadm} \cdot (d - d'))}$   
 Si:  $f's \geq f_{sadm}$ . Entonces  $A's = A_{s2} = \frac{M_{resid.}}{(f_{sadm} \cdot (d - d'))}$   
 $f's = 446.96 < f_{sadm} = 2,100.00 \quad kg/cm^2.$

Por lo tanto:  $A's = 1.40 \quad cm^2$  Y  $A_{s2} = 0.30 \quad cm^2.$

Conclusión: Area de acero en tracción =  $(A_{s1} + A_{s2}) = 0.32 \quad cm^2.$   
 Area de acero en compresión =  $(A's) = 1.40 \quad cm^2.$

Fierro de construcción corrugado. -

**Cuadro 16.** Dimensionamiento de fierro corrugado en talón

Nro	Diam.(Pulg)	Diam.(cm.)	Area (cm2.)	Piezas(Comp.)	Piezas(Tracc.)
1	1/4"	0.635	0.315	4	1
2	3/8"	0.953	0.713	2	0
3	1/2"	1.270	1.267	1	0
4	5/8"	1.588	1.979	1	0
5	3/4"	1.905	2.850	0	0
6	7/8"	2.223	3.879	0	0
7	1"	2.540	5.067	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Distribución del acero a usar:

Eligiendo un diámetro de hierro tenemos; se recomienda que el espaciamiento del hierro sea 20 O 25cm

**Cuadro 17.** Dimensionamiento de hierro corrugado en talón

Nro	Diam.(Pulg)	Diam. (cm.)	Area (cm2.)	Piezas(Comp.)	Piezas(Tracc.)	Esp.(Comp.)	Esp.(Tracc.)
3	1/2"	1.27	1.267	1		0.30	
2	3/8"	0.953	0.713		1		0.3

Fuente: Elaboración Propia

NOTA: Se usaran 1 Fierros de Diam. 1/2" con esp. Cada 0.3 cm. por cada m.l. En Compresión y

1 Fierros de Diam. 3/8" con esp. Cada 0.3 cm. Por cada m.l. En Tracción

F.- DISEÑO DE ACERO EN LA PANTALLA (MÉTODO ELÁSTICO)

Es = Modulo de elasticidad del acero de refuerzo

$$Es = 2100000 \text{ Kg/cm}^2.$$

Ec = Modulo de elasticidad del concreto

$$Ec = 15000 \times f'c^{1/2} \quad f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Ec = 198,431.35 \text{ Kg/cm}^2.$$

n = Relación modular de elasticidad del acero y del concreto

$$n = Es/Ec$$

$$= 10.58 \quad n = 10.58$$

r = Relación entre tensiones del acero y del concreto

$$r = fs/fc \quad fs = 0.50 \times fy \text{ y } fc = 0.45 \times f'c$$

$$fs = 2,100.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc = 78.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$r = 26.67$$

k = Factor Adimensional

$$k = n/(n+r)$$

$$k = 0.284$$

j = Factor Adimensional

$$j = 1 - k/3$$

$$j = 0.91$$

$$b = 0.30 \text{ cm.}$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$d = \sqrt{2M/(f_c \times k \times j \times b)} \quad d = 45.95 \text{ cm.}$$

Determinando el "d" verdadero

$$d = h - \text{Recub.} - \text{Diam.}/2 \quad d = 12.14 \text{ cm.}$$

DETERMINANDO SI ES O NO DOBLEMENTE REFORZADA.-

$$\text{Mom.resistente (Mr)} \quad Mr = 0.5 \cdot f_c \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2 \quad Mr = 0.00 \text{ Ton-m}$$

$$\text{Condición= } \frac{Mr}{Mact.} \quad 0.00 > 0.06 \quad \text{REQUIERE ACERO EN COMPRESION}$$

CÁLCULO DEL AREA DE ACERO CUANDO NO REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN. -

$$\begin{array}{ll} \text{As} = M_{max.}/f_s \cdot j \cdot x \cdot d & \text{As} = \begin{array}{l} \text{Req.doble} \\ \text{Ref.} \end{array} \text{ cm}^2. \\ \text{Asmin} & \text{Req.doble} \\ \text{comp.}=0.0018 \cdot x \cdot b \cdot x \cdot d & \text{Asmin} = \begin{array}{l} \text{Ref.} \\ \text{Ref.} \end{array} \text{ cm}^2. \end{array}$$

CÁLCULO DEL AREA DE ACERO CUANDO REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN. -

$$\text{Area de acero en tracción} = (As1 + As2)$$

$$\text{Area de acero en compresión} = (A's)$$

Cálculo de As1.-

$$As1 = Mr/(f_s \cdot j \cdot x \cdot d) \quad As1 = 0.02 \text{ cm}^2.$$

Cálculo del Momento Residual. -

$$M_{resid.} = Mact. - Mr \quad M_{resid.} = 0.06 \text{ Ton-m}$$

Cálculo de la Armadura adicional en Compresión(A's) y en Tracción (As2) que equilibre al momento residual

$$f's = ((k \cdot d - d')/k \cdot d) \cdot 2 \cdot x \cdot n \cdot f_c; \quad \text{Si: } f's < f_{sadm} \text{ entonces } A's = M_{resid.}/(f's \cdot (d - d'))$$

$$\text{y } As2 = M_{resid.}/(f_{sadm} \cdot (d - d'))$$

$$\text{Si: } f's \geq f_{sadm} \text{ Entonces } A's = As2 = M_{resid.}/(f_{sadm} \cdot (d - d'))$$

$$f's = 459.01 < f_{sadm} = 2,100.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{Por lo tanto: } A's = 1.35 \text{ cm}^2 \quad \text{Y} \quad As2 = 0.29 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Conclusión: Area de acero en tracción} = (As1 + As2) = 0.31 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Area de acero en compresión} = (A's) = 1.35 \text{ cm}^2.$$

Fierro de construcción corrugado. -

**Cuadro18.** Dimensionamiento de fierro corrugado en la pantalla A

Nro	Diam.(Pulg)	Diam. (cm.)	Area (cm2.)	Piezas(Comp.)	Piezas(Tracc.)
1	1/4"	0.635	0.315	4	1
2	3/8"	0.953	0.713	2	0
3	1/2"	1.270	1.267	1	0
4	5/8"	1.588	1.979	1	0
5	3/4"	1.905	2.850	0	0
6	7/8"	2.223	3.879	0	0
7	1"	2.540	5.067	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Distribución del acero a usar:

Eligiendo un diámetro de fierro tenemos; se recomienda que el espaciamiento del fierro sea 20 o 25cm

**Cuadro19.** Dimensionamiento de fierro corrugado en la pantalla B

Nro	Diam.(Pulg)	Diam. (cm.)	Area (cm2.)	Piezas(Comp.)	Piezas(Tracc.)	Esp.(Comp.)	Esp.(Tracc.)
2	3/8"	0.953	0.713	2		0.15	
2	3/8"	0.953	0.713		1		0.30

Fuente: Elaboración Propia

NOTA: Se usaran 2 fierros de Diam. 3/8" con esp. Cada 0.15 cm. por cada m.l. En Tracción y

1 fierros de Diam. 3/8" con esp. Cada 0.30 cm. Por cada m.l. En Compresión

**Figura 26**  
**Diseño de mezcla**

<b>DISEÑO DE MEZCLA (<math>f'c = 175 \text{ kg/cm}^2</math>)</b>			
CEMENTO	:	ANDINO TIPO I	
Peso específico	:	3,12	
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
ARENA DE RIO		PIEDRA CHANCADA DE RIO	
Peso específico de masa	:	2.62	Peso específico de masc: 2.61
Peso específico de masa S.S.S.	:	2.65	Peso específico de masc: 2.66
Peso específico de aparente	:	2.70	Peso específico de apar: 2.73
Peso unitario suelto	:	1635	Kg/m3 Peso unitario suelto : 1442 Kg/m3
Peso unitario compactado	:	1635	Kg/m3 Peso unitario compacta: 1442 Kg/m3
<b>GRANULOMETRIA</b>			
Malla	% Retenido	Malla	% Retenido
3/8"	0.0	2"	% RETENIDO
Nº4	0.0	1 1/2"	0.0
Nº8	12.0	1"	0.0
Nº16	14.1	3/4"	0.0
Nº30	12.0	1/2"	3.8
Nº50	18.2	3/8"	65.6
Nº100	32.0	Nº4	26.1
FONDO	8.6	FONDO	3.7
Modulo de fineza	:	3.177	Tamaño Maximo Nominal : 1 " pulgada
Absorcion	:	2.70%	Absorcion : 2.73%
Humedad	:	1769.78%	Humedad : 1646.87%
<b>ASENTAMIENTO</b>	:	3"	
FACTOR CEMENTO	:	8,2 bolsas	
RELACION AGUA CEMENTO DE OBRA	:	0.628	
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	:	0.656	
<b>PROPORCIONES POR BOLSA DE CEMENTO</b>			
PROPORCION EN PESO	:	1 : 2.43 : 2,51 / 25,35 L/bolsa de cemento	
PROPORCION EN VOLUMEN	:	1 : 2,22 : 2,59 / 25,35 L/bolsa de cemento	
<b>CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR METRO CUBICO (P.U.C. = 2306 kg/m3)</b>			
CEMENTO	:	220 kg	ANDINO TIPO I
AGUA	:	235 L	POTABLE
AGREGADO FINO	:	315 kg	ARENA DE RIO
AGREGADO GRUESO	:	837 kg	PIEDRA CHANCADA DE RIO
<b>CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO, CORREGIDOS POR HUMEDAD Y POR PESO UNITARIO DEL CONCRETO: 2333 kg/m3)</b>			
CEMENTO	:	222 kg	ANDINO TIPO I
AGUA	:	235 L	POTABLE
AGREGADO FINO	:	318 kg	ARENA DE RIO
AGREGADO GRUESO	:	845 kg	PIEDRA CHANCADA DE RIO
*MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.			
*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.			

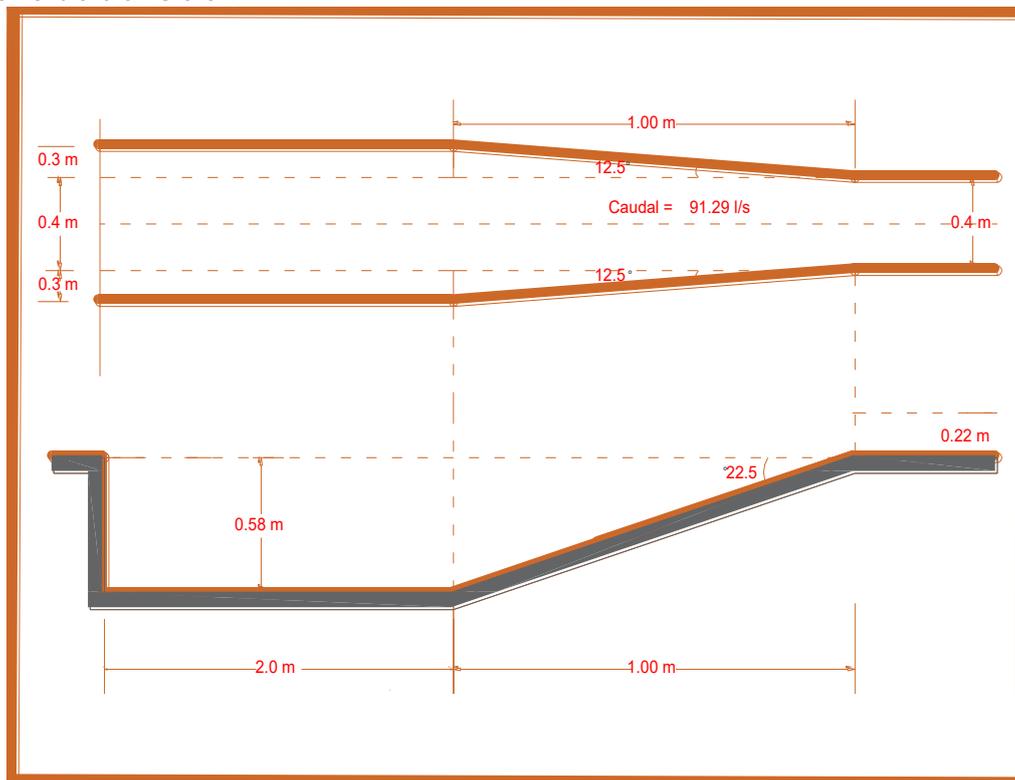
Fuente: Elaboración Propia

## 4.2. DISEÑO FINAL DE LA TRANSICIÓN

La presente tesis llega al resultado siguiente:

**Figura 27**

*Diseño de transición*



Fuente: Elaboración propia

### **Detalles técnicos de transición:**

Largo posa amortiguación : 2.00m

Ancho de la posa Amortiguación : 1.00m

Tirante de canal Ingreso de posa Y1 : 0.22m

Angulo de espejo de agua : 12.30°

Profundidad de la posa : 0.58m

la transición se realiza con Concreto simple

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Análisis interpretación y discusión de resultados**

##### **5.1.1. Análisis e interpretación**

Las dimensiones de la transición indican que la estructura disminuye la velocidad porque se produce el resalto hidráulico que disipa energía y además, se tiene también otra estructura brusca que la energía residual termina por disiparse y el fluido sale con velocidad con tendencia a cero.

En estas condiciones el fluido que sale del canal ya no erosiona el terreno siguiente como era antes de este diseño.

El resultado es posible cuando se recurre a la tecnología de estructuras hidráulicas mediante un acopio selectivo de la bibliografía respectiva.

Las dimensiones encontradas guardan simetría con el canal y no altera el aspecto físico de la estructura. Con este diseño se comprueba que el resalto hidráulico es una estructura que disipa energía para controlar la velocidad del fluido que no erosiona y que no permita la precipitación de

partículas que viaja con el agua que produce una variación del fondo del canal por acumulación de residuos.

### **5.1.2. Interpretación y discusión de resultados**

**a.** Con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación de anexo Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.; al controlar la velocidad de 0.3 m/s a 1 m/s se logra reducir la velocidad y esta no erosiona al suelo solo fluye el agua de manera pasiva (no erosiona al suelo).

**b.** El diseño hidráulico controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021; con las siguientes dimensiones base=0.4m; L=1.0m; tirante  $Y_2=0.58\text{m}$  y  $Y_1=0.22\text{m}$ ; resalto hidráulico  $A=5\text{m}^2$  ; longitud recta de  $L=2.0\text{m}$ ; con un ángulo de  $12.5^\circ$  en ambos tramos del canal se logra un flujo de caudal de 91.29 l/s , este caudal lograr salir del tramo final de manera pasiva.

**c.** Para (González, H, Henríquez, R. y Robles, E. 2010) El uso de hojas de cálculo y software, ayudan a obtener datos necesarios para el diseño, son necesarios para agilizar el proceso de cálculo y diseño del sistema que se requiera diseñar; esta afirmación coincide con la técnica de recolección de datos empleada, motivo por la cual le da mayor peso y relevancia a los datos obtenidos en el estudio para el diseño hidráulico y estructural del canal.

## Interpretación de caudales máximas mínimas del canal

### Cuadro 20

#### Caudal máximo y mínimo

---

N°	CAUDAL (Q) L/S	SECCION DEL CANAL (M)	TIRANTE HIDRAULICO Y (M)	VELOCIDAD (M/S)
1.00	95.00	0.40x30	0.25	0.91
2.00	94.00	0.40x30	0.24	0.91
3.00	92.00	0.4x30	0.22	0.91
4.00	93.00	0.4x30	0.23	0.91
5.00	94.00	0.4x30	0.24	0.91
6.00	92.00	0.4x30	0.22	0.91
7.00	91.00	0.4x30	0.21	0.91
8.00	90.00	0.4x30	0.19	0.91
9.00	92.00	0.4x30	0.22	0.91
10.00	94.00	0.4x30	0.24	0.91
11.00	95.00	0.4x30	0.25	0.91

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Prueba de hipótesis

### 5.2.1 Hipótesis General

Se empleará la evidencia contextual analítica; y de acuerdo a (Coronado S. 2015); son bases sustentadas, documentadas, especialmente en la presentación administrativa, civil o institucional. La cual es validada por una o varias personas acreditadas institucionalmente o por experiencia profesional.

### Prueba de Hipótesis

Ho: Con el diseño hidráulico y estructural no se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

Ho:  $r = 0$ .

Hi: Con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

Hi:  $r \neq 0$ .

a. Nivel de significancia ( $\alpha$ ) y nivel de confianza ( $\beta$ ):

( $\alpha$ ) 0.05 (5%); ( $\beta$ ) 0.95 (95%).

**b. Tipo de prueba:**

Evidencia contextual analítica.

**c. Rechazo de la hipótesis nula:**

Existe evidencia contextual analítica a partir de los mapas gráficos establecidos por los softwares aplicados a partir del programa Hcanales v.3 Ing. Civil. Se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna.

**d. Conclusión:**

Con estos resultados se concluye que con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

## **5.2.2 Hipótesis Específicas**

### **Prueba de Hipótesis 1**

Ho: El diseño hidráulico no controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

Ho:  $r = 0$ .

Hi: El diseño hidráulico controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

Hi:  $r \neq 0$ .

**a. Nivel de significancia ( $\alpha$ ) y nivel de confianza ( $\beta$ ):**

( $\alpha$ ) 0.05 (5%); ( $\beta$ ) 0.95 (95%).

**b. Tipo de prueba:**

Evidencia contextual analítica.

**c. Rechazo de la hipótesis nula:**

Existe evidencia contextual y analítica a partir de los cálculos y diseños analíticos establecidos por el software aplicado a partir del programa Excel 2016. Se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna.

**d. Conclusión:**

Con estos resultados se concluye que con El diseño hidráulico controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

**Prueba de Hipótesis 2**

Ho: La estructura no controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

Ho:  $r = 0$ .

Hi: La estructura controla la erosión hídrica al final de canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

Hi:  $r \neq 0$ .

**a. Nivel de significancia ( $\alpha$ ) y nivel de confianza ( $\beta$ ):**

( $\alpha$ ) 0.05 (5%); ( $\beta$ ) 0.95 (95%).

**b. Tipo de prueba:**

Evidencia contextual analítica.

**c. Rechazo de la hipótesis nula:**

Existe evidencia contextual analítica a partir de los gráficos establecidos por los softwares aplicados a partir del programa Hcanales v.3. Se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna.

**d. Conclusión:**

Con estos resultados se concluye que con La estructura controla la erosión hídrica al final de canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.

### **5.3. Presentación de Resultados**

Para conseguir los resultados se realizó un análisis in situ, de los cuales se presenta la siguiente información:

- diseñar estructura de transición para controlar la erosión hídrica al final de canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.
- El objetivo de la presente investigación es entregar conceptos generales a tener en cuenta en los diseños estructurales de obras de riego.
- Disminuir la erosión hidráulica al final del canal de irrigación del anexo de Puquio Provincia Huaytará Región Huancavelica 2021

## CONCLUSIONES

1. Con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.; al controlar la velocidad de 3 m/s a 1 m/s se logra reducir la velocidad y esta no erosiona al suelo solo fluye el agua de manera pasiva (no erosiona al suelo).
2. El diseño hidráulico controla la erosión hídrica al final de canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021; con las siguientes dimensiones base=0.4m; L=1.0m.; tirante Y2=0.58m y Y1=0.22m; resalto hidráulico  $A=5\text{m}^2$  ; longitud recta de L=2.0m; con un ángulo de  $12.5^\circ$  en ambos tramos del canal se logra un flujo de caudal de 91.29l/s , este caudal lograr salir del tramo al final de manera pasiva. Además, colocando un emboquillado de piedra en la transición, la acción erosiva del agua disminuye.
3. La estructura controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021; la estructura para un canal abierto es de concreto simple, porque el valor de deslizamiento, volteo, tracción por presión en punta, presiones en el terreno, cálculo de cortante y momento flector, son conformes, no requiriendo acero en compresión en la punta y pantalla.
4. A través de la investigación se concluye que un diseño y una estructura hidráulica aptos, que sean elaborados bajo lineamientos y estudios, contribuyen con la preservación de los suelos y la flora y fauna que lo

habitan, haciendo de estos paisajes, un recurso aprovechable por comunidades agronómicas.

## RECOMENDACIONES

1. En el diseño de canales es trascendente que la velocidad de diseño sea controlada, porque cada tipo de material de la superficie interna del canal tiene una velocidad máxima recomendada en tablas o ecuaciones para que el fluido no erosiones y tampoco precipite.
2. Para que el abastecimiento de agua de riego sea lo óptimo posible, es conveniente realizar una revisión a la construcción del canal para determinar las estructuras hidráulicas faltantes.
3. El canal construido actualmente requiere otras estructuras hidráulicas como tomas laterales, disipadores de energía, reguladores de caudal; a la entrada del agua al canal se encontró un caudal de 102 l/s y el diseño de estructural para el caudal es de 91.29 l/s existe la posibilidad del deterioro de las paredes internas del canal por erosión.
4. Se recomienda a los diferentes entes públicos, tener en cuenta y utilizar los resultados de la presente tesis, para la elaboración de proyectos de Inversión Pública necesarios para la implementación y/o ejecución de obras que permitirán prevenir y solucionar el problema de erosión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUA, U. N. (12 de 12 de 2010). Manual: criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Obtenido de Dirección de estudios de proyectos hidráulicos multisectoriales: [www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños](http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños).
2. Béjar, M. V. (2005). Diseño de Estructuras Hidráulicas . Lima: Villón .
3. Castañeda Sifuentes, R., & Gutierrez Peralta , H. (2017). Catálogo de las gramíneas (Poaceae) de Huancavelica, Perú. Scielo Perú, 16(1). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162017000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162017000100008)
4. Calderón Mendoza, E. (2014). Desarrollo de un sistema de control neuro-difuso de la distribución de agua en un tramo de un canal principal de riego. . Lima: Ed. PUCP – Perú.
5. Castillo, I. R. (2014). Análisis y elaboración de propuesta para mejorar la implementación exitosa del programa PSI – Sierra en la junta de usuarios de agua Cusco”. Lima-Perú: UPC.
6. E. Nureña, J. J. (2015). Evaluación de fenómenos hidráulicos en el canal chaquin del sistema de riego del valle de Virú primer tramo” . Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
7. F Hernández, C Fernández - Metodología de la Investigación, 2013
8. Family Search . (20 de Enero de 2020). Family Search. Obtenido de [https://www.familysearch.org/wiki/es/Huaytar%C3%A1,\\_Huancavelica,\\_Per%C3%BA\\_-\\_Genealog%C3%ADa](https://www.familysearch.org/wiki/es/Huaytar%C3%A1,_Huancavelica,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa)

9. García, A. (2018) La presente tesis titulada “Diseño Hidráulico y Estructural de Obras de Protección frente a Erosión e Inundaciones del río Balsayacu en el Centro Poblado de Balsayacu, Distrito de Campanilla, Provincia de Mariscal Cáceres – Región San Martín”
10. (González, H, Henríquez, R. y Robles, E. 2010) en su estudio denominado Análisis comparativo de normas de diseño hidráulico y metodología de aplicación en urbanizaciones.
11. Huaytará, M. P. (s.f.). peru.gob.pe. Obtenido de [https://www.peru.gob.pe/nuevo\\_portal\\_municipal/portales/municipalidades/865/entidad/PM MUNICIPALIDAD\\_DETALLE.asp?pk\\_id\\_entidad=865&pk\\_id\\_tema=62904&pk\\_id\\_sub\\_tema=19706](https://www.peru.gob.pe/nuevo_portal_municipal/portales/municipalidades/865/entidad/PM_MUNICIPALIDAD_DETALLE.asp?pk_id_entidad=865&pk_id_tema=62904&pk_id_sub_tema=19706)
12. Huaytará, M. P. (s.f.). peru.gob.pe. Obtenido de [https://www.peru.gob.pe/nuevo\\_portal\\_municipal/portales/municipalidades/865/entidad/PM MUNICIPALIDAD\\_DETALLE.asp?pk\\_id\\_entidad=865&pk\\_id\\_tema=62904&pk\\_id\\_sub\\_tema=19706](https://www.peru.gob.pe/nuevo_portal_municipal/portales/municipalidades/865/entidad/PM_MUNICIPALIDAD_DETALLE.asp?pk_id_entidad=865&pk_id_tema=62904&pk_id_sub_tema=19706)
13. IDEAM. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. Colombia: MADS.
14. Piscocoya, L. (2005) “Investigación Científica y Educacional” Edit. Mantaro. Edic. 3ra. P.p. 135.
15. Resolución Ministerial N° 0658-2009-AG “Reglamento de diseño Hidráulico para Gestión de Cuencas”.
16. Rocha Felices, A. (2008). Hidráulica de tuberías y canales.
17. Rojas Rubio, H. (12 de 12 de 2013). Slideshare. Obtenido de Slideshare: [es.slideshare.net/linoolascuagacruzado/diseo-de-canales](https://es.slideshare.net/linoolascuagacruzado/diseo-de-canales)
18. Orton (2018) “Types of erosión”. Recopilado de.catie.ac.cr el 27 de enero.

19. Villanueva, N. H. (2016). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.  
Obtenido de [https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/riego-drenaje/Hidraulica-de-canales.pdf](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/Hidraulica-de-canales.pdf)

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PRINCIPAL</b></p> <p>¿Cómo deberá ser el diseño hidráulico y estructural para controlar la erosión hídrica al final del canal del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021 ?</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Diseñar la hidráulica y estructura para controlar la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021.</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Con el diseño hidráulico y estructural se controla la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021</p>	<p>Independiente:</p> <p>X = Diseño hidráulico y estructural al final del canal</p> <p>Dependiente:</p> <p>Y = Erosión hídrica</p>	<p>X<sub>1</sub> = Variación de fondo del canal</p> <p>X<sub>2</sub> = Patrones Estructurales</p> <p>Y = f (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>)</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Aplicada.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>descriptiva</p> <p><b>Método de la Investigación:</b></p> <p>Inductivo – Deductivo, científico, lógico.</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>Cuantitativo</p> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p>Se trata de un estudio de caso único</p> <p><b>Instrumentos de la investigación:</b></p>
<p><b>SECUNDARIAS</b></p> <p>¿Cómo determinar el diseño hidráulico para controlar la erosión hídrica al final del canal</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar el diseño hidráulico para controlar la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia</p>	<p><b>ESPECIFICAS</b></p> <p>El diseño hidráulico controla la erosión hídrica al final del canal del anexo de Puquio, Provincia</p>	<p>Independiente:</p> <p>X<sub>1</sub> = Variación de fondo del canal</p>	<p>X<sub>1.1</sub> = Diseño de transición de entrada</p> <p>X<sub>1.2</sub> = Diseño de variación de fondo</p> <p>X<sub>1.3</sub> = Diseño de transición de salida</p>	<p><b>Instrumentos de la investigación:</b></p>

de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021 ?	Huaytará, Región Huancavelica, 2021	Huaytará, Región Huancavelica, 2021	Dependiente: Y <sub>1</sub> = Control de la erosión	Y = f ( X <sub>1.1</sub> , X <sub>1.2</sub> , X <sub>1.3</sub> )	Ficha de registro Ficha de observación <b>Fuentes:</b> Uso de textos digitales o impresos de reconocidas editoriales.
¿Cómo calcular la estructura para controlar la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021 ?	Calcular la estructura para controlar la erosión hídrica al final del canal de Irrigación del anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021	La estructura controla la erosión hídrica en el anexo de Puquio, Provincia Huaytará, Región Huancavelica, 2021	Independiente: X <sub>2</sub> = Patrones Estructurales	X <sub>2.1</sub> = Presión lateral X <sub>2.2</sub> = Sub presión de agua X <sub>2.3</sub> = Capacidad Portante X <sub>2.4</sub> = Esfuerzos admisibles de acero	
			Dependiente: Y = Control de la erosión	Y = f (X <sub>2.1</sub> , X <sub>2.2</sub> , X <sub>2.3</sub> , X <sub>2.4</sub> )	

*Fuente: Elaboración propia*

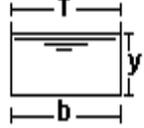
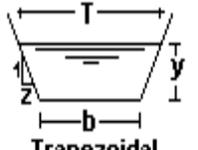
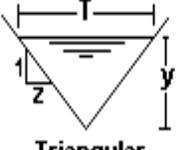
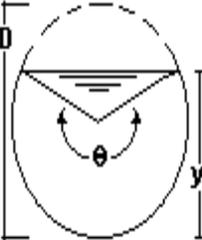
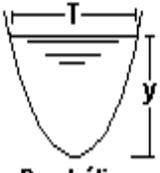
## ANEXO 2

Valores de rugosidad “n” de Manning

<b>n</b>	<b>Superficie</b>
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras.

### ANEXO 3

Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuente

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 <p>Rectangular</p>	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 <p>Trapezoidal</p>	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 <p>Triangular</p>	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 <p>Circular</p>	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 <p>Parabólica</p>	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2 y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

#### **ANEXO 4**

*Velocidades máximas en hormigón en función de sus resistencias*

<b>RESISTENCIA, (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>PROFUNDIDAD DEL TIRANTE (m)</b>				
	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
50	9.6	10.6	12.3	13.0	14.1
75	11.2	12.4	14.3	15.2	16.4
100	12.7	13.8	16.0	17.0	18.3
150	14.0	15.6	18.0	19.1	20.6
200	15.6	17.3	20.0	21.2	22.9

Fuente : Krochin Sviatoslav. "Diseño Hidráulico", Ed. MIR, Moscú, 1978