



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de las secciones trapezoidal y triangular en el
mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua
2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Pacco Llanque, Claudia Diana (ORCID: 0000-0001-9407-2088)

Rosas Guayac, Jesús Alfonzo (ORCID: 0000-0001-5891-7944)

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento.

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre, pues sin ella no lo había logrado. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía, te amo.

Pacco Llanque, Claudia Diana

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mi madre Bremilda Guayac Aguilar por el apoyo incondicional y la motivación necesaria en mi formación personal y profesional y también a todas las personas que me acompañan y apoyan en el logro de esta nueva meta.

Rosas Guayac, Jesús Alfonzo

Agradecimiento

A Dios porque ha estado con nosotros en cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar; a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo un apoyo incondicional en todo momento. A nuestros seres queridos; quién con su vasta y extensa labor para lograr el gran anhelo de titularnos como ingenieros civiles.

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Carátula | i |
| 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 | 14 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 14 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 15 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 15 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 16 |
| 3.5. Procedimientos | 17 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 18 |
| 3.7. Aspectos éticos | 18 |
| IV. RESULTADOS | 20 |
| V. DISCUSIÓN | 41 |
| VI. CONCLUSIONES | 44 |
| VII. RECOMENDACIONES | 46 |
| REFERENCIAS | 47 |
| ANEXOS | 52 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Precipitación Total (mm) | 23 |
| Tabla 2 Evaporación media mensual (mm)..... | 25 |
| Tabla 3 Humedad relativa (%) | 27 |
| Tabla 4 Caudales históricos estación CP Moquegua..... | 29 |
| Tabla 5 Aforamiento 1..... | 24 |
| Tabla 6 <i>Aforamiento 2</i> | 25 |
| Tabla 7 Resumen de aforamientos | 24 |
| Tabla 8. Tabla resumen de resultados de aplicación de secciones y pendientes | 40 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Sección trapezoidal de un canal | 12 |
| Figura 2: Sección triangular de un canal | 13 |
| Figura 3: <i>Sección rectangular de un canal</i> | 13 |
| Figura 4: Procedimiento de desarrollo de la investigación | 18 |
| Figura 5: Mapa del Perú y Mapa de la Región Moquegua | 20 |
| Figura 6. Localización del Canal Ayancal y el Gallito | 21 |
| Figura 7: Distribución anual de la precipitación total. | 24 |
| Figura: 8 Distribución mensual de la precipitación total | 24 |
| Figura 9. Distribución mensual de la evaporación | 26 |
| Figura 10. Distribución anual de la evaporación..... | 26 |
| Figura 11: Distribución mensual de la humedad relativa..... | 28 |
| Figura 12. Distribución anual de la humedad relativa..... | 28 |
| Figura 13. Parámetros de canal rectangular existente | 24 |
| Figura 14: Canal rectangular con pendiente 3% | 26 |
| Figura 15: Canal rectangular con pendiente de 4% | 27 |
| Figura 16: Canal rectangular con pendiente del 5%..... | 28 |
| Figura 17 Canal trapezoidal con pendiente 0.6%..... | 30 |
| Figura 18 Canal trapezoidal con pendiente del 3% | 31 |
| Figura 19 Canal trapezoidal con pendiente de 4% | 32 |
| Figura 20 Canal trapezoidal con pendiente del 5% | 33 |
| Figura 21 Canal triangular con pendiente de 0.6%..... | 35 |
| Figura 22 Sección triangular con pendiente de 3% | 36 |
| Figura 23 Sección triangular con pendiente de 4% | 37 |
| Figura 24 Sección triangular con pendiente de 5% | 38 |

Resumen

La presente investigación, tiene por objetivo analizar la influencia de las secciones trapezoidal y triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. El tipo de investigación es aplicada, teniendo un enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental. Como resultados al aplicar las secciones trapezoidales y triangulares y las pendientes de 3%, 4% y 5%, se obtuvo que la sección trapezoidal mejora hidráulicamente el canal variando la tirante de 0.332 a 0.277; de la misma manera la altura de diseño del canal bajó de 0.640 a 0.531. La influencia de la sección triangular en el mejoramiento hidráulico fue negativa, el tirante aumento de 0.332 a 0.406, la altura aumentó de 0.640 a 0.713. Para ambos casos las velocidades aumentaron con el incremento de pendientes. Se determina que la mejor combinación es una sección trapezoidal con pendiente del 3 %, pues se obtiene como altura máxima 0.467, lo cual es inferior a los 0.5m, además que está pendiente no afecta demasiado la velocidad del flujo, el cual se mantiene inferior a los 3 m/s. Las conclusiones indican que la sección trapezoidal es la ideal para hacer el cambio de sección y la pendiente debe evitar incrementar demasiado las velocidades.

Palabras clave: Mejoramiento hidráulico, sección trapezoidal, sección triangular, tirante hidráulico, velocidad del flujo.

Abstract

The objective of this research is to analyze the influence of trapezoidal and triangular sections on the improvement of a rectangular channel in Gallito, Moquegua 2022. The type of research is applied, with a quantitative approach and quasi-experimental design. As results, when applying the trapezoidal and triangular sections and the slopes of 3%, 4% and 5%, it was obtained that the trapezoidal section improved the channel hydraulically, varying the depth from 0.332 to 0.277; in the same way the channel design height dropped from 0.640 to 0.531. The influence of the triangular section on the hydraulic improvement was negative, the depth increased from 0.332 to 0.406, the height increased from 0.640 to 0.713. For both cases, the speeds increased with increasing slopes. It is determined that the best combination is a trapezoidal section with a slope of 3%, since a maximum height of 0.467 is obtained, which is less than 0.5m, in addition, this slope does not affect the flow velocity too much, which remains lower. at 3 m/s. The conclusions indicate that the trapezoidal section is the ideal one to make the change of section and the slope must avoid increasing the speeds too much.

Keywords: Hydraulic improvement, trapezoidal section, triangular section, hydraulic tie, flow velocity.

I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es vital para los seres vivos en la tierra, ya que, permite el desarrollo de la sociedad mediante el impulso de proyectos para un adecuado manejo de este mismo. Por lo que, una buena gestión del agua, se puede convertir en una de las opciones más viables que permite el buen manejo de esta misma [1]. El agua es un recurso esencial y de vital importancia para garantizar seguridad alimentaria, ya que, tanto los cultivos y ganados necesitan de este recurso para crecer, siendo la agricultura aquella que requiere grandes cantidades de agua y de la mejor calidad para los diversos procesos de regadío [2]. Es importante mencionar también que el regadío demanda a cerca del 70% del agua dulce extraída para uso humano [3], por lo que es de suma importancia cuidar la eficiencia del canal por eso se tiene que investigar, ver las características y problemas hidráulicos están afectando a dicha estructura y como se puede solucionar.

A nivel internacional en Indonesia ante la inadecuada administración del uso del agua se creó el mecanismo denominado PASTEN donde este sistema determina proporciones fijas de aguas a distribuir en las unidades de riego, tomando en cuenta diferentes aspectos como patrones de cultivo, tipos de canales, y pérdidas operacionales [4]; en España el transporte, el riego y el consumo de agua por parte de los cultivos se reparten el agua consumida a partes iguales: 1/3 es perdida por transporte y distribución, por lo que se puede reducir el 10% de agua gestionada, mediante la mejora de las operaciones, mantenimiento, control y regularización de la distribución de estas aguas mediante redes de canales, para así reducir la tercera parte de pérdidas que se genera de este recurso [5]; en Colombia debido a las condiciones del terreno y el nivel de precipitación que se presentan en determinado lugar, las obras hidráulicas deben tener en consideración variables de caudal, pendientes transversales y longitudinales, formas geométricas, ya que, son aquellas que permiten determinar un diseño adecuado cuando sean construidas [6].

A nivel nacional el Perú es un país caracterizado por estar dedicado en la producción agrícola en su historia, desarrollando diversos tipos de proyectos con la finalidad de irrigar tierras de cultivo, sin embargo, existen muchas obras hidráulicas

como bocatomas, canales, entre otros que no se encuentran en óptimas condiciones o en operación, por lo que se amplía la gran problemática de construcción y operación de estas estructuras, en Lambayeque la comunidad de Marripón existen pérdidas significativas de agua por infiltración debido a la falta de infraestructura adecuada, por lo que con una bocatoma y canal de derivación se garantizar la demanda de agua para los terrenos de cultivo [7]; en Ancash se presentan topografías accidentadas comunes de la serranía, donde para el desarrollo de sus actividades agrícolas los pobladores realizan faenas para la limpieza de sus canales registrándose pérdidas de agua por desbordes, por lo que se ha buscado la realización de la construcción de un canal de regadío para la adecuada distribución del agua [8]. En Lambayeque en el sector de San Manuel y Galpón uno de los más grandes desafíos que enfrenta es lograr el progreso y crecimiento económico, mediante la reducción de pobreza y mejorando sus condiciones de vida de la población, considerando así indispensable elevar la rentabilidad y competitividad de la actividad agropecuaria mediante la adecuada conducción y distribución de su recurso hídrico [9].

En el sector de Ayancal bajo y el Gallito en el distrito de Moquegua existe una problemática enfocada a los bajos niveles de productividad agrícola, así como sus fuertes lluvias e inundaciones que dañan y destruyen las tierras de cultivo y los canales de riego, lo cual causa muchos problemas, generando grandes dificultades en las familias campesinas que han comprendido que deben organizarse y tomar medidas de prevención para mejorar sus tierras y canales de riego [10]. En la actualidad existe un canal rectangular de concreto en el sector el gallito, el cual tiene una autorización de caudal de riego por parte del ALA (Autoridad Local del Agua) y de la junta de regantes de Moquegua de 200 lts/s, caudal con el que fue diseñado, teniendo una sección rectangular de 0.50m x 0.50m con una extensión total de 600 metros, encontrándose pendientes variables; asimismo se aprecia que en toda su extensión del canal se encuentran afluentes de agua conectados al mismo canal de igual manera existe percolación en el suelo de cultivo por lo que el riego que se realiza en las partes altas hace que discurra en el último tramo del canal, por tal motivo existe un incremento de caudal, presentándose pérdidas de caudal por desbordamiento, lo cual causa daño a los cultivos y otras infraestructuras de la zona.

Por ello, esta investigación se plantea en la evaluación de las secciones trapezoidal y triangular de un canal rectangular con la finalidad de realizar un mejoramiento hidráulico y aprovechar de manera eficiente el caudal para conducir las aguas desde la captación hasta las zonas de cultivo para el Sector del Gallito, en el distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

De esta manera, esta investigación propone la siguiente formulación del *Problema general*: ¿De qué manera influyen las secciones trapezoidales y triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022? Similarmente se planteó *los Problemas específicos*: ¿De qué manera influye la sección trapezoidal en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022?; ¿De qué manera influye la sección triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua, 2022?; ¿Cómo se obtiene la sección más eficiente en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022?

Se puede justificar esta investigación planteando nuevas alternativas de solución para el mejoramiento hidráulico de un canal existente, esta propuesta que damos a conocer busca dar una solución al problema de pérdida de caudal presentado en el Sector el Gallito: La justificación social, debido a tener como finalidad facilitar información técnica y viable del diseño del canal de regadío a las autoridades encargadas del sector, para su implementación y ejecución, permitiendo así el incremento de los niveles de su productividad agrícola, ya que, se trata de una alternativa adecuada que cumple todos los parámetros establecidos por la Autoridad Nacional del Agua y el Manual de Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos. Mientras que, desde La justificación económica, esta propuesta de tesis puede convertirse en una alternativa viable, ya que, al brindar el diseño del canal de riego, los pobladores podrán incrementar sus niveles de productividad, permitiendo así facilitar las siembras y cosechas de sus cultivos, incrementando así el flujo comercial entre ellos. La justificación técnica, esta propuesta busca mediante la evaluación de la sección trapezoidal y triangular brindando una solución que permita mejorar las características y problemas que están pasando por dicha estructura. Finalmente, desde la justificación teórica, esta investigación, permitirá el adecuado empleo de metodologías y conocimientos

adquiridos durante la formación profesional desde el desarrollo de sus estudios básicos de ingeniería hasta la obtención del diseño para incrementar la eficiencia de conducción del agua.

En la siguiente investigación, se propone la *hipótesis general*, las secciones trapezoidales y triangulares permiten el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. Similarmente se plantó las *hipótesis Específicas*: i) La influencia de la sección trapezoidal permite el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022, ii) La influencia de la sección triangular permite el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022, iii) La sección más eficiente permite el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022.

También se planteó el Objetivo General: Analizar la influencia de las secciones trapezoidal y triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022; y como *objetivos específicos*: i) Determinar la influencia de la sección trapezoidal en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022, ii) Indicar la influencia de la sección triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022, iii) Obtener la sección más eficiente en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel Internacional tenemos a: **Moya y Álvarez (2018)** [11], su objetivo fue: establecer cuáles son los caudales máximos que ocasionan el desbordamiento del canal urbano y cuál es su zona de influencia, en la Ciudad de Bogotá, Canal Río Negro. El tipo de investigación es cuasi experimental, la metodología empleada se basa en tres 3 etapas: la primera en la búsqueda de información básica mediante planos, ubicar su punto de inicio, descarga y hallar su longitud; la segunda es la visita de reconocimiento, en donde se visualiza las pendientes y la estructura actual que posee el canal; y finalmente se realiza el levantamiento topográfico y diseño de la infraestructura del canal, teniendo los planos actuales en longitud y altitud, para posteriormente modelar el canal al software HEC-RAS. Como resultado se obtuvo en una primera instancia que la infraestructura analizada se realizó en función a un periodo de vida útil de 50 años, también que el caudal es de 2 m³/s como mínimo y como máximo 14 m³/s, así mismo la velocidad máxima es de 2 m/s y finalmente con el uso software HEC-RAS se determinó que en el los KM 1+127 hasta el KM 1+247 presenta desbordamientos por el aumento del caudal en 7.3 m/s. convirtiéndose en una estructura deficiente. Se concluye que se pudo determinar cuál era el tramo en que los caudales máximos ocasionan el desborde del canal.

A nivel de artículos se tiene **Yan-Cheng & Easa (2016)** [12], cuyo objetivo fue: evaluar una nueva sección cúbica de canal abierto detallando analíticamente sus mejores propiedades hidráulicas. La investigación se realizó en Jinan, China. Se empleó el método de los multiplicadores de Lagrange para evaluar 5 secciones hidráulicas. El análisis mediante ejemplo aplicado detalló las características de la sección, su aproximación para perímetro, la mejora en sección cúbica hidráulica, profundidades normales y críticas, comparación de descargas en condiciones no óptimas y la comparación de descarga en las mejores condiciones hidráulicas. Tuvo como resultados que la sección cúbica tiene un cambio más suave de la pendiente lateral cerca del fondo que las secciones parabólicas y semicúbicas; se muestra también que la sección cúbica tiene un excelente rendimiento en comparación con el semicúbico, parabólico, secciones cúbicas, catenarias, trapezoidales. Otro resultado indica que la descarga de la sección cúbica fue mayor que la de la sección parabólica en un 18%. En el aspecto económico la sección cúbica hidráulica era la

sección más económica entre las cinco secciones evaluadas; la sección cúbica mejoró el costo de construcción en 5.3% en comparación con la sección semicúbica y en aproximadamente 2.2% en comparación con la sección parabólica. Dando como conclusión final que la sección cúbica es la mejor sección para un diseño de canal hidráulico entre los presentados.

Yan-Cheng & Easa (2017) [13] tuvo como objetivo: presentar una sección de canal abierto de sección transversal parabólica de un tercio, comparándolas a su vez con secciones cuadráticas y semicúbicas. Mediante la aplicación de evaluar las características de la sección parabólica 1/3, en donde se detalló el área de flujo, perímetro mojado, comparación de descargas bajo el mismo B y h, aproximación del perímetro húmedo, cálculo de la profundidad del agua normal. Los resultados bajo un sistema de relación ancho profundidad más eficiente de 2.1273, denotan que la sección transversal parabólica 1/3 tiene una mayor descarga a comparación que la de sección cuadrática, cúbica, semiparabólica y trapezoidal. Se concluye mediante los cálculos que la sección de canal empleada, presenta características hidráulicas superiores a las otras secciones de canal.

Mao & Chen (2019) [14], cuyo objetivo fue evaluar un canal compuesto por dos etapas presentando las propiedades geométricas de la sección compuesta y mediante fórmulas calcular el área de la sección transversal, perímetro mojado. Luego, se derivan las ecuaciones explícitas de la mejor sección hidráulica para el diseño. Los resultados muestran que la mejor relación ancho-profundidad de la sección compuesta está relacionada con algunos parámetros geométricos. Además, este tipo de mejor sección hidráulica se compara con las secciones rectangulares y trapezoidales. Los resultados indican que el área de la sección transversal y el perímetro mojado son menores que los de las secciones rectangulares y trapezoidales para una descarga de flujo dada cuando las relaciones del coeficiente de rugosidad de la sección compuesta con las de las secciones rectangular y trapezoidal son menores a 1.017 y 0.855, respectivamente. Significa que se requieren menos costos de revestimiento y excavación para la construcción.

Han et al. (2017) [15] su objetivo fue: proponer una sección con forma de dos parábolas y media para mejorar la propiedad hidráulica y aumentar la descarga de las secciones parabólicas cuadráticas. Se desarrolló sobre la base de la fórmula de Manning y utilizando el método del multiplicador de Lagrange para obtener la sección hidráulica óptima en lo que se evaluó el perímetro mojado, factor de forma, área de flujo, profundidad normal y profundidad crítica para la mejor sección hidráulica. Los resultados mostraron que la mejor relación entre la relación ancho-profundidad de la superficie del agua para la sección hidráulica óptima fue constante (2,0 883). Los resultados dieron a la propuesta como la mejor sección hidráulica también indicaron que esta nueva sección tenía mejores propiedades que las otras secciones. Las comparaciones con secciones parabólicas cuadráticas y semicúbicas mostraron que la descarga de flujo de la sección en forma de parábola de dos y media fue mayor bajo la misma profundidad de agua, lo que significa que es una sección económica. Bajo la misma descarga, la profundidad del agua de la sección en forma de parábola de dos y media era menor que la sección parabólica cuadrática. Además, los resultados mostraron que el área de flujo, el perímetro mojado y el ancho de la superficie del agua de la sección en forma de parábola de dos y media estaban menos bajo la misma descarga. El perímetro mínimo mojado y el área de flujo implicaron que el costo de construcción (costo de excavación y revestimiento) se redujo al mínimo.

En otros idiomas tenemos a: **K. Roushangar, M. Taghi, V. Nourani y A. Nouri (2017)** [16], The present research aims to present various optimization models towards the design of trapezoidal channel cross section. First, a general resistance equation was applied as a constraint. Next, a genetic algorithm (GA) was used to determine the optimal geometry of a trapezoidal channel section based on several parameters, i.e., depth, bottom width, and side slope. Eight different models were proposed and evaluated with no other constraint besides financial cost as well as with a normal depth, flow velocity, Froude number, top width, and by ignoring the cost of seepage. Numerical outcomes obtained by the GA are compared to previous studies in order to determine the most efficient model. Results from a single application indicate that the restriction of depth, velocity, and Froude number can increase the total cost, while restriction of the top width can decrease the cost of the

construction. Also, the solution for various example problems incorporating different discharge values and bed slopes caused increase and decrease in cost, respectively.

A nivel nacional se tiene a: **Ramos Quiliche & Vega Arana (2020)** [17], tuvieron como objetivo: Analizar comparativamente la máxima eficiencia entre dos secciones de canales (rectangulares y trapezoidales), para pendientes suaves y fuertes, y empleando 4 casos de caudales. La metodología para la obtención de los datos se realizó bajo algoritmo planteado y la utilización de MATLAB. Los resultados indican una mayor eficiencia hidráulica cuando el canal es de sección trapezoidal esto a causa de necesitar menor perímetro mojado cuando se realiza el paso del caudal, a su vez esto genera que el factor económico se reduzca a comparación de emplear sección trapezoidal. Con respecto a la pendiente, los resultados indican una pendiente suave de 0.00015 y una pendiente fuerte de 0.002 en caso de sección rectangular; presentando así pendientes menores al caso de sección trapezoidal, sugiriendo así que la excavación para este tipo de canal será menor al emplearse. Como conclusión se determina que una sección trapezoidal posee mayor eficiencia hidráulica, con las desventajas del espacio de superficie que ocupa, siendo que no se pueda adaptar su aplicación.

Placido, Salvatierra (2020) [18] tuvo como objetivo general: realizar una propuesta de diseño hidráulico para el canal de riego Barrio Nuevo que mejore la conducción hidráulica en Trujillo, La Libertad. El tipo de investigación es aplicada, la metodología que se empleó fue en una etapa inicial la recolección de información, posteriormente el levantamiento topográfico con su perfil longitudinal, secciones transversales, también se realizó el estudio de mecánica de suelo y finalmente realizar el diseño del canal de acuerdo al cálculo del caudal del diseño que nos arrojará el diseño hidráulico del canal. La investigación obtuvo como resultado del diseño hidráulico del canal, que el caudal del diseño es 0.16 m³/s, su velocidad media de diseño es de 1.52 m/s y el tipo de flujo del canal es supercrítico, así mismo el diseño geométrico del canal se obtuvo los resultados en cuanto a la clasificación del canal es de tercer orden, la longitud del tramo del canal es 1+355 km, la tirante es 0.24 m, talud de 1, un ancho de berma 0.25 m, el ancho de la base 0.70 m., altura del canal 0.70m y el espesor del canal 0.10 m. Se concluye que el diseño del

canal se basa en el cálculo realizado de acuerdo al caudal hidráulico, con la finalidad de evitar la formación de sedimentos que puedan dañar el canal, también se determinó que el diseño del canal es de forma trapezoidal.

Torres (2017) [19], su objetivo general fue: realizar el diseño del canal con sus obras de arte empleando principios de Bureau of Reclamation y la simulación del caudal del agua del proyecto carpintero. El tipo de investigación es descriptivo – experimental, y la metodología que se realizó es el diagnóstico de la infraestructura actual, evaluando ciertos criterios como la captación, la conducción y sus obras de arte, para posteriormente realizar los estudios de geología y geotecnia; todos los datos obtenidos de la recolección de información, nos ayudó a realizar el nuevo diseño del canal con las características hidráulicas y geométricas pertinentes, al igual que el planteamiento de sus obras de arte; la propuesta planteada se sometió a la simulación en el programa HEC-RAS, así se evidencia la calidad y resultados. Según los resultados obtenidos de la investigación, se puede decir que la velocidad proyectada es de 1.03 m/seg., así mismo se ha demostrado que no habrá problemas con el revestimiento del canal con un concreto simple de $f'c$ 175 kg/cm². Ya que la velocidad máxima proyectada será de 2.19 m/seg. Siendo inferior a la velocidad que podría ocasionar daños en su revestimiento que es los 3.00 m/seg. Se concluye que el diseño realizado es el correcto, ya que se ha evidenciado en los resultados arrojados de las simulaciones y que el programa HEC-RAS es uno de la adecuada en cuanto a su verificación del comportamiento del flujo del canal.

Asalde (2020) [20], en Salas, región Lambayeque. Realizada en la Universidad San Martín de Porres, tuvo como objetivo general: Realizar una propuesta de diseño del canal de riego en el distrito de Salas, estableciendo la influencia del software HEC-RAS en su diseño. El tipo de investigación es aplicada, cuantitativa y descriptiva, el trabajo de investigación se realizó mediante el análisis de la situación actual a través del cálculo hidráulico del canal, con estos cálculos se procede a realizar el diseño de cada tramo con cada una de sus características y finalmente se procedió a la comprobación del diseño con el software HEC-RAS el cual determinó la eficiencia del cálculo hidráulico para el canal. Como resultado de la investigación al utilizar el software HEC-RAS se obtuvo que la velocidad del agua varía entre 0.42 m/seg como mínimo y como máxima 1.25 m/seg. Esto indica que no existiría riesgo

de levantamiento de concreto del canal ya que la velocidad máxima aceptable para que esto ocurra es de 3.0 m/seg. así mismo el tirante máximo se ocasiono en el km0+320 al km 0+560, logrando un tirante de 0.80 m. para una velocidad mínima de 0.42 m/seg. gracias al software empleado se pudo evidenciar que existirá un desbordamiento entre los km 0+320 al km 0+560, ocasionado por las curvas y pendiente, esto se tomó en cuenta para la elaboración del diseño. Se concluye que al utilizar el software HEC-RAS influye en el diseño del canal, debido a la precisión con la que se puede visualizar y estudiar los datos hidrológicos del canal.

Santisteban (2019) [21], Tuvo como objetivo general mejoramiento de sección de un canal realizar el diseño hidráulico del canal L-02 Huabal, Mórrrope, Lambayeque. Su diseño de investigación fue descriptivo no experimental, y su metodología del trabajo realizado se basó en la recopilación de información del lugar, se ejecutó los estudios previos de campo y se procedió a emplear el software AutoCAD civil 3D con el cual se pudo diseñar la geometría del canal. Como resultados se obtuvo, en cuanto al estudio topográfico, se establecieron 12 puntos BMs para hacer el levantamiento planimétrico que determinó 6 559.01m. de longitud y el altimétrico que se realizó cada 20 m. para determinar las secciones transversales; en cuanto a los estudios de suelos se emplearon 07 calicatas con una profundidad de 1.20 m obteniendo una capacidad portante de 0.43 kg/cm²; del estudio hidrólogo se determinó que existe una demanda de 206.67 has que se benefician bajo el riego de este canal, además la demanda del caudal máximo es 0.42 m³/s. El diseño del canal de riego se basa en el revestimiento de 6 294.21 m. de forma trapezoidal adicional a 237 m. de obras de arte, el concreto a utilizar será de f'c=210 kg/cm² con un espesor de 0.20 m. el caudal de diseño que será utilizado es de 0.42 m³/seg. Se concluye que el diseño planteado para el canal L-02 Huabal, se ha realizado de acuerdo a la información adquirida en base a los estudios desarrollados desde los estudios básicos hasta el estudio hidrológico.

En la búsqueda bibliográfica, no se encontraron antecedentes locales, es por ello la importancia de que la investigación se tome como un punto de partida para indagar más sobre los estudios de los canales de regadío en nuestro departamento.

Como bases teóricas relacionada a las variables y las dimensiones tenemos lo siguiente:

Canal de regadío:

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2015), es aquel canal que se encarga de la conducción del agua con destino a los campos de cultivo para que puedan regar sus sembríos, pueden ser construidos de: concreto simple, concreto armado, concreto ciclópeo, geomembrana, piedra labradas y canales de tierra [22]. Existen dos tipos de canales: el canal natural, que se aquellos causes que se han formado a la largo del tiempo a través de las depresiones naturales que en su mayoría ocurren en la parte cierra del Perú y el otro tipo de canal son los artificiales [23], que son canales construidos con el esfuerzo del hombre entre ellas encontramos las centrales hidroeléctricas, cunetas de drenaje, canales de irrigación, etc. estos tienen una ventaja muy importante, que pueden ser diseñados de tal manera que se controle la velocidad y el caudal deseado (Cervantes, 2018). [24]

Diseño de canales:

Para el diseño de canales, Castellanos, Collazos, Farfán y Meléndez (2017) [25] nos dice que es necesario los estudios básicos como: la topografía, estudios de suelos, estudio hidrológico, estudio ambiental, etc., además de estos estudios, también es importante tener en cuenta los siguientes criterios: el trazo de canales, en esta etapa es necesario la recolección de información acerca del canal a estudiar, obteniendo estudios topográficos o fotografías aéreas, así mismo el reconocimiento del terreno es clave para saber en qué estado se encuentra el canal e identificar su trazo definitivo; el siguiente criterio son los radios mínimos de canales, en donde se busca hacer el cambio de dirección de una forma gradual y no brusca, esto es en función a la capacidad del canal (tabla de radio mínimo ver anexo); otro criterio es la definición de la rasante del canal [26], en donde ya definido el trazo del canal, se realizan los perfiles longitudinales para esto se debe tener en cuenta que la rasante debe estar por debajo del perfil longitudinal del canal, también preservar los puntos de captación u obras de arte [27], se debe optimizar los movimientos de tierra teniendo en cuenta que la rasante de fondo este al mismo nivel que la del terreno natural sin perjudicar el caudal del canal, y a su vez tener

información de kilometraje, cota rasante, pendiente, BMs, localización de obras de artes, tipo de suelo, secciones transversales y las flexiones de curvas (Autoridad Nacional del Agua, 2010). [28]

Estudio hidrológico:

El estudio hidrológico, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [29], define al estudio hidrológico como el registro del volumen del agua por un determinado tiempo, que a su vez establece los caudales máximos y mínimos de un canal o red de agua en estudio, considerando las características de pendiente, superficie y longitud. [30]

Para los autores Pérez y Venegas [31], el análisis del caudal también es un factor importante en el diseño de un canal de regadío, por qué sirve para medir los caudales de afluencia de agua y la duración del mismo que lleva un canal [32]. Para poder medir con precisión se utilizan los siguientes métodos de aforo: molinete, químico, volumétrico, flotadores y con trazadores radiactivos [33]; también los caudales medios son parte importante en el análisis del caudal, ya que nos indica el registro mínimo, medio y máximo. [31]

Sección transversal

La propuesta de los tipos de secciones transversales depende mucho de criterios técnicos como economía, resistencia estructural, topografía, estabilidad geotécnica [34], entre los tipos tenemos:

Secciones trapezoidales, Indica que para que una sección sea trapezoidal debe de contener las siguientes características geométricas: (b) ancho de base, la altura (h) y el talud lateral, con el ángulo de inclinación z_1 y z_2 . [35]

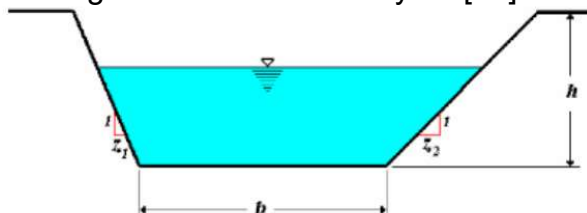


Figura 1: Sección trapezoidal de un canal

Fuente: Guamán (2018, pág. 6)

Secciones triangulares se define por z_1 y z_2 . y la altura (h) este tipo de secciones por lo general se utilizan para el drenaje pluvial.

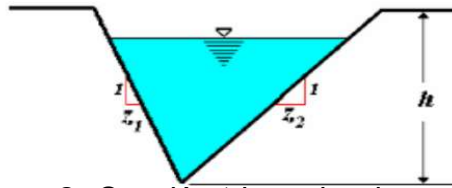


Figura 2: Sección triangular de un canal

Fuente: Guamán (2018, pág. 6)

Sección rectangular, es aquella sección simple que cuenta con una base (b) y una altura (h). [34]

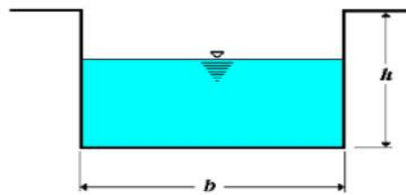


Figura 3: Sección rectangular de un canal

Fuente: Guamán (2018, pág. 6)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Una investigación se considera de tipo “aplicada”, al tener como objetivo resolver un problema que nace a apartir de una necesidad de una sociedad o población, por lo que se busca proponer alternativas de solución [36]. De esta manera, esta propuesta de tesis se considera de este tipo, ya que, se encarga de brindar una alternativa viable y adecuada relacionada a las secciones trapezoidal y triangual en el mejoramiento hidráulico del canal rectangular ubicado en el Sector del Gallito del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Una investigación cuantitativa es aquel enfoque que se centra en la cuantificación numérica realizada en la recopilación y análisis de los datos en esta misma [37]. De esta manera, esta propuesta de tesis, se considera como tal, ya que, estos resultados en escala numérica permitirá la interpretación real de la influencia que presentan las secciones como trapezoidal y triangular para el mejoramiento hidráulico del canal ubicado en el Sector del Gallito del distrito de Moquegua.

Diseño de investigación

Una investigación se determina con un diseño cuasi experimental, al tener como finalidad de demostrar y brindar aporte de una realidad de manera detallada, realizando la manipulación de sus variables de investigación independientes para generar un efecto en sus variables dependientes [37]. Por ello, esta propuesta de investigación se considera de suma importa, al presentar un diseño cuasi experimental, ya que, busca recopilar información real de la zona de estudio con el fin de analizar la influencia de las secciones trapezoidal y triangular para el mejoramiento hidráulico del canal de regadío en el Sector del Gallito del Distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Sección trapezoidal y triangular.

Definición conceptual: Las secciones trapezoidales y triangulares son tipos de secciones transversales tomado de forma perpendicular a la dirección del flujo [9].

Definición operacional: Estas secciones se plantean para canales, debido que presentan pendientes para estabilidad, las cuales dependerá de sus características geométricas, en función a su tipo de sección, área y radio hidráulico, perímetro mojado.

Variable dependiente: Mejoramiento hidráulico.

Definición conceptual: El mejoramiento hidráulico en un canal es aquel conjunto de procedimientos para determinar sus condiciones o características hidráulicas de un canal [18].

Definición operacional: El mejoramiento hidráulico en un canal es aquel conjunto de procedimientos que tiene como finalidad determinar criterios de diseño hidráulico y su eficiencia relacionada al caudal de distribución, de ingreso, que llega al final, así como su porcentaje de pérdidas de agua.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población es un grupo infinito o finito de mecanismos con rasgos habituales para lo que serán extensibles las conclusiones del presente estudio de investigación.

La población se considera al conjunto de elementos de objeto de estudio y que presentan características similares [38]. De esta manera, esta investigación consideró como población al canal de regadío de 600 metros en el Sector del Gallito del Distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Muestra

Se define como muestra a la unidad o subconjunto de la población, las cuales presentan características similares, por lo que, son elegidas para un estudio [38]. Por ello, esta propuesta de tesis, consideró como muestra de estudio al tramo comprendido por la progresiva 0+500 a la progresiva 0+600.00, del canal de regadío en el Sector del Gallito del Distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Muestreo

Se consideró un tipo de muestreo no probabilística, al presentar su selección bajo un carácter intencional, la cual consiste que los autores eligen a criterio y propio juicio, ya que, se centró en un estudio que no requiere de selección estadística que delimite la misma.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Es un proceso de toma de decisiones relacionada con la naturaleza del objetivo de investigación, con las definiciones empleadas para construirla y el análisis del investigador.

Dentro de las técnicas que serán consideradas de gran importancia para el desarrollo de esta investigación, son las siguientes:

- Observación directa. Para el caso del reconocimiento del lugar de estudio, características generales y topográficas.
- Estudio hidrológico. En el caso del estudio hidrológico se realizó para conocer las características de la zona de estudio.
 - Geología.
 - Hidrografía.
 - Clima.
 - Precipitaciones.

- Evaporación.
- Humedad.
- Recolección de datos de campo.
- Procesamiento de información mediante software.

Instrumentos de recolección de datos

Una medición idónea es aquella que toma datos observables que se pueden percibir a la vista y son verdalmente representativos del concepto.

Considerando las técnicas anteriormente mencionadas, es necesario indicar los siguientes instrumentos que se consideran de suma importancia para la obtención de los resultados deseados.

- Ficha de observación o base de datos topográficos.
- Fichas de Recolección de datos.

Validez y confiabilidad

Los instrumentos a utilizar en la presente investigación durante la recolección y análisis de datos garantiza la validez y confiabilidad de todos los resultados obtenidos, como las fichas de laboratorio que estará a cargo de proyectar los ensayos realizados en el caso del estudio de mecánica de suelos, mientras que en la topografía, se brinda la recopilación de todos los puntos necesarios de la zona de estudio para determinar así sus características topográficas principales con el fin de presentar resultados reales, para el adecuado desarrollo de un diseño del canal de regadío en el Sector del Gallito del Distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, bajo el cumplimiento de la normativa peruana vigente.

3.5. Procedimientos

A continuación, se podrá visualizar el procedimiento considerado para el desarrollo de la presente investigación.

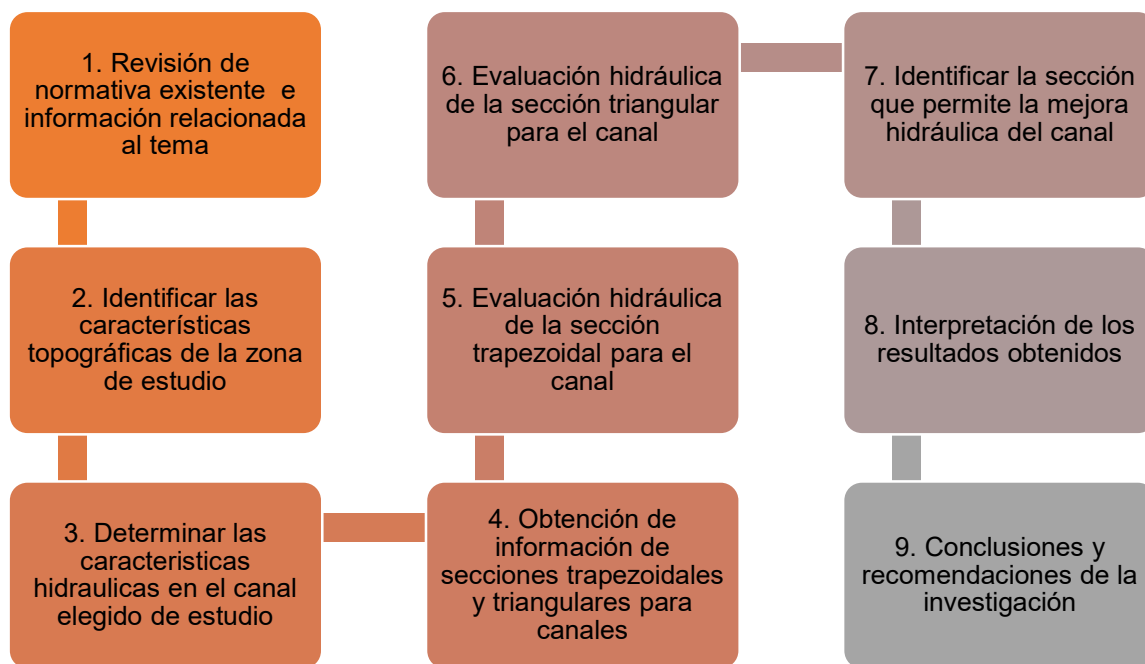


Figura 4: Procedimiento de desarrollo de la investigación

Fuente: Elaboración propia 2021

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos considerado para la investigación se consideró “descriptivo”, ya que, consiste en describir puntos clave en datos existentes, siendo así posible observar situaciones que permita determinar hechos específicos. En este caso, permitirá determinar la influencia que presentan la sección trapezoidal y triangular para el mejoramiento hidráulico del canal de regadío en el Sector del Gallito del Distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

3.7. Aspectos éticos

Dentro de los aspectos éticos, el investigador se compromete a cumplir las normas técnicas peruanas existentes y vigentes a la fecha de cada ensayo planteado a realizar para el estudio de suelos, con la única finalidad de obtener información real de este material con total confiabilidad y veracidad, sin realizar cambios ni alteración alguna en sus resultados, siendo así considerada una investigación original basado en datos correctos obtenidos en laboratorio. Ya

que, consideraciones de suelo influencia en los modelamientos hidráulicos que será necesario realizar para evaluar y comparar las secciones de estudio como trapezoidal y triangular para el canal de regadío en el Sector del Gallito del Distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Para ello, es importante considerar, el Código de Ética de la Universidad César Vallejo [39], donde se brindan principios de gran relevancia a ser considerados en la investigación, como serán detallados a continuación:

- Autonomía: Las personas que desarrollan esta investigación deben contar con la capacidad de elegir su participación.
- Competencia profesional y científica: Las personas deben cumplir con niveles correctos o adecuados en la investigación que garanticen el rigor científico en todo su desarrollo.
- Justicia: Este principio consiste en el trato igualitario de las personas que participan en la investigación para así mejorar el desarrollo científico.
- Libertad: Esta investigación se desarrollará de manera libre sin intereses económicos, religiosos ni políticos.

Siendo alumnos de la carrera profesional de Ingeniería Civil, el presente proyecto de investigación se desarrolló con total honestidad, honradez, respeto y confianza de no haber copiado parte de las tesis de otros autores, citándolos mediante la Norma ISO-690-2010, respetando sus aportes, indicando todos los manuales, normas e instrumentos que se usaron en el proyecto de investigación con las respectivas resoluciones, los cuales al final serán comparados por la herramienta web Turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1. Datos generales:

Nombre de la tesis:

Evaluación de las secciones trapezoidal y triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022

Ubicación:

Departamento : Moquegua
Provincia : Mariscal Nieto
Distrito : Moquegua
Ubicación : Sector de Riego el Gallito

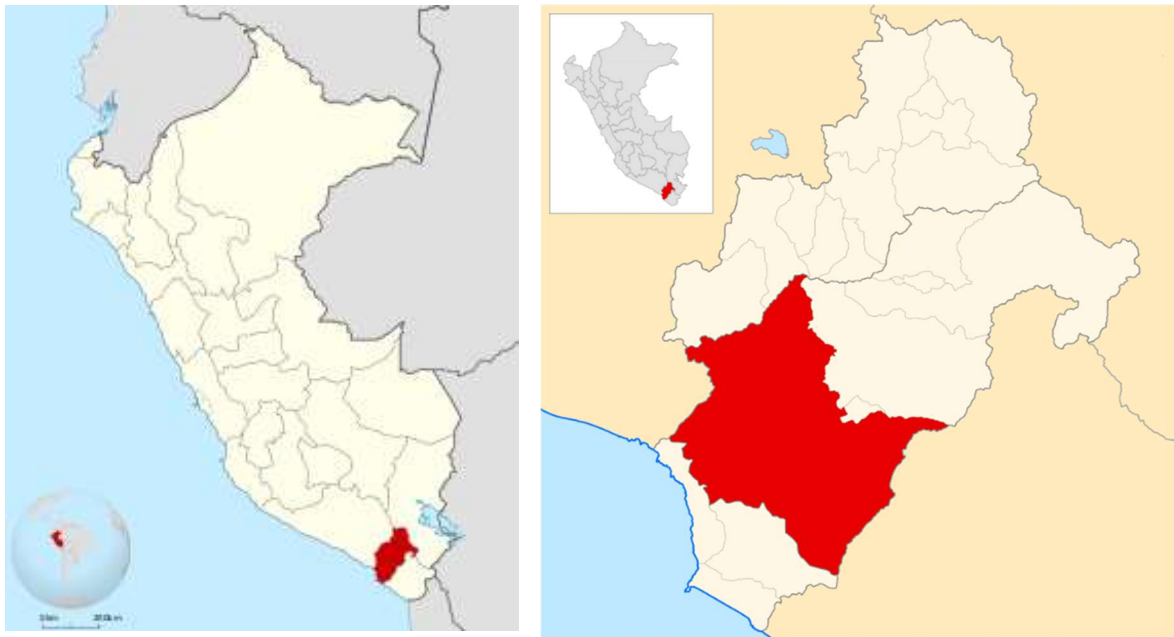


Figura 5: Mapa del Perú y Mapa de la Región Moquegua

Fuente: Google Search

Hidrográficamente

Al Norte : con el Rio Tumilaca
Al Sur : con el Rio Moquegua
Al Este : con la Rio Huaracane
Al Oeste : con el Rio Moquegua

Localización:

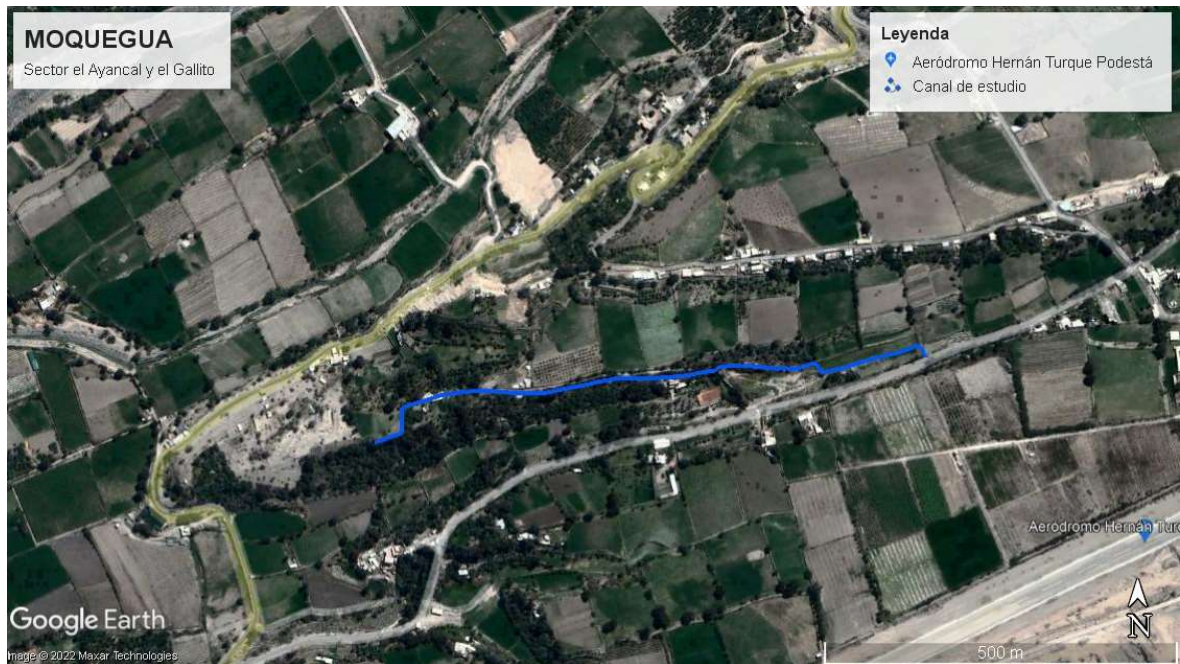


Figura 6. Localización del Canal Ayancal y el Gallito

Fuente: Google Earth.

4.2. Estudio hidrológico:

GEOLOGÍA LOCAL

Está constituida por una secuencia positiva estrato grano decreciente hacia arriba, con espesores variables de 0.25 a 0.75 m. la base está cubierta por material aluvial, se observa areniscas de color gris de grano medio, con estratificación masiva, seguida de arcillas rojizas masivas con niveles milimétricos de yeso.

Finalmente termina con un banco de 0.55 m. de conglomerados de rocas volcánicas andesitas y riolitas, subangulosos sostenidos en una matriz limo –arcillosa, los limos beige compactos que presentan un basculamiento ligero y cementados con carbonato de calcio, cuyos diámetros que van de 1 a 15 cm.

HIDROGRAFÍA

Cuenca Río Moquegua.

Los recursos hídricos de la cuenca del río Moquegua se generan principalmente en las microcuencas de los ríos Tumilaca, Torata y Huaracane, el área total de la subcuenca es de 3 431.07 km² en donde se origina un caudal de 1.25 m³ /s.

En esta cuenca, el área de estudio involucra a la Subcuenca del Río Ilo – Moquegua, cuyas microcuencas son:

- Microcuenca Torata
- Microcuenca Huaracane
- Microcuenca de la Quebrada Guaneros
- Microcuenca Tumilaca
- Intercuenca Quebrada Las Víboras
- Intercuenca Osmore-Moquegua
- Intercuenca Quebrada – Carpirus
- Microcuenca Quebrada Honda-Ozorin
- Intercuenca Rio Ilo.

CLIMA

Para la caracterización climática del área de estudio se consideró la información de los registros de la estación meteorológica Moquegua, la cual establece que el clima se caracteriza por su luminosidad (9.5 horas de sol promedio al día) la temperatura varía entre los 9 °C y 22 °C, con marcada variación entre el día y la noche, baja precipitación fluvial (mm) 4.3 promedio, y una humedad relativa promedio de 64.5%, el clima de la región corresponde a la zona quechua del Perú, es templado y seco con amplitud térmica, la evaporación promedio es 4.3%.

PRECIPITACIONES:

Tabla 1: Precipitación Total (mm)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL ANUAL | PROM ANUAL |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| 2000 | 1.0 | 2.2 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.6 | 0.4 |
| 2001 | 0.8 | 1.8 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 0.3 |
| 2002 | 1.1 | 2.4 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 5.3 | 0.4 |
| 2003 | 1.2 | 2.6 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 5.8 | 0.5 |
| 2004 | 0.7 | 1.6 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 3.5 | 0.3 |
| 2005 | 0.9 | 2.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 4.4 | 0.4 |
| 2006 | 1.0 | 4.5 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.7 | 0.5 |
| 2007 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2008 | 11.3 | 0.9 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 17.2 | 1.4 |
| 2009 | 1.2 | 5.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.8 | 0.6 |
| 2010 | 1.3 | 5.9 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.5 | 0.6 |
| 2011 | 0.9 | 4.1 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.4 |
| 2012 | 1.0 | 4.5 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.7 | 0.5 |
| 2013 | 1.5 | 6.8 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.6 | 0.7 |
| 2014 | 1.8 | 8.1 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.3 | 0.9 |
| 2015 | 1.6 | 7.2 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.1 | 0.8 |
| 2016 | 2.0 | | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.2 |
| 2017 | 1.1 | 5.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.3 | 0.6 |
| 2018 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 |
| 2019 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2020 | 3.2 | 2.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 7.1 | 0.6 |
| 2021 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| 2022 | 0.2 | 0.2 | 0.9 | | | | | | | | | | 1.3 | 0.4 |
| PROM | 1.8 | 3.1 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | | 0.5 |

Fuente: SENAMHI [40]

La tabla N°1 indica las precipitaciones registradas en la estación CP-Moquegua la cual se encuentra a una altitud de 1 420 msnm, estas mantienen un registro mensual para poder medir su implicancia en el caudal. Los registros comprenden desde el año 2000 al 2021, donde la precipitación máxima fue de 11.3 en el año 2008, siendo casos aislados puesto que los promedios anuales no superan del 1.4 mm.

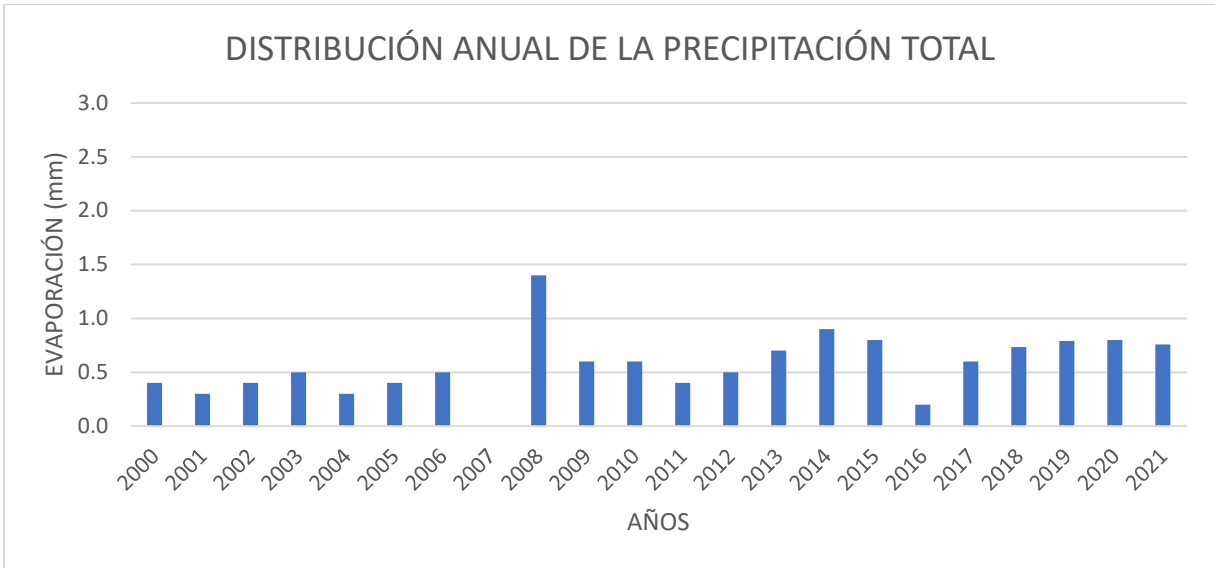


Figura 7: Distribución anual de la precipitación total.

En la figura 8 se muestra la distribución anual de la precipitación en la estación CP Moquegua, donde se denota la precipitación elevada en el año 2008 y una precipitación similar en los demás años que no superan 1.0 mm.

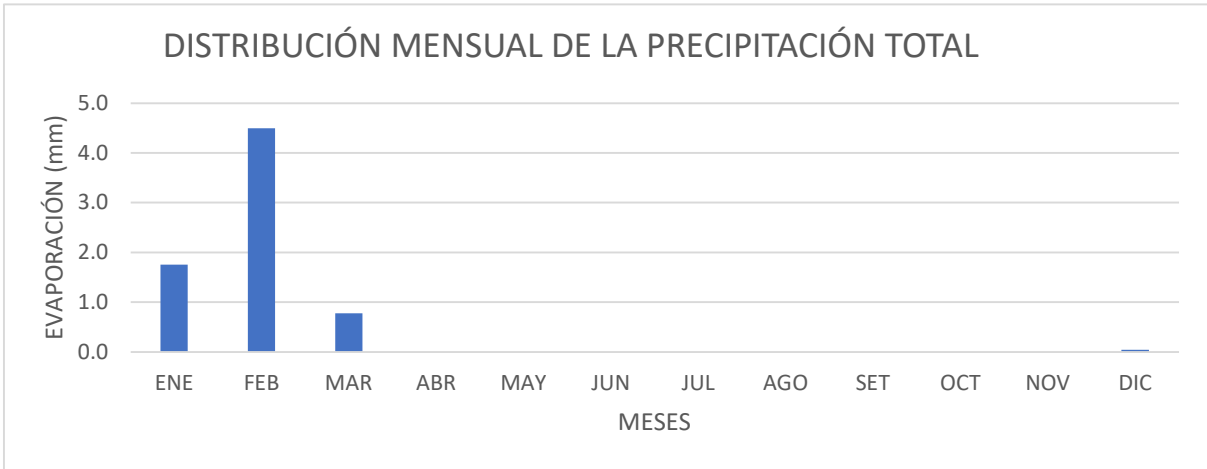


Figura: 8 Distribución mensual de la precipitación total

En la figura 9 se detalla las precipitaciones que se producen en los diferentes meses del mes, donde se denota claramente los meses donde es frecuente que se ocurra este fenómeno, lo cual abarca entre los meses de enero a marzo, teniendo un inicio en diciembre con precipitaciones bajas. Además, se resalta que en el mes de febrero es donde hay más frecuencia de precipitaciones.

EVAPORACIÓN MEDIA:

Tabla 2: *Evaporación media mensual (mm)*

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL ANUAL | PROM ANUAL |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| 2000 | 5.3 | 5.2 | 4.8 | 4 | 4.1 | 4.3 | 4.4 | 4.6 | 5.3 | 5.5 | 5.9 | 0 | 53.4 | 4.4 |
| 2001 | 4.3 | 4.2 | 4 | 3.2 | 3.3 | 3.5 | 3.6 | 3.8 | 4.3 | 4.5 | 4.9 | 0 | 43.7 | 3.6 |
| 2002 | 5.8 | 5.6 | 5.3 | 4.3 | 4.4 | 4.7 | 4.8 | 5 | 5.8 | 6 | 6.5 | 6.2 | 64.4 | 5.4 |
| 2003 | 6.2 | 6.1 | 5.7 | 4.7 | 4.8 | 5.1 | 5.2 | 5.5 | 6.2 | 6.5 | 7 | 6.8 | 69.8 | 5.8 |
| 2004 | 3.8 | 3.8 | 3.5 | 2.9 | 3 | 3.1 | 3.2 | 3.4 | 3.8 | 4 | 4.3 | 4.2 | 43 | 3.6 |
| 2005 | 4.8 | 4.7 | 4.4 | 3.6 | 3.7 | 3.9 | 4 | 4.2 | 4.8 | 5 | 5.4 | 5.2 | 53.7 | 4.5 |
| 2006 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 4.3 | 4.1 | 3.7 | 3.8 | 4.2 | 4.9 | 5 | 5.2 | 5.2 | 54.1 | 4.5 |
| 2007 | 5 | 4.4 | 4.5 | 3.9 | 3.5 | 3.7 | 3.8 | 4 | 4.3 | 4.5 | 4.7 | 4.9 | 51.2 | 4.3 |
| 2008 | 3 | 3.4 | 3.4 | 3 | 2.9 | 2.6 | 3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.4 | 3 | 36.1 | 3 |
| 2009 | 5.9 | 5.5 | 5 | 5.2 | 4.9 | 4.4 | 4.6 | 5 | 5.9 | 6 | 6.2 | 6.2 | 64.9 | 5.4 |
| 2010 | 6.4 | 6 | 5.5 | 5.6 | 5.3 | 4.8 | 4.9 | 5.5 | 6.4 | 6.5 | 6.8 | 6.8 | 70.5 | 5.9 |
| 2011 | 4.4 | 4.1 | 3.8 | 3.9 | 3.7 | 3.3 | 3.4 | 3.8 | 4.4 | 4.5 | 4.7 | 4.7 | 48.7 | 4.1 |
| 2012 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 4.3 | 4.1 | 3.7 | 3.8 | 4.2 | 4.9 | 5 | 5.2 | 5.2 | 54.1 | 4.5 |
| 2013 | 5.1 | 4.8 | 4.4 | 4.5 | 4.3 | 3.9 | 4 | 4.4 | 5.1 | 5.3 | 5.5 | 5.5 | 56.8 | 4.7 |
| 2014 | 5.5 | 5.2 | 4.7 | 4.8 | 4.6 | 4.1 | 4.3 | 4.7 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 5.8 | 60.6 | 5 |
| 2015 | 5.1 | 4.8 | 4.4 | 4.5 | 4.3 | 3.9 | 4 | 4.4 | 5.1 | 5.3 | 5.5 | 5.5 | 56.8 | 4.7 |
| 2016 | 5.4 | 5.1 | 4.6 | 4.7 | 4.5 | 4.1 | 4.2 | 4.6 | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.7 | 59.5 | 5 |
| 2017 | 5.6 | 5.3 | 4.8 | 4.9 | 4.7 | 4.3 | 4.4 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6 | 6.1 | 62.3 | 5.1 |
| 2018 | 5.3 | 5.2 | 4.9 | 4.7 | 4.3 | 3.9 | 3.8 | 4.2 | 4.9 | 5.3 | 5.5 | 5.5 | 57.5 | 4.8 |
| 2019 | 5.2 | 5.3 | 5.1 | 4.5 | 4.3 | 4.1 | 3.9 | 3.7 | 4.1 | 5.1 | 5.4 | 5.5 | 56.2 | 4.7 |
| 2020 | 5.1 | 4.9 | 4.8 | 4.4 | 4.6 | 5.0 | 4.3 | 4.5 | 4.7 | 4.9 | 5.2 | 5.4 | 57.8 | 4.8 |
| 2021 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 4.9 | 4.7 | 4.3 | 3.9 | 4.1 | 4.3 | 4.6 | 5.0 | 5.2 | 56.8 | 4.7 |
| PROM | 5.1 | 4.9 | 4.6 | 4.3 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.3 | 4.9 | 5.2 | 5.4 | 4.9 | | 4.7 |

Fuente: SENAMHI [40]

La tabla N°2 representa la evaporación que se registra en la estación CP-Moquegua, que detalla a nivel mensual y anual como se desarrolla este proceso efectuado a causa de las condiciones climáticas del lugar, en cuanto a la insolación, velocidad de los vientos, humedad y vegetación.

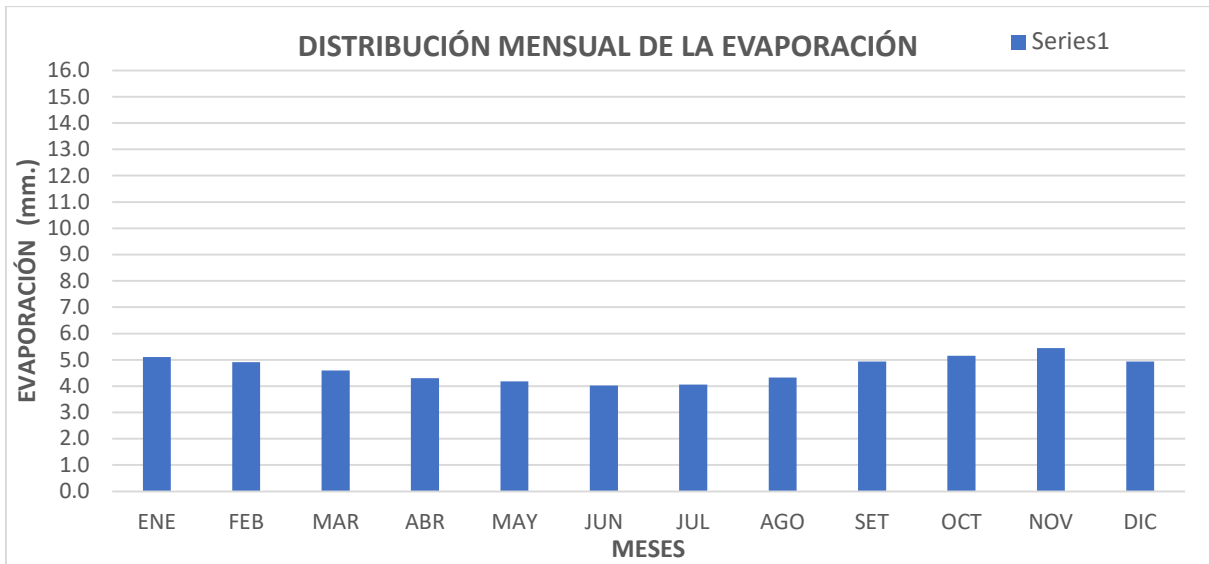


Figura 9. Distribución mensual de la evaporación

Fuente: Elaboración propia

La figura 9 representa la distribución mensual de la evaporación, donde se denota que la evaporación se mantiene estable a lo largo del año siendo las etapas de verano cuando estas se elevan debido al aumento del calor.

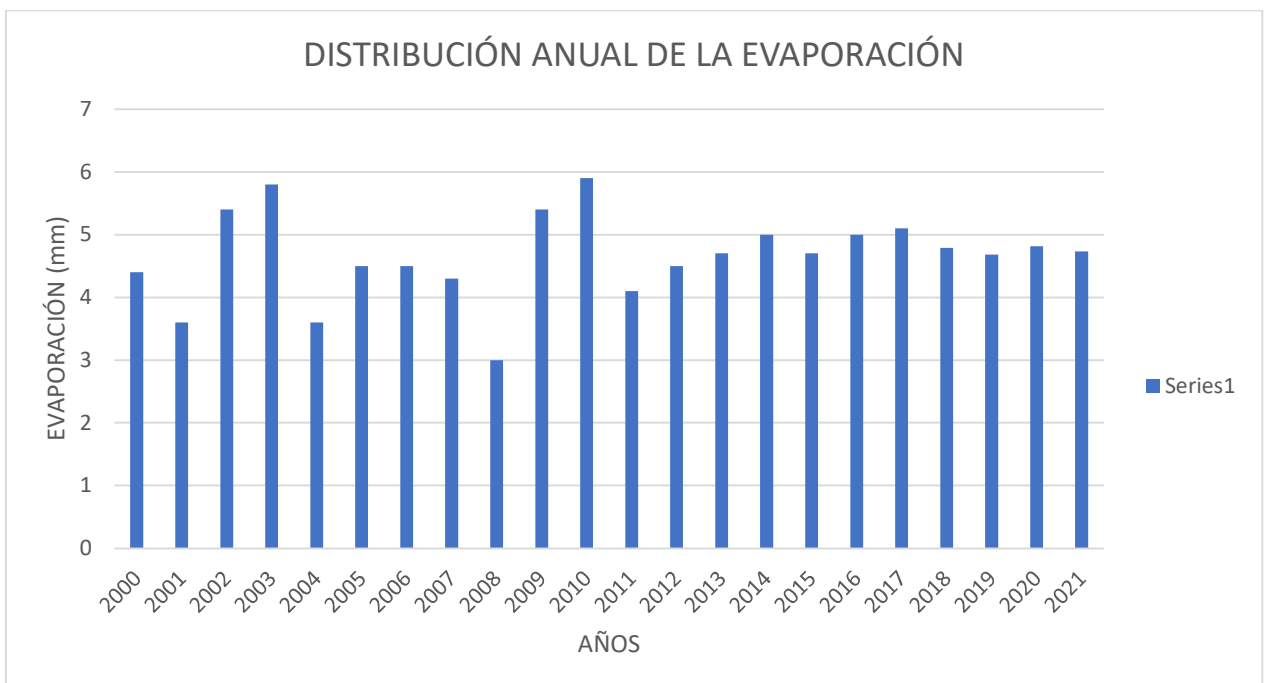


Figura 10. Distribución anual de la evaporación

Fuente: Elaboración propia

La figura 10 denota la evaporación en el periodo del 2000 – 2021. La evaporación se mantiene en un rango de 3 a 5 mm, teniendo picos que se aproximan a 6 mm en algunos años. Esta evaporación se efectúa a causa de la geología y clima de la zona.

HUMEDAD RELATIVA:

Tabla 3: *Humedad relativa (%)*

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL ANUAL | PROM ANUAL |
|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2000 | 8.6 | 8.6 | 10.1 | 10.6 | 11.3 | 11.2 | 11.2 | 11.8 | 11 | 12.3 | 11.8 | 0 | 118.5 | 9.9 |
| 2001 | 7 | 7 | 8.3 | 8.6 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.6 | 9 | 10.1 | 9.6 | 0 | 96.9 | 8.1 |
| 2002 | 9.4 | 9.4 | 11 | 11.5 | 12.4 | 12.2 | 12.2 | 12.8 | 12 | 13.4 | 12.8 | 11.2 | 140.3 | 11.7 |
| 2003 | 10.1 | 10.1 | 12 | 12.5 | 13.4 | 13.3 | 13.3 | 13.9 | 13 | 14.6 | 13.9 | 12.1 | 152.2 | 12.7 |
| 2004 | 6.2 | 6.2 | 7.4 | 7.7 | 8.2 | 8.2 | 8.2 | 8.6 | 8 | 9 | 8.6 | 7.4 | 93.7 | 7.8 |
| 2005 | 7.8 | 7.8 | 9.2 | 9.6 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.7 | 10 | 11.2 | 10.7 | 9.3 | 117 | 9.8 |
| 2006 | 6.9 | 7.2 | 5.2 | 9.8 | 10.2 | 9.9 | 10.3 | 10.5 | 10.5 | 10.8 | 10.7 | 10.8 | 112.8 | 9.4 |
| 2007 | 8.8 | 7.6 | 8.7 | 9.7 | 10.4 | 9.9 | 10 | 10.6 | 10.4 | 10.6 | 9.9 | 8.8 | 115.4 | 9.6 |
| 2008 | 4.8 | 8.5 | 8.5 | 9.9 | 10 | 10 | 10.4 | 10.6 | 10.9 | 11.4 | 12 | 9.4 | 116.4 | 9.7 |
| 2009 | 8.3 | 8.6 | 6.2 | 11.8 | 12.2 | 11.9 | 12.4 | 12.6 | 12.6 | 13 | 12.8 | 13 | 135.4 | 11.3 |
| 2010 | 9 | 9.4 | 6.8 | 12.7 | 13.3 | 12.9 | 13.4 | 13.7 | 13.7 | 14 | 13.9 | 14 | 146.8 | 12.2 |
| 2011 | 6.2 | 6.5 | 4.7 | 8.8 | 9.2 | 8.9 | 9.3 | 9.5 | 9.5 | 9.7 | 9.6 | 9.7 | 101.6 | 8.5 |
| 2012 | 6.9 | 7.2 | 5.2 | 9.8 | 10.2 | 9.9 | 10.3 | 10.5 | 10.5 | 10.8 | 10.7 | 10.8 | 112.8 | 9.4 |
| 2013 | 10.4 | 10.8 | 7.8 | 14.7 | 15.3 | 14.9 | 15.5 | 15.8 | 15.8 | 16.2 | 16.1 | 16.2 | 169.5 | 14.1 |
| 2014 | 12.4 | 13 | 9.4 | 17.6 | 18.4 | 17.8 | 18.5 | 18.9 | 18.9 | 19.4 | 19.3 | 19.4 | 203 | 16.9 |
| 2015 | 11 | 11.5 | 8.3 | 15.7 | 16.3 | 15.8 | 16.5 | 16.8 | 16.8 | 17.3 | 17.1 | 17.3 | 180.4 | 15 |
| 2016 | 13.8 | 14.4 | 10.4 | 19.6 | 20.4 | 19.8 | 20.6 | 21 | 21 | 21.6 | 21.4 | 21.6 | 225.6 | 18.8 |
| 2017 | 7.6 | 7.9 | 5.7 | 10.8 | 11.2 | 10.9 | 11.3 | 11.6 | 11.6 | 11.9 | 11.8 | 12.1 | 124.4 | 10.2 |
| 2018 | 6.9 | 7.2 | 5.2 | 9.8 | 10.2 | 9.9 | 10.3 | 10.5 | 10.5 | 10.8 | 10.7 | 10.8 | 112.8 | 9.4 |
| 2019 | 9.4 | 9.4 | 11 | 11.5 | 12.4 | 12.2 | 12.2 | 12.8 | 12 | 13.4 | 12.8 | 11.2 | 140.3 | 11.7 |
| 2020 | 8.3 | 8.6 | 6.2 | 11.8 | 12.2 | 11.9 | 12.4 | 12.6 | 12.6 | 13 | 12.8 | 13 | 135.4 | 11.3 |
| 2021 | 10.4 | 10.8 | 7.8 | 14.7 | 15.3 | 14.9 | 15.5 | 15.8 | 15.8 | 16.2 | 16.1 | 16.2 | 169.5 | 14.125 |
| PROM | 8.6 | 9.0 | 8.0 | 11.8 | 12.4 | 12.1 | 12.4 | 12.8 | 12.6 | 13.2 | 13.0 | 11.6 | | 11.4 |

Fuente: [40]

En la tabla 3 se detalla los porcentajes de humedad relativa según la estación CP Moquegua. Esta humedad relativa indica el vapor de agua que se encuentra en el ambiente.

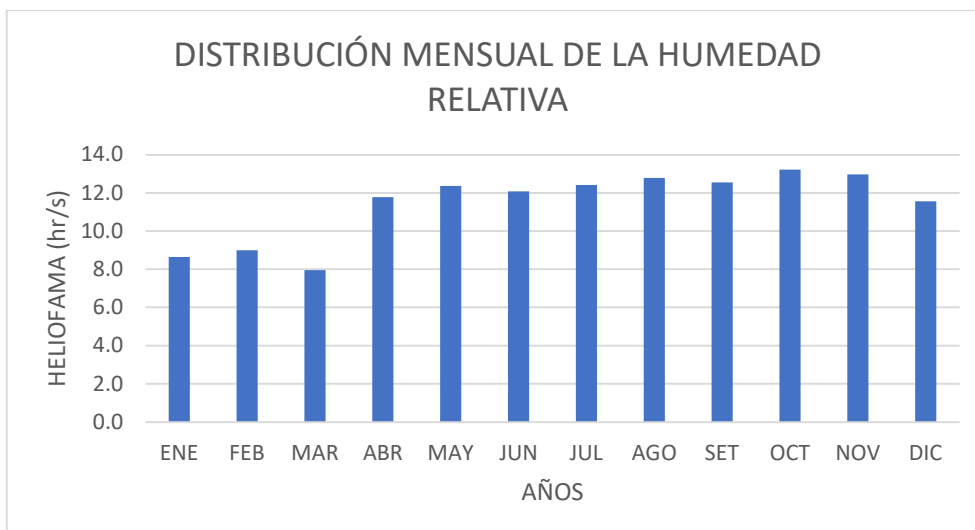


Figura 11: Distribución mensual de la humedad relativa

Fuente: Elaboración propia

La figura 11 indica la distribución de la humedad en cada mes del año, donde se señala que los meses de más precipitaciones, los cuales correspondían los meses de enero a marzo, presentan menor porcentaje de humedad relativa en el ambiente; en los meses posteriores se eleva esta humedad.

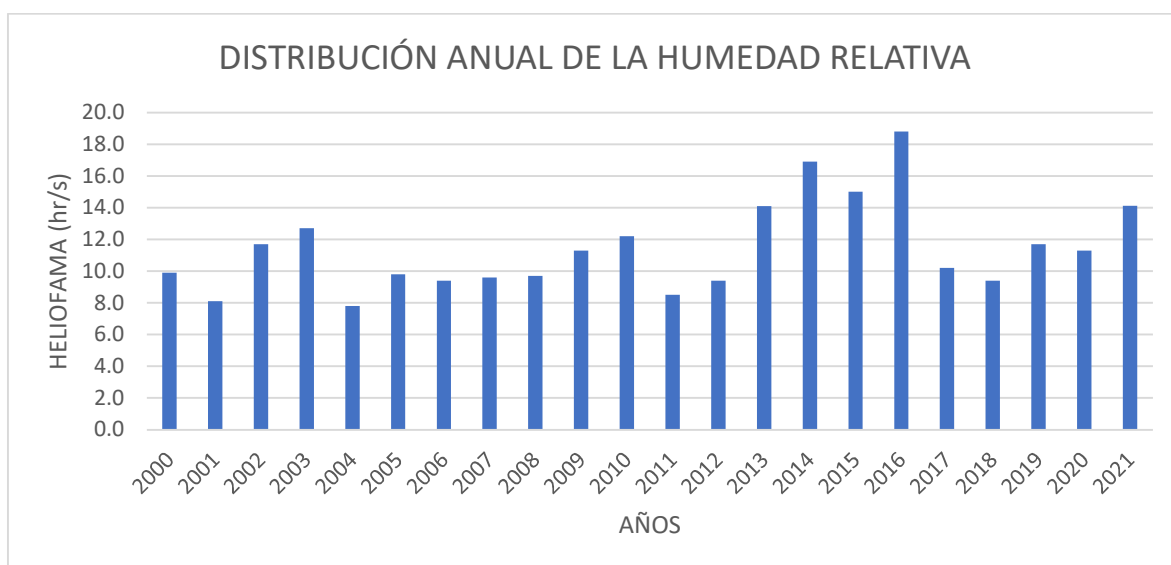


Figura 12. Distribución anual de la humedad relativa

Fuente: Elaboración propia

La figura 12 detalla la distribución de la humedad relativa en un periodo de 2000-2021. Donde se expresa que el rango de humedad relativa es variable, siendo que sus puntos máximos alcanzan alrededor del 18%.

4.3. Aforamientos:

Tabla 4: Caudales históricos estación CP Moquegua

| MES | AÑO - CAUDAL "Q"(l/s) | | | | | | | | | | | | | Qmes MINIMO | Qmes MAXIMO | Qmes PROM. |
|------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | |
| Enero | 225 | 214 | 231 | 203 | 221 | 207 | 217 | 198 | 188 | 232 | 207 | 197 | 217 | 188 | 232 | 212 |
| Febrero | 230 | 219 | 201 | 208 | 210 | 212 | 222 | 194 | 184 | 231 | 202 | 192 | 234 | 184 | 234 | 211 |
| Marzo | 210 | 200 | 189 | 190 | 208 | 193 | 203 | 193 | 183 | 223 | 201 | 191 | | 183 | 223 | 199 |
| Abril | 190 | 181 | 200 | 171 | 189 | 175 | 184 | 175 | 166 | 202 | 183 | 174 | | 166 | 202 | 183 |
| Mayo | 189 | 180 | 198 | 171 | 188 | 174 | 183 | 174 | 165 | 201 | 182 | 173 | | 165 | 201 | 182 |
| Junio | 192 | 182 | 202 | 173 | 191 | 177 | 185 | 176 | 167 | 204 | 184 | 175 | | 167 | 204 | 184 |
| Julio | 187 | 178 | 196 | 169 | 186 | 172 | 181 | 172 | 163 | 199 | 179 | 170 | | 163 | 199 | 179 |
| Agosto | 195 | 185 | 205 | 176 | 194 | 179 | 188 | 179 | 170 | 207 | 187 | 178 | | 170 | 207 | 187 |
| Septiembre | 191 | 181 | 201 | 172 | 190 | 176 | 185 | 176 | 167 | 204 | 184 | 175 | | 167 | 204 | 184 |
| Octubre | 197 | 187 | 207 | 178 | 196 | 181 | 190 | 181 | 172 | 209 | 189 | 180 | | 172 | 209 | 189 |
| Noviembre | 188 | 179 | 197 | 170 | 187 | 173 | 182 | 173 | 164 | 200 | 180 | 171 | | 164 | 200 | 180 |
| Diciembre | 214 | 203 | 218 | 193 | 212 | 197 | 207 | 197 | 187 | 228 | 206 | 196 | | 187 | 228 | 205 |
| Qanual MINIMO | 187 | 178 | 189 | 169 | 186 | 172 | 181 | 172 | 163 | 199 | 179 | 170 | 217 | Qmin (Mes de Julio - Agosto) | | 163 |
| Qanual MAXIMO | 230 | 219 | 231 | 208 | 221 | 212 | 222 | 198 | 188 | 232 | 207 | 197 | 234 | Qmax (Mes de Enero - Febrero) | | 234 |
| Qanual PROMEDIO | 201 | 191 | 204 | 181 | 198 | 185 | 194 | 182 | 173 | 212 | 190 | 181 | 226 | Qautorizado (Según ALA) | | 200 |

Fuente: Autoridad Local del Agua [41]

La tabla N°4 detalla los caudales aforados en el periodo del 2010 – 2017 y a lo largo de cada mes, siendo el máximo de los caudales medidos de 243 l/s y el caudal de diseño recomendado por ALA de 200 l/s. El canal existente fue diseñado bajo el caudal recomendado por ALA.

PROBLEMÁTICA:

Se realizó el estudio hidrológico de la zona de evaluación con la finalidad de determinar el caudal que transporta el canal de regadío en el Sector del Gallito en el tramo comprendido por la progresiva 0+500 a la progresiva 0+600.00, para ello se realizaron 2 aforamientos en días diferentes; cabe mencionar que según el ALA el caudal autorizado para la zona del gallito es de 200 lts/seg con lo cual fue diseñado el canal rectangular existente, asimismo dentro de toda la extensión del canal se encuentran afluentes de agua conectados al mismo canal de igual manera existe percolación en el suelo de cultivo por lo que el riego que se realiza en las partes altas hace que discurra en el último tramo del canal, siendo este el tramo más crítico debido a que existe una acumulación de caudal, asimismo ya que se trata de una primera etapa de construcción de este canal, se realiza el estudio en el último tramo con la finalidad de brindar alternativas de solución en la siguientes etapas de construcción del canal el Gallito.

Cuadro de aforamientos:

Aforamiento 1

Tabla 5: Aforamiento 1

Fecha de Aforo: 18 de febrero del 2022

Hora de Aforado: 10:38am

| N° | PRUEBA | Método | Ancho m | Largo m | Tirante m | Área Mojada m2 | Long. Prueba m | Tiempo seg. | Velocidad m/s | Caudal | |
|----------------------------------|---------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|--------|---------------|
| | | | | | | | | | | m3/s | l/s |
| 001 | Punto de Prueba 001 | Met. Boya | 0.500 | 5.000 | 0.320 | 0.160 | 5.0 | 4 | 1.25 | 0.200 | 200.00 |
| 002 | Punto de Prueba 002 | Met. Boya | 0.500 | 10.000 | 0.300 | 0.150 | 10.0 | 6 | 1.67 | 0.250 | 250.00 |
| 003 | Punto de Prueba 003 | Met. Boya | 0.500 | 25.000 | 0.310 | 0.155 | 25.0 | 15 | 1.67 | 0.258 | 258.33 |
| 004 | Punto de Prueba 004 | Met. Boya | 0.500 | 50.000 | 0.400 | 0.200 | 50.0 | 38 | 1.32 | 0.263 | 263.16 |
| Caudal Asumido (lts/seg.) | | | | | | | | | | | 242.87 |

Fuente: Elaboración propia

Según la medición del primer aforamiento hidráulico realizado en un tramo del canal el gallito comprendido entre las progresivas 0+500 a la progresiva 0+600.00 el caudal promedio es de 242.87 lts/seg

Aforamiento 2

Tabla 6: Aforamiento 2

Fecha de Aforo: 24 de febrero del 2022

Hora de Aforado: 10:55am

| N° | PRUEBA | Método | Ancho m | Largo m | Tirante m | Area Mojada m2 | Long. Prueba m | Tiempo seg. | Velocidad m/s | Caudal | |
|-----|---------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|--------|---------------|
| | | | | | | | | | | m3/s | l/s |
| 001 | Punto de Prueba 001 | Met. Boya | 0.500 | 5.000 | 0.360 | 0.180 | 5.0 | 4 | 1.25 | 0.225 | 225.00 |
| 002 | Punto de Prueba 002 | Met. Boya | 0.500 | 25.000 | 0.340 | 0.170 | 25.0 | 20 | 1.25 | 0.213 | 212.50 |
| 003 | Punto de Prueba 003 | Met. Boya | 0.500 | 50.000 | 0.400 | 0.200 | 50.0 | 42 | 1.19 | 0.238 | 238.10 |

Caudal asumido 225.2 l/s

Fuente: Elaboración propia

Según la medición del segundo aforamiento hidráulico realizado en un tramo del canal el gallito comprendido entre las progresivas 0+500 a la progresiva 0+600.00 el caudal promedio es de 225.20 lts/seg.

Resumen de Aforamientos realizados:

Tabla 7: Resumen de aforamientos

| FECHA DE PRUEBA | MÉTODO | CAUDAL |
|--------------------------------------|---------|---------------|
| 18 de febrero del 2022 | La Boya | 242.87 |
| 24 de febrero del 2022 | La Boya | 225.20 |
| Promedio de Caudal (Its/seg.) | | 234.04 |

Fuente: Elaboración propia

El caudal promedio encontrado luego de 02 aforados el 18 y 24 de febrero del 2022 es 234.04 Its/s, siendo la mínima de 225.20 Its/s y la máxima de 242.87 Its/s.

Se procedió a realizar la evaluación del canal rectangular existente de sección 0.50m x 0.50m, cuyo material es de concreto simple y pendiente de 0.006m/m mediante el software H Canales:

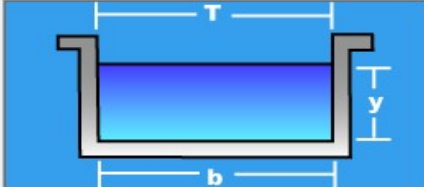
| | | | |
|-----------------------|--|--|---|
| Lugar: | <input type="text" value="EL GALLITO"/> | Proyecto: | <input type="text" value="20/02/2022"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="0+500 - 0+600"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="CONCRETO"/> |
| Datos: | |  | |
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.234"/> m3/s | | |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.5"/> m | | |
| Talud (Z): | <input type="text"/> | | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.015"/> | | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.006"/> m/m | | |
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.3320"/> m | Perímetro (p): | <input type="text" value="1.1640"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.1660"/> m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.1426"/> m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.5000"/> m | Velocidad (v): | <input type="text" value="1.4096"/> m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.7811"/> | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.4333"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Subcrítico"/> | | |

Figura 13. Parámetros de canal rectangular existente

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (1.4096)^3 (0.332)^{1/2}$$

$$BL = 0.306 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.332 + 0.306$$

$$H = 0.64 \text{ m}$$

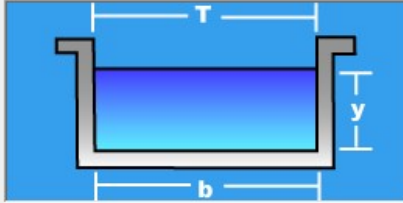
Según el cálculo realizado nos da como resultado un tirante “y” de 0.33m y como borde libre “BL” 0.306m, teniendo como altura total 0.64m; siendo esta altura mayor a la encontrada en campo, por tal motivo se presentan los desbordamientos de agua, debido a que el canal existente no tiene capacidad para el transporte total del caudal ofertado. La sección de canal rectangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 1.1640m.

4.4. Evaluación del canal existente:

Evaluación de canal rectangular pendiente 3%

| | | | |
|--------|---------------|----------------|------------|
| Lugar: | EL GALLITO | Proyecto: | 24/02/2022 |
| Tramo: | 0+500 - 0+600 | Revestimiento: | CONCRETO |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0.5 m |
| Talud (Z): | 0 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente (S): | 0.03 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.1818 m | Perímetro (p): | 0.8636 m |
| Área hidráulica (A): | 0.0909 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.1053 m |
| Espejo de agua (T): | 0.5000 m | Velocidad (v): | 2.5742 m/s |
| Número de Froude (F): | 1.9275 | Energía específica (E): | 0.5195 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Figura 14: Canal rectangular con pendiente 3%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (2.5742)^3 (0.1818)^{1/2}$$

$$BL = 0.327 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.1818 + 0.327$$

$$H = 0.5088 \text{ m}$$

Al aplicar una pendiente de 3% al canal rectangular existente, los cálculos nos denotan un tirante “y” de 0.18 m y como borde libre “BL” 0.327 m, teniendo como altura total 0.5088 m; siendo que esta altura aun es mayor a la existente, sin

embargo, con la aplicación de la pendiente, la altura disminuyó de 0.64 a 0.51 m, lo cual mejora el comportamiento hidráulico. La sección de canal rectangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8636.

Esta propuesta no satisface el caudal que pasará por la sección, sin embargo, mejora con respecto a los parámetros base del canal, por lo cual la aplicación de pendientes es una alternativa para el mejoramiento.

Evaluación de canal rectangular pendiente 4%

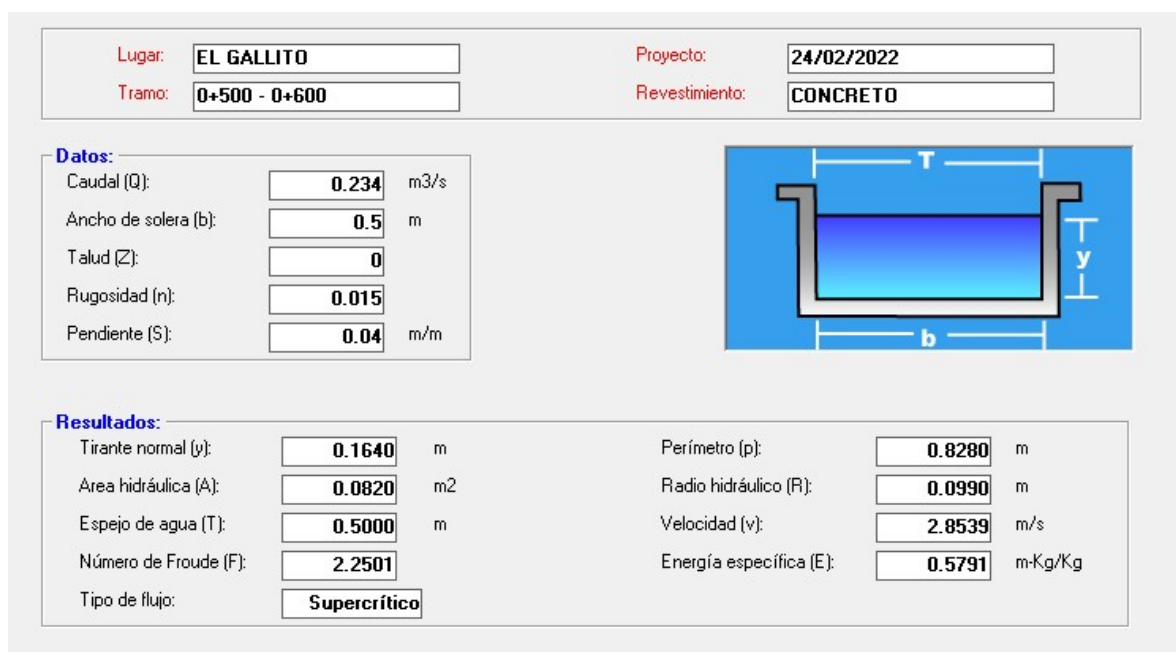


Figura 15: Canal rectangular con pendiente de 4%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0$ m³/s

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (2.8539)^3 (0.164)^{1/2}$$

$$BL = 0.335 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.164 + 0.335$$

$$H = 0.50 \text{ m}$$

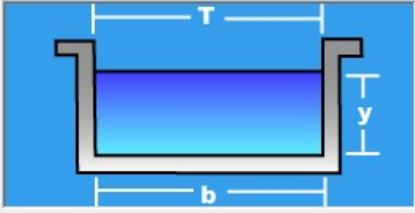
Al aplicar una pendiente de 4% al canal rectangular existente, los cálculos nos denotan un tirante “y” de 0.164 m y como borde libre “BL” 0.335 m, teniendo como altura total 0.50 m; esta altura es justo la altura del canal existente, sin embargo el caudal estaría al límite del canal, por lo cual estos parámetros no son solución necesaria. La sección de canal rectangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8280

Esta propuesta no satisface el caudal que pasará por la sección, sin embargo, mejora con respecto a la pendiente del 3%, por lo cual la aplicación de pendientes es una alternativa para el mejoramiento.

Evaluación de canal rectangular pendiente 5%

| | | | |
|--------|---------------|----------------|------------|
| Lugar: | EL GALLITO | Proyecto: | 24/02/2022 |
| Tramo: | 0+500 - 0+600 | Revestimiento: | CONCRETO |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0.5 m |
| Talud (Z): | 0 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente (S): | 0.05 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.1515 m | Perímetro (p): | 0.8030 m |
| Área hidráulica (A): | 0.0757 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0943 m |
| Espejo de agua (T): | 0.5000 m | Velocidad (v): | 3.0891 m/s |
| Número de Froude (F): | 2.5339 | Energía específica (E): | 0.6379 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Figura 16: Canal rectangular con pendiente del 5%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (3.0891)^3 (0.1515)^{1/2}$$

$$BL = 0.342 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.1515 + 0.342$$

$$H = 0.4935 \text{ m}$$

Al aplicar una pendiente de 5% al canal rectangular existente, los cálculos nos denotan un tirante “y” de 0.1515 m y como borde libre “BL” 0.342 m, teniendo como altura total 0.4935 m; esta altura es justo la altura del canal existente, sin embargo el caudal estaría al límite del canal, por lo cual estos parámetros no son solución necesaria. La sección de canal rectangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8030

Esta propuesta no satisface el caudal que pasará por la sección, sin embargo, mejora con respecto a la pendiente del 4% aunque lo hace de manera mínima, por lo cual la aplicación de pendientes es una alternativa para el mejoramiento, aunque no llega a ser una solución adecuada para poder aplicar en la zona de estudio.

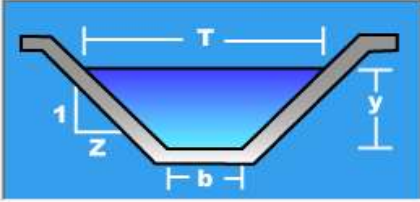
4.5. Objetivo 1:

Determinar la influencia de la sección trapezoidal en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022.

Evaluación de canal trapezoidal

| | | | |
|--------|---------------|----------------|------------|
| Lugar: | EL GALLITO | Proyecto: | 20/02/2022 |
| Tramo: | 0+500 - 0+600 | Revestimiento: | CONCRETO |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0.5 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente (S): | 0.006 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.2266 m | Perímetro (p): | 1.1410 m |
| Área hidráulica (A): | 0.1647 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.1443 m |
| Espejo de agua (T): | 0.9533 m | Velocidad (v): | 1.4209 m/s |
| Número de Froude (F): | 1.0914 | Energía específica (E): | 0.3295 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Figura 17 Canal trapezoidal con pendiente 0.6%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0$ m³/s

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (1.4209)^3 (0.2266)^{1/2}$$

$$BL = 0.305 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.226 + 0.305$$

$$H = 0.531 \text{ m}$$

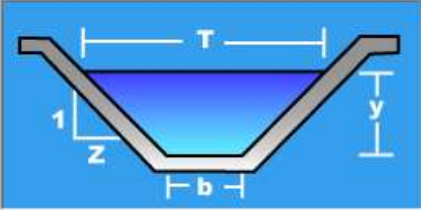
Según el cálculo realizado en un canal trapezoidal de base 0.50m nos da como resultado un tirante “y” de 0.226m y como borde libre “BL” 0.305m, teniendo como altura total 0.53m. La sección de canal trapezoidal es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 1.141m demostrando mayor eficiencia que el canal rectangular existente.

La altura sobrepasa la altura existente, sin embargo, da un mejor resultado frente a lo 0.64m que posee el canal actual.

Evaluación de canal Trapezoidal pendiente 3%

| | | | |
|--------|--|----------------|---|
| Lugar: | <input type="text" value="EL GALLITO"/> | Proyecto: | <input type="text" value="24/02/2022"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="0+500 - 0+600"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="CONCRETO"/> |

| | |
|----------------------|--|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.234"/> m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.5"/> m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.015"/> |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.03"/> m/m |



| | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.1440"/> m | Perímetro (p): | <input type="text" value="0.9072"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0927"/> m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.1022"/> m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.7879"/> m | Velocidad (v): | <input type="text" value="2.5240"/> m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.3493"/> | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.4687"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> | | |

Figura 18 Canal trapezoidal con pendiente del 3%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0$ m³/s

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (2.524)^3 (0.144)^{1/2}$$

$$BL = 0.323 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.144 + 0.323$$

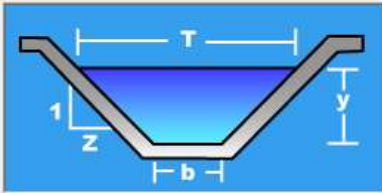
$$H = 0.467 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal trapezoidal de base 0.50m y pendiente del 3% nos da como resultado un tirante “y” de 0.144m y como borde libre “BL” 0.323m, teniendo como altura total 0.467 m. La sección de canal trapezoidal es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.9072 m demostrando mayor eficiencia que el canal rectangular existente. La altura es inferior al canal actual existente por lo que puede ser una propuesta de solución.

Evaluación de canal Trapezoidal pendiente 4%

| | | | |
|--------|---------------|----------------|------------|
| Lugar: | EL GALLITO | Proyecto: | 24/02/2022 |
| Tramo: | 0+500 - 0+600 | Revestimiento: | CONCRETO |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0.5 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente (S): | 0.04 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.1325 m | Perímetro (p): | 0.8748 m |
| Área hidráulica (A): | 0.0838 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.0958 m |
| Espejo de agua (T): | 0.7650 m | Velocidad (v): | 2.7918 m/s |
| Número de Froude (F): | 2.6929 | Energía específica (E): | 0.5298 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Figura 19 Canal trapezoidal con pendiente de 4%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (2.7918)^3 (0.1325)^{1/2}$$

$$BL = 0.329 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.1325 + 0.329$$

$$H = 0.4615 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal trapezoidal con 4% de pendiente, con base de 0.50m nos da como resultado un tirante “y” de 0.1325m y como borde libre “BL” 0.329m, teniendo como altura total 0.4615 m. La sección de canal trapezoidal es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8748 m demostrando mayor eficiencia que el canal rectangular existente. La altura es inferior al canal actual existente e inferior al canal trapezoidal con 3% de pendiente. Sin embargo, la variación es mínima en la altura entre ambas pendientes, por lo cual sugiere que la solución adecuada es con 3%.

Evaluación de canal Trapezoidal pendiente 5%

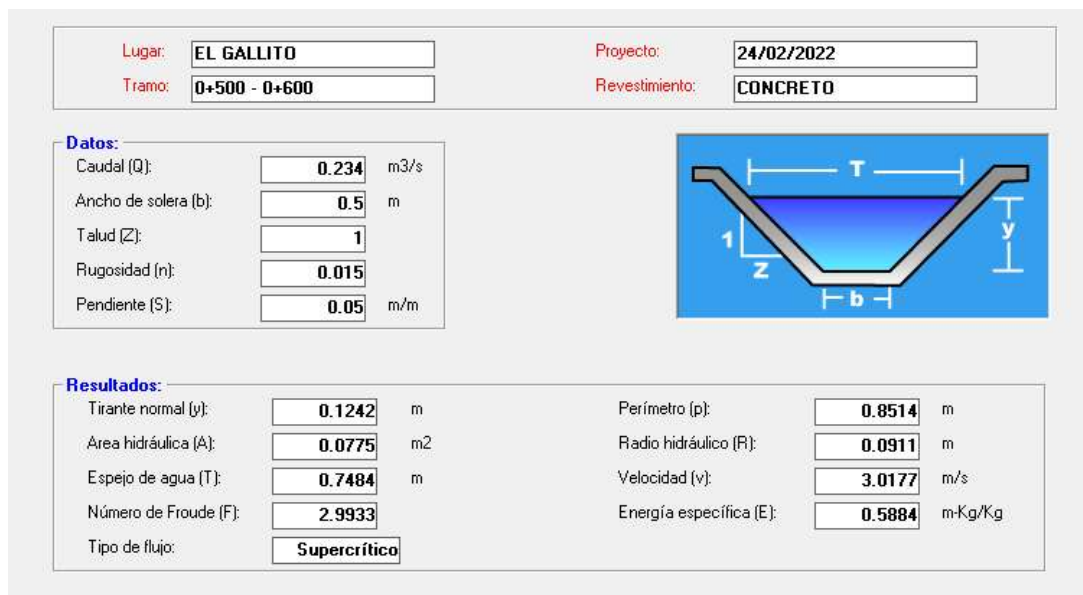


Figura 20 Canal trapezoidal con pendiente del 5%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (3.0177)^3 (0.1242)^{1/2}$$

$$BL = 0.336 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.1242 + 0.336$$

$$H = 0.4602 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal trapezoidal con 5% de pendiente, con base de 0.50m nos da como resultado un tirante “y” de 0.1242 m y como borde libre “BL” 0.336 m, teniendo como altura total 0.4602 m. La sección de canal trapezoidal es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8514 m demostrando mayor eficiencia que el canal rectangular existente. La altura es inferior al canal actual existente e inferior al canal trapezoidal con 3% y 4% de pendiente. Sin embargo, la variación es mínima en la altura entre ambas pendientes, por lo cual sugiere que la solución adecuada es con 3%.


4.6. Objetivo 2:

Indicar la influencia de la sección triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022.

Evaluación de canal triangular

| | | | |
|--------|---------------|----------------|------------|
| Lugar: | EL GALLITO | Proyecto: | 20/02/2022 |
| Tramo: | 0+500 - 0+600 | Revestimiento: | CONCRETO |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente (S): | 0.006 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.4064 m | Perímetro (p): | 1.1495 m |
| Área hidráulica (A): | 0.1652 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.1437 m |
| Espejo de agua (T): | 0.8128 m | Velocidad (v): | 1.4167 m/s |
| Número de Froude (F): | 1.0034 | Energía específica (E): | 0.5087 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Figura 21 Canal triangular con pendiente de 0.6%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0$ m³/s

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (1.4167)^3 (0.4064)^{1/2}$$

$$BL = 0.307 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.4064 + 0.307$$

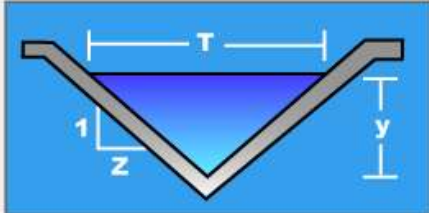
$$H = 0.713 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal triangular nos da como resultado un tirante “y” de 0.406m y como borde libre “BL” 0.307m, teniendo como altura total 0.713m. La sección de canal triangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 1.1495m demostrando menor eficiencia que el canal rectangular existente.

Evaluación de canal Triangular pendiente 3%

| | | | |
|--------|--|----------------|---|
| Lugar: | <input type="text" value="EL GALLITO"/> | Proyecto: | <input type="text" value="24/02/2022"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="0+500 - 0+600"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="CONCRETO"/> |

| | |
|----------------------|--|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.234"/> m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.015"/> |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.03"/> m/m |



| | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.3005"/> m | Perímetro (p): | <input type="text" value="0.8501"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0903"/> m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.1063"/> m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.6011"/> m | Velocidad (v): | <input type="text" value="2.5905"/> m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.1336"/> | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.6426"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> | | |

Figura 22 Sección triangular con pendiente de 3%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0$ m³/s

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (2.5905)^3 (0.3005)^{1/2}$$

$$BL = 0.335 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.3005 + 0.335$$


$$H = 0.6355 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal triangular con pendiente del 3% nos da como resultado un tirante “y” de 0.3005 m y como borde libre “BL” 0.335 m, teniendo como altura total 0.6355 m. La sección de canal triangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8501m demostrando menor eficiencia que el canal rectangular existente.

Evaluación de canal Triangular pendiente 4%

| | | | |
|--------|---------------|----------------|------------|
| Lugar: | EL GALLITO | Proyecto: | 24/02/2022 |
| Tramo: | 0+500 - 0+600 | Revestimiento: | CONCRETO |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 m |
| Talud (Z): | 1 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente (S): | 0.04 m/m |



| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | 0.2848 m | Perímetro (p): | 0.8054 m |
| Área hidráulica (A): | 0.0811 m ² | Radio hidráulico (R): | 0.1007 m |
| Espejo de agua (T): | 0.5695 m | Velocidad (v): | 2.8856 m/s |
| Número de Froude (F): | 2.4416 | Energía específica (E): | 0.7092 m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | |

Figura 23 Sección triangular con pendiente de 4%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (2.8856)^3 (0.2848)^{1/2}$$

$$BL = 0.347 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.2848 + 0.347$$


$$H = 0.6318 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal triangular con pendiente del 3% nos da como resultado un tirante “y” de 0.3005 m y como borde libre “BL” 0.335 m, teniendo como altura total 0.6318 m. La sección de canal triangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.8054 m demostrando una eficiencia ligeramente superior que el canal rectangular existente.

Evaluación de canal Triangular pendiente 5%

| | | | |
|--------|--|----------------|---|
| Lugar: | <input type="text" value="EL GALLITO"/> | Proyecto: | <input type="text" value="24/02/2022"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="0+500 - 0+600"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="CONCRETO"/> |

| | |
|----------------------|--|
| Datos: | |
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.234"/> m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> m |
| Talud (Z): | <input type="text" value="1"/> |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.015"/> |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.05"/> m/m |



| | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| Resultados: | | | |
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.2731"/> m | Perímetro (p): | <input type="text" value="0.7724"/> m |
| Área hidráulica (A): | <input type="text" value="0.0746"/> m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.0966"/> m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.5462"/> m | Velocidad (v): | <input type="text" value="3.1374"/> m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.7108"/> | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.7748"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Supercrítico"/> | | |

Figura 24 Sección triangular con pendiente de 5%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del borde libre del canal según U.S BUREAU OF RECLAMATION

Para caudales $Q < 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 (3.1374)^3 (0.2731)^{1/2}$$

$$BL = 0.36 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del canal

$$H = Y + BL$$

$$H = 0.2731 + 0.36$$

$$H = 0.6331 \text{ m}$$

Según el cálculo realizado en un canal triangular con pendiente del 5% nos da como resultado un tirante “y” de 0.2731 m y como borde libre “BL” 0.36 m, teniendo como altura total 0.6361 m. La sección de canal triangular es capaz de transportar un caudal de 0.234 m³/s en un perímetro mojado de 0.7224 m demostrando una eficiencia ligeramente superior que el canal rectangular existente.

4.7. Objetivo 3:

Obtener la sección más eficiente en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022.

Uno de los factores más importantes cuando se diseña un canal es la eficiencia hidráulica. Se dice que un canal es hidráulicamente eficiente cuando este es capaz de transportar la máxima cantidad de agua con el menor perímetro posible, esto depende directamente de la disposición geométrica de la sección, por lo que, de la evaluación realizada de la sección rectangular, trapezoidal y triangular se demuestra que la sección trapezoidal posee mejor eficiencia hidráulica.

Tabla 8. Tabla resumen de resultados de aplicación de secciones y pendientes

| Sección | S (pendiente) | Y (tirante) | H (altura) | P (perímetro mojado) |
|-------------|---------------|-------------|------------|----------------------|
| Rectangular | 0.6% | 0.332 | 0.640 | 1.164 |
| Rectangular | 3.0% | 0.182 | 0.509 | 0.864 |
| Rectangular | 4.0% | 0.164 | 0.500 | 0.828 |
| Rectangular | 5.0% | 0.152 | 0.494 | 0.803 |
| Trapezoidal | 0.6% | 0.227 | 0.531 | 1.141 |
| Trapezoidal | 3.0% | 0.144 | 0.467 | 0.907 |
| Trapezoidal | 4.0% | 0.133 | 0.462 | 0.875 |
| Trapezoidal | 5.0% | 0.124 | 0.460 | 0.851 |
| Triangular | 0.6% | 0.406 | 0.713 | 1.150 |
| Triangular | 3.0% | 0.301 | 0.636 | 0.850 |
| Triangular | 4.0% | 0.285 | 0.632 | 0.805 |
| Triangular | 5.0% | 0.273 | 0.633 | 0.772 |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8 indica los parámetros resultantes de las diferentes evaluaciones realizadas. Teniendo en consideración que el canal existente tiene proporciones de 0.5 m x 0.5 m, se establece claramente que un canal con sección trapezoidal tiene un mejor comportamiento hidráulico. La pendiente más adecuada sería aquella que logre cumplir con satisfacer la demanda de caudal existente. Puesto que con 0.6% el caudal sobrepasa la altura por la cual está diseñado el canal existente, se establece como mejor opción una pendiente de 3%, que cumple con funcionar correctamente con el caudal evaluado.

Con respecto a las pendientes 4% y 5% del canal trapezoidal, si bien funcionan de mejor manera que una pendiente de 3%, los cambios son mínimos en eficiencia hidráulica y genera más costo ejecutar pendientes más altas porque sería necesario adecuar el canal a la pendiente requerida.

V. DISCUSIÓN

En el diagnóstico inicial de la infraestructura presente fue necesario realizar un estudio hidrológico que determina las precipitaciones, porcentajes de humedad y la evaporación media, factores que en conjunto con el clima y la geología determina en caudal existente para lo cual se debe diseñar el canal, Torres [19] considera también la necesidad de un diagnóstico que evalúe todos los factores que puedan influir en el caudal estudiado sobre todo los estudios de geología y geotecnia, como también la conducción y captación.

Santisteban [21] en su estudio hidrológico determinó su caudal máximo de 0.42 m³/s, siendo el caso de esta investigación de 0.234 m³/s lo cual es un caudal inferior al estudio de Santisteban, y debería tener semejanza en las secciones de canal que se pueden aplicar, siempre considerando la topografía del lugar.

Los resultados determinaron que con la sección trapezoidal tenía una mejor eficiencia hidráulica con los parámetros actuales del canal existente Gallito, Moquegua el cual contaba con sección rectangular y no podía abastecer el caudal que recorría. Ramos y Vega [17] obtuvieron de igual manera que la mayor eficiencia hidráulica ofrece la sección trapezoidal, esto debido a que esta sección necesita menor perímetro mojado cuando el caudal pasa, esto a la vez genera que el factor económico disminuya.

Otro de los factores que se determinó fue que una sección trapezoidal trabajaba mejor con pendientes de 3% en el caso del canal estudiado, esto ofrecía una disminución en la tirante y del perímetro mojado. Placido y Salvatierra [18] concluyen que los canales con sección trapezoidal tienen una mejor disposición, esto a su vez con el incremento de pendientes ayuda que el agua tenga un mejor desplazamiento, evitando de esta manera la formación de sedimentos, los cuales son un factor que daña el canal con el paso del tiempo.

Torres [19] determina una velocidad máxima proyectada de 2.19 m/s. Siendo inferior a la velocidad que podría ocasionar daños en su revestimiento que se

genera a partir de los 3.00 m/s. De igual manera en el presente proyecto para secciones trapezoidales se obtuvo velocidades de 2.52 m/s para pendiente de 3%, 2.79 m/s para pendiente de 4% y 3.02 m/s para pendiente de 5%, se determina mejor opción la sección trapezoidal con solo 3% de pendiente puesto que la velocidad incrementa a mayor pendiente y tiende a llegar a velocidades muy altas que pueden ser contraproducentes con el correcto funcionamiento del canal. Con pendiente del 5% la velocidad ascendía a 3.02 lo cual excede el máximo recomendado y ocasiona daños al revestimiento.

Para el análisis de las secciones y las pendientes ejecutadas se realizó mediante HCanales, para poder determinar todos los parámetros y las variaciones que existen cuando se alteran las pendientes y las secciones, asimismo Asalde [20] consideró realizar su diseño con el software HEC-RAS el cual determino la eficiencia del cálculo hidráulico para el canal. Como resultado de la investigación al utilizar el software HEC-RAS se obtuvo que la velocidad del agua varía entre 0.42 m/s como mínimo y como máxima 1.25 m/s. Siendo el caso, en el canal Gallito, Moquegua, las velocidades son más elevadas, puesto se encuentran entre 1.4209 y 3.02 para los casos con sección trapezoidal y pendientes de 3% a 5%. Moya y Álvarez [11], utilizó también el software HEC-RAS, donde determinó que el canal de su estudio presenta desbordamientos por el aumento del caudal en 7.3 m/s. Esta misma problemática sucede en nuestro canal de estudio, puesto que con el diseño actual no podía sobrellevar los incrementos de caudal, lo que causaba desbordamientos.

Yan-Cheng & Easa [12] también evaluó secciones hidráulicas, en este caso la cúbica, parabólicas, catenarias y trapezoidales; determinando un mejor comportamiento hidráulico con la sección cúbica, puesto que tiene un cambio más suave de la pendiente lateral cerca del fondo. Siendo este caso, que en su estudio la sección cúbica fue superior a la trapezoidal, sería conveniente evaluar más secciones en el canal Gallito, Moquegua, como lo es la sección cúbica y ver si es posible su aplicación, puesto que los casos de sección triangular y cuadrada dieron resultados de eficiencia hidráulica inferiores al trapezoidal, aspecto que coincide con otra investigación de Yan-Cheng & Easa [13], donde se presentó una sección

de canal abierto de sección transversal parabólica de un tercio, comparándolas a su vez con secciones cuadráticas y semi cúbicas, siendo que esta sección transversal parabólica dio mejores resultados, lo cual sugiere que se debe considerar otras secciones de canal para ser estudiadas en la aplicación en el canal Gallito, Moquegua. Han *et al.* [15] considera también que las secciones parabólicas cuadráticas y semicúbicas tienen una mejor descarga de flujo, lo que significa que es una sección económica.

En términos de sección, la investigación que se asemeja a la presente es la de Mao & Chen [14] quien en su evaluación de secciones obtuvo resultados que indican que el área de la sección transversal y el perímetro mojado son menores que los de las secciones rectangulares y trapezoidales para una descarga de flujo, lo cual significa que se requieren menos costos de revestimiento y excavación para la construcción; por lo cual esta investigación afirma los resultados obtenidos en el análisis realizado.

VI. CONCLUSIONES

En el análisis de la influencia de las secciones trapezoidales y triangulares para el mejoramiento hidráulico del canal rectangular del Gallito, Moquegua, se pudo especificar que, al realizar el cambio de sección, el tirante aumenta, el perímetro mojado disminuye y en el caso de aplicación de pendientes, las velocidades aumentan.

La influencia de la sección trapezoidal en el mejoramiento hidráulico fue positiva, con solo aplicar el cambio de sección, puesto que la tirante con sección rectangular fue de 0.332 y al aplicar el cambio de sección con los mismos parámetros, esta bajó a 0.277; de la misma manera la altura de diseño del canal bajó de 0.640 a 0.531, sin embargo, no llegó a alcanzar la meta del 0.5 m con la cual está diseñado el canal existente, por lo cual continuaría los desbordes. Con la aplicación de las pendientes de 3%, 4% y 5%, las alturas disminuyeron, sin embargo, las velocidades aumentaron, obteniendo 2.52 m/s para pendiente de 3%, 2.79 m/s para pendiente de 4% y 3.02 m/s para pendiente de 5%, lo cual es perjudicial puesto se acepta velocidades máximas de 3.00 m/s. Siendo así, la mejor opción es la sección trapezoidal con una pendiente de 3%.

La influencia de la sección triangular en el mejoramiento hidráulico fue negativa, aplicando el cambio de sección el tirante aumento de 0.332 a 0.406, de igual manera aumenta la altura necesaria en el canal, lo cual es de 0.640 a 0.713, lo cual genera que la eficiencia hidráulica se vea afectada, partiendo de ahí la sección hidráulica no brinda el mejoramiento hidráulico deseado. Con la aplicación de las pendientes de 3%, 4% y 5% se obtuvo la misma tendencia de que las alturas disminuyen al igual que el perímetro mojado, sin embargo, esto no alcanzó para poder brindar un mejoramiento hidráulico, siendo que a la vez aumentó la velocidad del flujo lo cual es perjudicial.

Con el análisis realizado en todos los parámetros resultantes de las secciones rectangulares, triangulares y trapezoidales, y la aplicación de pendientes de 3%, 4% y 5%, se determina que la mejor combinación es una sección trapezoidal con

pendiente del 3 %, pues se obtiene como altura máxima 0.467, lo cual es inferior a los 0.5m con la cual consta el canal actual, asimismo, el perímetro mojado se establece en 0.907 y esta pendiente no afecta demasiado la velocidad del flujo, el cual se mantiene inferior a los 3 m/s.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el cambio de sección de canal, debido a que existe una problemática actual con desbordamientos de caudal, lo cual afecta constantemente la zona de estudio. Este cambio de sección según la presente investigación se puede realizar por uno con sección trapezoidal y 3% de pendiente.

Se recomienda analizar otro tipo de secciones hidráulicas que, en estudios analizados en la presente investigación, dieron mejor resultado que las secciones trapezoidales siempre que se adapten a la topografía del lugar.

Se debe tener en cuenta que la aplicación de pendientes aumenta significativamente las velocidades del flujo, cuando esta velocidad supera los 3 m/s puede dañar la estructura del canal.

El canal tiene rango de proyección, pues existe tramos aún no realizados, para ello se recomienda tener en consideración los resultados del presente estudio, pues se debe dar solución al desbordamiento presente en los tramos de estudio.

Se recomienda que los canales que se realicen a futuro sean con sección trapezoidal, puesto que por su disposición es la que mejor se comporta en cuanto al comportamiento hidráulico, prevención de sedimentación y otros problemas que suelen ser comunes en los canales.

REFERENCIAS

Bibliografía

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura, «La alimentación y la agricultura,» *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, 2017.
- [2] H. Yan-Cheng, Z.-H. Xu, S. Easa, S. Wang y L. Fu, «Optimal Hydraulic Section of Ice-Covered Open Trapezoidal Channel,» *ASCE*, 2017.
- [3] Organización de Naciones Unidas [ONU], «Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015,» *Agua y seguridad alimentaria*, 2015.
- [4] G. Donoso, J. Cancino, O. Melo y H. Contreras, «Análisis del mercado del agua de riego en Chile: Una revisión crítica a través del caso de la Región de Valparaíso,» Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2010.
- [5] J. Guitart, M. Valentín y J. Rodellar, «Propuesta de diseño constructivo de un canal de regadío para suministro de agua a la demanda y con un régimen altamente variable de entrada al sistema por cabecera,» *Estructuras hidráulicas*, 2018.
- [6] F. Molina, «Comparación de la eficiencia hidráulica en cunetas de secciones triangular triangular, trapezoidal, y circular, usando proyectos de la Universidad de La Salle,» Universidad de La Salle, Bogotá, 2015.
- [7] J. Julon, «Diseño de la bocatoma y canal de derivación de Pueblo Escondido, sector Marripón, distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque, 2017,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [8] J. Trujillo, «Construcción de canal de riego para incrementar la eficiencia por conducción del agua en el sector Cascas,» Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, 2020.

- [9] G. Baique y R. Elías, «Diseño del sistema de riego de los sectores San Manuel y Galpón- localidad de Ucupe- distrito de Lagunas- provincia de Chiclayo- región de Lambayeque,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2017.
- [10] Municipalidad Provincial Mariscal Nieto, Informe Técnico del Canal de Regadío Sector Gallito, Moquegua, Mariscal Nieto, Moquegua, 2020.
- [11] R. Moya y W. Álvarez, «Modelación hidráulica de un canal urbano en la ciudad de Bogotá, caso de estudio: Canal Río Negro.,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2018.
- [12] H. Yan-Cheng y S. M. Easa, «Superior cubic channel section and analytical solution of best hydraulic properties,» *Flow Measurement and Instrumentation*, 2016.
- [13] H. Yan-Cheng y E. Said M., «New and improved three and one-third parabolic channel and most efficient hydraulic section,» *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2017.
- [14] L. Mao y Y. Chen, «Two-stage compound channel and best hydraulic section,» *Flow Measurement and Instrumentation*, 2019.
- [15] Y. Han, Z. Xu, X. Gao y M. Said, «Design of two and a half parabola-shaped canal and its effect in improving hydraulic property,» *Xu, Zhenghe; Gao, Xueping; Said, M.Easa*, 2017.
- [16] K. Roushangar, M. Taghi, V. Nourani y A. Nouri, «A cost model with several hydraulic constraints for optimizing in practice a trapezoidal cross section,» *Journal of Hydroinformatics*, 2017.
- [17] B. D. Ramos Quiliche y J. M. Vega Arana, «Evaluación de máxima eficiencia hidráulica en canales trapezoidales y rectangulares revestidos de concreto mediante el desarrollo de un programa en Matlab,» 2020.

- [18] S. Placido y K. Salvatierra, «Propuesta de diseño del canal Barrio Nuevo para un sistema de riego de Victor Larco- provincia Trujillo- La Libertad 2020,» Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2020.
- [19] J. Torres, «Diseño hidráulico y modelamiento en HEC-RAS del canal de concreto y obras de arte del proyecto carpintero - tramo Km 0+000 al Km 5+000,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2017.
- [20] J. Asalde, «Diseño del canal de riego con máxima eficiencia hidráulica mediante el software HEC-RAS, del tramo Km 0+000 al Km 3+085, en el distrito de Salas, región Lambayeque,» Universidad San Martín de Porres, Salas, 2020.
- [21] E. Santisteban, «Diseño hidráulico del canal L-02 Huabal, en el distrito de Morrope, Lambayeque - 2018,» Universidad César Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [22] MINAGRI, «Manual N°3 Mantenimiento de Infraestructura de Sistema de Riego,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual3.pdf>.
- [23] F. Zhang, S. Guo, C. Zhang y P. Guo, «An interval multiobjective approach considering irrigation canal system conditions for managing irrigation water,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 293-302, 2019.
- [24] R. Cervantes, «Determinación y evaluación de las patologías del concreto en los elementos estructurales apoyados del canal de regadío Maucallaqta entre las progresivas 7+500 al 8+500 del distrito de Socos, provincia de Huamanga, región Ayacucho. Febrero - 2018,» Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Ayacucho, 2018.
- [25] H. Castellano, C. Collazos, J. Farfan y F. Meléndez, «Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable,» *Información tecnológica*, vol. 28, n° 6, pp. 103-114, 2017.
- [26] M. Sadegh y H. Aksoy, «Experimental analysis for self-cleansing open channel design,» *Journal of Hydraulic Research*, vol. 59, 2021.

- [27] X. Wang, Q. Gan, C. Rong, P. Huan, T. Zhang y Y. Miaomiao, «Water Delivery Channel Design in Solar Evaporator for Efficient,» *Sustainable Chemistry & Engineering*, p. 7753–7761, 2020.
- [28] Autoridad Nacional del Agua, «Manual: criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico,» 2010. [En línea]. Available: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/manual-disenos-1_0_2.pdf.
- [29] SENAMHI, «Estudios hidrológicos del SENAMHI,» 2020. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1307757/Estudios-hidrol%C3%B3gicos-SENAMHI-set-2020.pdf>.
- [30] Veldkamp, Zhao, Ward, Moel, Aerts y Muller, «Human impact parameterizations in global hydrological models improve estimates of monthly discharges and hydrological extremes: a multi-model validation study,» *Environmental Research Letters*, pp. 1-16, 2018.
- [31] A. Pérez y L. Venegas, «Estudio hidrológico e hidráulico en la zona baja de la cuenca del río frío en el municipio de Chía,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2016.
- [32] Hattermann, Vetter, Breuer, Buda, Daggupati, Donnelly, Fekete, Flörke, Gosling, Hoffmann, Liersch, Masaki, Motovilov, Müller, Samaniego, Stacke, Wada, Yang y Krysnova, «Sources of uncertainty in hydrological climate impact assessment: a cross-scale study,» *ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 2018.
- [33] H. Gui, Z. Wu y C. Zhang, «Comparative Study of Different Types of Hydrological Models Applied to Hydrological Simulation,» *Clean Soil Air Water*, 2021.

- [34] V. Guamán, «Modelación numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos,» Universidad Politecnica Salesiana, 2018.
- [35] A. Mashhadian y A. Shamloo, «Inertial microfluidics: A method for fast prediction of focusing pattern of particles in the cross section of the channel,» *Analytica Chimica Acta*, pp. 137-149, 2019.
- [36] N. Esteban, «Tipos de investigación,» *Revistas de la Universidad Santo Domingo de Guzmán*, pp. 1-4, 2017.
- [37] M. Hernández, Metodología de investigación, Maracaibo, 2018.
- [38] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la investigación, México: McGraw Hill, 2017.
- [39] Universidad César Vallejo, «Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo,» UCV, Lima, 2020.
- [40] SENAMHI, «Datos históricos,» 2022. [En línea]. Available: <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>.
- [41] A. L. D. AGUA, «Datos Historicos,» 2022.

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Operacionalización de variables.

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | ESCALA | METODOLOGÍA | |
|---|---|--|---------------------------------------|-------------------------------|--------|---------------------------------|--|
| Variable independiente: Sección trapezoidal y triangular. | Las secciones trapezoidales y triangulares son tipos de secciones transversales tomado de forma perpendicular a la dirección del flujo (Baique y Elías, 2017). | Estas secciones se plantean para canales debidos que presentan pendientes para estabilidad, las cuales dependerá de sus características geométricas, en función a su tipo de sección, área y radio hidráulico, perímetro mojado. | Características geométricas del canal | Tipo de sección | RAZÓN | Método: Científico | |
| | | | | Área hidráulica | | | Tipo de Investigación: Tipo Aplicada |
| | | | | Perímetro mojado | | | |
| Variable dependiente: Mejoramiento hidráulico del canal | El mejoramiento hidráulico en un canal es aquel conjunto de procedimientos para determinar sus condiciones o características hidráulicas de un canal (Placido y Salvatierra, 2020). | El mejoramiento hidráulico en un canal es aquel conjunto de procedimientos que tiene como finalidad determinar criterios de diseño hidráulico y su eficiencia relacionada al caudal de distribución, de ingreso, que llega al final, así como su porcentaje de pérdidas de agua. | Estudios previos de ingeniería | Espejo de agua | RAZÓN | EXPLICATIVA (Causa Efecto) | |
| | | | | Estudio de mecánica de suelos | RAZÓN | Diseño de Investigación: | |
| | | | Criterios de diseño hidráulico | Máxima eficiencia hidráulica | RAZÓN | Experimental (Cuasi) | |
| | | | | Velocidades | RAZÓN | Enfoque: Cuantitativo | |
| | | | | Pendientes | RAZÓN | Población: | |
| | | | | Talud | RAZÓN | Canal de regadío Sector Gallito | |
| | | | | Coefficiente rugosidad | RAZÓN | Muestra: | |
| | | | | Borde libre | RAZÓN | Progresiva | |
| Ancho de solera | RAZÓN | 0+500 a 0+600 | | | | | |

| | | | |
|------------|--------------------------------|-------|---|
| Eficiencia | Espesor de revestimiento | RAZÓN | Muestreo: |
| | Junta | RAZÓN | No probabilístico |
| | Caudal que llega al final | RAZÓN | Técnica: |
| | Caudal de distribución | RAZÓN | Observación Directa |
| | Caudal de ingreso | RAZÓN | Instrumentos de la Investigación: |
| | Porcentaje de pérdidas de agua | RAZÓN | Ficha de recolección de datos Fichas de laboratorio Según norma vigente |


Nota: Se muestra la operacionalización de variables. Elaboración propia (2021).

ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|--|---|---|---|---------------------------------------|---|---|
| P. General | O. General | H. General | INDEPENDIENTE | | | |
| ¿ De qué manera influyen las secciones trapezoidales y triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022? | Analizar la influencia de las secciones trapezoidal y triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | Las secciones trapezoidales y triangulares permiten el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | Sección trapezoidal Sección triangular | Características geométricas del canal | 3% - 4% | Ficha Recolección de Datos |
| | | | | | 4% - 5% | Ficha Recolección de Datos |
| | | | | | 5% - 6% | Ficha Recolección de Datos |
| P. Especifico | O. Especifico | H. Especifico | DEPENDIENTE | | | |
| ¿ Cuánto influye la sección trapezoidal en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022? | Determinar la influencia de la sección trapezoidal en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | La influencia de la sección trapezoidal permite el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | | ESTUDIOS PREVIOS DE INGENIERIA | Espejo de agua (m) Máxima eficiencia hidráulica Velocidades (Q/s) | Ficha Resultado de Laboratorio según NTP |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|---|
| | | | MEJORAMIENTO HIDRAÚLICO DEL CANAL | | Pendientes (%) | |
| ¿ Cuánto influye la sección triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022? | Determinar la influencia de la sección triangular en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | La influencia de la sección triangular permite el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | | CRITERIO DE DISEÑO HIDRAULICO | Talud (m) Coeficiente rugosidad Borde libre (m) Ancho de solera (m) Junta | Ficha Resultado de Laboratorio según NTP |
| ¿ Cuánto se obtiene la sección más eficiente en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022? | Obtener la sección más eficiente en el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | La sección más eficiente permite el mejoramiento hidráulico de un canal rectangular del Gallito, Moquegua 2022. | EFICIENCIA | Caudal que llega al final (m3) Caudal de distribución (m3) Caudal de ingreso (m3) Porcentaje de pérdidas de agua (%) | Ficha Resultado de Laboratorio según NTP | |

ANEXO 03. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| FICHA TÉCNICA PARA MEDICIÓN DE CAUDALES DE FUENTES DE AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|--------|---------|-------------------------------|--------------|--------|-----------|--|--------|--------|-------|-------|---------|-------------|--------------|--------|-----------|--------|-------|--------|----|---|------|-----|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-----|---|------|-----|-----------|-------|--------|-------|-------|------|---|------|-----|-----------|-------|--------|-------|-------|------|----|------|-----|-----------|-------|--------|-------|-------|------|----|------|
| I. IDENTIFICACIÓN | | | | | II. MATERIAL Y EQUIPO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Region: | Moquegua | | | | 1. Recipiente: | () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Provincia: | Mariscal Nieto | | | | 2. Boya : | (x) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distrito: | Moquegua | | | | 3. Flexómetro: | (x) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sector: | Ayancal Bajo - El Gallito | | | | 4. Reloj: | () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Institución: | Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto | | | | 5. Cronómetro: | (x) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: | 18 Febrero del 2022 | | | | 6. Plástico: | () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III. MEDICIONES DEL CAUDAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Hora de inicio del aforado: | | | | | 10:38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Hora final del aforado: | | | | | 11:16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Tiempo de aforo: | | | | | 38 min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nº</th> <th rowspan="2">Método</th> <th>Ancho</th> <th>Largo</th> <th>Tirante</th> <th>Area Mojada</th> <th>Long. Prueba</th> <th>Tiempo</th> <th>Velocidad</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th>m</th> <th>m</th> <th>m2</th> <th>m</th> <th>seg.</th> <th>m/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>001</td> <td>Met. Boya</td> <td>0.500</td> <td>5.000</td> <td>0.320</td> <td>0.160</td> <td>5.0</td> <td>4</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>002</td> <td>Met. Boya</td> <td>0.500</td> <td>10.000</td> <td>0.300</td> <td>0.150</td> <td>10.0</td> <td>6</td> <td>1.67</td> </tr> <tr> <td>003</td> <td>Met. Boya</td> <td>0.500</td> <td>25.000</td> <td>0.310</td> <td>0.155</td> <td>25.0</td> <td>15</td> <td>1.67</td> </tr> <tr> <td>004</td> <td>Met. Boya</td> <td>0.500</td> <td>50.000</td> <td>0.400</td> <td>0.200</td> <td>50.0</td> <td>38</td> <td>1.32</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | Nº | Método | Ancho | Largo | Tirante | Area Mojada | Long. Prueba | Tiempo | Velocidad | m | m | m | m2 | m | seg. | m/s | 001 | Met. Boya | 0.500 | 5.000 | 0.320 | 0.160 | 5.0 | 4 | 1.25 | 002 | Met. Boya | 0.500 | 10.000 | 0.300 | 0.150 | 10.0 | 6 | 1.67 | 003 | Met. Boya | 0.500 | 25.000 | 0.310 | 0.155 | 25.0 | 15 | 1.67 | 004 | Met. Boya | 0.500 | 50.000 | 0.400 | 0.200 | 50.0 | 38 | 1.32 |
| Nº | Método | Ancho | Largo | Tirante | Area Mojada | Long. Prueba | Tiempo | Velocidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | m | m | m | m2 | m | seg. | m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | Met. Boya | 0.500 | 5.000 | 0.320 | 0.160 | 5.0 | 4 | 1.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 002 | Met. Boya | 0.500 | 10.000 | 0.300 | 0.150 | 10.0 | 6 | 1.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 003 | Met. Boya | 0.500 | 25.000 | 0.310 | 0.155 | 25.0 | 15 | 1.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 004 | Met. Boya | 0.500 | 50.000 | 0.400 | 0.200 | 50.0 | 38 | 1.32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Fórmulas utilizadas: $Q = A \cdot V$ $Q = V/t$</p> <p>A= Área (m2) L= Largo Canal (m) T= Tiempo (seg):</p> <p>*El número de mediciones mínimas es de 3</p> <table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Caudal</th> </tr> <tr> <th>m3/s</th> <th>l/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.200</td> <td>200.00</td> </tr> <tr> <td>0.250</td> <td>250.00</td> </tr> <tr> <td>0.258</td> <td>258.33</td> </tr> <tr> <td>0.263</td> <td>263.16</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">Caudal Asumido (lts/seg.) 242.87</p> | | | | | | | | | | Caudal | | m3/s | l/s | 0.200 | 200.00 | 0.250 | 250.00 | 0.258 | 258.33 | 0.263 | 263.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caudal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| m3/s | l/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.200 | 200.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.250 | 250.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.258 | 258.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.263 | 263.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IV. ESQUEMA HIDRÁULICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coordenadas UTM – N : | 8°099,778 N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coordenadas UTM – E : | 293,978 E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altitud : | 1,460 m.s.n.m. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>La zona donde se proyecta las obras que se proyectan, se encuentran ubicados entre el Rio Moquegua y zonas agrícolas cercanas agua para riego existente, esta zona tiene proyección para ampliaciones agrícolas. Presenta una topografía llana con una suave pendiente de aproximadamente -3 a -12° en la dirección del discurrir de las aguas del río</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL MARISCAL NIETO
MOQUEGUA


GROVER P. ARCE ZAPATA
INGENIERO CIVIL - CIP. 79896
RESPONSABLE TECNICO

FICHA TÉCNICA PARA MEDICIÓN DE CAUDALES DE FUENTES DE AGUA

| | | | |
|--------------------------|--|-------------------------------|-------|
| I. IDENTIFICACIÓN | | II. MATERIAL Y EQUIPO: | |
| Region: | Moquegua | 1. Recipiente: | () |
| Provincia: | Mariscal Nieto | 2. Boya : | (x) |
| Distrito: | Moquegua | 3. Flexómetro: | (x) |
| Sector: | Ayancal Bajo - El Gallito | 4. Reloj: | () |
| Institucion: | Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto | 5. Cronómetro: | (x) |
| Fecha: | 24 de Febrero del 2022 | 6. Plástico: | () |

III. MEDICIONES DEL CAUDAL

1 Hora de inicio del aforado: 10:55
 2 Hora final del aforado: 11:37
 3 Tiempo de aforo: 38 min

| N° | Método | Ancho | Largo | Tirante | Area Mojada | Long. Prueba | Tiempo | Velocidad |
|-----|-----------|-------|--------|---------|-------------|--------------|--------|-----------|
| | | m | m | m | m2 | m | seg. | m/s |
| 001 | Met. Boya | 0.500 | 5.000 | 0.360 | 0.180 | 5.0 | 4 | 1.25 |
| 002 | Met. Boya | 0.500 | 25.000 | 0.340 | 0.170 | 25.0 | 20 | 1.25 |
| 003 | Met. Boya | 0.500 | 50.000 | 0.400 | 0.200 | 50.0 | 42 | 1.19 |

Fórmulas utilizadas:

$Q = A * V$ $Q = V/t$

A= Área (m2)
 L= Largo Canal (m)
 T= Tiempo (seg):

| Caudal | |
|--------|---------------|
| m3/s | l/s |
| 0.225 | 225.00 |
| 0.213 | 212.50 |
| 0.238 | 238.10 |


*El número de mediciones mínimas es de 3

Caudal Asumido (lts/seg.) **225.20**

IV. ESQUEMA HIDRÁULICO

Coordenadas UTM – N : 8'099,778 N
 Coordenadas UTM – E : 293,978 E
 Altitud : 1,460 m.s.n.m.

La zona donde se proyecta las obras que se proyectan, se encuentran ubicados entre el Rio Moquegua y zonas agrícolas cercanas agua para regadío existente, esta zona tiene proyección para ampliaciones agrícolas. Presenta una topografía llana con una suave pendiente de aproximadamente -3 a -12° en la dirección del discurrimiento de las aguas del río



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL MARISCAL NIETO
 MOQUEGUA

GROVER P. ARCE ZAPATA
 INGENIERO CIVIL - CIP. 79896
 RESPONSABLE TÉCNICO

CALCULO HIDRAULICO DE CANALES ABIERTOS

1. DATOS DE CAMPO

| | |
|-----------------------|-----------------|
| Caudal: | 234 ltrs/s |
| Seccion Propuesta: | Rectangular |
| Dimension de la Base: | 50 cm |
| Materia de Canal: | Concreto Simple |
| Pendiente: | 0.60% |

2. DATOS A INGRESAR EN EL PROGRAMA HCANALES

*Se utilizara el programa Hcanales para el calculo de dimensiones del canal propuesto

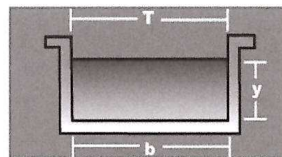
| | |
|----------------------|-------------------------|
| Caudal (Q): | 0.234 m ³ /s |
| Ancho de Solera (b): | 0.5 m |
| Talud (Z): | 0 |
| Rugosidad (n): | 0.015 |
| Pendiente: | 0.006 m/m |

*En caso de Canal Rectangular el Z=0

*Rugosidad en Funcion al material del Construccion del Canal

Datos:

| | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q): | <input type="text" value="0.234"/> | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.5"/> | m |
| Talud (Z): | <input type="text"/> | |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.015"/> | |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.006"/> | m/m |



Resultados:

| | | | | | |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y): | <input type="text" value="0.3320"/> | m | Perímetro (p): | <input type="text" value="1.1640"/> | m |
| Area hidráulica (A): | <input type="text" value="0.1660"/> | m ² | Radio hidráulico (R): | <input type="text" value="0.1426"/> | m |
| Espejo de agua (T): | <input type="text" value="0.5000"/> | m | Velocidad (v): | <input type="text" value="1.4096"/> | m/s |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.7811"/> | | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.4333"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | <input type="text" value="Subcrítico"/> | | | | |

3. RESULTADOS

| | |
|---------------------|------------|
| Tirante normal (y): | 0.332 m |
| Velocidad (v): | 1.4096 m/s |

- Calculo de Borde Libre:

$$Q \leq 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 V^3 Y^{1/2}$$

$$BL = 0.30 + 0.0037 * 1.4096^3 * 0.332^{1/2}$$

$$BL = 0.306 \text{ m}$$

- Calculo de altura total de canal:



$$h = BL + Y$$

$$h = 0.306 + 0.332$$

$$h = 0.638 \text{ m}$$

- Altura total de canal asumido:

$$h = 0.64 \text{ m}$$



GROVER P. ARCE ZAPATA
 ING. CIVIL CIP. 79896

Recibido 01/02/22


ING. ERWIN COAYLA CALLER
04435269

**SOLICITUD: EXPEDIENTE TÉCNICO CON
FINES DE ESTUDIO**

ING. ERWIN COAYLA CALLER.

INSPECTOR DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO DEL CANAL EN LOS SECTORES AYANCAL BAJO Y EL GALLITO DE LA COMISION DE REGANTES CHARSAGUA, DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA MARISCAL NIETO – MOQUEGUA".

PRESENTE:

Por medio de la presente, solicito de la manera más atenta, nos autorice el uso de información proporcionado en el Expediente Técnico:

- Expediente Técnico: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO DEL CANAL EN LOS SECTORES AYANCAL BAJO Y EL GALLITO DE LA COMISIÓN DE REGANTES CHARSAGUA, DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA MARISCAL NIETO – MOQUEGUA".

El uso de la información será para los bachilleres a continuación en mención, con fines de investigación para la elaboración de la tesis "EVALUACIÓN DE LAS SECCIONES TRAPEZOIDAL Y TRIANGULAR EN EL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DE UN CANAL RECTANGULAR DEL GALLITO, MOQUEGUA 2022" con fines de titulación.

- Pacco Llanque, Claudia Diana
- Rosas Guayac, Jesús Alfonzo

Sin más por el momento y agradeciendo su colaboración y comprensión, nos despedimos de usted.

Moquegua, 01 de febrero del 2022

.....
Bach.Ing. Pacco Llanque, Claudia Diana


.....
Bach.Ing. Rosas Guayac, Jesus Alfonzo

Moquegua, 10 de febrero del 2022

CARTA N° 005-2022-ECC

Señores:

Bach.Ing. Pacco Llanque, Claudia Diana

Bach.Ing. Rosas Guayac, Jesus Alfonzo

Ciudad.-

Antecedente: SOLICITUD S/N

**ASUNTO : AUTORIZACIÓN DE USO DE
INFORMACIÓN CON FINES DE INVESTIGACIÓN**

Por el medio del presente es grado dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez autorizar la utilización de la información del expediente técnico: **"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO DEL CANAL EN LOS SECTORES AYANCAL BAJO Y EL GALLITO DE LA COMISIÓN DE REGANTES CHARSAGUA, DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA MARISCAL NIETO – MOQUEGUA"**, el cual yo fui inspector en la etapa de ejecución y liquidación de este proyecto; esta información se alcanza netamente con fines de investigación a los Bachilleres en Ingeniería Civil Pacco Llanque, Claudia Diana y Rosas Guayac, Jesus Alfonzo para la elaboración de su tesis **"EVALUACIÓN DE LAS SECCIONES TRAPEZOIDAL Y TRIANGULAR EN EL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DE UN CANAL RECTANGULAR DEL GALLITO, MOQUEGUA 2022"**, según lo manifestado en el documento adjunto.

Sin otro particular, es propicia la oportunidad para expresar a Ud. mis distinguidas consideraciones y estima personal.

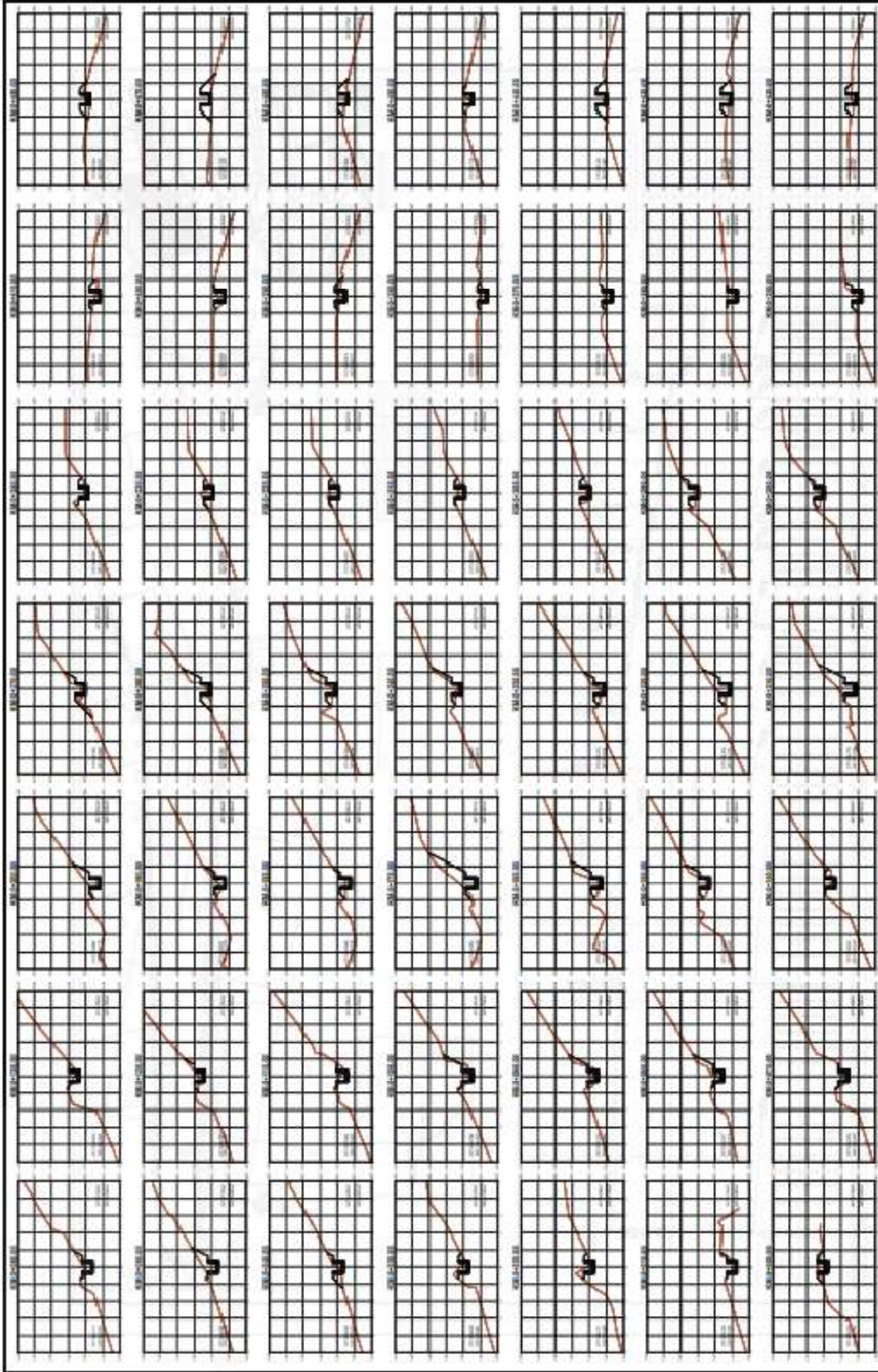
Atentamente,

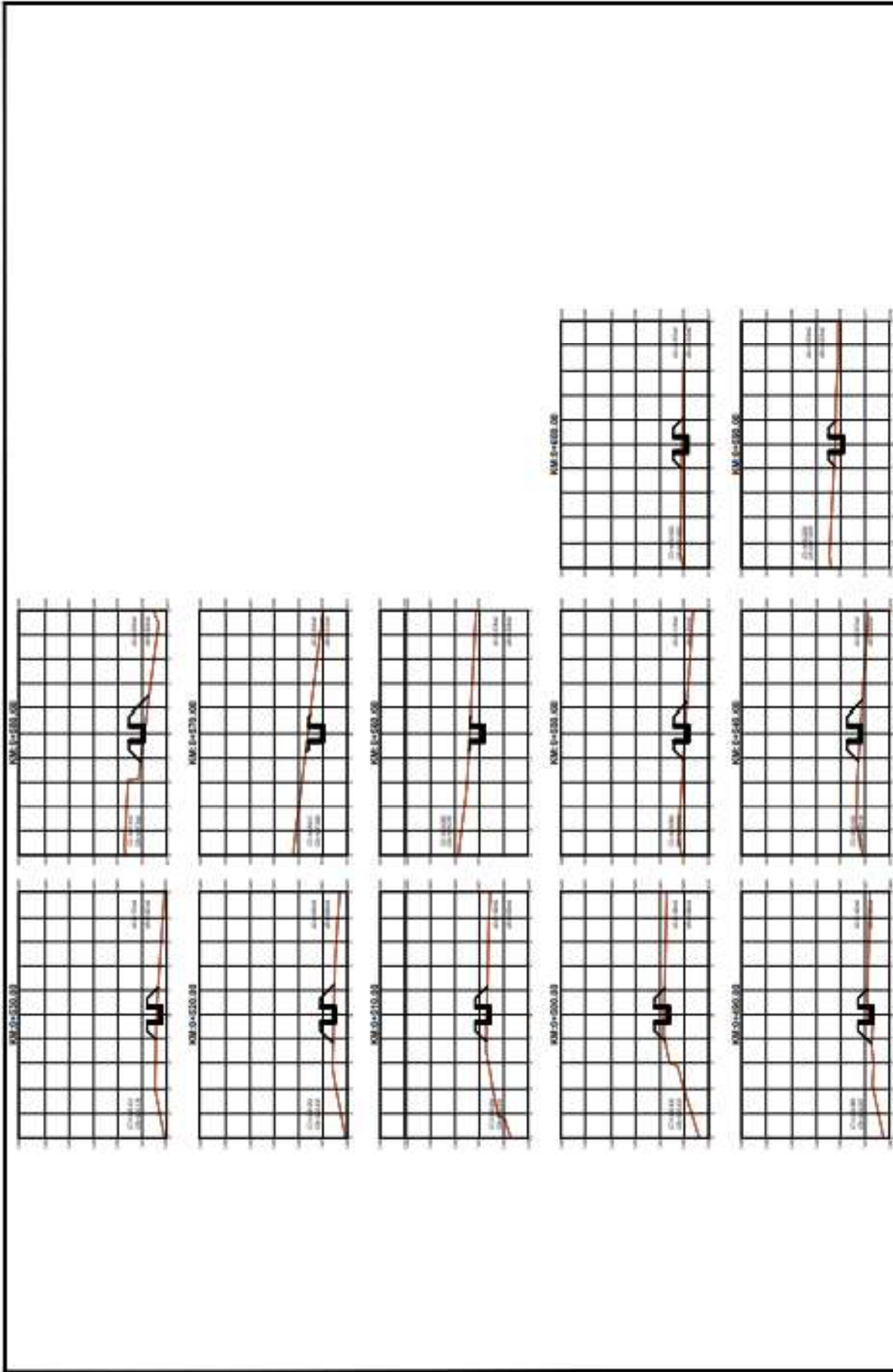


ERWIN CCAJLA CALLER
INGENIERO AGRÓNOMO
C.I.P. 100169

ANEXO 04. PLANO DE UBICACIÓN









Visita a campo: Evaluación de caudal en canal de tierra, caudal adicional al canal de concreto.



Visita a campo: Ubicación de ingreso de caudal en el canal de concreto.



Visita a campo: Medición de altura de caudal en el primer punto, que se encuentra metros de aguas abajo del ingreso de 02 caudales.



Visita a campo: Ubicación de segundo ingreso de caudal adicional al canal de concreto.



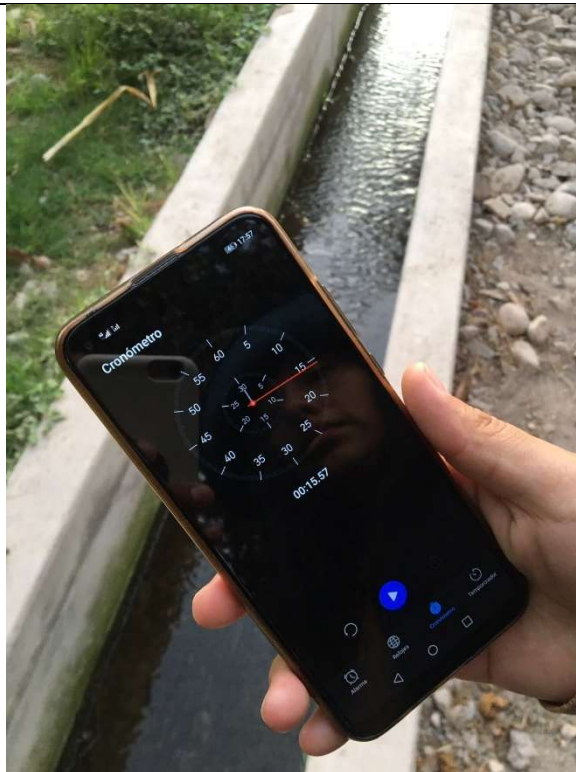
Visita a campo: Medición de altura de caudal en el segundo punto, que se encuentra metros de aguas abajo del ingreso de 03 caudales.



Visita a campo: Medición de altura de caudal en el tercer punto, que se encuentra metros de aguas abajo del ingreso de 03 caudales.



Visita a campo: Método de la boya para el cálculo de la velocidad del fluido.



Visita a campo: Medición del tiempo



Visita a campo: Medición de tiempo



Visita a campo: Medición del tiempo