



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

### Evaluar la eficiencia de la conducción principal del sistema de riego Santiago

Trabajo de Integración Curricular,  
previo a la obtención del título de  
Ingeniero Agrícola.

**AUTOR:**

Jonathan David Ibañez Aguilar

**DIRECTOR:**

Ing. Manuel Romel Ramon Hurtado. Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 24 de febrero de 2023

Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluar la eficiencia de la conducción principal del sistema de riego Santiago**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de la autoría del estudiante **Jonathan David Ibañez Aguilar**, con cédula de identidad Nro.**1105964736**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**MANUEL ROMEL  
RAMON HURTADO**

Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **Autoría**

Yo, **Jonathan David Ibañez Aguilar**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**

A handwritten signature in blue ink that reads "Jonathan Ibañez". The signature is written in a cursive style and is positioned over a faint, mirrored watermark of the same text.

**Cédula de identidad:** 1105964736

**Fecha:** 09 de noviembre del 2023

**Correo electrónico:** [jonathan.ibanes@unl.edu.ec](mailto:jonathan.ibanes@unl.edu.ec) – [jonathanibanes65@gmail.com](mailto:jonathanibanes65@gmail.com)

**Teléfono celular:** 0999130338

**Carta de autorización por parte del autor, para la consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Jonathan David Ibañes Aguilar**, declaro ser el autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluar la eficiencia de la conducción principal del sistema de riego Santiago**, como requisito para optar al grado de, **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, suscrito a los nueve días del mes de noviembre del año dos mil veintitrés.

Firma:

A handwritten signature in blue ink that reads "Jonathan Ibañes". The signature is written over a faint, mirrored watermark of the same name.

**Autor:** Jonathan David Ibañes Aguilar

**Cédula No:** 1105964736

**Dirección:** Daniel Alvarez, Av. Benjamín Carrión y Francisco Nariño

**Correo electrónico:** [jonathan.ibanes@unl.edu.ec](mailto:jonathan.ibanes@unl.edu.ec) – [jonathanibanes65@gmail.com](mailto:jonathanibanes65@gmail.com)

**Celular:** 0999130338

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Ing. Manuel Romel Ramon Hurtado. Mg.  
Sc

## **Dedicatoria**

A mi madre, Carmen Aguilar Veintimilla, por su amor y apoyo incondicional en cada paso de mi vida. Su presencia y guía han sido fundamentales para alcanzar mis metas y superar los obstáculos que se han presentado en el camino. A mi tío Carlos Enrique Aguilar Veintimilla, por su sabiduría y consejos que me han ayudado a crecer como persona y profesional. A mi hermano y hermana Diego y Katherine y amigos José, Nicolás Y Wilson, por estar siempre a mi lado y brindarme su amistad y cariño incondicional. Ellos han sido un pilar fundamental en mi vida y me han acompañado en los momentos más importantes.

Este Trabajo de Integración Curricular es el resultado de sus esfuerzos y dedicación. Cada uno de ellos ha contribuido de alguna manera a que este trabajo sea posible. Desde las largas horas de estudio hasta los momentos de descanso y diversión, todos han estado presentes para apoyarme y motivarme.

Quiero agradecerles por todo lo que han hecho por mí y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba. Este Trabajo de Integración Curricular es una muestra de mi gratitud hacia ellos y un reflejo del amor y el cariño que siento por cada uno.

Gracias a todos por ser parte de mi vida y por ayudarme a alcanzar mis sueños. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible.

***Jonathan David Ibañez Aguilar***

## **Agradecimiento**

Primeramente agradecer a Dios, a la Virgen del Cisne por haberme acompañado y guiado por el camino de la perseverancia y dedicación a lo largo de todos estos años que duro mi carrera, por darme las fuerzas en momentos que parecía desfallecer.

Al Ing. Manuel Romel Ramon Hurtado. Mg. Sc, mis más gratos agradecimientos, por la orientación, paciencia, confianza, motivación y apoyo durante todo el proceso del presente trabajo, en el que me mostró que el esfuerzo, las ganas de salir adelante y el entendimiento dan sus frutos, ya que siempre me motivo a ser un excelente estudiante y en el futuro un gran profesional.

De igual manera a otros Docentes que me ayudaron resolviendo dudas sobre mi Trabajo de Integración Curricular, a mis amigos y compañeros que me brindaron su apoyo, amistad y confianza a lo largo de todos estos años de aprendizaje en los cuales tuvimos altos y bajos y no me dejaron rendir en los momentos más difíciles.

Finalmente, a la Universidad Nacional de Loja, por ser mi segundo hogar donde aprendí, reí y llevo gratos recuerdo de mi estadía, de manera especial a todos quienes conforman la carrera de Ingeniería Agrícola, por brindarme los conocimientos necesarios durante toda mi formación.

***Jonathan David Ibañez Aguilar***

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación .....	ii
Autoría .....	iii
Carta de autorización .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras .....	xi
Índice de anexos .....	xii
1. Título .....	1
2. Resumen .....	2
Abstract.....	3
3. Introducción .....	4
4. Marco teórico .....	6
4.1. Riego .....	6
4.2. Riego Público .....	6
4.3. Riego Comunitario .....	6
4.4. Caudal.....	7
4.4.1. <i>Caudal Ambiental de un Río</i> .....	7
4.5. Medición de Caudales .....	7
4.5.1. <i>Métodos de Medición de Caudales</i> .....	7
4.6. Velocidad de Flujo.....	9
4.7. Eficiencia de Conducción.....	10
4.8. Canal de Riego .....	11
4.5.1. <i>Tipos de Canales</i> .....	11

4.5.2. Elementos Geométricos de un Canal .....	14
4.9. Pérdidas de Agua en Canales .....	15
4.9.1. Canales sin Revestimiento.....	15
4.9.2. Canales Revestidos.....	16
5. Metodología.....	17
5.1. Descripción de la zona de estudio .....	17
5.2. Materiales.....	19
5.3. Enfoque de investigación .....	19
5.4. Metodología para el primer objetivo (Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego).....	19
5.4.1. Selección de los puntos de aforo.....	19
5.4.2. Verificación y acondicionamiento del canal.....	20
5.4.3. Medición de caudal con el método del flotador.....	20
5.5. Metodología para el segundo objetivo (Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego). .....	21
5.5.1. Determinación de la eficiencia de conducción .....	21
5.5.2. Determinación de las pérdidas por conducción .....	21
5.5.3. Modelos empíricos para determinar las pérdidas volumétricas .....	22
5.6. Metodología para el tercer objetivo (comparar y proyectar los resultados obtenido de pérdidas de volumen teóricos e in situ).....	23
5.6.1. Fórmula de T. Ingham.....	23
5.6.2. Fórmula de Uginchus .....	24
6. Resultados.....	25
6.2. Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego .....	25
6.2.1. Aforo con el método del flotador .....	25
6.3. Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego.....	26



<b>6.4. Comparar y proyectar los resultados obtenidos de pérdidas de volumen teóricos e in situ.....</b>	<b>27</b>
<b>7. Discusiones .....</b>	<b>28</b>
<b>7.1. Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego. ....</b>	<b>28</b>
<i>7.1.1. Selección de los puntos de aforo.....</i>	<i>28</i>
<i>7.1.2. Medicion de caudales con el método del flotador .....</i>	<i>28</i>
<b>7.2. Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego.....</b>	<b>28</b>
<i>7.2.1. Determinación de la eficiencia de conducción .....</i>	<i>28</i>
<b>7.3. Comparar y proyectar los resultados obtenidos de pérdidas de volumen teóricos e in situ.....</b>	<b>30</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>31</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>32</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>33</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>37</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Separación de sondeo en función del ancho de la corriente... ..	8
<b>Tabla 2.</b>	Parámetros del Factor de Corrección $F_c$ para cálculo de caudales por el método del flotador.....	8
<b>Tabla 3.</b>	Coordenadas planas de la bocatoma y entrega final de agua.....	17
<b>Tabla 4.</b>	Coordenadas planas de la zona de riego .....	17
<b>Tabla 4.</b>	Valores de $C_d$ según Davis-Wilson. ....	22
<b>Tabla 5.</b>	Valores de la constante de infiltración $C$ , según el tipo de suelo. ....	23
<b>Tabla 6.</b>	Resultados de los caudales obtenidos para los diferentes tramos del canal de riego Santiago.....	24
<b>Tabla 7.</b>	Resultados de la eficiencia de conducción, pérdidas por conducción y pérdidas volumétricas en los tramos del canal de riego Santiago. ....	25
<b>Tabla 8.</b>	Resultados obtenidos de las pérdidas de volumen teóricos e in situ.....	26

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Medición de caudal mediante el método del flotador .....	9
<b>Figura 2.</b>	Medición de caudal por el método volumétrico.....	9
<b>Figura 3.</b>	Distribución de velocidades en un canal rectangular .....	10
<b>Figura 4.</b>	Canal natural de forma irregular .....	11
<b>Figura 5.</b>	Sección triangular de un canal.....	12
<b>Figura 6.</b>	Secciónn trapezoidal de un canal .....	12
<b>Figura 7.</b>	Sección rectangular de un canal. ....	13
<b>Figura 8.</b>	Sección circular de un canal .....	13
<b>Figura 9.</b>	Elemento geométrico de un canal. ....	15
<b>Figura 10.</b>	Mapa de ubicación de la zona de estudio .....	18
<b>Figura 11.</b>	Esquema hidráulico del canal de riego Santiago.....	36

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Limpieza y acondicionamiento del canal.....	49
<b>Anexo 2.</b> Obtención de coordenadas geográficas y elevación del canal. ....	50
<b>Anexo 3.</b> Prueba del método del flotador y medición del canal.....	51
<b>Anexo 4.</b> Coeficiente de rugosidad de Manning.....	51
<b>Anexo 5.</b> Cálculo del caudal y sección transversal del tramo uno.....	52
<b>Anexo 6.</b> Cálculo del caudal y sección transversal del tramo dos.....	53
<b>Anexo 7.</b> Cálculo del caudal y sección transversal del tramo tres.....	54
<b>Anexo 8.</b> Cálculo del caudal y sección transversal del tramo cuatro.....	55
<b>Anexo 9.</b> Cálculo del caudal del tramo uno, dos, tres y cuatro mediante el software Hcanales.....	56
<b>Anexo 10.</b> Determinación de la eficiencia de conducción.....	56
<b>Anexo 11.</b> Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo uno.....	56
<b>Anexo 12.</b> Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo dos.....	57
<b>Anexo 13.</b> Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo tres.....	57
<b>Anexo 14.</b> Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo cuatro.....	58
<b>Anexo 15.</b> Comparación de pérdidas entre el tramo uno y el tramo cuatro.....	58
<b>Anexo 16.</b> Comparación de pérdidas entre el tramo uno y tramo dos.....	59
<b>Anexo 17.</b> Comparación entre el tramo dos y el tramo tres.....	59
<b>Anexo 18.</b> Comparación entre el tramo tres y el tramo cuatro.....	60
<b>Anexo 19.</b> Cuadro resumen de resultados.....	61
<b>Anexo 20.</b> Certificación de traducción del abstract.....	62

## **1. Título**

**Evaluar la eficiencia de la conducción principal del sistema de riego Santiago**

## 2. Resumen

Un canal de riego es una estructura hidráulica por donde circula un fluido de agua debido a la acción de la gravedad tomando en cuenta una pendiente negativa. La presente investigación se realizó en la conducción principal del sistema de riego Santiago, con el objetivo de evaluar la eficiencia de conducción y determinar las pérdidas volumétricas. Comprende de una longitud de 41 km y las paredes de hormigón del canal se encuentran erosionadas, provocando pérdidas importantes de agua debido a su estado. El estudio se inició con el levantamiento topográfico, la medición geométrica de las secciones transversales del canal previamente seleccionadas, donde se efectuó la evaluación, partiendo de la medición de tramos de longitud del canal, pendiente y pruebas de medición de caudal utilizando el método del flotador, obteniendo un caudal promedio de 183,09 l/s. Además se utilizó el software Hcanales para determinar el caudal de diseño y comparar la diferencia de caudal existe entre el caudal medido y el caudal de diseño. Para las pérdidas volumétricas se aplicaron formulas hidráulicas como la de Davis-Wilson que obtuvo un valor de 0,90 l/s/km y con el Modelo de Moritz se obtuvo 1,99 l/s/km. Por otro lado, para el método de T. Ingham el promedio de pérdidas en los tramos de estudio es de 1.61 l/s-km que corresponde al 0.16 % y con el método de Uginchus es de 28,8 l/s/km que corresponde a un 2,88 %, representa un valor bajo considerando que en canales de tierra alcanzan valores de hasta el 15 % para suelo liviano, 10 % en suelo medio y 5 % en suelos pesados.

En cuanto a las pérdidas por conducción en los tramos estudiados es de 4,83 l/s/km. Alcanzando una eficiencia promedio de conducción del canal de riego Santiago de 75,57 % considerado este valor bajo en comparación con otros estudios similares. Los resultados nos indican que existen importantes pérdidas de agua en la conducción principal debido al deterioro del hormigón de revestimiento de las paredes y soleras del canal, al deficiente manejo y mantenimiento, alcanzando pérdidas de 28,8 l/s/km que representa dejar sin agua para riego a 3,6 hectáreas.

**Palabras claves:** Sistema de riego, eficiencia de conducción, pérdidas volumétricas, canal sin revestir, caudal.

## **Abstract**

An irrigation canal is a hydraulic structure through which water flows under the action of gravity, taking into account a negative slope. This research was carried out in the main canal of the Santiago irrigation system to evaluate the effectiveness of water transport and to determine the volumetric water losses through the canal.

The canal is 41 km long and the concrete walls are in a state of erosion, with significant water losses due to their poor condition. The investigation commenced with a topographical survey, geometric measurement of pre-selected cross-sections of the canal, where the evaluation was carried out, starting with the measurement of the canal length, slope and flow measurement tests using the float method, which revealed an average flow rate of 183,091/sec. In addition, the Hchannels software was used to determine the design flow rate and to compare the difference between the measured flow rate and the design flow rate. Hydraulic formulae were used for volumetric losses, such as the Davis-Wilson formula, which gives a value of 0,90 l/s/km, and the Moritz model, which gives 1,99 l/s/km. On the other hand, for the T. Ingham method, the average loss in the sections studied is 1,61 l/s/km, corresponding to 0,16 %, and for the Uginchus method it is 28,8 l/s/km, corresponding to 2,88 %, which is a low value considering that in earth canals it can reach values of up to 15 % for light soil, 10 % for medium soil and 5 % for heavy soil.

The amount of water lost in the sections studied is 4,83 l/s/km. In the Santiago irrigation canal, an average water transport efficiency of 75,57% was achieved, which is considered low in comparison with other similar studies. The results show that there are significant water losses in the main canal due to the deterioration of the concrete walls and sills as a result of poor management and maintenance, reaching losses of 28,8 l/s/km, which means that 3,6 hectares are left without water for irrigation.

**Keywords:** Irrigation system, water transport efficiency, volumetric losses, unlined canal, flow rate.

### 3. Introducción

El agua la utilizamos para el consumo humano, producir nuestros alimentos, sanear el ambiente, como medio de transporte, generación de energía eléctrica y otros fines. Los recursos hídricos son finitos y están distribuidos de forma desigualmente en todas las regiones del mundo (Torregosa et al., 2012).

Lenin et al., (2019) en el Plan Nacional de Riego y Drenaje manifiesta que el Ecuador cuenta con una inmensa disponibilidad del recurso hídrico, esto es en relación a la oferta hídrica superficial, la distribución del volumen total del recurso hídrico superficial es de 361,747 hm<sup>3</sup>, dicho esto a la Amazonía le corresponde un 65,9 %, a la Costa el 17,6 %, mientras que la sierra dispone de 16,5 %. En cuanto a la disponibilidad promedio de los recursos hídricos subterráneos es de 56,556 hm<sup>3</sup> de esto un 15,136 hm<sup>3</sup> pertenece a la región litoral, el 8,381 hm<sup>3</sup> a la región interandina y la región Amazónica cuenta con un 33,037 hm<sup>3</sup>.

De acuerdo a la demanda hídrica está relacionada con su uso consuntivo y las actividades agrícolas, de la cuales podemos destacar dos categorías: riego para la producción agropecuaria de exportación y espacios verdes urbanos (RPAE), y riego que garantice la soberanía alimentaria (RGSA), en este último se incorpora pastos cultivados, actividades ganaderas, acuicultura de agua dulce y crianza de peces menores (Plan Nacional de Recursos Hídricos [PNRH], 2016).

La provincia de Loja se caracteriza por presentar una topografía muy irregular, con fuertes pendientes y escasas extensiones de territorio con topografía plana en pequeños valles de la geografía provincial. Pese a esta situación las áreas de regadío se manejan con sistemas tradicionales y de muy baja tecnificación, el principal método de riego utilizado es por gravedad (inundación, melgas y surcos), que presentan una eficiencia muy baja y acarrear problemas consecuentes como erosión de los suelos, lixiviación de nutrientes, etc. (PDOT, 2014-2019).

Los canales son conductos abiertos que se utilizan para el transporte de agua que va desde un punto inicial, el cual se lo define como punto de captación, hacia un punto final de entrega para el uso (generar energía eléctrica, riego, uso doméstico) (Sharing, 2022), en la mayoría de canales son usados por plantas hidroeléctricas, están revestidos, pero se puede decir que una desventaja en este tipo de construcciones es en lo económico debido a que su inversión inicial es elevada; por otra parte si se usa para fines de riego (irrigación) los canales se dejan sin revestir. Sin embargo, aun revistiéndolos ningún material de construcción usado es impermeable provocando infiltración en el transcurso del mismo y aún más en los canales que no cuenta con un revestimiento; dichos canales que no cuentan con algún tipo de revestimiento



son más propensos a tener pérdidas por filtración de agua. Por lo tanto, en estos canales es inevitable que existan pérdidas de flujo. Entonces, el cálculo de las pérdidas por filtración es de importancia para evaluar los canales que están en operación. Los cálculos están basados en la evaluación de las propiedades hidráulicas del suelo en donde intervienen variables como la permeabilidad, rugosidad, resistencia al esfuerzo cortante y compresibilidad.

La reducción de la eficiencia de un canal de riego se debe a las pérdidas por filtración; provocando una reducción significativa del agua en el canal de riego afectando la cantidad de agua disponible para los cultivos, daños en la estructura del canal de riego reduciendo su vida útil y aumentando los costos de mantenimiento y reparación.

Esta investigación se realizó porque las pérdidas a agua en los canales es un problema en la gestión de los sistemas de riego por parte de las organizaciones de regantes, debido a que las filtraciones se estiman elevadas, provocando una disminución en su eficiencia, por eso este estudio es importante para demostrar que un adecuado manejo y mantenimiento de los canales de irrigación contribuirá a mejorar la eficiencia de conducción.

➤ **Objetivo general**

Evaluar las pérdidas de agua por filtraciones en la conducción principal del sistema de riego Santiago del cantón y provincia de Loja.

➤ **Objetivo específico**

Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego.

Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego.

Comparar y proyectar los resultados obtenidos de pérdidas de volumen teóricos e in situ.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Riego**

Palacios (2018) indica que la “aplicación artificial de agua a las plantas agrícolas u ornamentales para garantizar sus necesidades hídricas, proporcionándoles la humedad necesaria en períodos en que éstas no reciben la cantidad suficiente de agua por medio de las lluvias. Este proceso se conoce también como irrigación y regadío. Generalmente el agua se distribuye sobre las plantas y el suelo (riego superficial) o por debajo del suelo (riego subsuperficial)”. Por otro lado, (Cisneros, 2003) asevera que el riego es el aporte de agua necesario al suelo para que los cultivos desarrollen sus diversas etapas fenológicas.

Son aquellas contribuciones de agua hacia la tierra por numerosos métodos para facilitar el desarrollo de los cultivos. Se debe aplicar el riego desde la primera etapa; es decir, desde el momento de siembra, esto es aplicable en zonas secas o desérticas (Caiza & Jiménez, 2011).

### **4.2. Riego Público**

Son sistemas construidos con inversión del estado, puede ser total o parcial, son sistemas públicos posiblemente transferibles o no, los sistemas transferidos son aquellos que han sido construidos con inversión estatal pero su operación, mantenimiento y administración ha sido entregada a las juntas de regantes lo que implica que son los miembros de las juntas de regantes los encargados de la recaudación de tarifas, manejo y mantenimiento del sistema de riego. Por otro lado, los sistemas no transferidos están a cargo de los miembros del MAGAP en cuanto a su operación, mantenimiento y administración Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2013).

### **4.3. Riego Comunitario**

El riego comunitario es importante para la producción agrícola, también ofrece beneficios más amplios a las familias campesinas. La colaboración entre varias familias y comunidades es necesaria para construir, operar y mantener sistemas de riego. Esta colaboración intensiva y recíproca no solo hace que funcione el sistema de riego, sino que también crea oportunidades para formas organizativas sostenibles e intercomunales. Además, esta colaboración forma la base para una organización campesina fuerte e integral, con responsabilidad en muchas áreas de acción.

Para las comunidades con acceso al agua, el sistema de riego es el eje central de la acción comunitaria y el motor de la vida comunitaria. Diversos temas, responsabilidades, actividades colectivas y familiares se unen en torno a este sistema (Camaren, 2009).

#### **4.4.Caudal**

El caudal se define como la cantidad de agua que circula por una sección transversal, se la interpreta en volumen por unidad de tiempo. Para la medición del caudal existen diversos métodos y la elección de los mismo va a depender de las características del lugar (Masabni, 2000).

##### **4.4.1.Caudal Ambiental de un Río**

Es el volumen de agua que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados (Valdivieso, 2020).

Dorst et al. (2013) aseguran que “el caudal ambiental provee contribuciones importantes para la salud del río, el desarrollo económico y el alivio a la pobreza, además de que asegura la disponibilidad continua de los diversos beneficios que un río saludable y acuíferos dan a la sociedad”

#### **4.5. Medición de Caudales**

Medir una corriente de agua es establecer en un momento determinado el valor que se le da al caudal. Este procedimiento se lo denomina aforo, las personas que lo realizan se los denomina aforador (Basán, 2008). Aforo se lo designa a todas las tareas de campo y gabinete que nos permiten establecer el caudal que circula por una sección de un canal.

La determinación del caudal dependerá principalmente de la superficie (S) de la sección transversal de la corriente de agua y de la velocidad media del agua (V), de tal manera se obtiene el caudal o gasto (Q) a través de la multiplicación de ambos factores:

$$Q = S * V \quad (1)$$

La velocidad y la superficie de la sección transversal de la corriente varia en relación a la altura del agua, por ende, establecido lo anterior, se puede conseguir los caudales a través de las alturas de agua registradas en escalas colocadas en forma apropiada (Basán, 2008).

##### **4.5.1. Métodos de Medición de Caudales**

Los métodos de medición de caudal más utilizados y prácticos para caudales pequeños son: volumétrico, medidor Parshall, método de vertederos y orificios, sin embargo, los destinados para caudales máximos son los métodos de sección-velocidad que se subdividen en: flotador y molinete.

**4.5.1.1. Molinete.** Es un procedimiento muy conocido para realizar mediciones de caudal, se basa en el movimiento de una hélice con aspas y un mecanismo para calcular la velocidad en relación al número de revoluciones por el giro de las aspas de acuerdo a la fuerza

del flujo (Hidalgo, 2019, p. 11). Por otro lado, es necesario determinar el valor del área hidráulica de la sección transversal, esto se obtiene a través de la división del ancho de la corriente en franjas verticales con una separación definida como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Separación de sondeo en función del ancho de la corriente*

Ancho de la corriente en (m)	Espaciamiento en (m)
Hasta 1.2	0,2 – 0,3
1,2 – 5	0,3 – 0,5
5 – 10	0,5 – 1,0
10 - 50	1,0 – 5,0
50 - 100	5,0 – 10,0
Más de 100	10,0 – 20,0

**Fuente:** IMTA.(1991, p. 5)

**4.5.1.2. Flotador.** Es utilizado en canales y acequias por lo que da una aproximación de medida de los caudales. El uso de este método es limitado por que los valores que se consiguen son estimativos del caudal. Por lo tanto, para obtener una mayor precisión se requiere usar otros métodos (Calvache, 2018).

Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = Fc * A * v \quad (2)$$

**Donde:**

**Q** = Es el caudal de agua, (l/s), (m<sup>3</sup>/s)

**Fc** =Es el factor de corrección

**A** = Es el área de la sección transversal del flujo de agua.

**v** = Es la velocidad media del agua.

**Fc**, es un factor de corrección relacionado a la velocidad.

**Tabla 2.**

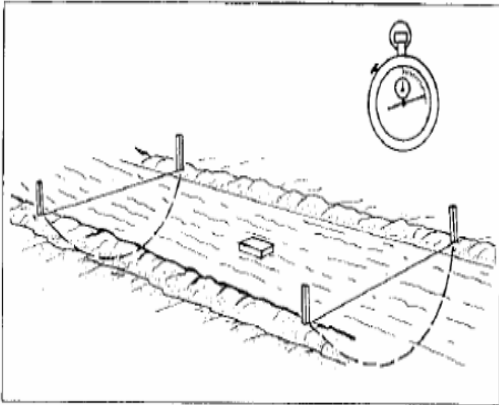
*Parámetros del Factor de Corrección Fc para cálculo de caudales por el método del Flotador*

Tipo de cauce	Factor de corrección Fc
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm	0,8
Canal en tierra, profundidad del agua > 15 cm	0,7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0,5
Canales de tierra, profundidad del agua < 15 cm	0,25 – 0,5

**Fuente:** Ministerio de agricultura y riego, Medición de agua, (2015)

**Figura 1**

*Medición de caudal mediante el método del flotador*



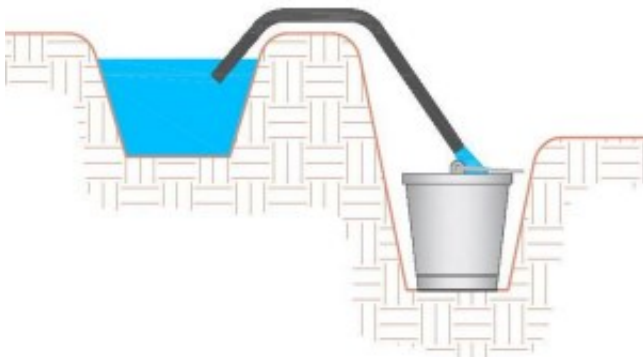
**Fuente:** Calvache, (2018)

**Nota:** La figura 1 representa el método del flotador para medir el caudal de un fluido en un canal abierto, utilizando un cronómetro y un objeto liviano que recorre una distancia establecida.

**4.5.1.3. Método volumétrico.** Carhuas (2016) cita a (Ochoa, 1992) da a conocer que el método volumétrico es empleado generalmente en caudales pequeños, se necesita un recipiente con medidas para la recolección del agua. El resultado del caudal se lo obtiene mediante la división del volumen del agua que es recogida y el tiempo que transcurre en la recolección del agua.

**Figura 2**

*Medición del caudal por el método volumétrico*



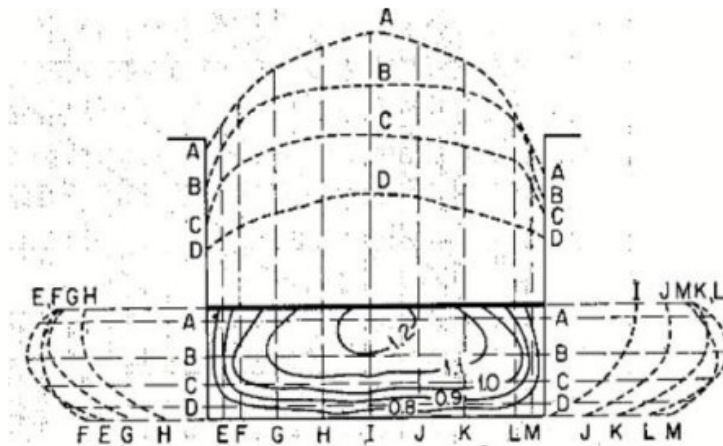
**Fuente:** Ochoa, (1992)

**Nota:** La figura 2 muestra el procedimiento para la medición del caudal a través del método volumétrico.

## **4.6. Velocidad de Flujo**

Según (Ven T.Chow, 1959) debido a la fricción en las paredes laterales y la presencia de un borde libre, las velocidades en un canal no se distribuyen uniformemente. Por lo general, las velocidades máximas ocurren debajo de lga superficie libre, que varía entre 0.05 y 0.25 m de profundidad. En la figura 4 se observa la distribución de velocidades en un canal rectangular.

**Figura 3**  
Distribución de velocidades en un canal rectangular



**Fuente:** Ven T.Chow (1959).

La velocidad de flujo en un canal está influenciada por varios elementos, como la geometría de la sección transversal del canal, la textura de sus paredes internas y la presencia de curvas. En un canal amplio y rápido con poca profundidad, así como en un canal con paredes lisas, es común que la velocidad máxima se observe en la superficie del agua.

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$v = \frac{e}{t} \quad (3)$$

**Donde:**

v= Es la velocidad en m/s.

e= Es la distancia en m.

t= Es el tiempo en segundos.

#### 4.7. Eficiencia de Conducción

Palacios (2004) menciona a (Morales Carbonel, 2017) que indica que la eficiencia de conducción en canales de riego “es la relación existente entre el volumen de agua o caudal de agua que ingresa a un canal, y el volumen o caudal de agua que sale en un punto distinto al de ingreso” (pag.21).

$$Efc (\%) = (Q_i / Q_s) * 100 \quad (4)$$

**Donde:**

Efc (%) = Eficiencia de conducción

Q<sub>i</sub> = Caudal de ingreso al canal

Q<sub>s</sub> = Caudal de salida del canal

Por otro lado (García et al., 2010) da a conocer la ecuación para la determinación de las pérdidas por conducción.

$$Pc = \left( \frac{Q1 - Q2}{Lc} \right) \quad (5)$$

**Donde:**

**Pc** = Pérdidas por conducción en m<sup>3</sup>/s-km

**Q1** = Caudal de ingreso al canal

**Q2** = Caudal de salida del canal

**Lc** = Longitud de canal en km

#### 4.8. Canal de Riego

Es una estructura en la que circula un fluido, debido a la acción por gravedad tomando en cuenta una pendiente necesaria, la superficie del líquido se encuentra descubierta y se encuentra en contacto con la presión atmosférica. La función principal del canal es la del abastecimiento de agua, es decir, llevar agua a los sitios donde es casi imposible conseguirla para todos los seres vivos (hombre, animales, plantas) (M. G. Ing et al., 2019).

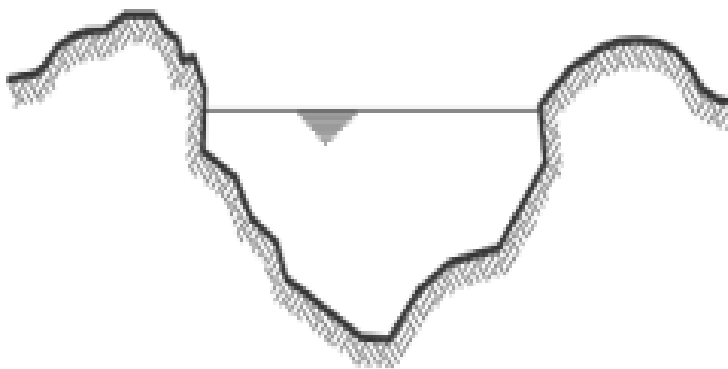
##### 4.5.1. Tipos de Canales

###### 4.5.1.1. Por su origen

➤ **Canales naturales:** son aquellos que existen de forma natural en este caso los de tierra, la particularidad que tienen es en sus partes geométricas que son variadas desde pequeños hasta grandes, las secciones transversales en su mayoría son irregulares y varían en su recorrido de los cuales pueden ser: los ríos, afluentes, arroyo, lagos, lagunas, etc.

**Figura 4.**

*Canal natural de forma irregular*



**Fuente:** (Chow V. T., 2004)

➤ **Canales artificiales:** Son los canales que han sido intervenidos por la mano del hombre para su construcción, entre los cuales podemos destacar, canales usados para el riego, canales de navegación, canales para agua potable, canales para aguas negras, canales para centrales hidroeléctricas y los canales modelados construidos para laboratorios.

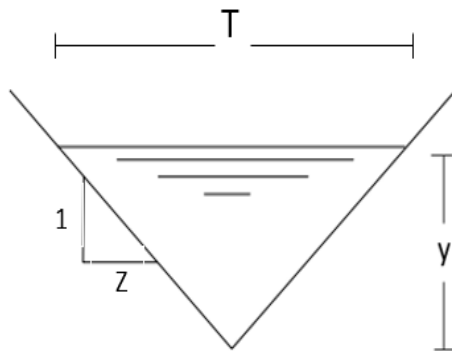
Generalmente estos canales artificiales se suelen diseñar en formas geométricas regulares, son construidos con secciones transversales que no varían y la pendiente permanece constante en el fondo del canal (M. G. Ing et al., 2019).

#### 4.5.1.2. Por la Forma de su Sección

- **Canales de sección triangular:** usados comúnmente para carreteras con cunetas revestidas, y en canales de tierra pequeños por su facilidad en relación al trazado.

**Figura 5.**

*Sección triangular de un canal*



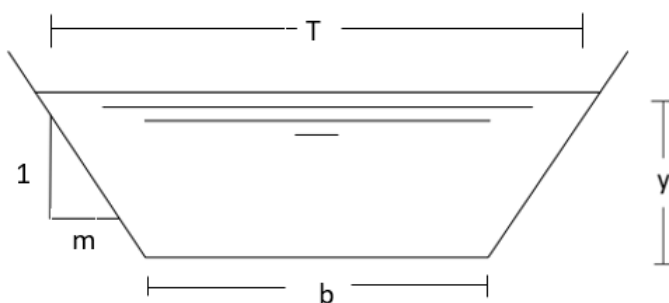
**Fuente:** (David Rojo Hdz Msc Recursos Hidráulicos, 2018)

**Nota:** Esta figura muestra los elementos de la sección triangular de un canal, siendo; talud (T), profundidad del calado del agua (y).

- **Canales de sección trapezoidal:** generalmente utilizados en canales de tierra destinados para el riego en la producción agrícola debido que se puede obtener pendientes vitales para la estabilidad y en canales revestidos.

**Figura 6.**

*Sección trapezoidal de un canal*



**Fuente:** (David Rojo Hdz Msc Recursos Hidráulicos, 2018)

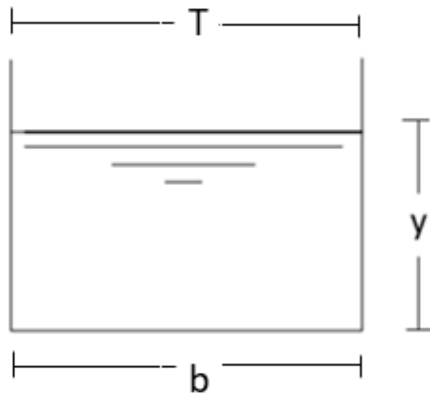
**Nota:** Esta figura muestra los elementos de la sección trapezoidal de un canal, siendo; talud (T), profundidad del calado del agua (y), la base o solera (b).



- **Canales de sección rectangular:** estos canales brindan un óptimo manejo si vamos a construirlos con materiales estables, debido a que sus lados son verticales como en los canales excavados en roca firme.

**Figura 7.**

*Sección rectangular de un canal*



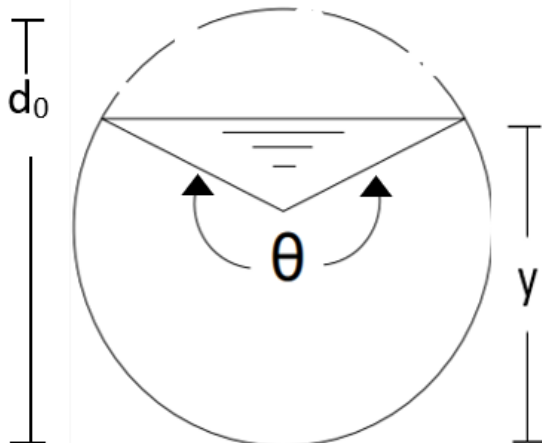
**Fuente:** (David Rojo Hdz Msc Recursos Hidráulicos, 2018).

**Nota:** Esta figura muestra los elementos de la sección rectangular de un canal, siendo; talud (T), profundidad del calado del agua (y), la base o solera (b).

- **Canales en sección circular:** usados para el alcantarillado y estructuras hidráulicas importantes.

**Figura 8.**

*Sección circular de un canal*



**Fuente:** (David Rojo Hdz Msc Recursos Hidráulicos, 2018).

**Nota:** Esta figura muestra los elementos de la sección circular de un canal, siendo; profundidad del calado del agua (y), diámetro interno del ducto ( $d_0$ ).

- **Canales prismáticos:** aquellos que poseen secciones transversales que no varían y pendientes de fondo constante (M. G. Ing et al., 2019).

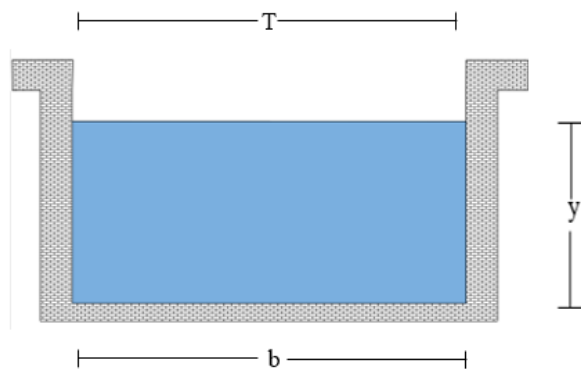
**4.5.1.3. Por su Función.** En un canal de riego sus funciones varían dependiendo de los diversos tipos de servicio, el canal principal o derivación es aquel canal madre en donde se construirá la captación para el transporte de agua. Por otra parte, existen los canales laterales que surgen del canal madre y su gasto que ingresa es distribuido hacia canales sub-laterales. Los de tercer orden que nace del canal lateral se los denomina sub-laterales debido a que el agua que ingresa a este posteriormente será repartida en las parcelas individualmente.

#### **4.5.2. Elementos Geométricos de un Canal**

Para la construcción y diseño de un canal es importante tomar en cuenta ciertos parámetros según (M. G. Ing et al., 2019), que sirven para su realización, entre los más importantes tenemos los siguientes:

- **El área “A”** de un canal será la sección transversal de la corriente que conduce el canal.
- **El perímetro mojado del canal “P”** es la longitud total en donde el agua moja la sección transversal del canal.
- **La base “b”** en un canal o también llamada solera.
- **Profundidad o altura “Y”** tiene que ver con la profundidad máxima de un canal, desde el punto más bajo o desde la base del canal hasta la superficie libre, si no se especifica otra cosa.
- **Ancho superior “L”** es el término que se utiliza para el ancho de la sección transversal en la superficie del agua.
- **Radio hidráulico  $R = A / P$**  es el área sobre el perímetro mojado
- **Profundidad media se “ $Y_m$ ”** denomina al área sobre el ancho superior
- **Talud “m”** se denomina talud a la proyección horizontal a la vertical de las paredes laterales o también se refiere al talud de las paredes laterales del canal. Por ejemplo, m sería el valor de la proyección horizontal cuando el vertical podría ser 1, a partir de funciones trigonométricas sería la cotangente del ángulo. Esto va a depender del tipo de material en donde se va a construir el canal con la finalidad de prevenir un derrumbe, si se dice que el canal tiene 2:1 esto nos da a entender que la proyección horizontal de mi pared lateral es 2 veces mayor que la proyección vertical que sería uno por lo cual el talud m es igual a 2 resulta de la división de la proyección horizontal 2 para la vertical.
- **Velocidad media “ $V_m$ ”** es la velocidad media en la sección transversal en m/s
- **Gasto “Q”** es el volumen de agua que atraviesa una toda la sección del canal y se expresa en  $m^3/s$ .

**Figura 9.**  
*Elemento geométrico en un canal rectangular*



**Fuente:** Pedro (2015)

**Nota:** Esta figura muestra los elementos geométricos de un canal rectangular, siendo; talud (T), profundidad del calado del agua (y), la base o solera (b).

#### **4.9. Pérdidas de Agua en Canales**

Para el aprovechamiento del agua en los sistemas de conducción, es fundamental entender la cantidad de recurso que se utilizara, las pérdidas volumétricas presentes; estas se ven afectadas por la evaporación, la infiltración, pérdidas por operación en la longitud del canal (Herrera, 1987).

Blázquez (2008) define que las pérdidas se producen por efecto de la evaporación y manipulaciones externas en canales abiertos que están destinados a regadíos o producción de energía; por lo cual, estos deben estar cubiertos cuando son utilizados para abastecimiento.

##### **4.9.1. Canales sin Revestimiento**

Los canales de tierra o canales sin revestimiento tienen una mayor incidencia de las pérdidas totales del volumen que circula a través del canal, debido a la infiltración con valores cercanos al 20% (Exebio-García, Adolfo; Palacios-Vélez, Enrique; Mejía-Saen, Enrique; Ruiz-Carmona, 2005); esto afecta a algunos procesos como son:

- **Temperatura:** Cuando la temperatura aumenta la viscosidad del agua se ve afectada y va disminuyendo, provocando que sea más escurridiza entre los poros existentes en el suelo.
- **La permeabilidad del lecho del canal:** La percolación está relacionada con permeabilidad del suelo; por ende, esto es mayor cuando es grueso y poroso es el suelo.
- **La edad del canal:** La pérdida de agua es máxima en canales recién construidos, pasado el tiempo disminuyen progresivamente debido a que el fondo y los lados del canal son cubiertos por el fango.
- **Caudal:** Las pérdidas son proporcionalmente menores en los canales grandes que en los pequeños.

➤ **Longitud del canal:** A mayor longitud del canal, mayor son las pérdidas de agua y viceversa.

De acuerdo con (French, 2009) es natural que en los canales sin revestimiento, las sales disueltas y los sedimentos arrastrados taponen el perímetro mojado, existiendo una disminución de la infiltración en relación al avance de la edad del canal. Sin embargo, si el agua no arrastra sedimentos y el fondo es granular, se considera realizar una impermeabilización del perímetro debido a la corrosión que se produce en la estructura.

En algunas situaciones las filtraciones de agua no conforman pérdidas sino ganancia para el canal, esto es por el nivel freático elevado y otros factores naturales que están presentes (Herrera, 1987). Esto puede ser reducido significativamente a través del recubrimiento del canal.

#### **4.9.2. Canales Revestidos**

En los canales con revestimiento, durante la conducción del agua la infiltración que se genera es en mínima proporción, de lo cual se considera un 5% de pérdidas volumétricas, debido a que ningún material utilizado para la construcción de los canales es totalmente impermeable o a través de las fugas existentes que son generadas por el poco mantenimiento o edad en la estructura de estas obras, provocando pérdidas de agua inevitables en el canal (French, 2009).

Como indica Krochin (1986) si las pérdidas por infiltración en los canales sobrepasan los 0.46 m/día debe ser revestido. De acuerdo con Hinds, cuando se utiliza revestimiento de hormigón de calidad excelente se puede disminuir estas pérdidas a 0.0122 m/día.

## 5. Metodología

### 5.1. Descripción de la zona de estudio

El canal de riego Santiago está ubicado en la zona sur de la región interandina del Ecuador, específicamente en la parroquia del mismo nombre Santiago, la bocatoma del canal se localiza junto a la vía Loja-Cuenca en el ingreso al centro parroquial de Santiago, aproximadamente a una distancia de 41 km desde la ciudad de Loja. El sistema de riego fue construido en las décadas de los 70 y 80 del siglo pasado, la obra de toma es de tipo caucásica con rejilla de fondo, emplazada en un río de montaña, la captación está en el margen derecho del río Santiago aguas abajo del río, el canal principal es de hormigón tipo rectangular, atraviesa terrenos accidentados desde la obra de captación hasta el área de riego, la misma que comprende ocho sectores de influencia dentro de su superficie, como son: Salapa Alto, Salapa Bajo, La Tenería, Quilloloma, San Juan, Motupe Alto, Pucaicocha y Carigán. Beneficia a 383 usuarios, está organizado en una Junta General y cinco juntas locales, hasta la fecha la junta uno aún no se ha consolidado.

El canal tiene una longitud de 42 km; de los cuales 36 km corresponden al canal principal no disponen de plataforma, 1 km de canal mediante túnel y 5 km de canal cuentan con plataforma, tiene una cobertura de 2 336 hectáreas que están ubicados en los sectores antes mencionados.

Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas planas:

**Tabla 3.**

Coordenadas planas de la bocatoma y entrega final de agua

<b>Bocatoma</b>	<b>Entrega final</b>
Coordenada Norte: 9'580881,18 m.	Coordenada Norte: 9'565433,36 m.
Coordenada Este: 689981,21 m.	Coordenada Este: 697366,79 m.

**Fuente:** Autor

Las zonas de riego que irriga el canal se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas planas:

**Tabla 4.**

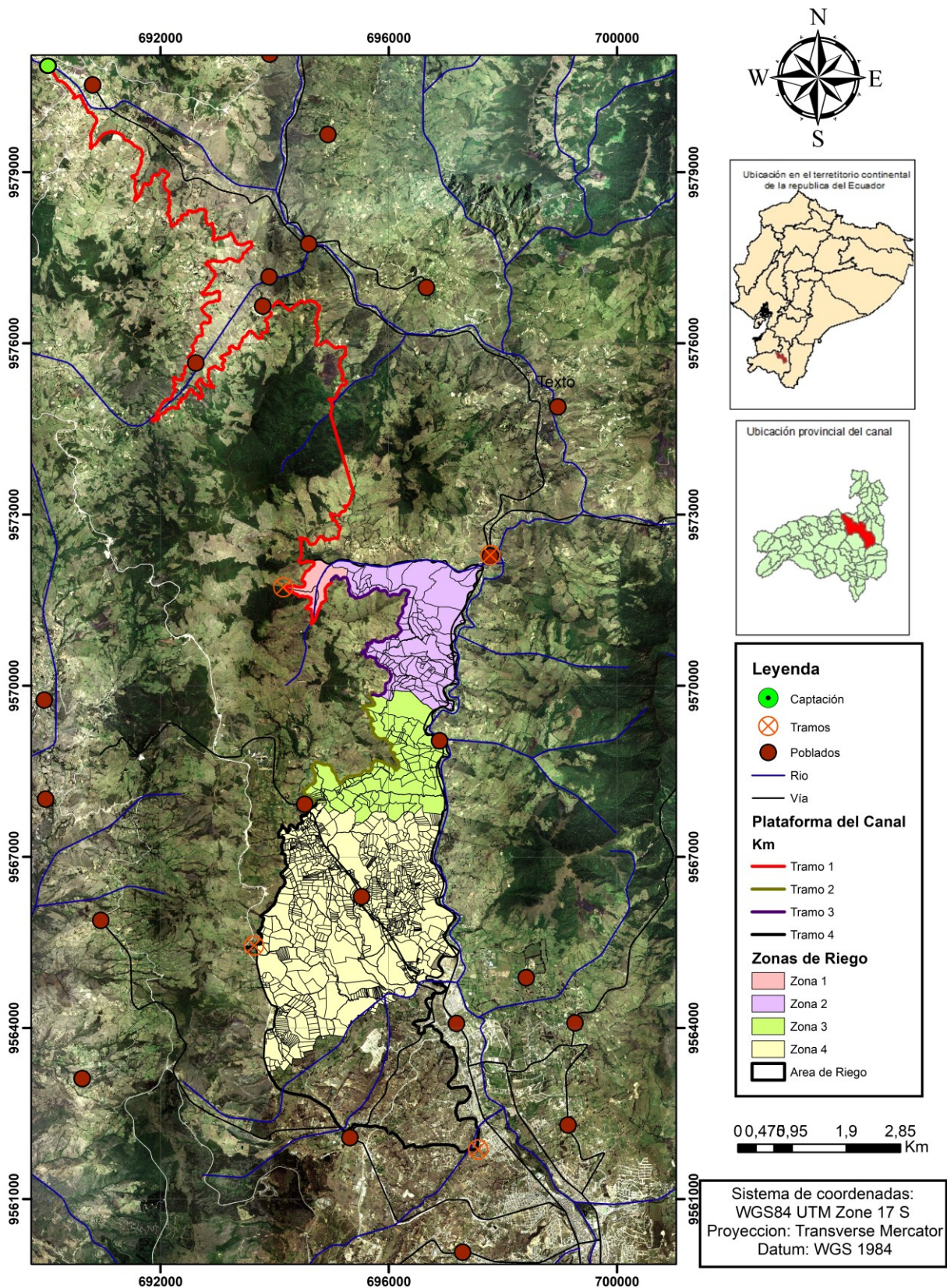
Coordenadas planas de la zona de riego

<b>Tramo uno</b>	<b>Tramo dos</b>
Coordenada Norte: 9'571750,15 m	Coordenada Norte: 9'572340,16 m
Coordenada Este: 694060,21 m	Coordenada Este: 697796,95 m
<b>Tramo tres</b>	<b>Tramo cuatro</b>
Coordenada Norte: 9'561908,91 m	Coordenada Norte: 9'565443,86
Coordenada Este: 697621,27	Coordenada Este: 693674,72

**Fuente:** Autor

**Figura 10**  
 Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio

## UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO



Fuente: Autor

## **5.2. Materiales**

La investigación se centró en evaluar la eficiencia de la conducción principal del canal de riego Santiago, se realizó mediciones de caudal, aplicado las fórmulas hidráulicas para determinar las pérdidas volumétricas y la eficiencia de conducción. Los recursos utilizados para esta investigación fue recursos humanos como el tesista, el docente director y estudiantes; recursos materiales y servicios como material bibliográfico, transporte y alimentación; y recursos de equipos como una computadora, una estación diferencial, un flotador, un cronómetro, una cinta métrica, una calculadora y una libreta de campo.

## **5.3. Enfoque de investigación**

Para esta investigación se aplicó un enfoque mixto que comprende parámetros cuantitativos y cualitativos; cuantitativo en donde se obtuvo valores numéricos de la eficiencia de conducción y las pérdidas volumétricas; y cualitativo que describe el estado de la infraestructura del canal. El diseño de la investigación es descriptivo, se aplicó la observación directa del objeto en estudio, la medición de parámetros y la definición de variables. La población de estudio fue el canal de conducción principal del sistema de riego y la muestra está conformada por el mismo canal. Se utilizó técnicas como la observación directa y el uso de una ficha para recopilar datos de caudal, secciones, velocidades, materiales y estado. Para conocer las pendientes del canal se usó la estación diferencial y se aplicó las fórmulas hidráulicas para obtener las pérdidas por filtración y la eficiencia de conducción. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyen la estación diferencial, el flotador para medir caudales y la aplicación de fórmulas hidráulicas. Los datos obtenidos fueron tabulados para su posterior discusión y conclusión.

## **5.4. Metodología para el primer objetivo (Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego)**

### ***5.4.1. Selección de los puntos de aforo***

Los puntos de aforo seleccionados se los estableció mediante la observación directa del canal, estos puntos deben encontrarse en los sectores donde se observe de manera completa el canal, es decir que no se encuentren rodeados de vegetación o donde se tenga interés en determinar las pérdidas.

Se ubicaron tramos rectos y la longitud debe ser lo suficiente para que el flujo sea uniforme.

En la selección de los puntos de aforo se tuvo en cuenta algunos aspectos:

- Deber ser regular, estable, bien definida y en lo posible no debe ser susceptible a la erosión o sedimentación.
- Se realizó un cronograma para realizar los aforos.
- Las velocidades sean suficientes para una buena utilización del flotador, en donde el agua no se estanque.
- No debe estar ubicada cerca de estructuras u obstáculos que produzcan remansos, para evitar el cambio de la distribución de velocidades de flujo.

#### ***5.4.2. Verificación y acondicionamiento del canal***

Una vez establecidos los puntos de aforo, se procedió a la verificación y acondicionamiento del canal, por la persona encargada de las mediciones del caudal.

- La verificación se basó en que la sección escogida sea la adecuada para el uso del flotador.
- En el acondicionamiento se procedió a evaluar si los tramos seleccionados se encontraban obstruidos por material pétreo o vegetación en exceso, esto fue removido para obtener una correcta medición. Esto se lo realizó antes de comenzar con la medición del caudal, de tal manera que no se altere las condiciones del flujo.

#### ***5.4.3. Medicion de caudal con el método del flotador***

Para el cálculo de los caudales en los diferentes tramos del canal se utilizó el método del flotador, se selecciona los tramos más rectos y uniformes, es un método que permite medir caudales pequeños a grandes con mediana exactitud. Por tal razón, se utilizó los siguientes pasos (Montes, 2018).

##### **a) Paso uno: selección de los puntos de medicion de caudal.**

En el canal se seleccionó un tramo recto y uniforme, libre de sedimentos, troncos de árboles para que el agua fluya libremente y no produzca turbulencias, la longitud mínima debe estar alrededor de 5 a 10 metros, la cual se la midió con una cinta métrica y una estación diferencial. Se ubicaron dos puntos en el canal, el punto inicial (A) donde se lanzó el flotador y el punto de llegada (B) donde se recibió el flotador y se realizó la medición del caudal.

##### **b) Paso dos: medición del área del canal**

Se midió el ancho, la altura, el grosor de las paredes del canal y el calado de agua mediante una cinta métrica que ayudó a establecer el área del canal en los diferentes tramos de estudio, en este caso las secciones no se las dividió en tramos iguales debido a que es un canal rectangular y su sección transversal es uniforme.



### c) Paso tres: medición de la velocidad del agua

Se lanzó el flotador en el canal al menos unos 2 metros antes del punto A (de inicio).

Al momento que el flotador pasó por el punto A se comunicó al personal que se encontraba en el punto B para que inicie el conteo a través de un cronometro de tiempo.

Cuando el flotador pasó por la segunda medida se terminó de tomar el tiempo. Se recuperó el flotador, el tiempo obtenido se apuntó en la libreta de campo, esta acción se realizó mínimo 5 veces. Los datos obtenidos se escribieron en una tabla con parámetros del tiempo (s) y el número de repeticiones, la distancia se la obtuvo midiendo la longitud desde el punto A hasta el punto B.

Se usaron formulas hidráulicas para determinar la velocidad que es la relación entre espacio y el tiempo, el área de la sección transversal se la obtuvo multiplicando el ancho de la solera (b) por el calado del agua (y), para el cálculo del caudal con el flotador se multiplicó un factor de corrección (Fc) que se encuentra en la Tabla 2 por el área de la sección transversal del canal y velocidad promedio.

## 5.5. Metodología para el segundo objetivo (Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego).

### 5.5.1. Determinación de la eficiencia de conducción

Para determinar la eficiencia de conducción se utilizó a fórmula que relaciona el caudal de salida y el caudal de entrada.

$$Ec = \frac{Qs}{Qe} * 100$$

**Donde:**

**Ec:** eficiencia de conducción del agua (%)

**Qe:** caudal de entrada al canal o tramo (m<sup>3</sup>/s)

**Qs:** caudal de salida del canal o tramo (m<sup>3</sup>/s)

### 5.5.2. Determinación de las pérdidas por conducción

Para determinar las pérdidas por conducción se utilizó la ecuación (3), se conoció el volumen de flujo perdido en los 4 tramos del canal y se obtuvo el valor promedio, seguido se realizó una comparativa con le ecuación (2) que determina la eficiencia de conducción.

$$Pc = \left( \frac{Q1 - Q2}{Lc} \right)$$

**Donde:**

**Pc:** Pérdidas por conducción en m<sup>3</sup>/s/km

**Q1:** Caudal de ingreso al canal

**Q2:** Caudal de salida del canal

**Lc:** Longitud de canal en km

### 5.5.3. Modelos empíricos para determinar las pérdidas volumétricas

Para calcular las pérdidas por infiltración en los canales de concreto, se utilizó las fórmulas hidráulicas de Davis-Wilson con parámetros previamente conocidos y un coeficiente de permeabilidad para el concreto según se muestra en la Tabla 3. Además, se aplicaron los valores de la constante de infiltración para concreto, como se indica en la Tabla 4, al modelo de Moritz.

#### 5.5.3.1. Formula desarrollada por Davis (Wilson)

$$P = \frac{Cd Y^{\frac{1}{3}} (b + 2Y \sqrt{1 - m^2})}{8861 + 8 \sqrt{V}}$$

**Donde:**

**P:** Es la pérdida de infiltración en m<sup>3</sup> /seg/km

**V:** Es la velocidad del agua en m/seg

**Y:** Es la profundidad del agua en m

**b:** Es el ancho de la base del canal en m

**m:** Es el talud lateral

**Cd:** un coeficiente que representa la permeabilidad del suelo

**Tabla 4.**

*Valores del Cd según Davis – Wilson*

Tipo de Suelo	Cd
Concreto con espesor de 10 cm	1
Arcilla con espesor de 15 cm	4
Suelo arcilloso	12
Suelo franco - arcilloso	15
Suelo franco	20
Suelo franco - arenoso	25
Arcilla limosa	30
Arena	40 - 70

**Fuente:** Fernández, (2001)

#### 5.5.3.2. Modelo de Moritz

Para determinar las pérdidas por infiltración se utilizó el modelo de Moritz, el cual, se resume en la siguiente ecuación.

$$S = 0.0375 * C * \sqrt{Q/V}$$

**Donde:**

**S:** Pérdidas por infiltración (m<sup>3</sup> /s/km de canal)

**Q:** Caudal circulante (m<sup>3</sup> /s)

**V:** Velocidad del flujo (m/s)

**C:** Constante de infiltración, dependiente del tipo de suelo

**Tabla 5.**

*Valores de la constante de infiltración C, según el tipo de suelo.*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Valor de C</b>
Suelo limo arcilloso impermeable	0,08 – 0,13
Suelo limo arcilloso común	0,13 – 0,23
Suelo limo arcilloso arenoso	0,23 – 0,30
Suelo limo arenoso	0,30 – 0,49
Suelo limo arenoso suelto	0,49 – 0,61
Suelo arenoso con grava	0,61 – 0,76
Suelo de grava poroso	0,76 – 0,92
Suelo de grava dominante	0,92 – 1,83
Canales revestidos con concreto	0,1

**Fuente:** Moritz, (2008)

## **5.6. Metodología para el tercer objetivo (comparar y proyectar los resultados obtenido de pérdidas de volumen teóricos e in situ).**

En este análisis se contrastaron los resultados obtenidos de la medición de caudal realizados en campo con los resultados estimados mediante fórmulas hidráulicas de T. Ingham, Uginchus. Además, se empleó esta misma metodología para determinar las pérdidas de volumen, con el fin de determinar el procedimiento que nos garantiza mayor seguridad. Se realizó una comparación y proyección de los datos recopilados a través de ambos métodos, con el objetivo de determinar cuál de ellos ofrece los resultados más fiables.

### **5.6.1. Fórmula de T. Ingham**

$$P = 0.0025 \sqrt{d} * (b + 2md)$$

**Donde:**

**P:** Pérdidas de en m<sup>3</sup>/seg-km

**d:** Calado en metros

**b:** Ancho de la solera en metros

**m:** Tangente del ángulo del talud con la vertical

### 5.6.2. Fórmula de Uginchus

$$P = K * \frac{d}{t} * (b + d \sqrt{1 + m^2})$$

**Donde:**

**P:** Pérdidas de en m<sup>3</sup>/seg-km

**d:** Calado en metros

**t:** Grueso del revestimiento

**m:** Tangente del ángulo del talud con la vertical

**b:** Ancho de la solera en metros

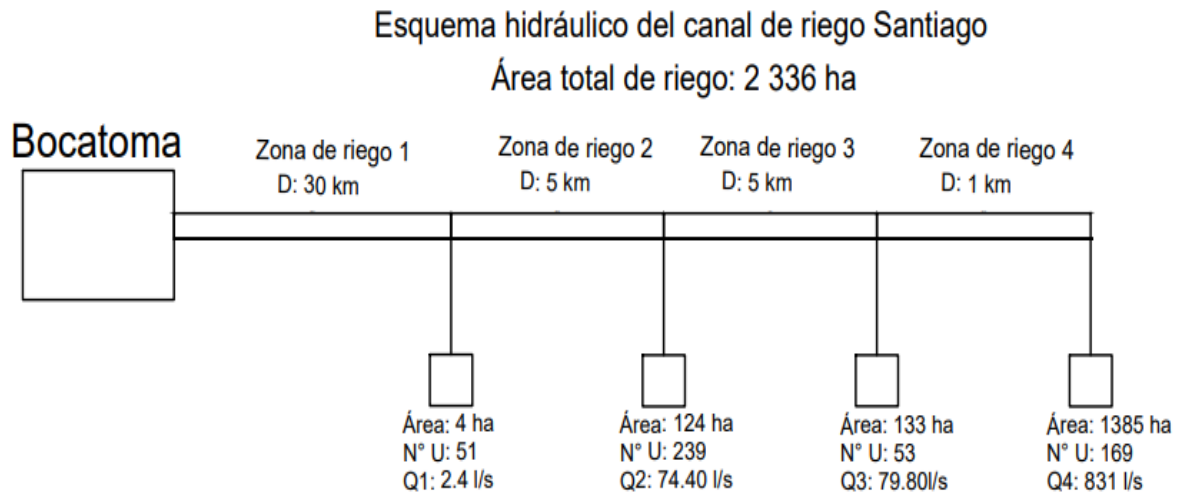
En la que K: es la permeabilidad del revestimiento de hormigón que varía de 10<sup>-5</sup> cm/s a 10<sup>-7</sup> cm/s.

## 6. Resultados

### 6.1. Esquema Hidráulico del canal de riego Santiago

Figura 11.

Esquema hidráulico del canal de riego Santiago



Fuente: Autor

El sistema de riego Santiago contempla una zona de riego de 2 336 ha, de las cuales se dividen en cuatro zonas de riego, la zona uno abarca cuatro ha con un caudal de 2.4 l/s y un total de 51 usuarios, en la zona dos existe 124 ha, un caudal de 74.40 l/s y 239 usuarios, para la zona tres cuenta con 133 ha, un caudal de 79.80 l/s y 53 usuarios, finalmente en la zona cuatro hay 1385 ha, caudal de 831 l/s y consta de 169 usuarios.

### 6.2. Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego

#### 6.2.1. Aforo con el método del flotador

Tabla 6.

Resultados de los caudales obtenidos para los diferentes tramos del canal de riego Santiago

	Caudales obtenidos				
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Promedio
Espacio recorrido por flotador (m)	24,62	42,6	46	40,64	
Área de la sección transversal (m <sup>2</sup> )	0,26	0,396	0,38	0,38	
Tiempo promedio del flotador (s)	0,53	1,12	1,06	1,43	
Velocidad del fluido (m/s)	0,774	0,635	0,725	0,472	
Caudal (l/s)	163,46	201,19	222,61	145,1	183,09
Caudal en Hcanales (l/s)	158,2	158,2	158,2	158,2	

Fuente: Autor

La Tabla 5 muestra las diferentes variables obtenidas para los cuatro tramos del canal, donde se observa que para el tramo uno, tiene un espacio recorrido corto de 24,62 m, con un caudal mínimo de 163,46 l/s. Mientras tanto, en el tramo 3, tiene un mayor recorrido de 46 m ya su vez mayor caudal, 222,61 l/s. Por su parte, el tramo 2 y tramo 4, tienen unas distancias similares, pero difieren en sus caudales significativamente, 201,19 l/s y 145,1 l/s, respectivamente. Por otro lado, a través del software Hcanales el caudal obtenido es de 158,2 l/s para todos los tramos.

### 6.3. Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego.

**Tabla 7.**

*Resultados de la eficiencia de conducción, pérdidas por conducción y pérdidas volumétricas en los tramos del canal de riego Santiago.*

Tramos	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Promedio
<b>Ec (%)</b>	65,18	72,12	89,41		75,57
<b>Pc (l/s/km)</b>		1,95	5,48	7,05	4,83
<b>Davis-Wilson (l/s/km)</b>	1,35	0,023	0,022	2,21	0,90
<b>Modelo de Moritz (l/s – km)</b>	1,72	2,11	2,07	2,07	1,99

Fuente: Autor

La Tabla 6 presenta diferentes valores en cuatro tramos. En el primer tramo, la eficiencia de conducción alcanza el 65,18%, mientras que en el segundo tramo aumenta a 72,12%, y en el tercer tramo llega al valor más alto con un 89,41%. En términos de pérdidas por conducción, el segundo tramo posee pérdidas de 1,95 l/s/km, el tercer tramo aumenta significativamente a 5,48 l/s/km, y el cuarto tramo es de 7,05 l/s/km, contribuyendo al promedio general de 4,83 l/s/km. En la ecuación de Davis-Wilson para estimar las pérdidas volumétricas se muestra valores bajos y consistentes en los tramos dos y tres con 0,023 l/s y 0,022 l/s respectivamente. Sin embargo, en el tramo cuatro la pérdida es de 2,21 l/s, pero disminuye en el tramo uno con 1,35 l/s, obteniendo un promedio de 0,90 l/s de pérdidas. Por otro lado, los valores del Modelo de Moritz son similares en el tramo tres y cuatro con valores de 2,07 l/s, mientras que en el tramo dos se registra el valor más alto con 2,11 l/s y el tramo uno con 1,72 l/s siendo el más bajo y con un promedio de 1,99 l/s en todos los tramos.

#### 6.4. Comparar y proyectar los resultados obtenidos de pérdidas de volumen teóricos e in situ.

**Tabla 8.**

*Resultados obtenidos de las pérdidas de volumen teóricos e in situ*

	T. Ingham ( $l/s - km$ )	%	Uginchus ( $l/s - km$ )	%
<b>Tramo 1 y tramo 2</b>	1,70	0,17	32,4	3,24
<b>Tramo 2 y tramo 3</b>	1,59	0,16	27,6	2,76
<b>Tramo 3 y tramo 4</b>	1,56	0,16	26,5	2,65
<b>Promedio de tramos</b>	1,61	0,16	28,8	2,88

**Fuente:** Autor

La Tabla 7 presenta valores de pérdidas de caudal en litros por segundo por kilómetro ( $l/s/km$ ) y los porcentajes de pérdidas volumétricas, a lo largo de diferentes tramos. En los tramos uno y dos, aplicando la ecuación de T. Ingham se obtiene un valor de 1,70  $l/s/km$ , equivalente al 0,17% de pérdidas total, mientras con el método de Uginchus alcanza 32,4  $l/s/km$ , representando un 3,24% del total. En los tramos dos y tres, las cifras son 1,59  $l/s/km$  (0,16%) para T. Ingham y 27,6  $l/s/km$  (2,76%) para Uginchus. Para el tramo tres y tramo cuatro, los valores son 1,56  $l/s/km$  (0,16%) y 26,5  $l/s/km$  (2,65%) respectivamente. En promedio de los tramos, T. Ingham mantiene 1,61  $l/s/km$  (0,16%) mientras que Uginchus con valores de 28,8  $l/s/km$  (2,88%). Por tal razón, existe mayor cantidad de pérdidas de flujo en el caso de Uginchus que el de T. Ingham.

## **7. Discusiones**

### **7.1. Determinar los caudales in situ en la conducción del canal principal del sistema de riego.**

#### ***7.1.1. Selección de los puntos de aforo***

Se determinó los puntos de aforo con la finalidad de medir con precisión el caudal y las velocidades de la conducción principal del canal de riego Santiago. Para ello, se tomó en cuenta parámetros esenciales como la regularidad del canal, el número de salidas necesario, la longitud de la sección de medición, la ausencia de obstáculos y la velocidad adecuada del agua; por otro lado, en la verificación del canal se seleccionó los tramos más adecuados para el uso del flotador, en el acondicionamiento se evaluó si en los tramos seleccionados se encontraba material vegetal o pétreo y se procedió a retirarlo.

En este sentido, Arteaga Yupanqui (2014) coincide en que es crucial considerar estos mismos factores al elegir los sitios de aforo, ya que cualquier error en la medición puede generar resultados inexactos e imprecisos. Por lo tanto, se ha prestado especial atención a estos parámetros para asegurar que los resultados obtenidos sean confiables y precisos. De igual manera en el acondicionamiento se deben tomar en cuenta factores como la vegetación, raíces y sedimentos existentes en los mismos.

#### ***7.1.2. Medicion de caudales con el método del flotador***

Estos aforos corresponden a la temporada invernal, la cual se extiende desde diciembre hasta mayo en esta ciudad de clima subtropical húmedo, según datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de Ecuador.

El caudal obtenido mediante el método del flotador en el tramo uno es de 163,46 l/s, mientras que en el tramo dos es de 201,19 l/s, en el tramo tres es de 222,61 l/s y finalmente en el tramo cuatro es de 145,1 l/s. Sin embargo, estos valores difieren de los caudales obtenidos con el software Hcanales. Debido a características como la pendiente, la rugosidad del canal, la diferencia de secciones del canal, la presencia de material vegetal en las paredes y sedimentos en el lecho del canal, se obtuvo un caudal constante de 1 58,22 l/s para los cuatro tramos de estudio (Villón Béjar, n.d.).

### **7.2. Estimar las pérdidas volumétricas a lo largo del canal de conducción principal del sistema de riego**

#### ***7.2.1. Determinación de la eficiencia de conducción***

Los resultados de las pérdidas volumétricas en los tramos de la conducción principal del canal de riego Santiago, utilizando las fórmulas de Davis – Wilson con valores de 1.35 l/s-



km del tramo uno, el tramo dos de 0,023 l/s/km, para el tramo tres las pérdidas fueron de 0.022 l/s-km y finalmente con 2,21 l/s/km en el tramo cuatro, con un porcentaje promedio de pérdidas de 0,90 l/s/km. Con el modelo de Moritz las pérdidas en el tramo uno tiene un valor de 1,72 l/s-km, del segundo tramo 2,11 l/s/km, del tramo tres y el tramo cuatro las pérdidas son similares con 2,07 l/s/km, finalmente obteniendo un promedio de pérdidas de 1,99 l/s/km. desde el tramo uno hasta el tramo cuatro de la conducción principal del canal de riego Santiago.

La eficiencia de la conducción principal del canal de riego Santiago obtenida con el método del flotador es en promedio del 75.57 %. Por otro lado, Tunque Quispe, (2022) en su estudio “Determinación de la eficiencia de conducción del canal 5+838 la quebrada desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+280, para optimizar la distribución de agua de riego en la comisión del subsector hidráulico hualtaco III – junta de usuarios del sector hidráulico menor san lorenzo – distrito de Tambogrande, región Piura” da a conocer que la eficiencia en canales de tierra es del 87 %. Sin embargo, en estudios realizados por el Ex-INNERHRI determina el promedio de eficiencia para canales de tierra del 75 al 85 %. Por lo que la eficiencia en el canal de riego Santiago en las condiciones actuales es similar a la eficiencia en canales de tierra.

Al respecto Capcha Ricaldi et al., (2021) en su tema de investigación “Evaluación de eficiencia hidráulica en canales de riego” establece que la eficiencia alcanzada en canales trapezoidales es de 58,36 % y 71,53 %, respectivamente; así mismo, en el canal rectangular obtuvo una eficiencia de conducción del 95,14 %, 92,33 %, 94,93 % y 95,6 %. Al respecto Morales (2017) estableció una eficiencia de conducción del 95% en canal rectangular de concreto. Montes (2018) cita a García, quien considera “En los canales totalmente revestidos, con mampostería de piedra con mortero de cemento o con concreto es de esperarse eficiencias próximas al 95 %, hasta 20 km. y de 90 %, hasta 50 km”; y para los canales sin revestir considera “La variación de la eficiencia de conducción en canales sin revestimiento, puede ser de un 90 % en canales en suelos impermeables (no mayores a 20 km), hasta un 20 % en suelos muy permeables”.

Por ende la eficiencia de conducción del canal de riego está por debajo del 95 % según lo establecido por (Córdoba, n.d., 2004) y por otros estudios realizados.

Según (FAO, 2023) para regar una hectárea el valor estándar es de 1.0 l/s/ha, equivalente a una necesidad de agua diaria de 8.6 mm, si la necesidad diaria es de 4,3 mm, la necesidad de agua sería de 0,5 l/s esto es para un clima tropical húmedo. Por lo tanto, la pérdida admisible para canales de concreto es del 5%; sin embargo, existe una pérdida admisible del 24,43 % debido a que en el tramo de estudio la eficiencia es del 75,57 %. Por tal razón, se pierden 28,8 l/s por cada 3,6 hectáreas.

### **7.3. Comparar y proyectar los resultados obtenidos de pérdidas de volumen teóricos e in situ**

La fórmula de T. Ingham presentada en la Tabla 7, indica que las pérdidas volumétricas desde el tramo uno hasta el tramo dos es 1,70 l/s/km con un porcentaje de 0,17 %, en el tramo dos hasta el tramo tres existe un 0,16 % de pérdidas o lo que equivale a 1,59 l/s/km, mientras que en tramo tres al tramo cuatro se pierde 1,56 l/s/km o un 0,16 %, obteniendo un promedio de pérdidas en los cuatro tramos de estudio de 1,61 l/s/km equivalente a 0,16 %.

Por otro lado en el método de Uginchus desde el tramo uno al tramo dos las pérdidas son de 32,4 l/s/km con un 3,24 %, para el tramo dos hasta el tramo tres es de 27,6 l/s/km equivalente a un 2,76 %, mientras que en el tramo tres hasta el tramo cuatro se pierde 26,5 l/s/km o sea un 2,64 %. Finalmente el promedio de pérdidas volumétricas por este método es de 28,8 l/s/km o 2,88 %, esto tiene una diferencia considerable con la fórmula de T. Ingham debido a que esta metodología no considera el revestimiento del hormigón.

Según Hidalgo (2019) en su estudio “estimación de pérdidas de caudal y coeficiente de rugosidad del tramo comprendido entre el óvalo 12 al 19 del canal de riego Ambato-huachi-Pelileo, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua” determinó pérdidas en una sección de canal con características de sección similares a los tramos de estudio con 4,07 l/s lo que corresponde a 0,40 %.

Según la FAO (2023), las pérdidas en canales de tierra se sitúan entre el 1 % y el 2 % por evaporación y entre el 5 % y el 40 % por infiltración, dependiendo del tipo de suelo en el que se ha excavado el canal. Por otro lado, en canales revestidos estas pérdidas representan un promedio de no más de 30 l/m<sup>2</sup> de perímetro mojado al día. Como se puede observar, las pérdidas son menores en los canales revestidos en comparación con los de tierra.

En este sentido Tunque (2022) asevera que el Ex-INNERHRI (Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos), afirma que para canales sin revestir las pérdidas de agua se pueden estimar en base a porcentajes que se detallan a continuación: 15 % (suelo liviano), 10 % (suelo medio), 5 % (suelo pesado).

## 8. Conclusiones

- El caudal promedio, obtenido por el método del flotador fue de 183.09 l/s a lo largo de los 11 km. Por otro lado, utilizando el software Hcanales y teniendo en cuenta características como la pendiente y el coeficiente de rugosidad de Manning se evaluó el caudal que puede circular en el canal principal que es de 158,22 l/s.
- La eficiencia de conducción promedio en canal de riego Santiago es de 75,57 %, mientras que las pérdidas por conducción alcanzan los 4,83 l/s/km. Por otro lado, las pérdidas volumétricas promedio calculadas con la fórmula de Davis-Wilson es 0,90 l/s/km y en el modelo de Moritz es 1,99 l/s/km, esto quiere decir que el estado actual de la conducción principal del sistema de riego Santiago es regular debido a la edad y el estado de manejo y mantenimiento.
- Las pérdidas volumétricas determinadas mediante T. Ingham fueron en promedio de 1.61 l/s/km o 0,16 %, mientras que para Uginchus las pérdidas de flujo obtenidas fueron de 28,8 l/s/km o equivalente a un 2,88 %, esto quiere decir que en canales de concreto las pérdidas de agua son bajas a diferencia de los canales de tierra con valores de 15 % para suelo liviano, 10 % en suelos medio y 5 % en suelos pesados.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda rehabilitar el sistema de riego, que comprende las obras de captación, conducción y redes de distribución. Esto implica la reparación de los canales dañados, instalar nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del riego.
- Se propone establecer conversatorios con la junta de regantes para proponer un plan de manejo, mantenimiento, distribución de agua para cada zona de cultivo, esto garantizará su óptimo funcionamiento y permitirá una mayor eficiencia en el uso del agua.
- Se aconseja determinar las pérdidas volumétricas y la eficiencia en los canales secundarios y terciarios del sistema de riego Santiago para conocer la cantidad de agua se pierde a lo largo de esas redes de distribución.
- Se recomienda elaborar un plan de capacitación técnico y detallado para la junta de regantes del sistema de riego Santiago. Este plan debe ser efectivo para identificar los problemas, necesidades y soluciones aplicables al mantenimiento y conservación del sistema. Para lograr esto, se pueden incluir sesiones de capacitación sobre el funcionamiento del sistema de riego, técnicas de mantenimiento y reparación, y estrategias para mejorar la eficiencia del riego. También se pueden realizar evaluaciones periódicas para medir el progreso y ajustar el plan de capacitación según sea necesario.
- Realizar los métodos correspondientes para determinar las pérdidas por evaporación en el canal principal, secundario y terciarios del sistema de riego.

## 10. Bibliografía

- Aceh, kue tradisional khas. (2019). No Titleελλην. Αγαη, 8(5), 55.
- Alvarado E. (2017). Manual de Medición de Caudales. Instituto Privado de Investigacion Sobre Cambio Climatico, 24. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medición-de-caudales-ICC.pdf>
- Basán, M. (2008). Aforadores de corriente de agua. 1(Aforados de corriente de agua), 61. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_curso\\_aforadores\\_de\\_agua.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_curso_aforadores_de_agua.pdf)
- CAIZA, B., & Jiménez, W. (2011). Universidad Técnica De Ambato. Repo.Uta.Edu.Ec, 593(03), 130. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
- Calvache, R. (2018). Canales de riego internacional. 9203.
- Capcha Ricaldi, Capcha, S., Frank, R., & Chuquillanqui, J. M. (2021). Evaluación de eficiencia hidráulica de canalesde riego.
- Carhuas Melgar, J. (2016). Eficiencia de conducción y distribución del canal principal Cachi, tramo Cuchoquesera - Ichucruz - 2016. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3714>
- Carrazón, J. (2018). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Programa Especial Para La Seguridad Alimentaria (PESA), 9(5), 5876–5891.
- Cisneros, R. (2003). Drenaje Riego y Drenaje. In Riego y drenaje. [http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego y Drenaje.pdf](http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego_y_Drenaje.pdf)file:///E:/1. Agricultural Resources and Technologies 9.2.2019/Deficit Irrigation review/Irrigation water requiremnts/Manual\_de\_Riego\_y\_Drenaje Modulo\_5..pdf
- Consortio-Camaren. (2009, August 24). Hacia una visión integral del riego andino - Camaren. Camaren - Consorcio de Capacitación Para El Manejo de Los Recursos Naturales Renovables. <https://camaren.org/hacia-una-vision-integral-del-riego-andino-2/>
- Córdoba, D. D. E. (n.d.). ( Ce ) En Los Distritos De Riego Del. 1–4.
- David Rojo Hdz Msc Recursos Hidráulicos, J. I. (2018). Hidráulica Calse 2: Introducción al estudio del flujo libre. 20.
- Dorst, K., Stewart, S., Staudinger, I., & Paton, B. (2013). Edited by (Issue 4).
- Econ, C. (2000). La eficiencia técnica de riego : Análisis de las conexiones y la utilidad de sus diversas definiciones. Small, 2000, 103–118.

- Exebio-García, Adolfo; Palacios-Vélez, Enrique; Mejía-Saen, Enrique; Ruiz-Carmona, V. (2005). Methodology to Estimate Losses by Infiltration in Soil Channels. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 213–223.
- F. Torres H, Obras Hidráulicas, Segunda. México, 1987.
- FAO. (2023). 8. Estructuras de Conducción del Agua. Fao.org. [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6708s/x6708s08.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm)
- Blázquez, F. (2008). Canales: Generalidades. Obras y elementos. Escuela de Negocios, 3. <https://www.eoi.es/savia/documento/eoi-45224/canales-generalidades-obras-y-elementos>
- FAO, O. (2023). 3. *Scheme Irrigation Water Need And Supply*. Fao.org. <https://www.fao.org/3/U5835E/u5835e04.htm>
- Fernandez\_Gegner\_Lionel\_Ramon\_Universidad\_De\_Los\_ANDES\_facultad\_De\_Ingenieria\_Escuela\_De\_Civil\_Merida\_Venezuela\_Julio\_2001, <https://www.academia.edu/39126613/>
- French, R. H. (2009). Pérdida de agua por infiltración en canales. *Hidráulica Aplicada*, 35.
- García, M., Sánchez, I., García, G., Moreno, L., Trejo, R., & Hernández, M. (2010). Evaluación de la eficiencia de riego en el módulo IV del distrito de riego 017 comarca Lagunera, Mexico. *Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9(2), 99–106. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545063002>
- Hidalgo, K. D. S. (2019). “ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE CAUDAL Y COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL ÓVALO 12 AL 19 DEL CANAL DE RIEGO AMBATO-HUACHI-PELILEO, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.” *Ayayn*, 8(5), 55.
- INAMHI. (2021). Normales Climatológicas de la estación meteorológica de Loja. Recuperado el 10 de abril de 2023, de [https://www.serviciometeorologico.gob.ec/?page\\_id=10471](https://www.serviciometeorologico.gob.ec/?page_id=10471)
- Ing, A., Juan, A., Satlari, G., & Hernández, J. I. (2011). Infiltración y Erosión: Sus Efectos Sobre la Red de Canales a Partir de la Facultad de Ciencias Agrarias.
- Ing, M. G., Mario, P., Ramos, P., Maria, L., & Diaz, R. (2019). Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil Facultad De Ingeniería, Industria Y Construcción Tutor.
- Krochin, S. (1986). Krochin Dise ~ O.
- Lenin, M., Garcés, Marco, I., Troya, S., & secretario Del Agua, F. (2019). Plan Nacional de Riego y Drenaje.
- Masabni, J. (2000). Selección del sitio: Medición Del Caudal, 1–4.

- Mejía, E., Palacios, E., Exebio, A., & Santos Hernández, A. L. (2002). Operative Problems in Water Management in Irrigation Districts. *Terra Latinoamericana*, 20, 217–225. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320215.pdf>
- Minagri. (2015). Manual No 5 Medición de agua. Ministerio de Agricultura y Riego de Lima, 2da Ed., 32. <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Montes, Y. Y. R. (2018). Universidad Nacional De San. Universidad Nacional de San Martín, 1, 1–125. [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP\\_AGRO\\_00662\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Morales Carbonel, E. (2017). “Evaluación De La Eficiencia De Conducción De Dos Kilómetros Del Canal Rinrin Pampa Y Determinación De Los Procedimientos Para Mejorar Su Eficiencia, En El Distrito De Pampa Chico – Recuay – Región Ancash. 1–72.
- Ochoa , L. (1992). “ Metodo y sitema de medicion de gasto” instituto mexicano de tecnologia de agua. Mexico.
- Pedro, B. R. J. (2015). Diseño de un canal rectangular a gravedad, con un resalto hidráulico con la abcisa 0+000 - 0+500. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 4(1), 88–100. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Perdida de Agua Por Infiltración en Canales [PDF] | Documents Community Sharing By Container: Zdocs.mx Year: 2022 URL: <https://zdocs.mx/doc/perdida-de-agua-por-infiltracion-en-canales-36oezgl0q7pl>
- Ronald Chávez Palacios. (2018, November 11). *INTRODUCCIÓN*. Blogspot.com; Blogger. <http://riegoingenieriaagricolaunt.blogspot.com/2018/11/introduccion.html>
- Ruiz, A. (2018). Análisis de Vulnerabilidad Ante Eventos Provocados por Caudales Fluviales Extremos, Procedentes de Avenidas Pluviales del río Ambato, del Sector las Viñas Shina, entre el Paso Lateral de Ambato y la Vía a las viñas; Parroquia Izamba; Cantón Ambato; Provin. 224.
- Salinas, L. L. A. (2019). Lic. Leónidas Armijos Salinas.
- Salinas, P..., &. (2012). Metodolgia De La Investigación Científica. 182.
- Torregosa, M. L., Dominguez mora, R., Jiménez Cisneros, B., & Hauffer Michel, E. (2012). Diagnóstico del agua en las américas.

- Tunque Quispe, J. D. (2022). Eficiencia del Servicio de Agua del Sistema de Riego de los Canales del Distrito de Chupaca, Chupaca, Junin. Universidad Peruana Los Andes, 1–116. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4958>
- Torregosa, M. L., Dominguez mora, R., Jiménez Cisneros, B., & Hauffer Michel, E. (2012). *Diagnóstico del agua en las amèricas*.
- Tunque Quispe, J. D. (2022). Eficiencia del Servicio de Agua del Sistema de Riego de los Canales del Distrito de Chupaca, Chupaca, Junin. *Universidad Peruana Los Andes*, 1–116. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4958>
- Valdivieso, A. (2020, September 21). ¿Qué es un caudal? IAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>
- Ven T.Chow. (1959). *Ven Te Chow HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*.
- Villón Béjar, M. (n.d.). Hcanales. <https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/doc/hcanales.pdf>



## 11. Anexos

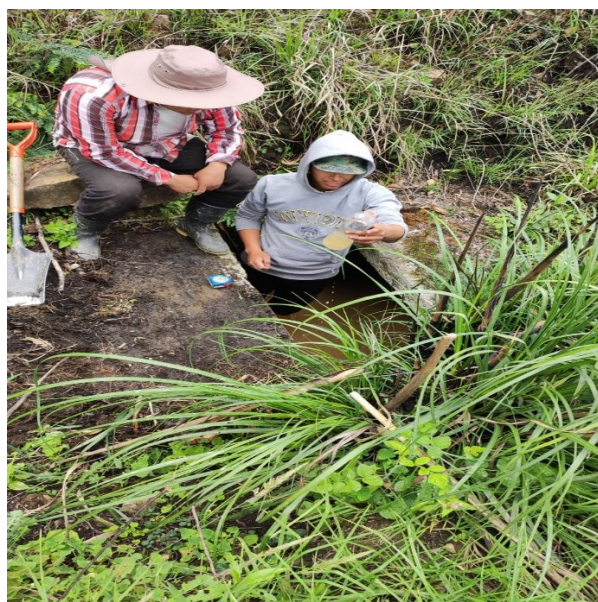
### Anexo 1. Limpieza y acondicionamiento del canal



## Anexo 2. Obtención de coordenadas geográficas y elevación del canal



### Anexo 3. Prueba del método del flotador y medición del canal



### Anexo 4. Coeficiente de rugosidad de Manning

Superficie	Condiciones			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
<b>Canales y Zanjas</b>				
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Dragados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra, enhierbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030	0.033	0.035
<b>Corrientes naturales</b>				
1. Limpios, bordos rectos, llanos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a 1, pero con algo de hierbas y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual a 3, de poco tirante con pendiente y sección menos eficientes	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual a 3, algo de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Igual a 4, secciones pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Ríos perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Cauces muy enhierbados	0.075	0.100	0.125	0.150

\* Valores corrientemente usados en la práctica.

Fuente: Canales de Desviación; Ciancaglini, N. 1966, Argentina, UNESCO.

**Anexo 5.** Cálculo del caudal y sección transversal del tramo uno

**Espacio recorrido por el flotador (e)**

$$e = 24.62 \text{ m}$$

**Tiempo recorrido por el flotador**

Toma de tiempos	
Nº	t (s)
1	0.56
2	0.53
3	0.50
4	0.58
5	0.50
<b>Promedio</b>	<b>0.53</b>

**Cálculo de la velocidad**

$$v = \frac{e}{t}$$
$$v = \frac{24.62 \text{ m}}{0.53 \text{ min}}$$
$$v = \frac{46.45 \text{ m/min}}{60 \text{ seg}}$$
$$v = 0.774 \text{ m/s}$$

**Cálculo del área de la sección transversal**

$$A = b * y$$
$$A = 1.20 \text{ m} * 0.22 \text{ m}$$
$$A = 0.264 \text{ m}^2$$

**Cálculo del caudal con el método del flotador**

$$Q = Fc * A * v$$
$$Q = 0.8 * 0.264 \text{ m}^2 * 0.774 \text{ m/s}$$
$$Q = 0.16346 \text{ m}^3/\text{s} * 1000 \text{ l}$$
$$Q = 163.46 \text{ l/s}$$

## Anexo 6. Cálculo del caudal y sección transversal del tramo dos

### Espacio recorrido por el flotador (e)

$$e = 42.6 \text{ m}$$

### Tiempo recorrido por el flotador

Toma de tiempos	
Nº	t (s)
1	1.16
2	1.12
3	1.11
4	1.09
5	1.11
<b>Promedio</b>	<b>1.12</b>

### Cálculo de la velocidad

$$v = \frac{e}{t}$$
$$v = \frac{42.6 \text{ m}}{1.12 \text{ min}}$$
$$v = \frac{38.10 \text{ m/min}}{60 \text{ seg}}$$
$$v = 0.635 \text{ m/s}$$

### Cálculo del área de la sección transversal

$$A = b * y$$
$$A = 1.20 \text{ m} * 0.33 \text{ m}$$
$$A = 0.396 \text{ m}^2$$

### Cálculo del caudal con el método del flotador

$$Q = Fc * A * v$$
$$Q = 0.8 * 0.396 \text{ m}^2 * 0.635 \text{ m/s}$$
$$Q = 0.20119 \text{ m}^3/\text{s} * 1000 \text{ l}$$
$$Q = 201.19 \text{ l/s}$$

## Anexo 7. Cálculo del caudal y sección transversal del tramo tres

### Espacio recorrido por el flotador (e)

$$e = 46 \text{ m}$$

### Tiempo recorrido por el flotador

Toma de tiempos	
N°	t (s)
1	1.03
2	1.07
3	1.10
4	1.04
5	1.05
<b>Promedio</b>	<b>1.06</b>

#### ➤ Cálculo de la velocidad

$$v = \frac{e}{t}$$
$$v = \frac{46 \text{ m}}{1.06 \text{ min}}$$
$$v = \frac{43.48 \text{ m/min}}{60 \text{ seg}}$$
$$v = 0.725 \text{ m/s}$$

#### ➤ Cálculo del área de la sección transversal

$$A = b * y$$
$$A = 1.20 \text{ m} * 0.32 \text{ m}$$
$$A = 0.384 \text{ m}^2$$

#### ➤ Cálculo del caudal con el método del flotador

$$Q = Fc * A * v$$
$$Q = 0.8 * 0.384 \text{ m}^2 * 0.725 \text{ m/s}$$
$$Q = 0.22261 \text{ m}^3/\text{s} * 1000 \text{ l}$$
$$Q = 222.61 \text{ l/s}$$

## Anexo 8. Cálculo del caudal y sección transversal del tramo cuatro

### Espacio recorrido por el flotador (e)

$$e = 40.64 \text{ m}$$

### Tiempo recorrido por el flotador

Toma de tiempos	
Nº	t (s)
1	1.43
2	1.43
3	1.49
4	1.42
5	1.40
<b>Promedio</b>	<b>1.43</b>

### Cálculo de la velocidad

$$v = \frac{e}{t}$$
$$v = \frac{40.64 \text{ m}}{1.43 \text{ min}}$$
$$v = \frac{28.34 \text{ m/min}}{60 \text{ seg}}$$
$$v = 0.472 \text{ m/s}$$

### Cálculo del área de la sección transversal

$$A = b * y$$
$$A = 1.20 \text{ m} * 0.32 \text{ m}$$
$$A = 0.384 \text{ m}^2$$

### Cálculo del caudal con el método del flotador

$$Q = Fc * A * v$$
$$Q = 0.8 * 0.384 \text{ m}^2 * 0.472 \text{ m/s}$$
$$Q = 0.14510 \text{ m}^3/\text{s} * 1000 \text{ l}$$
$$Q = 145.10 \text{ l/s}$$

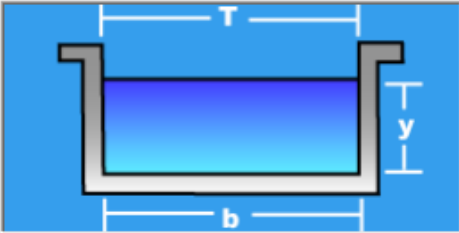
**Anexo 9.** Cálculo del caudal del tramo uno, dos, tres y cuatro mediante el software Hcanales

Lugar:	<input type="text" value="Santiago"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Sistema de riego Santiago"/>
Tramo:	<input type="text" value="1-2-3-4"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

**Datos:**






Tirante (y) :	<input type="text" value="0.80"/>	m
Ancho de solera (b) :	<input type="text" value="1.20"/>	m
Talud (Z) :	<input type="text" value="0"/>	
Coefficiente de rugosidad (n) :	<input type="text" value="0.012"/>	
Pendiente (S) :	<input type="text" value="0.00163"/>	m/m

**Resultados:**

Caudal (Q) :	<input type="text" value="1,5822"/>	m3/s	Velocidad (v) :	<input type="text" value="1,6481"/>	m/s
Area hidráulica (A) :	<input type="text" value="0,9600"/>	m2	Perímetro (p) :	<input type="text" value="2,8000"/>	m
Radio hidráulico (R) :	<input type="text" value="0,3429"/>	m	Espejo de agua (T) :	<input type="text" value="1,2000"/>	m
Número de Froude (F) :	<input type="text" value="0,5883"/>		Energía específica (E) :	<input type="text" value="0,9384"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	---	---

**Anexo 10.** Determinación de la eficiencia de conducción

$$Ec = \frac{Qs}{Qe} * 100$$

$$Ec = \frac{0.145m^3/s}{0.222 m^3/s} * 100 \%$$

$$Ec = 65.18 \%$$

**Anexo 11.** Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo uno

**Formula desarrollada por Davis (Wilson)**

$$P = \frac{Cd Y^{1/3} (b + 2Y \sqrt{1 - m^2})}{8861 + 8 \sqrt{V}}$$

$$P = \frac{1 * 0.22^{1/3} m ( 1.20 m + 2 * 0.22m \sqrt{1 - 0^2m})}{8861 + 8 \sqrt{0.768m/s}}$$

$$P = 0.000013562 m^3/seg/km$$

$$P = 0.0013 \%$$



### Modelo de Moritz

$$S = 0.0375 * C * \sqrt{Q/V}$$

$$S = 0.0375 * 0.1 * \sqrt{\frac{0.169 \text{ m}^3/\text{s}}{0.768 \text{ m/s}}}$$

$$S = 0.0017234 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$S = 0.1723 \%$$

**Anexo 12.** Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo dos

### Fórmula desarrollada por Davis (Wilson)

$$P = \frac{Cd Y^{1/3} (b + 2Y \sqrt{1 - m^2})}{8861 + 8 \sqrt{V}}$$

$$P = \frac{1 * 0.33^{\frac{1}{3}} \text{ m} (1.20 \text{ m} + 2 * 0.33 \text{ m} \sqrt{1 - 0^2 \text{ m}})}{8861 + 8 \sqrt{0.635 \text{ m/s}}}$$

$$P = 0.000023073 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$P = 0.0023 \%$$

### Modelo de Moritz

$$S = 0.0375 * C * \sqrt{Q/V}$$

$$S = 0.0375 * 0.1 * \sqrt{\frac{0.20119 \text{ m}^3/\text{s}}{0.635 \text{ m/s}}}$$

$$S = 0.0021107 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$S = 0.2110 \%$$

**Anexo 13.** Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo tres

### Formula desarrollada por Davis (Wilson)

$$P = \frac{Cd Y^{1/3} (b + 2Y \sqrt{1 - m^2})}{8861 + 8 \sqrt{V}}$$

$$P = \frac{1 * 0.32^{\frac{1}{3}} \text{ m} (1.20 \text{ m} + 2 * 0.32 \text{ m} \sqrt{1 - 0^2 \text{ m}})}{8861 + 8 \sqrt{0.725 \text{ m/s}}}$$

$$P = 0.000022132 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$P = 0.0022 \%$$

**Modelo de Moritz**

$$S = 0.0375 * C * \sqrt{Q/V}$$

$$S = 0.0375 * 0.1 * \sqrt{\frac{0.22261 \text{ m}^3/\text{s}}{0.725 \text{ m/s}}}$$

$$S = 0.002078461 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$S = 0.2078 \%$$

**Anexo 14.** Modelos empíricos para determinar las pérdidas en el tramo cuatro

**Formula desarrollada por Davis (Wilson)**

$$P = \frac{Cd Y^{1/3} (b + 2Y \sqrt{1 - m^2})}{8861 + 8 \sqrt{V}}$$

$$P = \frac{1 * 0.32^{\frac{1}{3}} \text{ m} (1.20 \text{ m} + 2 * 0.32 \text{ m} \sqrt{1 - 0^2})}{8861 + 8 \sqrt{0.472 \text{ m/s}}}$$

$$P = 0.000022136 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$P = 0.0022 \%$$

**Modelo de Moritz**

$$S = 0.0375 * C * \sqrt{Q/V}$$

$$S = 0.0375 * 0.1 * \sqrt{\frac{0.14510 \text{ m}^3/\text{s}}{0.472 \text{ m/s}}}$$

$$S = 0.002078461 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$S = 0.2078 \%$$

**Anexo 15.** Comparación de pérdidas entre el tramo uno y el tramo cuatro

**Formula desarrollada por Davis (Wilson)**

$$P = \frac{Cd Y^{1/3} (b + 2Y \sqrt{1 - m^2})}{8861 + 8 \sqrt{V}}$$

$$P = \frac{1 * 0.32^{\frac{1}{3}} \text{ m} (1.20 \text{ m} + 2 * 0.32 \text{ m} \sqrt{1 - 0^2})}{8861 + 8 \sqrt{0.5985 \text{ m/s}}}$$

$$P = 0.0000221 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$P = 0.0022 \%$$

### Modelo de Moritz

$$S = 0.0375 * C * \sqrt{Q/V}$$

$$S = 0.0375 * 0.1 * \sqrt{\frac{0.183855 \text{ m}^3/\text{s}}{0.5985 \text{ m}/\text{s}}}$$

$$S = 0.0020784 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}$$

$$S = 0.2078 \%$$

**Anexo 16.** Comparación de pérdidas entre el tramo uno y tramo dos

### Fórmula de T. Ingham

$$P = 0,0025 * d^{\frac{1}{2}} * (b + 2md)$$

$$P = 0,0025 * 0.32^{\frac{1}{2}}m * (1.20m + 2 * 0m * 0.32m)$$

$$P = 0.00170 \text{ m}^3/\text{seg}*\text{km}$$

$$P = 0.17 \%$$

### Fórmula de Uginchus

$$P = K * \frac{d}{t} * (b + d \sqrt{1} + m^2)$$

$$P = 0.00001 * \frac{0.32m}{0.15m} * (1.20m + 0.32m \sqrt{1} + 0^2m)$$

$$P = 0.0324 \text{ m}^3/\text{seg} * \text{km}$$

$$P = 3.24 \%$$

**Anexo 17.** Comparación entre el tramo dos y el tramo tres

### Fórmula de T. Ingham

$$P = 0,0025 * d^{\frac{1}{2}} * (b + 2md)$$

$$P = 0,0025 * 0.28^{\frac{1}{2}}m * (1.20m + 2 * 0m * 0.28m)$$

$$P = 0.00159 \text{ m}^3/\text{seg}*\text{km}$$

$$P = 0.16 \%$$

### Fórmula de Uginchus

$$P = K * \frac{d}{t} * (b + d \sqrt{1} + m^2)$$

$$P = 0.00001 * \frac{0.28 m}{0.15m} * (1.20m + 0.28m \sqrt{1} + 0^2m)$$

$$P = 0.0276 \text{ m}^3/\text{seg} * \text{km}$$

$$P = 2.76 \%$$

**Anexo 18.** Comparación entre el tramo tres y el tramo cuatro

### Fórmula de T. Ingham

$$P = 0,0025 * d^{\frac{1}{2}} * (b + 2md)$$

$$P = 0,0025 * 0.27^{\frac{1}{2}}m * (1.20m + 2 * 0m * 0.27m)$$

$$P = 0.00156 \text{ m}^3/\text{seg} * \text{km}$$

$$P = 0.16 \%$$

### Fórmula de Uginchus

$$P = K * \frac{d}{t} * (b + d \sqrt{1} + m^2)$$

$$P = 0.00001 * \frac{0.27 m}{0.15m} * (1.20m + 0.27m \sqrt{1} + 0^2m)$$

$$P = 0.0265 \text{ m}^3/\text{seg} * \text{km}$$

$$P = 2.65 \%$$

**Anexo 19.** Cuadro resumen de resultados

Sección Transversal	Unidad	Caudal con flotador	Unidad	P. Volumétricas	Unidad	Ec	Unidad	Pc	Unidad
<b>Tramo 1</b>									
Área	m <sup>2</sup>	0.26		Davis-Wilson	l/s	1.35	65.18	%	l/s-km
Perímetro mojado (P)	m	1.64	163.46	Modelo de Moritz	l/s	1.72			
Radio Hidráulico (Rh)	m	0.169		T. Ingham	l/s	1.70			
Espejo del agua (T)	m	1.20		Uginchus	l/s				
<b>Tramo 2</b>									
Área	m <sup>2</sup>	0.39		Davis-Wilson	l/s	0.023	72.12	%	1.95 l/s-km
Perímetro mojado (P)	m	1.86	201.19	Modelo de Moritz	l/s	2.11			
Radio Hidráulico (Rh)	m	0.212		T. Ingham	l/s	1.59			
Espejo del agua (T)	m	1.20		Uginchus	l/s				
<b>Tramo 3</b>									
Área	m <sup>2</sup>	0.38		Davis-Wilson	l/s	0.022	89.41	%	5.48 l/s-km
Perímetro mojado (P)	m	1.84	222.61	Modelo de Moritz	l/s	2.07			
Radio Hidráulico (Rh)	m	0.209		T. Ingham	l/s	1.56			
Espejo del agua (T)	m	1.20		Uginchus	l/s				
<b>Tramo 4</b>									
Área	m <sup>2</sup>	0.38		Davis-Wilson	l/s	2.21			7.05 l/s-km
Perímetro mojado (P)	m	1.84	145.1	Modelo de Moritz	l/s	2.07			
Radio Hidráulico (Rh)	m	0.209		T. Ingham	l/s				
Espejo del agua (T)	m	1.20		Uginchus	l/s				

**Anexo 20.** Certificado de traducción del abstract.

**CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN (ABSTRACT)**

Lic. Bannesa Johana Quituizaca Chamba

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES

**Certifico:**

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluar la eficiencia de la conducción principal del sistema de riego Santiago.** de autoría de **Jonathan David Ibañes Aguilar**, con cédula de identidad Nro.**1105964736**, egresado de la Carrera de Ingeniería Agrícola en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Loja, 08 de noviembre del 2023



Lic. Bannesa Johana Quituizaca Chamba

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES

CI: 1104875867

Celular: 0969392241