



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis comparativo del diseño hidráulico del canal potrero,
mediante tubería HDPE y revestimiento de concreto, distrito de
Saucepampa-Cajamarca-2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Santa Cruz Julca Hegel Scheler (ORCID: 0000-0003-0030-2554)

ASESOR:

Mgtr. Segura Terrones Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta indagación se la ofrezco a mi padre Roberto Santa Cruz Gamonal, mi madre Ana Julca de Santa Cruz, mi abuelita Birma Suxe Montero, mis hermanos Engels Yoseph Santa Cruz Julca, Shirakatsi Santa Cruz Julca, y mi novia Carmen Beatriz Monteza Villalobos; que agradecimientos a todos ellos he podido terminar esta indagación, por estar apoyándome durante este tiempo, pasando a cerrar una época de nuestra vida de alumnos.

Hegel Scheler

Agradecimiento

Mi más sincero agradecimiento a:

Mgtr. Luis Alberto Segura Terrones por ser nuestro patrocinador, por transmitirme su experiencia y orientación, elaboración y conducción del presente trabajo.

A Nuestros docentes de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada “Cesar Vallejo”, quienes nos brindaron calidad en la trasmisión de los conocimientos para nuestro desarrollo en la carrera de ingeniería civil.

Mi gratitud a la universidad por haber permitido darme la oportunidad y abrirme las puertas para poder estudiar mi carrera anhelada y que hoy en día es una realidad.

Hegel Scheler

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables, operacionalización.....	12
3.3. Población y muestra.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimiento	15
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS.....	47

Índice de tablas

Tabla 01: <i>Borde libre en función del caudal</i>	10
Tabla 02: <i>BMs para el control altimétrico</i>	18
Tabla 03: <i>Vértice de poligonal de apoyo</i>	19
Tabla 04: <i>Resultado de estudios de suelos</i>	21
Tabla 05: <i>Capacidad portante del suelo</i>	22
Tabla 06: <i>Análisis químico</i>	22
Tabla 07: <i>Ubicación geográfica de la estación meteorológica</i>	23
Tabla 08: <i>Datos estación meteorológica- Santa Cruz</i>	25
Tabla 09: <i>Cálculo de C</i>	26
Tabla 10: <i>Valores medios mensuales de radiación</i>	26
Tabla 11: <i>ETP (Evapotranspiración)</i>	26
Tabla 12: <i>Cultivos</i>	27
Tabla 13: <i>Perfil de suelo</i>	27
Tabla 14: <i>Determinación del caudal de diseño</i>	27

Índice de figuras

<i>Figura 01:</i> Flujo en conductos	5
<i>Figura 02:</i> Sección transversal irregular	6
<i>Figura 03:</i> Secciones artificiales transversales.....	8
<i>Figura 04:</i> Elementos geométricos de las secciones transversales	9
<i>Figura 05:</i> Curvas para el borde libre en canales.....	10
<i>Figura 06:</i> Pendiente del canal del potrero.....	20
<i>Figura 07:</i> Pendiente del canal del potrero.....	20
<i>Figura 08:</i> Evapotranspiración potencial (ETP)	25
<i>Figura 09:</i> Pendiente del canal el potrero.....	32
<i>Figura 10:</i> Velocidades del canal el potrero por tramos	33
<i>Figura 11:</i> Tipo de flujo de acuerdo a cada tramo	34
<i>Figura 12:</i> Características hidráulicas del canal de concreto (KM 0+00 AL 5+ 166)	35
<i>Figura 13:</i> Velocidades en tramos del canal el potrero	36
<i>Figura 14:</i> Tipo de flujo de acuerdo a cada tramo	37
<i>Figura 15:</i> Características hidráulicas del canal de sección circular (KM 0+00 AL 5+ 166)	38
<i>Figura 16:</i> Velocidades en tramos con tubería hdpe y concreto.....	39
<i>Figura 17:</i> Pendiente según el trazo del canal	40
<i>Figura 18:</i> Velocidades en tramos con tubería hdpe y concreto.....	43

Resumen

Esta tesis tiene como propósito fundamental aportar con información que existe para el diseño hidráulico de canales, determinar cuál de los diseños ya sea con tubería HDPE o revestimiento con concreto se comporta mejor hidráulica al canal el Potrero, teniendo en cuenta los estudios básicos como topografía y mecánica de suelos.

Por lo que se programó una metodología para determinar las características hidráulicas tales como: caudal, rugosidad, velocidad, energía específica, ancho del canal, altura del canal, diámetro de la tubería, y en base a estas características cuál de los dos diseños hidráulicos se adecua al trazo del canal el Potrero.

El tipo de suelo de la zona de estudio es arcilloso, cuenta con una topografía accidentada; propio de la zona; ambos diseños hidráulicos se han realizado con un caudal de diseño de $0.17 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Luego de realizar el análisis de los resultados se determinó que el mejor diseño hidráulico que se adecua al trazo del canal el Potrero es la línea de Conducción con tubería HDPE.

Palabras clave: Rugosidad, velocidad, caudal, eficiencia hidráulica.

Abstract

The main purpose of this thesis is to provide information that exists for the hydraulic design of channels, to determine which of the designs with either HDPE pipe or concrete lining behaves better hydraulically to the El Potrero channel, taking into account basic studies such as topography and soil mechanics.

Therefore, a methodology was programmed to determine the hydraulic characteristics such as: flow, roughness, speed, specific energy, channel width, channel height, pipe diameter, and based on these characteristics which of the two hydraulic designs is used. adapts to the layout of the El Potrero canal.

The type of soil in the study area is clayey, it has a rugged topography; typical of the area; both hydraulic designs have been made with a design flow of 0.17 m³ / sec.

After carrying out the analysis of the results, it was determined that the best hydraulic design that is appropriate to the layout of the El Potrero canal is the conduction line with HDPE pipe.

Keywords: Roughness, speed, flow, hydraulic efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector agricultura ha sido perjudicado con el déficit de riego debido a la falla de las infraestructuras de riego, como deslizamientos de canales, erosión de suelo, agrietamiento, debido al mal diseño hidráulico sin tomar en cuenta los estudios básicos como mecánica de suelos, topografía, estudio hidrológico; sin buscar otras alternativas que permitan reemplazar infraestructuras tradicionales, porque siempre se ha hablado que un canal de riego siempre va a ser de concreto o de tierra, teniendo conocimiento que existen otras tecnologías que pueden reemplazar infraestructuras tradicionales, este proyecto de tesis busca realizar dos diseños hidráulicos para el sector de riego del potrero, que se encuentra en el distrito de Saucepampa, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, tomando en cuenta la topografía, que nos ayude a definir las pendientes del terreno la cual servirá como base para el diseño, el estudio de mecánica de suelos permitirá saber con qué tipo de suelos se cuenta para así determinar el tipo de infraestructura que se va a diseñar, para lograr consolidar una alternativa en cuanto a diseño hidráulico que sea eficiente, sostenible en el tiempo.

Es muy importante para la población del Potrero, Saucepampa y Paltamayo contar con una buena infraestructura y buen sistema de riego, pues por los cambios climáticos últimamente se viene presentando periodos largos de sequía que afectan a todo tipo de plantaciones y a la actividad agropecuaria del lugar, donde se cultivan plantas de raíces menores como frejol, alverja, trigo, zapallo, yuca, maíz entre otras plantaciones que no soportan periodos largos de sequía y que hasta los pastos naturales se perderían sino tuvieran un riego oportuno.

MINAGRI (2018) Aproximadamente el 80% de la extracción de agua en el Perú se utiliza para el riego; sin embargo, la mayor parte del agua (65%) se pierde debido a la dependencia de sistemas de riego ineficientes.

DRAC (2017) Cajamarca cuenta con 618 210 ha. de aptitud agrícola, de las cuales 495,695 ha. son al secano que representa el 80,19 % y 122,515 ha. bajo riego, que representa tan solo el 19.81 %, esto significa que la infraestructura de riego en la región es deficiente.

El canal el potrero actualmente adolece de muchas deficiencias técnicas como filtraciones, falta de compuertas de control, pérdida de energía potencial, tramos contruidos con pendientes por debajo de las mínimas, caja colmatada y ensanchada por el mantenimiento anual del mismo, camino de vigilancia angosto que se estrecha también cada año por la limpieza y mantenimiento del mismo; el estrechamiento del borde de tierra; este borde izquierdo del canal que forma parte también del camino vigilancia es por donde se presenta las mayores filtraciones lateral del canal, La fuente de captación es el rio chorro blanco, que en periodos de estiaje (junio a diciembre) disminuye mucho su caudal debido a que aguas arriba de la captación, parte del flujo es captado por el canal de regadío Potrero-Santa Cruz y también por otra captación nueva para el agua potable de la ciudad de Santa Cruz, sumado a esto la infraestructura de riego actual es precaria,

El periodo de estiaje que corresponde a la zona se presenta durante los meses de junio a diciembre de cada año que es cuando se da uso al canal. Los propios usuarios acuerdan en previas sesiones los turnos de agua para cada usuario, en función de sus cultivos. Sin embargo, por las pérdidas de agua por filtraciones en tramos de caja de tierra disminuye el caudal por lo que no cubre la demanda a medida que el canal discurre.

Esta situación se agrava en los tramos de canal de poca pendiente partir del km 1+800 hacia adelante, donde el agua se estanca y se conduce con poca velocidad, contribuyendo más las filtraciones y consecuentemente la disminución del caudal para las áreas agrícolas más alejadas de este punto, otra situación es que a partir del Km 1+800 se amplía la frontera agrícola a medida que se extiende el canal aguas abajo incrementando la demanda pero con menos flujo por perdidas de filtraciones en su trayecto, esta situación obliga a los usuarios a prolongar los turnos. Situación que desencadena robos de agua en cada turno, generándose disputas y conflictos entre los usuarios de cabecera con los usuarios del extremo final del canal.

Si bien es cierto la capacidad de conducción hidráulica máxima del canal es de 200 l/seg, verificamos en el tramo inicial y a la salida de la captación, pero existe también mucha incertidumbre en el riego a consecuencia de los derrumbes por causas de las filtraciones.

Sobre la base de situación problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación.

El problema general de la investigación fue ¿Cuál de los dos diseños hidráulicos con tubería HDPE o revestimiento de concreto es el más eficiente hidráulicamente para la zona el potrero?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- PE1: ¿Cómo influye la topografía y la mecánica de suelos en el modelamiento diseño hidráulico del canal Potrero con tubería HDPE y revestimiento de concreto?
- PE2: ¿Cómo influye el tipo de material tubería HDPE y Concreto en la eficiencia de conducción del canal Potrero?

El objetivo general fue: Determinar cuál de los dos diseños hidráulicos con tubería HDPE o revestimiento de concreto es el más eficiente hidráulicamente para el canal de riego el Potrero, Saucepampa-Cajamarca.

- OE1: Analizar cómo influye la topografía y la mecánica de suelos en el diseño hidráulico del canal Potrero con tubería HDPE y revestimiento de concreto.
- OE2: Calcular la eficiencia de conducción del canal Potrero mediante tubería HDPE y revestimiento de concreto.

Finalmente se justifica la elaboración del proyecto de tesis puesto que la agricultura es una actividad económica sostenible en el tiempo y es fundamental para el desarrollo y bienestar de la población rural de las localidades del potrero, Saucepampa y Paltamayo, contribuye también al desarrollo integral del país, pues al generar productos agrícolas se garantizara el abastecimiento de gran parte de los alimentos en los mercados incluso para el consumo propio y hasta se podría

incrementar las exportaciones agropecuarias del país. Para ello es necesario dotar de una buena y eficiente infraestructura de riego acorde a sus necesidades de la población.

En vista de la necesidad de mejorar en el diseño de las estructuras necesaria para la irrigación, la ingeniería hidráulica se ha ido desarrollando en estos años, herramientas computacionales para el modelamiento hidráulico de las estructuras diseñadas, lo que permite conocer el comportamiento real del flujo (o lo más cercano a este), a fin de poner a prueba los diseños hechos, que por lo general son desarrollados por métodos empíricos.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a los conceptos básicos de hidráulica. Rodríguez (2008) menciona:

CANALES

Son vías de tipo abiertas o cerradas, por donde circula el agua y que, por la acción de la gravedad, y un bajo nivel de presión por lo general es nula debido a un inexistente contacto entre la atmosfera y el agua; en este sentido se entiende que la circulación del agua a través de los canales es por la presencia de la presión atmosférica y su peso.

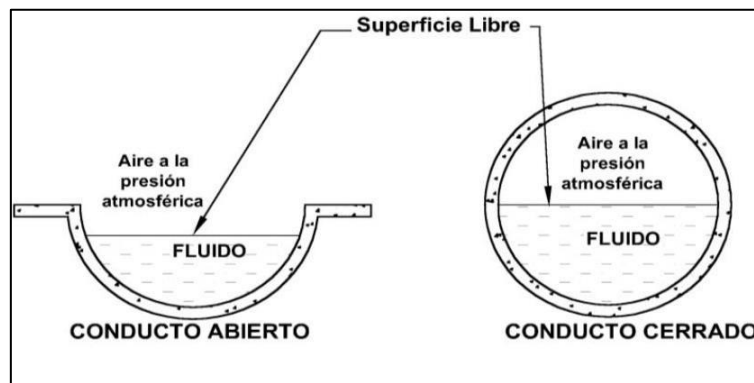


Figura 01: Flujo en conductos

Fuente: Pedro, R. (2018)

Clasificación de los canales

De acuerdo con su origen los canales se clasifican en:

Canales naturales: Incluyen recursos hidráulicos existentes en su mayoría de forma natural, es decir, pueden ser ubicados en pequeños arroyuelos, hasta grandes ríos, quebradas, lagos o lagunas, claro está que se tiene como factor de variabilidad la escala o tamaño de estos. Se debe considerar dentro de este grupo a las corrientes subterráneas, ya que por su naturaleza sirven como transporte del agua a través de su superficie, por cual también son conocidos como canales abiertos de agua.

Asimismo, por lo general se emplea una selección transversal en este tipo de canales naturales, siendo de forma irregular y dinámica, teniendo en cuenta su recorrido (Fig.02, 03), alineación, características y aspereza de los lechos.

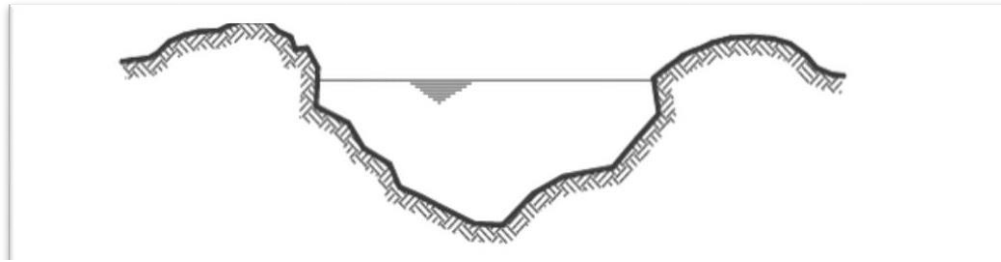


Figura 02: Sección transversal irregular

Fuente: Pedro, R. (2018)

Canales artificiales: Son aquellos cuya elaboración, desarrollo y construcción implican la colaboración de la mano del hombre, estos pueden ser de: riego, navegación, control de inundaciones, centrales hidroeléctricas, alcantarillado, de desborde, canaletas, cunetas en carretera, cunetas de drenaje agrícolas, entre otros. Los canales de tipo artificial, por lo general se diseñan geoméricamente y teniendo en cuenta característica regular de un prisma, es por esto que se le conoce comúnmente como canales prismáticos, ya que se emplea una sección transversal y consideran el grado de una pendiente de fondo constante.

Considerando la terminología, una sección de canal hace referencia a la dirección del flujo de forma perpendicular a la sección transversal. Como se evidencia en la (Fig.01.03), algunas de las secciones transversales mayormente empleadas son las siguientes:

SECCIONES ABIERTAS

- Sección trapezoidal: Utilizado frecuentemente en canales que aseguren estabilidad en las pendientes como en canales de tierra y canales revestidos.
- Sección rectangular: Por la naturaleza de los rectángulos (lados verticales), generalmente se emplean en canales construidos con materiales firmes, acueductos de madera, en canales excavados en la roca y para canales con revestimiento.
- Sección triangular: Por su facilidad de trazo, se emplean en canales revestidos como las alcantarillas de las carreteras, pero esencialmente en cunetas revestidas por carretera y pequeños canales de tierra.
- Sección parabólica: Empleado ocasionalmente en canales revestidos, por lo cual la mayoría de estos toman su forma como referencia en los canales naturales y viejos canales de tierra. (Fig.03).

SECCIONES CERRADAS

- Sección parabólica: Empleado mayormente en estructuras hidráulicas importantes y alcantarillas.
- Sección circular: Su uso es común en alcantarillas y alcantarillados de escala pequeña y mediana.

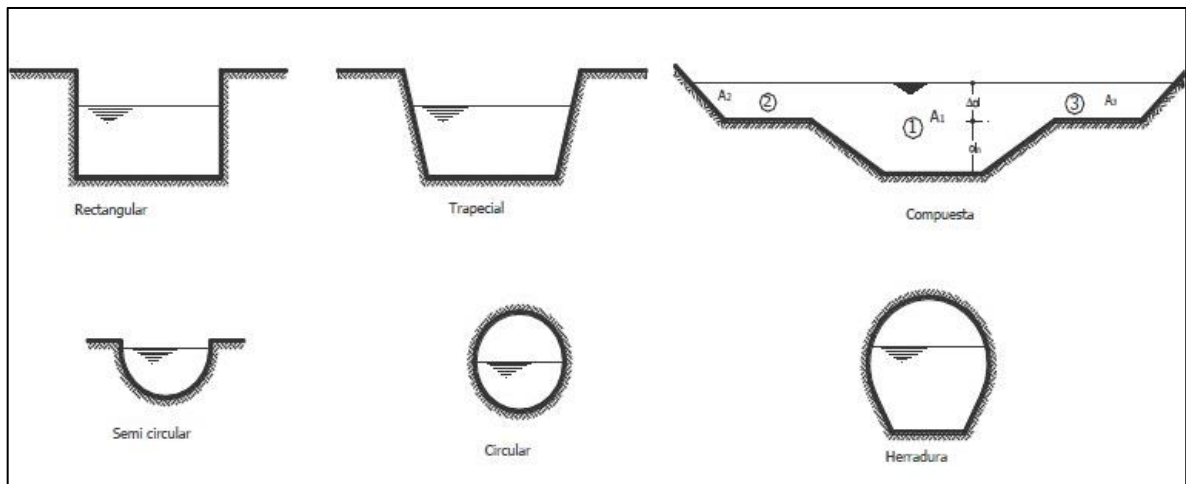


Figura 03: Secciones artificiales transversales

Fuente: Pedro, R. (2018)

Cuando se quiere tomar la elección adecuada para una determinada sección transversal, primeramente, se identifica el tipo de canal por construir, de esta manera, se obtendría modelos de forma trapezoidal como en canales revestidos, d rectangulares en canales revestidos, triangulares en pequeños canales como cunetas y contra cunetas en carretera, y por último circulares en alcantarillas, colectores y túneles.

Sin embargo, se presentan casos como los mencionados anteriormente, donde se evidencia su utilidad en la rectificación de ríos, que atraviesan una ciudad.

Secciones de los canales:

En los canales abiertos las secciones más usadas para el diseño se presentan en la figura 04.

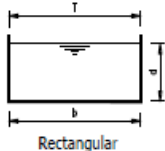
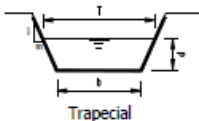
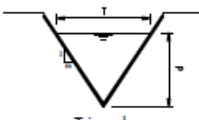
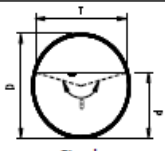
SECCIÓN	ÁREA	PERÍMETRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	ANCHO SUPERFICIAL	PROFUNDIDAD HIDRÁULICA
 Rectangular	$b \cdot d$	$b + 2d$	$\frac{bd}{b + 2d}$	T	d
 Trapezoidal	$b \cdot d + md^2$	$b + 2d \sqrt{1 + m^2}$ O también : $b + 2d \sqrt{1 + \text{ctg } \theta^2}$	$\frac{bd + md^2}{b + 2d \sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2md$	$\frac{bd + md^2}{b + 2md}$
 Triangular	md^2	$2d \sqrt{1 + m^2}$ O también $2d \sqrt{1 + \text{cot } g \theta^2}$	$\frac{md}{2 \sqrt{1 + m^2}}$	2md	$\frac{d}{2}$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen } \theta) D^2}{8}$	$\frac{D \theta}{2}$	$\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) \frac{D}{4}$	$\left(\frac{\text{sen } \theta}{2}\right) D$ $2 \sqrt{d(D - d)}$	$\frac{1}{8} \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen } \frac{1}{2} \theta}\right) D$

Figura 04: Elementos geométricos de las secciones transversales

Fuente: Pedro, R. (2018)

Bordes Libres:

Al momento de diseñar un canal, se debe considerar aplicar un margen de seguridad, con el fin de prever y evitar desbordamientos producidos por el aumento espontaneo de agua siendo las precipitaciones un ejemplo por excelencia. Cabe destacar que el margen aplicado también denominado margen libre y este se obtiene al aumentar la altura de canal a uno próximo sobre el nivel de agua que lo recorre. Por lo cual Ven Te Chow (1997) señala que "una curva sirve de guía para obtener la altura del borde libre promedio para canales laterales de riego revestidos" siendo representado en la Figura 05:

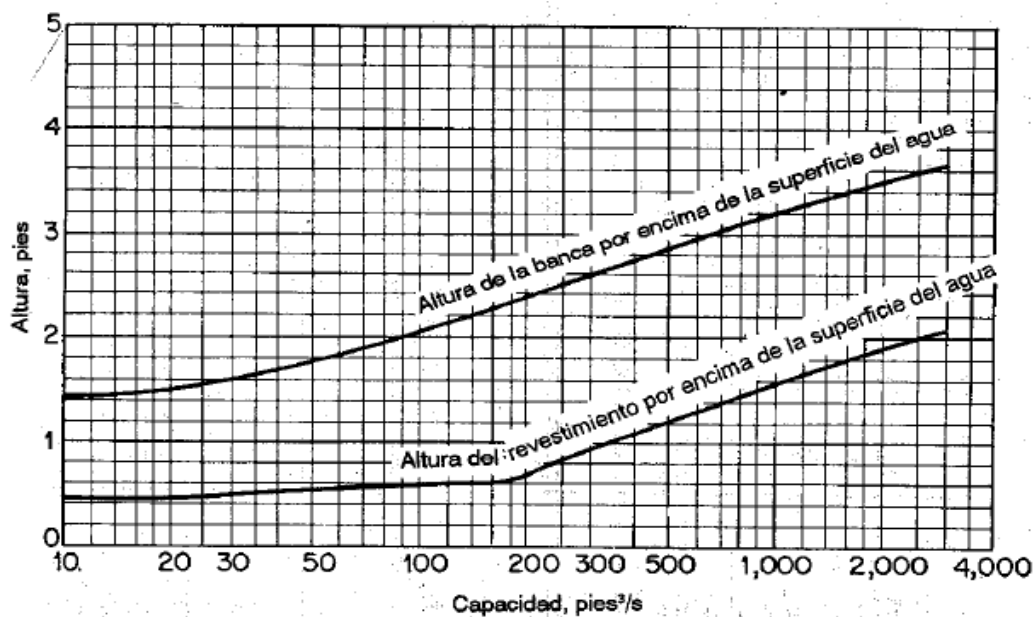


Figura 05: Curvas para el borde libre en canales

Fuente: Ven Te Chow (2004)

Chow (2004), afirma que por lo general los bordes libres presentan una variabilidad menor del 5% al 30% de la profundidad del flujo. Además, según la Autoridad Nacional del Agua (2010) se evidencian valores recomendados para el borde libre a partir del caudal y del revestimiento empleado, como se muestra en la tabla 01:

Tabla 01: Borde libre en función del caudal

Caudal (m^3/seg)	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10
0.05 – 0.25	10	20
0.25 – 0.50	20	40
0.50 – 1.00	25	50
> 1.00	30	60

Fuente: Autoridad Nacional del Agua-ANA (2010)

MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Modelos Matemáticos:

Los fenómenos hidráulicos son tan complejos que no se pueden describir y analizarlos en su totalidad, por ello se estudian los modelos matemáticos como herramientas para conocer el comportamiento de estos fenómenos. Según Rocha (2007), un modelo físico o matemático, es una representación simplificada de un aspecto de la naturaleza y, en muchos casos, de las obras construidas en ella.

Los modelos matemáticos son instrumentos que nos permite conocer y comprender el comportamiento del agua en la naturaleza, así como su interacción con las estructuras; debiendo indicarse que los modelos matemáticos no solo se aplican a la hidráulica.

también indica que un modelo es toda esquematización de la realidad hecha con fines de estudio. Todas las ciencias de los objetos reales trabajan con situaciones más o menos idealizadas que constituyen inevitablemente simplificaciones, en verdad deformaciones, de la realidad.”

Por lo mismo, tanto los modelos matemáticos como los modelos físicos son muy útiles para comprender el comportamiento de fenómenos del mundo real, en este caso fenómenos hidráulicos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de diseño de investigación es descriptivo debido a que este se emplea para contrastar problemas de identificación, es decir para descubrir características de una realidad. En este tipo de diseños el investigador solo observa lo que ocurre en la realidad problemática (Obando, 2003).



Donde:

A: Es el lugar y la población del caserío Potrero.

B: Es la información recolectada.

El tipo de diseño de investigación es no experimental el cual se encuentra dentro del diseño transversal descriptivo permitiendo que aquellos que tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables (Conde-Jiménez, 2006).

3.2. Variables, operacionalización

Debido al tipo de investigación que se va a realizar se obtendrá una única variable para la cual se van a establecer los indicadores y medición de diseño.

VARIABLE: “Análisis comparativo del diseño hidráulico del canal el potrero mediante tubería hdpe y revestimiento de concreto”

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Análisis comparativo del diseño hidráulico del canal el potrero mediante tubería hdpe y revestimiento de concreto	Análisis comparativo se presenta como el acto de observar dos o más cosas para descubrir sus relaciones o estimar sus diferencias y semejanzas	Se realizarán el proyecto tomando en cuenta la topografía mediante el uso de software y la utilización de los análisis de suelo y el estudio hidrológico.	Levantamiento Topográfico	Levantamiento Altimétrico	Intervalo (msnm)
				Equidistancia	Intervalo (m)
				Perfiles longitudinales	Intervalo (m)
				Vista en planta de secciones	Intervalo (m)
				Rasante	Razón (%)
			Mecánica de suelos	Límite de consistencia	Razón (%)
				Contenido de humedad	Razón (%)
				Estratificación de suelos Capacidad portante	-----
			Hidrología	Base de datos hidrológicos	Razón (%)
				Intensidad de Precipitación	Razón (%)
			Diseño con Tubería HDPE	Sección geométrica	%
				Rugosidad	m3/seg
				Pendiente	-----
Diseño con Revestimiento de Concreto		Razón (%)			
	Caudal de captación	Razón (%)			
	Tipo de Tecnología	%			

3.3. Población y muestra

Población

El canal de riego en estudio y sus 122 hectáreas.

Muestra

El canal de riego el Potrero 0+000 Km hasta 5+167 Km

Periodo de diseño

El cálculo realizado es para una proyección de 10 años.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El presente proyecto de tesis se desarrolló bajo la técnica de observación, encuestas y levantamiento de información geo referencial del canal el Potrero.

Se realizó la visita técnica recorriendo desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 5+166 utilizando el método de la observación, tomando nota de la situación actual en la que se encontró el canal el Potrero, describiendo zonas con deslizamiento, presencia de arbustos, sedimentación de tramos de canal.

Se efectuó una reunión con los representantes de la junta de regantes del canal el Potrero, donde aseguraron que existe gran problema de conducción de agua para regadío ya que ellos necesitan un caudal de 170 l/s para irrigar 122 hectáreas de esa forma utilizando la técnica de la encuesta.

Se realizó el levantamiento topográfico para obtener cotas, pendientes y georreferenciación del canal así mismo se realizó el muestreo de suelos para obtener información geológica.

3.5. Procedimiento

Para el levantamiento topográfico previamente se realizó el reconocimiento del terreno del canal el Potrero, siendo el punto de partida la captación, luego se materializó dos puntos fijos “A” y “B” con un GPS navegador para obtener las coordenadas de estos puntos que forman entre sí una línea base que permite orientar el equipo topográfico, partiendo de cualquiera de ellos y avanzando conforme discurre el canal se conformando una red de estaciones desde las cuales se toman las coordenadas de los puntos del eje del canal básicamente y puntos fuera de él conformando así la faja de terreno del levantamiento planímetro.

También se realizará un estudio de Mecánica de suelos el programa de exploración de campo llevado a cabo consistió en la ejecución de cinco (05) calicatas a la profundidad de 1.50 mts. con respecto a los niveles del eje y talud del canal para una extensión de 5+167 Km.

En las calicatas se realizó un perfilaje minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la extracción de muestras representativas de los suelos típicos las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

También se elaboró un análisis de capacidad portante para poder realizar el diseño de la línea de conducción del canal de riego el Potrero

Para los datos meteorológicos se recurrió a la página principal del SENAMHI, siendo la estación meteorológica SANTA CRUZ la más cercana a nuestra zona de estudio, la cual nos ha proporcionado los datos para nuestra tesis.

Para determinar las características hidráulicas del canal ya se con revestimiento de concreto y tubería HDPE se ha utilizado el software Hcanales programa desarrollado por el ingeniero peruano Máximo Billón Béjar.

3.6. Método de análisis de datos

A partir de los datos obtenidos del levantamiento topográfico mediante los programas tales como el AutoCAD, AutoCAD Civil 3d, se analizarán detalladamente el perfil longitudinal del canal como las pendientes respectivas, secciones, con el programa de Hcanales determinaremos las características hidráulicas del canal, se interpretarán los resultados obtenidos de la mecánica de suelos, se realizarán dos modelamientos hidráulicos donde se va determinar el mejor diseño hidráulicos para el canal.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto será elaborado con transparencia y responsabilidad debido a que se verá beneficiada la población del caserío de Cochapampa.

El diseño de la infraestructura hidráulica del canal de riego del caserío de Cochapampa, distrito de Saucepampa, provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca, se realizará teniendo en cuenta los requisitos y exigencias mínimas para su diseño y elección de materiales, establecidos en la directiva establecida por Programa Subsectorial de Irrigación.

Se respetarán los principios fundamentales de la propiedad intelectual a través del compromiso ético durante el proceso de creación del presente proyecto de investigación, respetando y reconociendo mediante citas la producción intelectual de otros profesionales. Y el principio de buena fe, en tanto la presente producción es de nuestra autoría. Ley N^o30276 – Ley sobre el Derecho de Autor.

Ley N^o 30220 – Ley Universitaria, Decreto Legislativo N^o 822 y su modificación Ley N^o 30276 – Ley sobre el Derecho de Autor. Ética de recolección de datos: Actividades técnicas en campo (IN SITU) y Gabinete (Parámetros técnicos normativos). Ética de la publicación: Información válida y confiable, como revisión documentaria (consulta) y aplicación (ejecución del proyecto para construcción). Ética de la aplicación: generará beneficios sociales, económicos y ambientales, si se procede a su aplicación, previa permiso y autorización (Enfocado a órganos locales). (Ley N^o 30220, 2014)

IV. RESULTADOS

Ubicación geográfica

El proyecto lo ubicamos dentro del ámbito que abarca las coordenadas de inicio y finales del canal y sobre una cota promedio 2000 msnm. Que abarca las localidades el POTRERO que identifica al canal.

- Localidades : El Potrero
- Distrito : Saucepampa
- Provincia : Santa Cruz
- Región : Cajamarca.
-

Coordenadas de inicio de canal			
Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
Latitud	6° 42'25.98" sur	Norte	9258115.00
Longitud	78° 53'20.79" sur	Este	733344.00

Coordenadas finales del canal			
Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
Latitud	6° 41'15.83" sur	Norte	9260282.30
Longitud	78° 54'51.07" sur	Este	730579.85

Se realizó la visita a campo con los representantes de la Junta de Regantes del canal el Potrero para realizar el reconocimiento de la zona donde se va a realizar el estudio. Se optó por el método de coordenadas para la toma de datos de campo que consistió en lo siguiente:

- a. Se materializo dos puntos fijos "A" y "B" y aprovechando el sistema Red Geodésica Mundial WGS-84 (Sistema de Posicionamiento Global), con un GPS navegador de la marca Garmin modelo 78S, se obtuvo las coordenadas de estos puntos que forman entre si una línea base que permite orientar el equipo topográfico, y establecer a partir de estos una poligonal abierta de

apoyo en cuyos vértices servirá para estacionarse con el equipo y de estos puntos las coordenadas del levantamiento del eje del canal y otros puntos auxiliares de la faja del terreno adjunto al canal.

Punto “A”

Coordenada Norte : 9258074
 Coordenada Este : 733372
 Cota : 2143 msnm

Punto “B”

Coordenada Norte : 9258197
 Coordenada Este : 733328
 Cota : 2138 msnm

- b. Para el control altimétrico, con otra brigada, se procedió a nivelar el estacado del eje del canal, con un nivel de ingeniero de la marca Topcon modelo AT G6, partiendo desde BM-1, que lo ubicamos con la estación total sobre una roca cercana a la captación y con una cota 2,142.499 m.s.n.m., dejando BMs sobre rocas fijas en trayecto en las zonas de intervención para el revestimiento y/o cada 500 m. Adjunto tabla de BMs.

Tabla 02: BMs para el control altimétrico

PTO	NORTE	ESTE	COTA	KM
BM 1	9258063.42	733360.393	2142.499	0+000
BM 2	9258394.37	733349.754	2105.33	0+480
BM 3	9258698.03	733043.344	2085.55	1+020
BM 4	9258845.01	732751.115	2079.962	1+440
BM 5	9259103.33	732435.571	2074.069	1+970
BM 6	9259388.06	732124.563	2074.253	2+480
BM 7	9259620.97	731816.996	2071.985	2+900
BM 8	9260015.69	731665.113	2064.983	3+420
BM 9	9260396.83	731493.766	2049.051	3+940
BM 10	9260210.73	731070.058	2041.047	4+440
BM 11	9260078.89	730700.206	2030.011	4+920

Fuente: Elaboración propia

- c. El levantamiento consiste en formar una poligonal de apoyo iniciando en la línea de base que lo forman los denominados Puntos “A” y “B”; partiendo de cualquiera de ellos y avanzando conforme discurre el canal se va conformando una red de estaciones desde las cuales se toman las coordenadas de los puntos del eje del canal básicamente y puntos fuera de él conformando así la faja de terreno del levantamiento planimétrico. Todas las estaciones conforman los vértices de la poligonal de apoyo con los cuales se ha conformado una tabla de coordenadas, que correspondan a estos vértices y que se encuentran ubicados dentro del área del proyecto de igual manera los puntos A y B, fijados en hitos o estructuras existente de concreto cuyas coordenadas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 03: *Vértice de poligonal de apoyo*

PTO	NORTE	ESTE	COTA
EST 1 (A)	9258074.462	733371.689	2143.513
EST 2 (B)	9258196.746	733328.08	2138.359
EST 3	9258225.115	733211.106	2164.868
EST 4	9258522.628	733224.825	2101.085
EST 5	9258704.298	733030.701	2086.699
EST 6	9258742.736	732796.848	2080.651
EST 7	9258749.353	732778.814	2079.329
EST 8	9259075.697	732461.068	2074.76
EST 9	9259217.421	732277.897	2074.35
EST 10	9259313.428	732228.608	2074.251
EST 11	9259405.42	732067.152	2072.665
EST 12	9259509.596	731936.87	2067.096
EST 13	9259606.888	731819.602	2071.071
EST 14	9259626.534	731811.68	2071.692
EST 15	9260251.113	731105.753	2051.353
EST 16	9260157.67	730957.364	2040.508
EST 17	9260141.803	730912.201	2039.995
EST 18	9260104.418	730900.048	2035.377
EST 19	9260089.059	730855.608	2037.521
EST 20	9260023.804	730787.296	2031.049
EST 21	9260029.518	730770.967	2034.696
EST 22	9260047.338	730724.975	2031.158
EST 23	9260086.053	730695.317	2029.876
EST 24	9260154.146	730626.574	2024.581
EST 25	9260188.726	730602.987	2023.188

Fuente: Elaboración propia

Del estudio topográfico se ha determinado que el tipo de topografía es accidentada ya que el Angulo del terreno respecto a la horizontal es mayor 20° esto se pude corroborar en el perfil longitudinal.

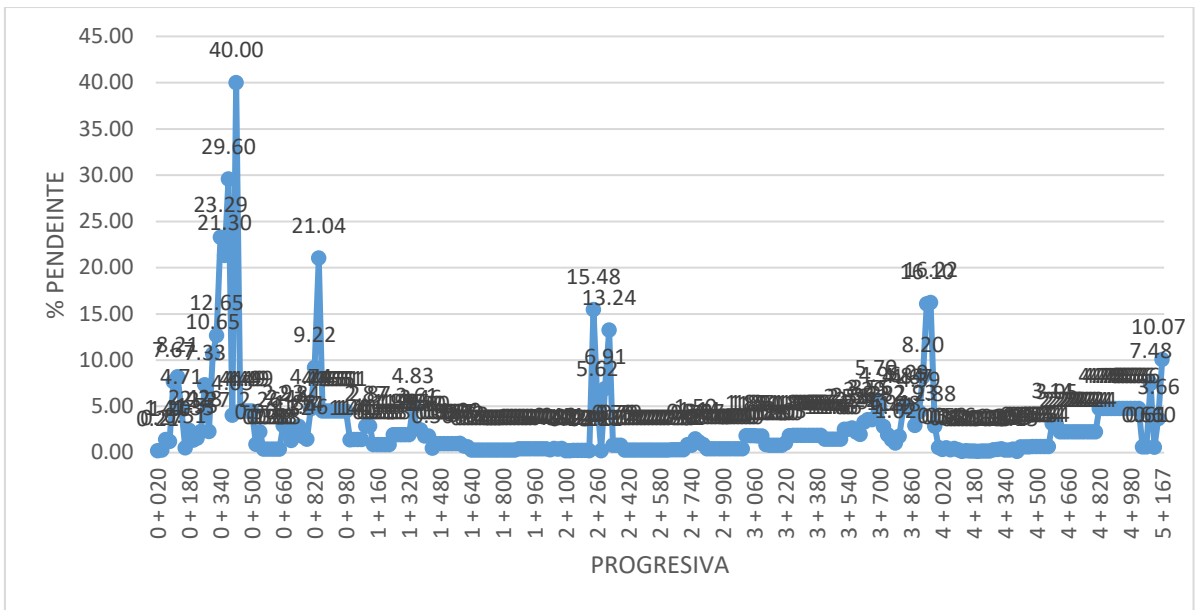


Figura 06: Pendiente del canal del potrero

Fuente: Elaboración propia

El canal el Potrero existe tramos donde las pendientes son bastantes pronunciadas que incluso pueden llegar a 40% como es el caso de la progresiva 0 + 420, de igual manera que la progresiva 0 + 380 con una pendiente del 29.60%.

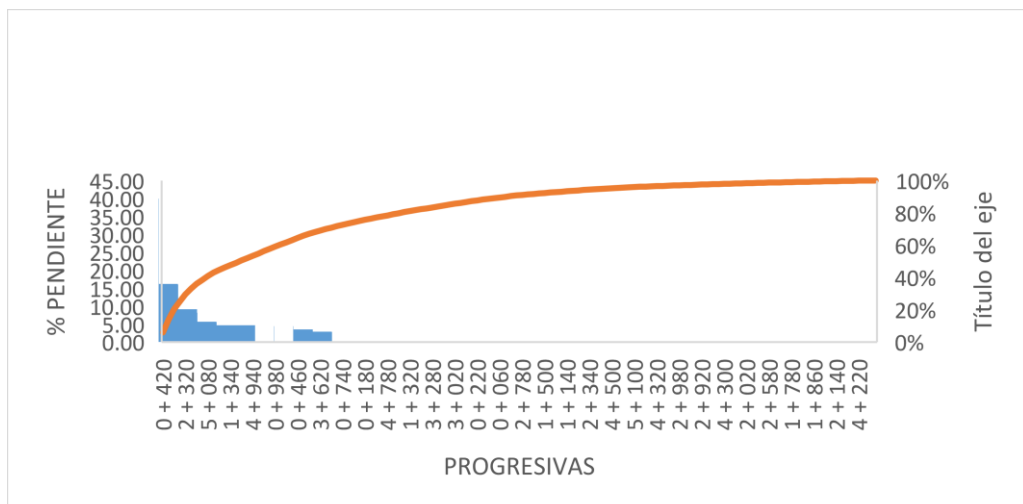


Figura 07: Pendiente del canal del potrero

Fuente: Elaboración propia

Para el estudio de suelos se ha llevado a cabo la ejecución de cinco (05) calicatas a la profundidad de 1.50 mts. con respecto a los niveles del eje y talud del canal para una extensión de 5+167 Km.

Se tomó como muestra 5 kilos de material por cada calicata para poder realizar el estudio de substratos y el contenido de humedad.

TRABAJO DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El análisis granulométrico que se realizó obtuvimos como resultado que la mayor parte está conformado en su mayoría por suelos del tipo CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, SC arenas arcillosas y ML- CL, arcillas limosas.

Tabla 04: Resultado de estudios de suelos

CALICATA	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD	SUCS	LL%	LP%	IP%	W%
C - 1	1+122	0.30 – 1.50	CL	36.25	21.31	14.94	25.7
C - 2	1 + 900	0.30 – 1.50	SC	32.02	20.14	11.88	21.56
C - 3	2 + 540	0.30 – 1.50	CL	36.22	20.47	15.75	24.73
C - 4	3 + 600	0.30 – 1.50	CL	38.85	21.02	12.83	17.77
C - 5	4 + 500	0.30 – 1.50	ML - CL	27.15	21.02	6.13	26.65

Fuente: Resultado de estudios de Suelos

NIVEL FREÁTICO

Durante la exploración de campo, no se detectó el nivel freático solo se detectaron filtraciones de agua en la calicata denominada C-05.

Sin embargo, la zona presenta una humedad natural entre 17.77 % y 26.65 % de humedad natural.

CAPACIDAD PORTANTE O CORTE DIRECTO

La determinación de la capacidad portante se ha realizado en las calicatas denominadas C-1, C-3 y C-5, según los resultados obtenidos nos determinó lo siguiente:

Tabla 05: Capacidad portante del suelo

CALICATA	Df	ϕ	C Kg/cm ²	Y g/cm ³	qa Kg/cm ²
C – 1	0.50	10.25	0.32	1.75	0.73
C – 3	0.50	11.02	0.30	1.77	0.71
C – 5	0.50	13.22	0.28	1.76	0.73

Fuente: Resultado de estudios de suelos

Que la capacidad portante de los suelos del canal de regadío el Potrero en su mayoría tiene una capacidad admisible de 0.73 Kg/cm².

Tabla 06: Análisis químico

CALICATA PROFUNDIDAD (m)	P.P.M			
	C Kg/cm ²	Y g/cm ³	qa Kg/cm ²	
C – 1	0.30 – 1.50	0.32	1.75	0.73
C – 3	0.30 – 1.50	0.30	1.77	0.71
C – 5	0.30 – 1.50	0.28	1.76	0.73

Fuente: Resultado de estudios de suelos

El contenido de sulfatos solubles del suelo determinado mediante análisis químico de laboratorio el promedio de muestra representativa es de 150.3 p.p.m. Según el Manual de concreto (3) y la Norma Técnica de Edificación e060: Concreto Armado (4), cuando este contenido es menos de 1000 p.p.m. el ataque de los sulfatos del suelo al concreto es despreciable; cuando dicho contenido está comprendido entre 1 000 y 2 000 p.p.m. el ataque es positivo.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

PARÁMETROS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Nacimiento de agua:

La fuente de agua de estudio es la del río Chorro blanco

Investigación Meteorológica y Climatológica

Para este estudio se contó con información de la estación meteorológica de Santa Cruz que es monitoreada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Tabla 07: *Ubicación geográfica de la estación meteorológica*

Estación Meteorológica: SANTA CRUZ					
Departamento	Cajamarca	Provincia	Santa Cruz	Distrito	Santa C
Latitud	6°36'59.64"	Longitud	78°56'51.41"	Altitud	2002 msnm

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la demanda de agua

Toda plantación necesita del recurso hídrico para su desarrollo, rendimiento de su producción es necesario estimar la cantidad de agua que requieren los cultivos para su normal desarrollo desde su siembra hasta la cosecha. La demanda de agua de riego, se define como el caudal o volumen de agua que se requiere para satisfacer un área determinada de cultivo que en nuestro caso es orden de 122 hectáreas.

Esta demanda está referida a caudales mensuales y volumen anual de agua, que nos permite ofrecer la dotación a los usuarios de acuerdo a sus cultivos, y define la capacidad conductiva del canal. Los factores que determinan la demanda son:

- Evapotranspiración
- Precipitación efectiva.
- Cédula de cultivo.
- Nivel freático.
- Uso complementario del agua de riego.
- Eficiencia del sistema de riego.

Por lo mencionado se deben realizar estudios dirigidos al cálculo de la demanda de agua de los cultivos en proyectos de Desarrollo del ámbito rural, para establecer el caudal de diseño y de esta manera realizar un apropiado calculo hidráulico y estructural de la infraestructura de riego; para que de esta manera los cultivos puedan tener a tiempo el recurso hídrico con el volumen suficiente.

Se ha procedido la verificación del volumen de agua que se necesita para el regadío de 122 hectáreas, con los cultivos más importantes que desarrolla su actividad agrícola durante cada año. La verificación se realiza por el método consuntivo obteniendo valores muy semejantes adoptamos un caudal de diseño de 170 l/seg; para el presente proyecto.

Tabla 08: Datos estación meteorológica- Santa Cruz

Datos estación meteorológica- Santa Cruz											
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACION SANTA CRUZ											
17.35	17.81	17.97	17.64	17.39	17.14	16.78	17.31	18.74	18.94	18.03	18.34
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO EN % EN LA ESTACION SANTA CRUZ											
50	55	58	60	56	48	46	45	57	51	58	53
VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO EN LA ESTACION SANTA CRUZ											
7.39	7.96	7.29	7.1	7	9.67	9.71	10.71	10.43	8.52	8.18	9.26
HELIOFANIA (HORAS Y DECIMOS) EN LA ESTACION SANTA CRUZ											
115.545	118.2	114.225	122.025	141.825	139.05	144.612	151.95	155.55	162.975	151.275	128.775
31.06	35.18	30.71	33.90	38.13	38.63	38.87	40.85	43.21	43.81	42.02	34.62

Fuente: Estación metereológica de la Provincia de Santa Cruz

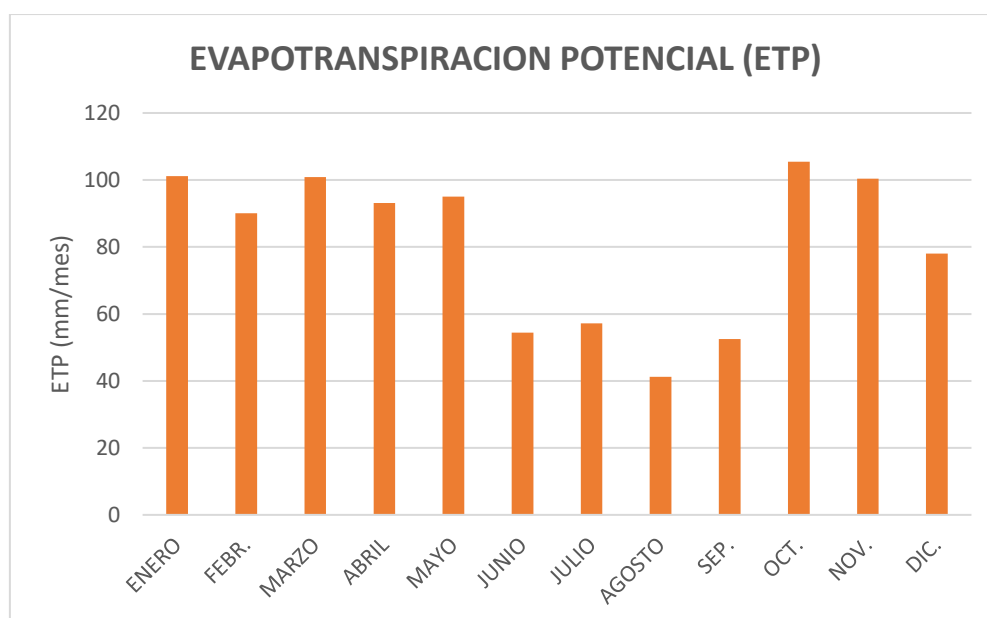


Figura 08: Evapotranspiracion potencial (ETP)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 09: Cálculo de C

CALCULO DE C												
MES	EN ER O	FE BR.	MA RZO	AB RIL	MA YO	JU NIO	JU LIO	AGO STO	SE P.	OC T.	NO V.	D I C
CT	0.916	0.930	0.935	0.925	0.917	0.909	0.898	0.915	0.960	0.966	0.937	0.947
CH	1.043	1.025	1.011	1.000	1.020	1.048	1.052	1.054	1.016	1.040	1.011	1.033
CW	1.054	0.982	1.066	1.086	1.096	0.676	0.667	0.425	0.498	0.896	0.950	0.761
CS	0.643	0.679	0.640	0.667	0.703	0.708	0.710	0.726	0.745	0.750	0.736	0.674
CE	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971
C	0.628	0.617	0.626	0.651	0.701	0.443	0.435	0.289	0.351	0.655	0.643	0.487

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Valores medios mensuales de radiación

VALORES MEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN EXTRATERRESTRE PROCEDIMIENTO CHRISTIANSEN

	ENER O	FEB R.	MAR ZO	ABRI L	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOS TO	SEP	OCT	NOV	DIC.
R	15.94	16.05	15.93	14.78	13.6	12.53	13.21	14.28	15.41	16	16	15.86
t	16.07	16.12	16.12	14.68	13.44	12.74	13.04	14.15	15.36	16.04	16.11	16.01
6°37'	16.02	16.09	16.05	14.72	13.50	12.66	13.11	14.20	15.38	16.02	16.07	15.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: ETP (Evapotranspiración)

		ETP (EVAPOTRANSPIRACION)											
		ENER O	FEB R.	MAR ZO	ABRI L	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOST O	SEP.	OCT	NOV	D I C
ETP	mm/día	3.26	3.22	3.25	3.10	3.06	1.82	1.85	1.33	1.75	3.40	3.35	2.52
	MM/M ES	101.12	90.03	100.86	93.13	94.99	54.45	57.20	41.23	52.46	105.46	100.36	78.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Cultivos

		CULTIVOS													
ETP	MES	PAPA			ZAPALLO			FRIJOL			MAIZ			Uso Consultivo Total	
		%	Uc	Kc	%	Uc	Kc	%	Uc	Kc	%	Uc	Kc	mm/mes	mm/día
101.12	ENERO				85	68.26	0.675	20	40.45	0.4	85	68.26	0.675	176.97	5.71
90.03	FEBRERO	25	47.27	0.525	100	45.01	0.5	40	76.52	0.85	100	45.01	0.5	213.82	7.64
100.86	MARZO	50	90.78	0.9				60	90.78	0.9	20	50.43	0.5	231.99	7.48
93.13	ABRIL	75	88.47	0.95	-		-	80	55.88	0.6	40	74.50	0.8	218.84	7.29
94.99	MAYO	100	85.49	0.9	-		-	100	19.00	0.2	55	85.49	0.9	189.99	6.13
54.45	JUNIO	25	28.59	0.525	-		-	20	21.78	0.4	70	46.28	0.85	96.65	3.22
57.20	JULIO	50	51.48	0.9	-		-	40	48.62	0.85	85	38.61	0.675	138.70	4.47
41.23	AGOSTO	75	39.17	0.95	-		-	60	37.11	0.9	100	20.62	0.5	96.90	3.13
52.46	SEPTIEMBRE	100	47.22	0.9	20	26.23	0.5				20	26.23	0.5	99.68	3.32
105.46	OCTUBRE				40	84.37	0.8				40	84.37	0.8	168.73	5.44
100.36	NOVIEMBRE				55	90.33	0.9				55	90.33	0.9	180.65	6.02
78.02	DICIEMBRE				70	66.32	0.85				70	66.32	0.85	132.63	4.28

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Perfil de suelo

TIPO SUELO	Fco Lo	Fco	Fco Ao	Ao
Fs	1	1	0.9	0.75
dn	7.636	7.636	8.485	10.182
Dneta	76.364	76.364	84.848	101.818
Dreal	112.299	112.299	124.777	149.733

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Determinación del caudal de diseño

CANAL	Tipo Suelo	Dreal m3/ha-día	AREA (ha)		DOTACION (m3/día)		Q diseño m3/seg
			PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL	
A	Fco Lo	112.299	92.25		10359.62		
	Fco	112.299	30		3368.98		
	Fco Ao	124.777	0		0.00		
	Ao	149.733	0	122.25	0.00	13728.60	0.159
A	TOTAL						0.159
	PERDIDA(5 %)						0.008
	Q TOTAL						0.167

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se adopta un caudal de diseño de 170 l/seg. Para realizar el modelamiento hidráulico mediante las dos propuestas con revestimiento de concreto y tubería HDPE.

Para tal sentido es necesario realizar el diseño estructural del canal revestido con concreto y determinar el diámetro de la tubería HDPE.

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CANAL REVESTIDO CON CONCRETO

Características físicas del suelo

$$\sigma_s = 0.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_s = 1650.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 10.25^\circ$$

Características del concreto

$$f_c = 175.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2300.00 \text{ kg/cm}^3$$

Espesor de losa muro:

$$e_m = 0.10 \text{ m}$$

$$e_l = 0.15 \text{ m}$$

$$S/c = 500.00 \text{ kg/m}^2$$

Caudal de diseño = 0.17 m³/s

Pendiente del tramo = 1.00 ‰

Calculo estructural

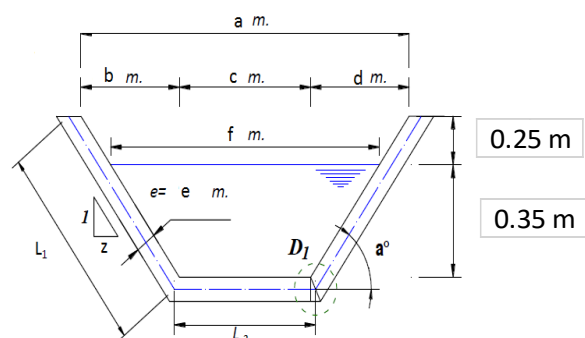
Verificamos $\sigma < \sigma_s$

Que la presión que ejerce el peso del canal más el agua sea menor que la capacidad portante del suelo.

$$\sigma = \left(\frac{w_c + w_a}{A_c} \right)$$

$$\sigma = \left(\frac{w_c + w_a}{L_a * 1} \right)$$

$$w_c = 2 * (\gamma_c * L_1 * e) + \gamma_c * L_2 * e$$



Altura de diseño H es:

$$H = bl + Y + \frac{e}{2}$$

$$H = 0.68 \text{ m}$$

$$Z = 0$$

$$a^\circ = 90^\circ$$

Remplazando valores tenemos

$$L_1 = 0.60 \text{ m}$$

Cálculo de L_2

$$L_2 = c + 2 * d_1 ; \quad c = 0.60 \quad ; \quad d_1 = 0.10 \text{ m}$$

$$L_2 = 0.80 \text{ m}$$

Calculando el peso del concreto

$$w_c = 2 * (\gamma_c * L_1 * e) + \gamma_c * L_2 * e$$

$$w_c = 552.00 \text{ kg/m}$$

Calculando el peso del agua

$$w_a = \gamma_a * A_a$$

$$\gamma_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3$$

Consideramos el área hidráulica a canal lleno como condición desfavorable

$$A_a = (c * Hc)$$

$$A_a = 0.36 \text{ m}^2$$

$$w_a = 360 \text{ kg/m}$$

La presión del sistema sobre el suelo es:

$$\sigma = \left(\frac{w_c + w_a}{L_a * 1} \right)$$

$$\sigma = 1140.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 0.11 < \sigma_s = 0.75 \quad (\text{ok})$$

Concluimos que la estructura no fallará por asentamiento.

Losa apoyada en el talud

Cálculo del momento de vuelco M_v

$$M_v = \frac{1}{2} * C_{ea} * \gamma_s * H * (H + 2h') * \left(\frac{H^2 + 3 * H * h'}{3(H + 2h')} \right)$$

$$h' = \frac{s/c}{\gamma_s}$$

C_{ea} : Coeficiente de empuje activo

$$C_{ea} = \left[\frac{\frac{\text{sen}(\alpha - \phi)}{\text{sen}\alpha}}{\sqrt{\text{sen}(\delta + \alpha)} + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi)\text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(\alpha - \beta)}}} \right]^2$$

Donde:

ϕ = ángulo de fricción interna (suelo- suelo)

δ = ángulo de rozamiento (suelo –losa)

β = ángulo que forma el talud superficial del terraplén

α = ángulo que forma el talud del canal

Según Coulomb: $0 \leq \delta \leq \phi$

$\delta = 0$ corresponde a un muro con cara interna lisa

$\delta = \phi$ supone un deslizamiento cercano a la capa interna del muro.

Según Terzaghi:

$$\frac{\phi}{2} \leq \delta \leq \frac{2\phi}{3}$$

Usamos los valores de

$$\phi = 10.25^\circ$$

$$\delta = 5.55^\circ$$

$$\beta = 0.00^\circ$$

$$\alpha = 45.00^\circ$$

$$C_{ea} = 0.500$$

Cálculo de h`

Para nuestro caso:

$$H = 0.68 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 1650.00 \text{ kg/m}^3$$

$$S/C = 500.00 \text{ kg/m}^2$$

Remplazando valores:

$$h' = 0.30 \text{ m}$$

Por lo tanto, remplazando valores para calcular el momento de volteo

$$M_v = \frac{1}{2} * C_{ea} * \gamma_s * H * (H + 2h') * \left(\frac{H}{3}\right)$$

$$M_v = 80.18 \text{ kg-m}$$

Cálculo del momento resistente (M_r)

No tiene momento resistente

$$M_r = 0.00 \text{ kg-m}$$

Cálculo del momento flector (M)

$$\pm M = M_v - M_r$$

$$\pm M = 80.18 \text{ kg-m}$$

Si $\frac{M_r}{M_v} \geq 1.5$ entonces la losa NO requiere refuerzo

En el caso que $M_v > M_r$ y no requiera reforzar con acero la losa, para conocer el ESPESOR "e" que debe adoptarse, se debe verificar por FATIGA y aplicar la siguiente.

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_c} \geq 1.50$$

$$\sigma_0 = \text{esfuerzo admisible del concreto a la tracción} = 0.1f'c @ 0.15f'c$$

$$\sigma_c = \text{esfuerzo máximo que soporta la losa por flexión} = \frac{0.06 * M}{e^2}$$

$$e = 10.00 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 4.81 \text{ kg/cm}^2$$

Escogemos el esfuerzo máximo admitido por el concreto a la tracción

$$\sigma_0 = 0.12f'c$$

$$\sigma_0 = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_c} = 4.37 \geq 2 \quad \text{ok (no necesita refuerzo)}$$

Con lo que se concluye que el canal para un espesor $e = 15 \text{ cm}$ no necesita acero.

Características hidráulicas y geométricas del canal potrero

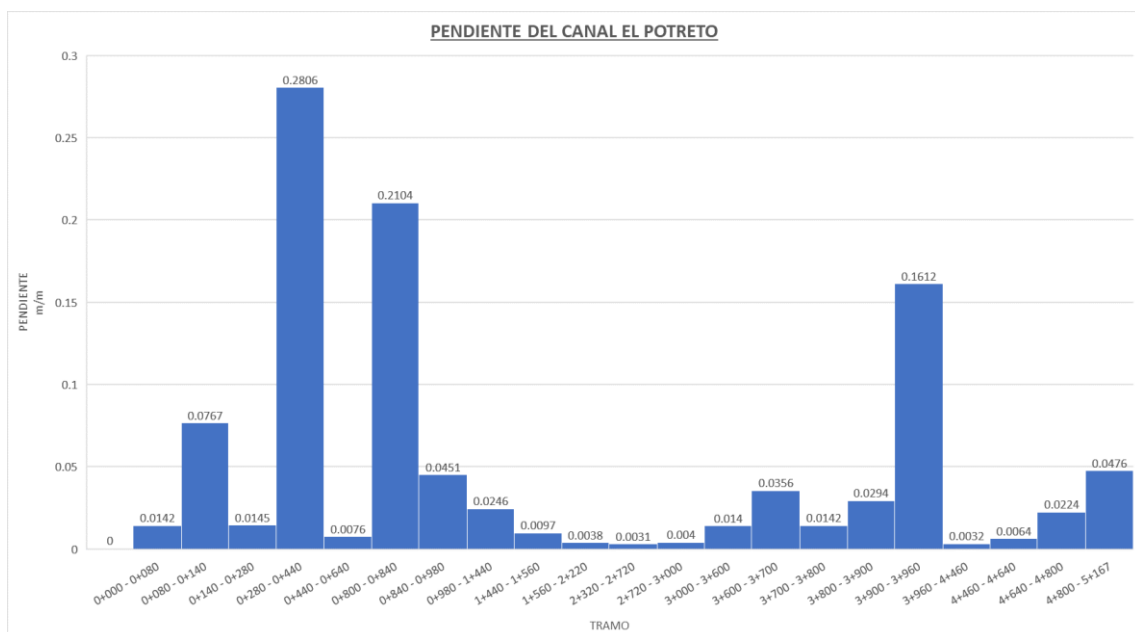


Figura 09: Pendiente del canal el potrero

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la gráfica en el trayecto del canal el Potrero 0 + 000 km hasta 5 + 167 km, existen tramos donde las pendientes son bastantes pronunciadas tal es el caso del tramo 0 +280 km hasta 0 + 440 km que presenta una pendiente de 0.2806 metro/metro, de la misma manera el tramo 0 +800 hasta 0 + 840 km que presenta una pendiente 0.2104 y demás tramos que muestra en la gráfica.

Cabe mencionar la que pendiente juega un rol importante en el diseño de la infraestructura hidráulica debido a que este influye en las características hidráulicas mucho más cuando se trata de una canal de regadío por gravedad.

Así como se muestra pendientes pronunciadas existen pendientes que son muy bajas de igual manera estas influirán en las características hidráulicas del canal de regadío al momento de realizar el diseño.

Características hidráulicas y geométricas del canal potrero sección abierta

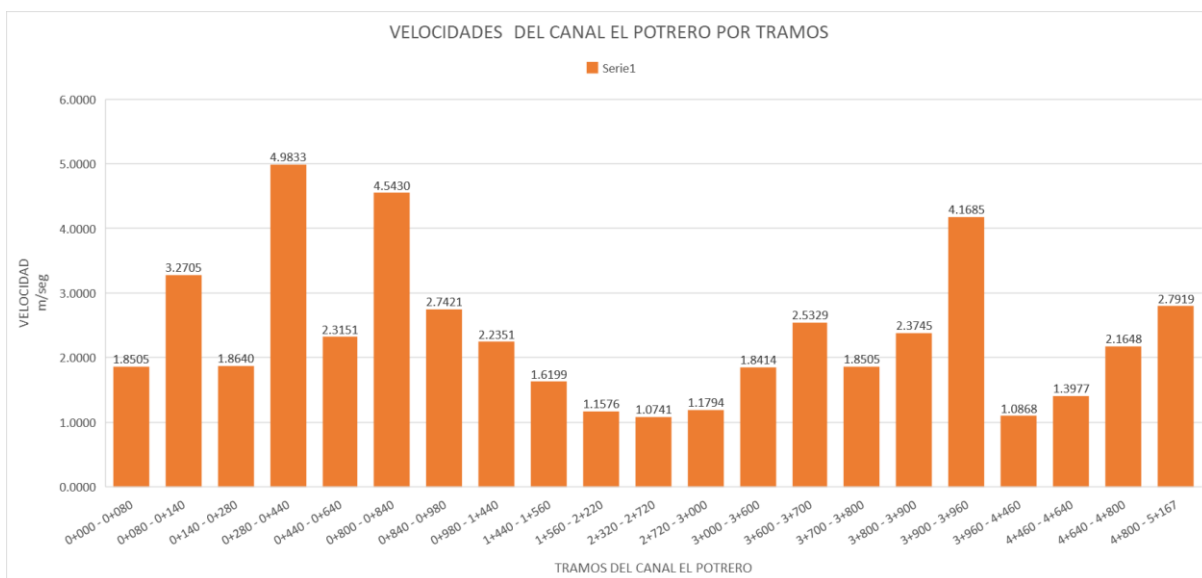


Figura 10: Velocidades del canal el potrero por tramos

Fuente: Elaboración propia

Una de las características hidráulicas es la velocidad, y esta se ve afectada por diversos factores, tales como la rugosidad, la pendiente, etc. Para el caso de un canal revestido de concreto los valores son los que se muestran en la gráfica, donde se puede observar que los valores varían siendo el valor más alto en el tramo 0 + 280 km hasta 0 + 440 km con una velocidad de 4.98 m/seg y la velocidad más bajo se presenta en el tramo 2 +320 km hasta 2 + 720 con una velocidad de 1.07 m/seg.

Como se trata de un canal abierto revestido de concreto el coeficiente de rugosidad de Manning (n) toma el valor de $n = 0.014$, valor que se utiliza para poder determinar la velocidad del canal.

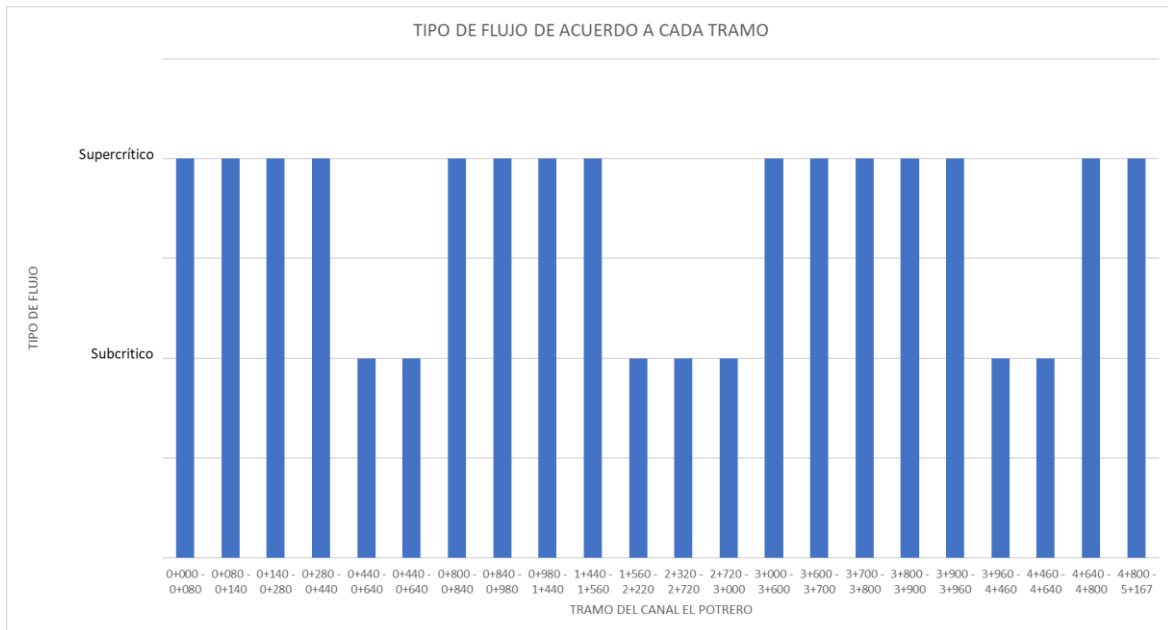


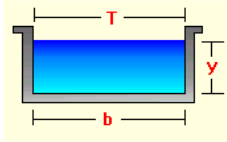
Figura 11: Tipo de flujo de acuerdo a cada tramo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al diseño hidráulico para el caso del canal abierto revestido con concreto se ha determinado dos tipos de flujos Supercrítico y Subcrítico, dichos flujos se presentan en tramos distintos del canal el potrero.

Figura 12: Características hidráulicas del canal de concreto (KM 0+00 AL 5+ 166)

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS Y GEOMÉTRICAS DE CANAL DE SECCION ABIERTO



Q = Caudal en m³/s.
 b = Ancho solera en m.
 Z = Talud.
 n = Rugosidad.
 S = Pendiente en m/m.
 Y = Tirante normal en m.
 H = Altura de Canal en m.

A = Area hidraulica en m².
 T = Espejo de agua en m.
 F = Número Froud.
 P = Perimetro en m.
 R = Radio hidraulico en m.
 V = Velocidad en m/s.
 E = Energía Especifica en m-kg/kg.

TIPO	CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS						
	b (m)	B (m)	H (m)	z	e (m)	n	L (m)
2	0.60	-	0.60	0.014	0.15	0.014	5,166.00
Longitud Total							5,166.00

TIPO DE REVESTIMIENTO		
Tierra	1	0.035
Concreto	2	0.014
Emboq.	3	0.025

TRAMO	Long. (m)	TIPO (1),(2),(3)	Q (m ³ /s)	b (m)	Z	n	S (m/m)	Y (m)	A (m ²)	T (m)	F	P (m)	R (m)	V (m/s)	E (m-kg/kg)	f (m)	H' (m)	H asumido (m)	Flujo	Tipo de Revestimiento	ESPESOR (m)	Tipo de Canal	OBRAS HIDRAULICAS PLANTEADAS
0+000 - 0+080	80.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0142	0.1531	0.0919	0.6000	1.5099	0.9062	0.1014	1.8505	0.3276	0.051	0.204	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+080 - 0+140	60.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0767	0.0866	0.0520	0.6000	3.5476	0.7733	0.0672	3.2705	0.6318	0.029	0.116	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+140 - 0+280	140.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0145	0.1520	0.0912	0.6000	1.5265	0.9040	0.1009	1.8640	0.3291	0.051	0.203	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+280 - 0+440	160.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.2806	0.0569	0.0341	0.6000	6.6726	0.7137	0.0478	4.9833	1.3226	0.019	0.076	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+440 - 0+640	200.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0038	0.2448	0.1469	0.6000	0.7470	1.0895	0.1348	1.1576	0.3131	0.082	0.326	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+440 - 0+640	160.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0038	0.2448	0.1469	0.6000	0.7470	1.0895	0.1348	1.1576	0.3131	0.082	0.326	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+800 - 0+840	40.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.2104	0.0624	0.0374	0.6000	5.8081	0.7247	0.0516	4.5430	1.1143	0.021	0.083	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+840 - 0+980	140.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0451	0.1033	0.0620	0.6000	2.7236	0.8067	0.0769	2.7421	0.4866	0.034	0.138	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
0+980 - 1+440	460.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0246	0.1268	0.0761	0.6000	2.0043	0.8535	0.0891	2.2351	0.3814	0.042	0.169	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
1+440 - 1+560	120.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0097	0.1749	0.1049	0.6000	1.2366	0.9498	0.1105	1.6199	0.3087	0.058	0.233	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
1+560 - 2+220	660.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0038	0.2448	0.1469	0.6000	0.7470	1.0895	0.1348	1.1576	0.3131	0.082	0.326	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
2+220 - 2+320	100.00	SIFON																					
2+320 - 2+720	400.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0031	0.2638	0.1583	0.6000	0.6677	1.1276	0.1404	1.0741	0.3226	0.088	0.352	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
2+720 - 3+000	280.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0040	0.2402	0.1441	0.6000	0.7683	1.0805	0.1334	1.1794	0.3111	0.080	0.320	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
3+000 - 3+600	600.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0140	0.1539	0.0923	0.6000	1.4988	0.9077	0.1017	1.8414	0.3267	0.051	0.205	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
3+600 - 3+700	100.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0356	0.1119	0.0671	0.6000	2.4180	0.8237	0.0815	2.5329	0.4389	0.037	0.149	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
3+700 - 3+800	100.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0142	0.1531	0.0919	0.6000	1.5099	0.9062	0.1014	1.8505	0.3276	0.051	0.204	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
3+800 - 3+900	100.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0294	0.1193	0.0716	0.6000	2.1947	0.8386	0.0854	2.3745	0.4067	0.040	0.159	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
3+900 - 3+960	60.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.1612	0.0680	0.0408	0.6000	5.1048	0.7359	0.0554	4.1685	0.9536	0.023	0.091	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
3+960 - 4+460	500.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0032	0.2607	0.1564	0.6000	0.6796	1.1214	0.1395	1.0868	0.3209	0.087	0.348	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
4+460 - 4+640	180.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0064	0.2027	0.1216	0.6000	0.9912	1.0054	0.1210	1.3977	0.3023	0.068	0.270	0.60	Subcrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
4+640 - 4+800	160.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0224	0.1309	0.0785	0.6000	1.9105	0.8618	0.0911	2.1648	0.3697	0.044	0.175	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	
4+800 - 5+166	366.00	2	0.1700	0.60	0.00	0.014	0.0476	0.1015	0.0609	0.6000	2.7982	0.8030	0.0758	2.7919	0.4988	0.034	0.135	0.60	Supercrítico	En C ² S ² Tarrajeado	0.15	C ² S ² f _c =175 kg/cm ²	

Fuente: Elaborado por el Tesista Hegel Scheler Santa Cruz Julca

Características hidráulicas y geométricas del canal potrero sección circular

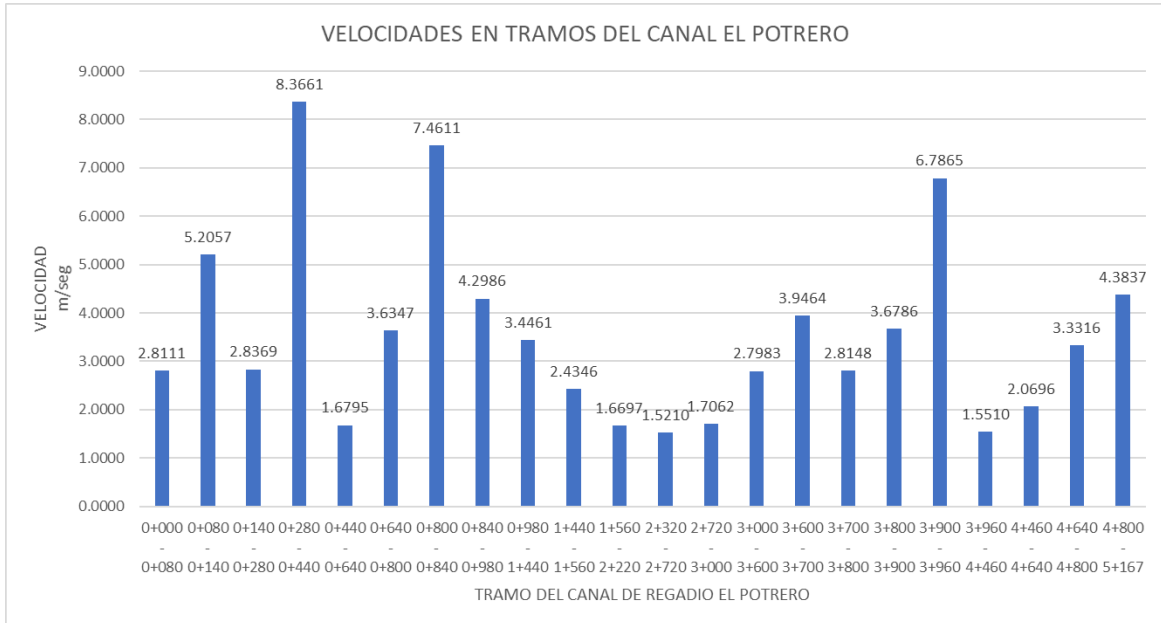


Figura 13: Velocidades en tramos del canal el potrero

Fuente: Elaboración propia

Una de las características hidráulicas es la velocidad, y esta se ve afectada por diversos factores, tales como la rugosidad, la pendiente, etc. Para el caso de un canal circular con tubería HDPE los valores son los que se muestran en la gráfica, donde se puede observar que los valores varían siendo el valor más alto en el tramo 0 + 280 km hasta 0 + 440 km con una velocidad de 8.36 m/seg y la velocidad más bajo se presenta en el tramo 2 +320 km hasta 2 + 720 con una velocidad de 1.52 m/seg.

Como se trata de un canal abierto revestido de concreto el coeficiente de rugosidad de Manning (n) toma el valor de $n = 0.0090$, valor que se utiliza para poder determinar la velocidad del canal.

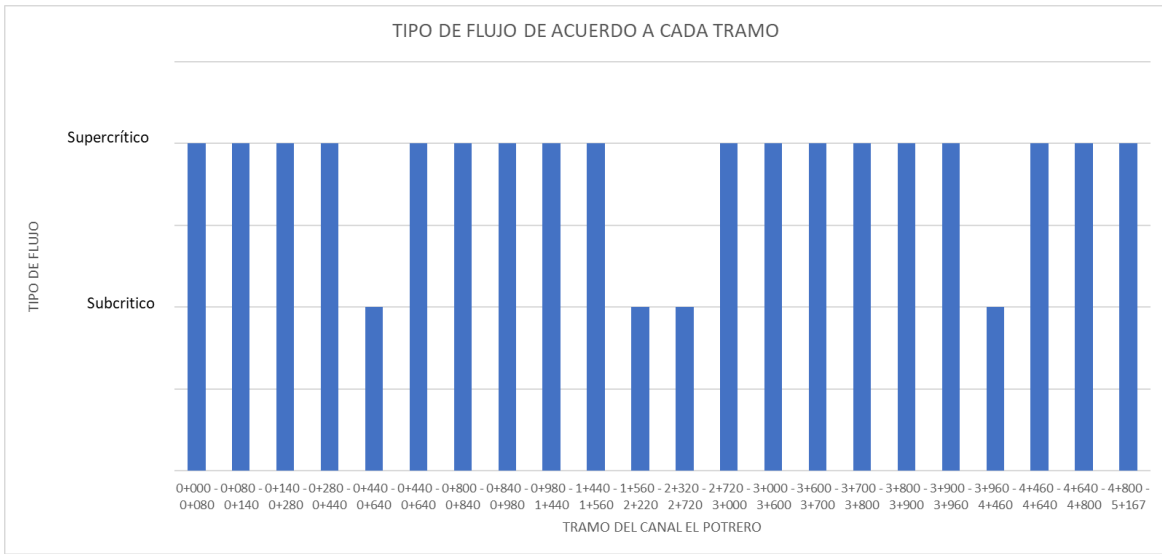
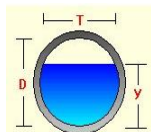


Figura 14: Tipo de flujo de acuerdo a cada tramo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al diseño hidráulico para el caso del canal abierto revestido con concreto se ha determinado dos tipos de flujos Supercrítico y Subcrítico, dichos flujos se presentan en tramos distintos del canal El Potrero.

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS Y GEOMÉTRICAS CANAL DE SECCION CIRCULAR A GRAVEDAD



Q = Caudal en m³/s.
b = Ancho solera en m.
D = Diámetro
n = Rugosidad.
S = Pendiente en m/m.
Y = Tirante normal en m.
H = Altura de Canal en m.

A = Area hidraulica en m².
T = Espejo de agua en m.
F = Número Froud .
P = Perimetro en m.
R = Radio hidraulico en m.
V = Velocidad en m/s.
E = Energia Especifica en m-kg/kg.

Características Tubería:

TIPO DE TUBERIA	Ø nom.		Ø int. mm	L (m)
	mm	pulg		
HDPE	400	16	400.00	5166.00
Longitud Total				5166.00 ml

TRAMO	Long. (m)	S (m/m)	Q (m ³ /s)	Serie Clase	Ø nominal		Ø Int. m	n	Y (m)	Y/Ø Int.	A (m ²)	P (m)	R (m)	T (m)	V (m/s)	F	E (m-kg/kg)	Flujo	Tipo de Tubería Propuesta	OBRAS HIDRAULICAS PLANTEADAS							
					m	pulg																					
0+000 - 0+080	80.00	0.0142	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1941	48.53%	0.0605	0.6165	0.0981	0.3998	2.8111	2.3078	0.5969	Supercritico	HDPE								
0+080 - 0+140	60.00	0.0767	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1226	30.65%	0.0327	0.4693	0.0696	0.3688	5.2057	5.5856	1.5038	Supercritico	HDPE								
0+140 - 0+280	140.00	0.0145	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1927	48.18%	0.0599	0.6138	0.0976	0.3997	2.8369	2.3393	0.6029	Supercritico	HDPE								
0+280 - 0+440	160.00	0.2906	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.0875	21.87%	0.0203	0.3893	0.0522	0.3307	8.3661	10.7751	3.6548	Supercritico	HDPE								
0+440 - 0+640	200.00	0.0038	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.3004	75.09%	0.1012	0.8386	0.1207	0.3460	1.6795	0.9914	0.4441	subcritico	HDPE								
0+640 - 0+800	160.00	0.0284	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1596	39.89%	0.0468	0.5469	0.0855	0.3917	3.6347	3.3585	0.8329	Supercritico	HDPE								
0+800 - 0+840	40.00	0.2104	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.0948	23.70%	0.0228	0.4068	0.0560	0.3402	7.4611	9.2048	2.9321	Supercritico	HDPE								
0+840 - 0+980	140.00	0.0451	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1409	35.23%	0.0395	0.5084	0.0778	0.3821	4.2986	4.2663	1.0827	Supercritico	HDPE								
0+980 - 1+440	460.00	0.0246	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1661	41.52%	0.0493	0.5602	0.0881	0.3942	3.4461	3.1102	0.7714	Supercritico	HDPE								
1+440 - 1+560	120.00	0.0097	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.2175	54.38%	0.0698	0.6634	0.1053	0.3985	2.4346	1.8568	0.5196	Supercritico	HDPE								
1+560 - 2+220	660.00	0.0038	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.3021	75.52%	0.1018	0.8426	0.1208	0.3440	1.6697	0.9798	0.4442	subcritico	HDPE								
2+220 - 2+320	100.00									SIFON																	
2+320 - 2+720	400.00	0.0031	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.3329	83.23%	0.1118	0.9191	0.1216	0.2989	1.5210	0.7941	0.4508	subcritico	HDPE								
2+720 - 3+000	280.00	0.0040	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.2958	73.95%	0.0996	0.8282	0.1203	0.3511	1.7082	1.0226	0.4442	supercritico	HDPE								
3+000 - 3+600	600.00	0.0140	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1948	48.70%	0.0608	0.6179	0.0983	0.3999	2.7983	2.2921	0.5939	supercritico	HDPE								
3+600 - 3+700	100.00	0.0356	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1501	37.52%	0.0431	0.5274	0.0817	0.3873	3.9464	3.7783	0.9439	supercritico	HDPE								
3+700 - 3+800	100.00	0.0142	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1939	48.48%	0.0604	0.6161	0.0980	0.3998	2.8148	2.3123	0.5977	supercritico	HDPE								
3+800 - 3+900	100.00	0.0294	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1581	39.54%	0.0462	0.5440	0.0850	0.3911	3.6786	3.4169	0.8478	supercritico	HDPE								
3+900 - 3+960	60.00	0.1612	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1014	25.35%	0.0250	0.4221	0.0593	0.3480	6.7865	8.0760	2.4488	supercritico	HDPE								
3+960 - 4+460	500.00	0.0032	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.3258	81.45%	0.1096	0.9005	0.1217	0.3109	1.5510	0.8340	0.4484	subcritico	HDPE								
4+460 - 4+640	180.00	0.0064	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.2488	62.19%	0.0821	0.7268	0.1130	0.3879	2.0696	1.4360	0.4671	supercritico	HDPE								
4+640 - 4+800	160.00	0.0224	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1704	42.59%	0.0510	0.5689	0.0897	0.3956	3.3316	2.9617	0.7361	supercritico	HDPE								
4+800 - 5+166	366.00	0.0476	0.1700	HDPE	400	16	0.4000	0.0090	0.1389	34.73%	0.0388	0.5041	0.0769	0.3809	4.3837	4.3862	1.1183	supercritico	HDPE								

Figura 15: Características hidráulicas del canal de sección circular (KM 0+00 AL 5+ 166)

Fuente: Elaborado por el Tesista Hegel Scheler Santa Cruz Julca

INFLUENCIA DEL MATERIAL EN LA CONDUCCIÓN DEL FLUIDO DEL CANAL EL POTRERO

Según el tipo de material utilizado para la línea de conducción del canal el potrero va a modificar las características hidráulicas, para tal caso es que se llevó a cabo dos modelamientos hidráulicos una con tubería HDPE y otra con revestimiento de concreto.

Como podemos observar en la gráfica las velocidades que presenta en los tramos del canal el potrero, son distintas para ambos casos esto debido a que; el diseño hidráulico con revestimiento de concreto presenta una rugosidad ($n=0.014$) a diferencia de la tubería HDPE que se trabaja con una rugosidad ($n=0.009$), esto se ve reflejado en los datos obtenidos en la gráfica.

Para el tramo 0 + 280 km hasta 0 + 440 km para la velocidad del fluido es 8.36 m/seg mientras que para el mismo tramo con canal abierto con revestimiento de concreto presenta una velocidad de 4.98 m/seg.

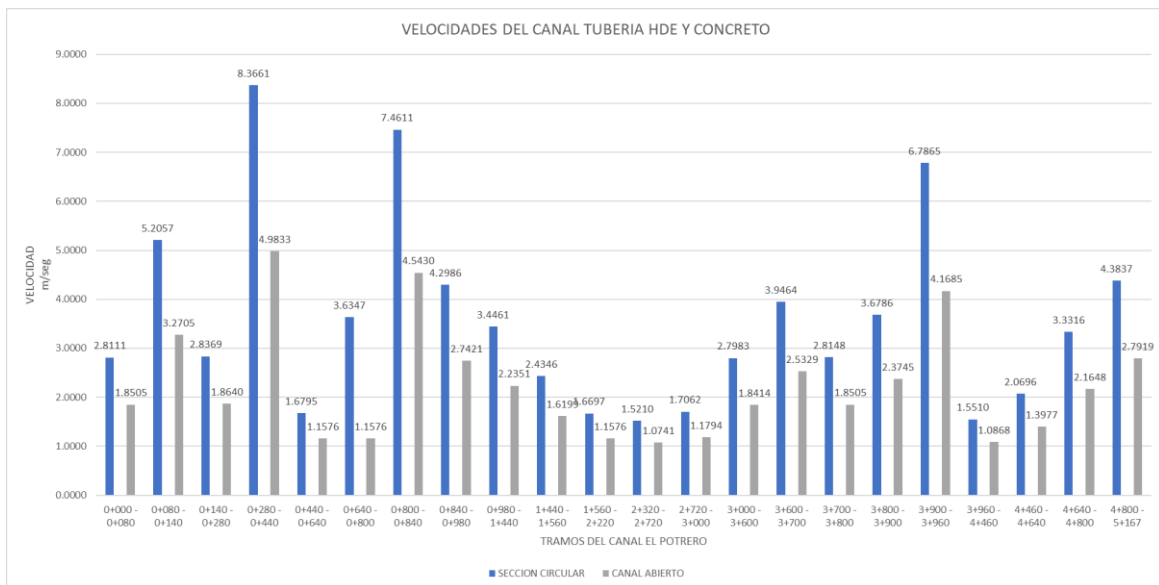


Figura 16: Velocidades en tramos con tubería hdpe y concreto

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Del estudio topográfico se ha determinado que nos encontramos frente a una zona accidentada, dicha clasificación se ha determinado según Ing. José Benjamín Torres en su libro Topografía II, pues menciona que si los ángulo del terreno respecto a la horizontal esta entre 20° y 30° nos encontramos frente a un tipo de topografía accidentada; puesto que la topografía es fundamental para tener una representación gráfica de la zona donde se ha desarrollado la investigación, las fortalezas al recolectar la información fue que se ha contado con el número adecuado personal para realizar dicha actividad y la debilidad fue haber contratado personal con poca experiencia ya que esto retrasa el trabajo.

Al tener una topografía esto pude traer problemas debido a que cuando existe una pendiente pronunciada tal como la tenemos en ciertos tramos esto ocasionaría que la velocidad del flujo aumente drásticamente ocasionando erosión, a diferencia que en ciertos tramos se presenta unas pendientes moderadas lo cual es ideal, porque si no encontramos frente pendientes por debajo de las mínimas esto nos ocasionaría una sedimentación en el canal ocasionado una interrupción en flujo del líquido; como se había mencionado tener pendientes muy altas esto ocasionaría erosión del material si la línea de conducción fuera construida por concreto.

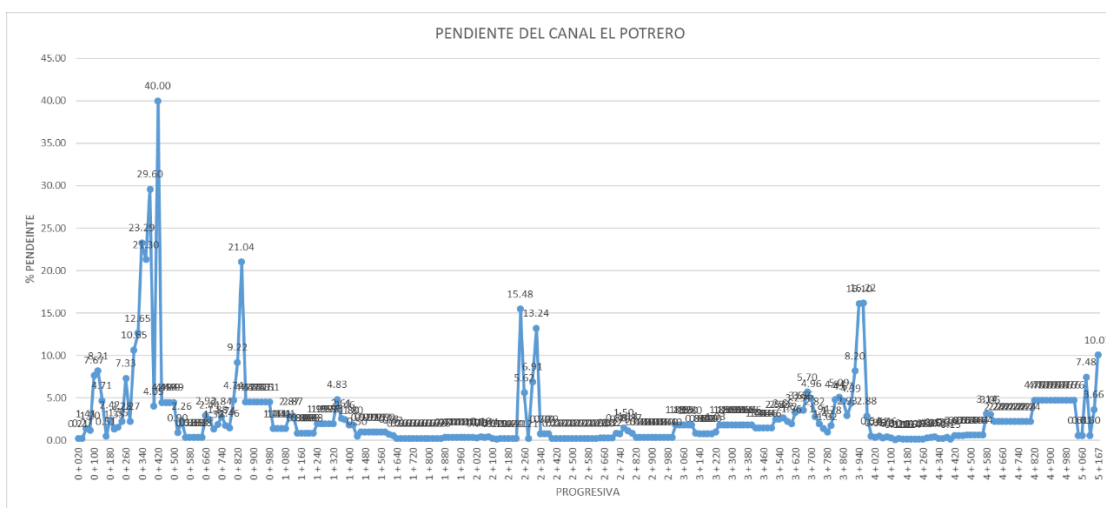


Figura 17: Pendiente según el trazo del canal

Fuente: Elaboración propia

Del estudio de suelos realizado se obtuvo que la mayor parte está conformada en su mayoría por suelos tipo CL arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, es importante tener disponible esta información ya que se pueden obtener soluciones teóricas basadas en los principios de mecánica de suelos para los problemas en que se presentan cimentaciones permeables o débiles, para nuestro no se necesita una investigación bien profunda debido al tipo de estructura que se propone a utilizar es superficial, básicamente la información recolectada de este estudio de mecánica de suelos nos sirve para determinar la capacidad portante del suelo para determinar si el caso de la línea de conducción de sección abierta revestida con concreto va a requerir acero de refuerzo.

Se debe tener en cuenta, en nuestro caso se ha realizado el diseño hidráulico de canal el potrero mediante tubería HDPE y revestimiento de concreto; para el primer caso si se tuviere que colocar la línea de conducción del canal con tubería HDPE y no se tomara en cuenta el tipo de suelo, en tramos donde existe humedad y siendo en su mayoría suelos con arcillas inorgánicas de mediana plasticidad van provocar asentamiento provocada por el mismo peso de la tubería agregado a esto el peso del agua, ocasionando un desnivel y como consecuencia un estancamiento del agua en la tubería, sumado a esto disminuye la velocidad por debajo de lo mínimo y asentamiento y por consiguiente la obstrucción de la tubería.

Para el segundo el caso puesto que el material a utilizar es el concreto es necesario conocer la capacidad admisible del suelo para determinar mediante cálculos matemáticos si esta resiste el peso ejercido por el concreto y el agua que transportaría, si el terreno fuera expansivo si tuviéramos un problema ya que esto ocasionaría en el concreto un agrietamiento, provocando pérdidas de agua por infiltración consecuentemente esa humedad constante en la base de la caja de conducción ocasionaría deslizamiento, lo que acortaría el periodo de vida el proyecto porque se recomendaría hacer un mejoramiento para apoyar la caja de conducción; esto también elevaría los costos de ejecución del proyecto.

Del estudio hidrológico se ha terminado un caudal de diseño $Q=0.167$ m³/seg el cual nos ha servido para poder realizar los dos diseños tanto con tubería HDPE y revestimiento de concreto.

Como la investigación está enfocada al desarrollo hidráulico bajo los dos criterios con tubería HDPE y revestimiento de concreto, en el primer caso no se tendría problema alguno con las precipitaciones esto debido a que como la línea de conducción es cerrada ya no se captaría una carga adicional de agua, solo se estaría transportando el caudal para la cual fue diseño, pero para el segundo caso de revestimiento de concreto como viene hacer una línea de conducción abierto se presentaría problemas ya que cuando se presentan lluvias intensas el parte alta (inicio del canal) se estaría aportando una carga adicional de agua llegando incluso a sobrepasar la capacidad para la cual fue diseñado, esto acarrearía una serie de problemas tales como deslizamiento, perjudicando el camino de vigilancia del canal.

Existen dos épocas bien marcadas en el caserío el Potrero, la primera es invierno y verano, para las épocas de invierno (lluvia) se han mencionado cuales serias los problemas a presentarse. Pero en las épocas de estiaje si fuera un canal abierto existirá perdidas agua por evaporación, por ser una canal de sección abierta el agua está en constante contacto con los rayos solares durante todo el recorrido del canal, lo que no sucedería con una canal se sección cerrada tal es el caso de la tubería HDPE.

Para poder realizar los cálculos hidrológicos lo ideal es que existiera una estación meteorológica lo más cercana a nuestra zona de estudio, ya que el clima es muy variado en la zona de Cajamarca, pero por lo menos se ha tomado los datos de la estación meteorológica Santa cruz la cual se ubica en 30 km de la zona de estudio.

El tipo de material utilizado como línea de conducción modifica las características hidráulicas, tal es el caso que para el mismo tramo presenta diferentes velocidades esto también se debe a que el factor de rugosidad que presente el concreto es muy distinto al factor de rugosidad que presenta la tubería HDPE como podemos apreciar el siguiente cuadro.

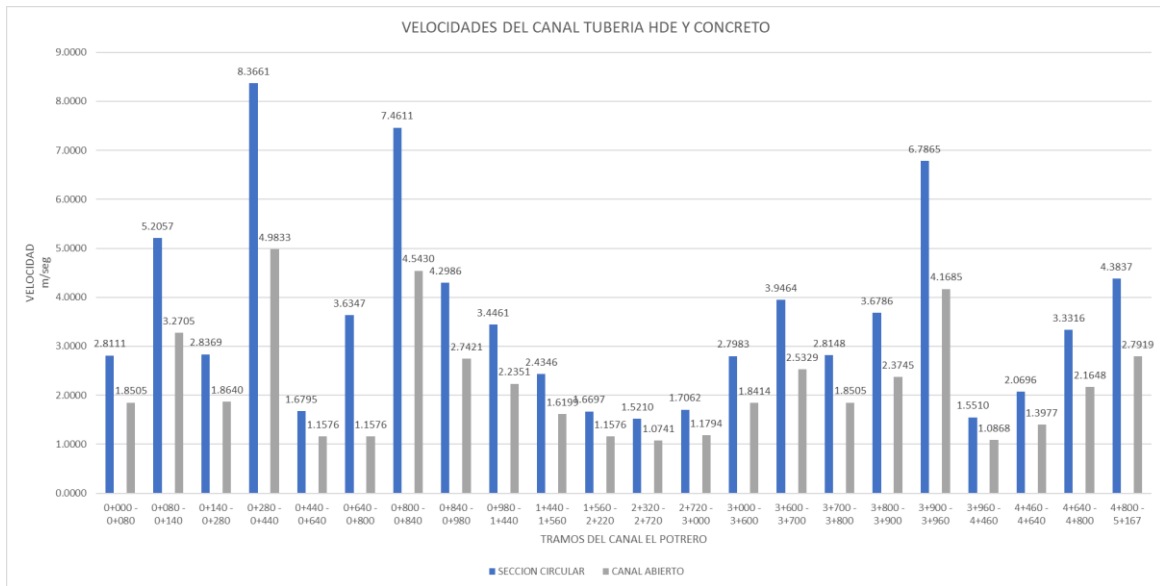


Figura 18: Velocidades en tramos con tubería hdpe y concreto

Fuente: Elaboración propia

Las pérdidas de energía por rozamiento se ven acentuadas por la rugosidad de la conducción, la cual, a su vez, depende del tipo de material de construcción, además en investigaciones realizadas anteriormente mencionan pues que la tubería HDPE se comporta mejor hidráulicamente que el concreto, pero dicha información no ha sido corroborada hasta ahora.

VI. CONCLUSIONES

1. Con el estudio topográfico realizado al canal el Potrero, se ha determinado que la zona de estudio el tipo de topografía es accidentada, el estudio de Mecánica de suelos el perfil de suelo registrado en las calicatas está conformado en su mayoría por suelos del tipo CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, SC arenas arcillosas y ML – CL, arcillas limosas, no se detectó el nivel de la napa freática, pero la zona presenta una humedad natural entre 17.77 % y 26.65 % de humedad natural, De acuerdo a la producción agrícola del caserío el Potrero que se va a obtener en las 122 ha es necesario abastecer con un caudal mínimo de 170 litros por segundo.
2. De acuerdo al análisis que se ha realizado, se obtuvo como resultado el diseño geométrico del canal será de 0.60 m y una altura de 0.60 m incluyendo el borde libre y para el diseño con tubería HDPE el diámetro de la tubería será de 0.40 m. además en la mayoría de los tramos el tipo de flujo es supercrítico a pesar que ambos diseños transportaran un caudal de 0.17 m³/seg, al realizar el diseño hidráulico de las dos propuestas con los dos tipos de materiales el que mejor se comporta hidráulicamente y sin afectarse posteriormente para el trazo del canal el Potrero es el de tubería HDPE.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Debido a al tipo de suelo arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, se recomienda colocar capa de hormigón de 10 cm con la finalidad de contrarrestar los efectos de los cambios volumétricos que se producen en este tipo de arcillas.
- 2.** Los resultados de dicha tesis se le haga llegar a la junta de regantes del canal el Potrero, acompañado de una capacitación para que puedan optar por el diseño que mejor se comporta hidráulicamente y se adapte al trazo del canal el Potrero.

REFERENCIAS

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2010). Manual: criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico.

BEJAR, M. V. (2005). Diseño de Estructuras Hidráulicas. Lima.

Boadu, F.K. (2000). Hydraulic conductivity of soils from grain-size distribution: new models. J. Geotech. Geoenviron. Engg., 126:739-746.

Cobián, S. A. (2008). CASCAS. TRUJILLO, TRUJILLO, LA LIBERTAD. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos61/gran-chimu/gran-chimu3.shtml>

Freddy, C. R. (2005). Acueductos: Teoría Y Diseño. Medellín.

Ghilani, C. W. (2008). TOPOGRAFIA.

MAXIMO VILLON. (2005). Diseño de Estructuras Hidráulicas. 2da. Edición. Lima

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2015). Manual de Cálculo de Eficiencias para sistemas de riego. Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego. Lima.

Muhammad Jehanzeb Masud. (2017). Channel Design and Control Structures.

PEDRO RODRIGUEZ. (2008). Hidráulica II

ROCHA, A. 1980. Introducción a la Hidráulica Fluvial. 1ra. Edic. Facultad de Ingeniería Civil –UNI. Lima-Perú.

S.K. Sharma (2017). Treatise on irrigation engineering and hydraulic Structures.

VEN TE CHOW, (1994). ``Hidráulica de Canales Abiertos``, McGraw-Hill Interamericana S.A. Colombia.