

## Evaluación hidráulica del ramal A del canal de riego derivación Cabo de Lampa

### Hydraulic evaluation of branch A of Cabo de Lampa's derivation irrigation channel

Paúl Añazco Campoverde<sup>1</sup>, Roberth Herrera Borbor<sup>2</sup>, Freddy Espinoza Urgilés<sup>3</sup>, Adrián Añazco Campoverde<sup>4</sup>, Juan Carlos Berrú Cabrera<sup>5</sup>, Carlos Sánchez Mendieta<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: [panazco@utmachala.edu.ec](mailto:panazco@utmachala.edu.ec)

<sup>2</sup>Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: [rherrera3@utmachala.edu.ec](mailto:rherrera3@utmachala.edu.ec)

<sup>3</sup>Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: [fespinoza@utmachala.edu.ec](mailto:fespinoza@utmachala.edu.ec)

<sup>4</sup>Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: [ganazco@utmachala.edu.ec](mailto:ganazco@utmachala.edu.ec)

<sup>5</sup>Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: [jberru@utmachala.edu.ec](mailto:jberru@utmachala.edu.ec)

<sup>6</sup>Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: [csanchez@utmachala.edu.ec](mailto:csanchez@utmachala.edu.ec)

#### Resumen

Este estudio analiza la eficiencia hidráulica del canal de riego Ramal A, parte del sistema Triángulo de Arenillas, con un 76.31% de eficiencia, clasificado como regular. La clasificación del suelo como tipo ML y problemas como la falta de mantenimiento, maleza y estancamiento del flujo afectan negativamente la conducción del agua. Las pérdidas de caudal varían entre menos de 20 l/s y más de 130 l/s. Para mejorar la conducción hídrica, se propone un revestimiento trapezoidal, validado con MATLAB y HCanales. Los resultados destacan la necesidad de un adecuado mantenimiento y revestimiento para optimizar los sistemas de riego.

**Palabras clave:** Canal, eficiencia de conducción, caudal, velocidad.

#### Abstract

This study analyzes the hydraulic efficiency of the Ramal A irrigation canal, part of the Triángulo de Arenillas system, with a 76.31% efficiency, classified as regular. The soil classification as ML and issues such as lack of maintenance, vegetation growth, and flow stagnation negatively affect water conveyance. Flow losses range from less than 20 l/s to over 130 l/s. To improve water conveyance, a trapezoidal lining is proposed, validated using MATLAB and HCanales. The results highlight the need for proper maintenance and lining to optimize irrigation systems.

**Keywords:** Channel, conveyance efficiency, discharge, velocity.

#### 1. Introducción

En Ecuador, el riego agrícola contribuye con el 75% de la producción agrícola nacional, siendo el principal consumidor de agua, con un estimado del 80% del total de consumo. Sin embargo, las eficiencias en las conducciones primarias, secundarias y terciarias varían significativamente, oscilando entre el 15% y el 20% [1]. Este bajo rendimiento refleja un uso ineficiente del recurso hídrico, especialmente en las zonas rurales, donde el acceso al agua para riego es limitado y desigual.

El suministro de agua es vital tanto para la supervivencia humana como para el desarrollo económico. La distribución de los recursos hídricos debe considerar las necesidades tanto de los

usuarios como del medio ambiente. Históricamente, el agua ha sido vista como un recurso ilimitado y disponible para cualquier uso humano, sin considerar su calidad o las demandas ecológicas. Este enfoque ha llevado a una gestión ineficaz del recurso, agravada por la falta de infraestructura adecuada y el uso ineficiente de los canales de riego [2].

La eficiencia de conducción en los sistemas de riego se refiere a la cantidad de agua que se pierde a lo largo de los canales primarios, secundarios y terciarios debido a factores como la evaporación, filtraciones naturales, crecimiento de raíces, fugas a través de compuertas deterioradas, desbordamientos y conexiones ilegales. La falta de mantenimiento adecuado exacerba estos problemas, generando pérdidas considerables de agua [3].

Un aspecto crítico en la gestión del agua de riego es el acceso desigual al recurso, tanto por su distribución geográfica como por las relaciones de poder que determinan su disponibilidad. A lo largo de la historia, desde la época colonial hasta la actualidad, las grandes haciendas y las empresas agropecuarias han acaparado gran parte del suministro de agua, dejando a los pequeños agricultores, especialmente los que practican la agricultura de subsistencia, con acceso limitado [4]. Esto tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, pues estos agricultores juegan un rol crucial en el abastecimiento de productos básicos para las áreas urbanas.

En este trabajo de investigación, se evalúa la eficiencia de conducción del canal de riego Ramal A, comparándola con los estándares de eficiencia establecidos [5]. Los resultados obtenidos muestran una eficiencia hidráulica clasificada como regular, lo que implica pérdidas significativas de agua. Esta situación afecta directamente a los usuarios del canal, quienes no reciben un suministro adecuado. Por ello, se propone el revestimiento del canal con una sección trapezoidal, lo que permitiría reducir las pérdidas de conducción y mejorar la equidad en la distribución del agua entre los regantes, garantizando un acceso más justo y eficiente a este recurso vital.

### 1.1 Objetivos y alcances

El objetivo principal de este estudio es evaluar la eficiencia hidráulica del canal terciario Ramal A, parte del sistema de riego Triángulo de Arenillas, identificando pérdidas de caudal y problemas como falta de mantenimiento, crecimiento de maleza y estancamiento del flujo que afectan la conducción del agua. Para mejorar la eficiencia, se propone el revestimiento del canal con una sección trapezoidal de concreto, diseñando y validando esta solución mediante herramientas computacionales como MATLAB y HCanales, con el fin de reducir las pérdidas por filtración y optimizar el uso del recurso hídrico.

El alcance de la investigación incluye la medición precisa de caudales de entrada y salida para calcular la eficiencia de conducción, así como la caracterización del suelo tipo ML y su impacto en las pérdidas hidráulicas. Se enfatiza la necesidad de un mantenimiento riguroso y la implementación de soluciones duraderas que contribuyan a mejorar la equidad en la distribución del agua y la sostenibilidad del sistema de riego para los usuarios del canal Ramal A.

## 2. Materiales y Métodos

El objeto de estudio del trabajo de investigación es el canal terciario (ramal A) de la derivación Cabo de Lampa (D3), ubicado entre Los Guayacanes y el sitio La Pacífico del cantón Arenillas, Provincia de El Oro (**Figura 1**).



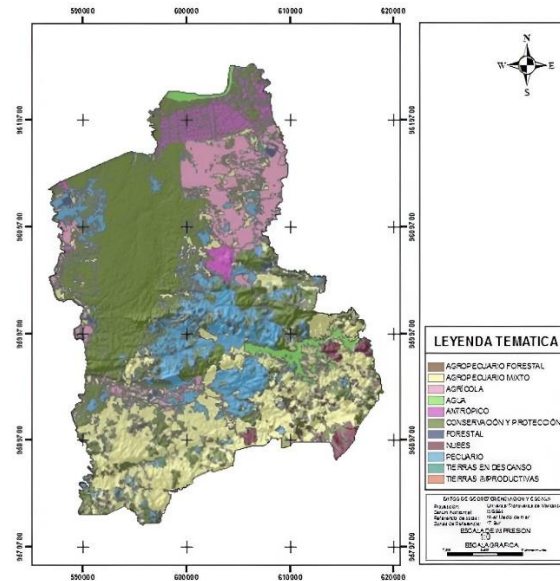
**Figura 1:** Ubicación Ramal A

La superficie del cantón Arenillas es de 81 178.52 hectáreas, esta superficie se divide en sectores ganaderos, camaroneros, bananeros, arroceros, cacaoteros, entre otros varios, constituyendo una enorme superficie que debe de ser irrigada por el llamado Triángulo de Arenillas.

En la **Tabla 1** se observa que el porcentaje mayor del uso del suelo corresponde a la conservación y protección, es decir, los bosques y manglares corresponden al 36.99% del territorio, le sigue el uso agropecuario mixto con 27.73%, con coberturas de frutales, pastos cultivados y misceláneos, seguidamente, se tiene el uso pecuario con el 13.88%. Con estos datos se puede observar que la actividad primaria tiene un gran impacto en lo referente al uso de suelo del Cantón (**Figura 2**).

**Tabla 1:** Usos del Suelo

Uso	Área (ha)	%
Agrícola	8 010.57	9.87
Agropecuario forestal	561.64	0.69
Agropecuario mixto	22 510.81	27.73
Agua	2 587.81	3.19
Antrópico	4 158.51	5.12
Conservación y protección	30 029.62	36.99
Nubes	1 099.38	1.35
Pecuario	11 268.49	13.88
Forestal	421.82	0.52
Tierras improductivas	88.77	0.11
Tierras en descanso	441.04	0.54
<b>TOTAL</b>	<b>81 178.52</b>	<b>100</b>



**Figura 2:** Mapa de usos de suelo

El canal principal está ejecutado en condiciones en general adecuadas. Es un canal de sección trapezoidal revestido de hormigón y con capacidad para 7 m<sup>3</sup>/s. La red terciaria a simple vista se puede observar en la **Figura 3** que se encuentra en condiciones muy deficientes. Por lo general esta red ha sido ejecutada directamente por los propios agricultores para obtener el servicio desde los canales secundarios. La gran mayoría de dichos canales están sin revestir y presentan importantes problemas de filtraciones.

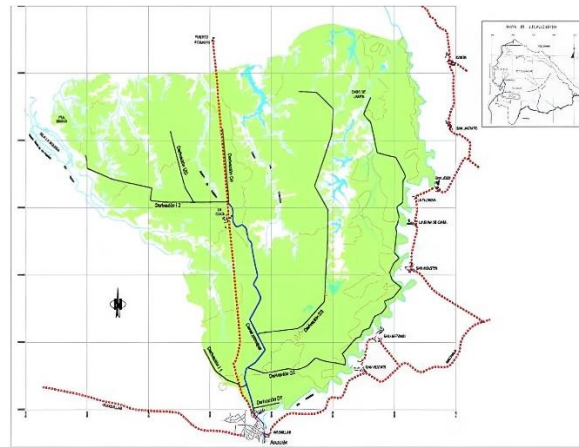


**Figura 3:** Condiciones del canal Ramal A

El canal de estudio, ramal A, cuenta con maleza en toda la sección del canal, lo cual obstaculiza el flujo de agua e interviene en el proceso de evapotranspiración y pérdidas hidráulicas correspondientes, dicho canal cruza por varias parcelas por lo cual son los dueños quienes realizan la limpieza de los tramos que cruzan por sus parcelas, no existe un mantenimiento periódico en la totalidad del canal. El Ramal A al ser un canal de tierra cuenta con pérdidas por infiltraciones en el fondo y paredes del canal, esto es causante del desmoronamiento existente que se puede observar a simple vista.

En la **Figura 4** se puede observar la red de distribución de la zona regable del triángulo Arenillas que consta de un canal principal. De este surgen cuatro derivaciones hacia la derecha del canal principal (D1, D2, D3 y D4) y 2 derivaciones a la izquierda (I1 e I2). Esta nomenclatura concuerda con la

empleada en el proyecto del sistema de riego, no obstante, no toda la red se ha ejecutado, ni todos los canales coinciden con el trazado previsto en el diseño [6].



**Figura 4:** Red de distribución Tahuín-Arenillas

En la red de distribución del primer estudio realizado para los caudales de diseño, el caudal del D3 es de  $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$  y el del canal principal es de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ . El área total de riego del triángulo de Arenillas es de 6 600 hectáreas (**Tabla 2**). La derivación D3 comienza con una obra de toma del canal principal, que seguidamente divide el flujo al bifurcarse en dos canales: el D3, revestido de hormigón, y el antiguo canal D3, de tierra natural [6].

**Tabla 2:** Red de distribución Triángulo de Arenillas

Número	Canal	Longitud (km)	Área de riego (ha)	Caudal de diseño ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
1	Aducción	1.92	-	7
2	Canal principal	7.22	-	6.64
3	D1, D2, D3, D4	26.04	3 875	0.3-1.8-1.5-0.45
4	I1, I2	9.5	1 720	1-1.5
5	Deriv. Directa del canal principal	-	1 005	0.15
Total		44.68	6 600	

La dimensión de las partículas es una de las propiedades fundamentales del suelo, y se puede determinar mediante métodos simples y fácilmente comprensibles. Por esta razón, ha sido comúnmente aceptado el uso de escalas arbitrarias de tamaño de partículas para separar los componentes del suelo, como arena, limo y arcilla. Este enfoque se refleja en la amplia utilización de uno de los sistemas de clasificación de suelos más conocidos [7].

Dados el contenido de humedad del 7.3%, el límite líquido de 33.9% y el límite plástico de 24.2% se obtuvo un índice plástico de 9.7%. Con estos límites y una vez realizado el análisis granulométrico de la muestra se obtuvo un suelo por clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) tipo ML (limos de baja plasticidad con arena), es decir, se tiene un suelo de material limoso-arenoso, los cuales suelen tener una permeabilidad regular al ser modificados por los efectos de la vegetación y del intemperismo y podrían aportar a que existan pérdidas por filtración.



Para compensar las pérdidas de agua en el trayecto de transferencia, es esencial precisar la eficiencia de transporte de manera precisa. La eficiencia de transporte de cualquier sistema de riego se define como la relación existente entre la cantidad de agua entregada por el sistema de riego a la cantidad de agua desviada del sistema de distribución [8]. Los factores que determinan la eficiencia de transporte de cualquier canal de riego son la longitud del canal, condiciones de las características del revestimiento, del suelo y del canal.

El método que se aplicará en la presente investigación para la medición de la eficiencia será el método de entrada-salida de caudal, en el cual se mide el caudal de entrada y caudal de salida del sistema a estudiar. Aplicando la ecuación (1) se obtiene la eficiencia en porcentaje del transporte del canal a estudiar.

$$\text{Eficiencia de conducción} = \frac{Q_s}{Q_e} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

$$\begin{aligned} Q_e &= \text{Caudal de entrada} \\ Q_s &= \text{Caudal de salida} \end{aligned}$$

Las pérdidas de transporte se ven afectadas por una serie de factores como la profundidad, el revestimiento del canal, dimensiones, pendientes, volumen de flujo y el mantenimiento del canal son los factores por los cuales se ve afectado las pérdidas por transporte [9]. Aplicando la ecuación (2) se puede calcular matemáticamente el porcentaje de las pérdidas de transporte.

$$\% \text{Pérdida de transporte} = 100 - \text{eficiencia de transporte} \quad (2)$$

El método más común utilizado para el aforo es el método del molinete, que implica el uso de un instrumento como el tipo Price, que tiene una hélice o rueda de aspas que gira impulsada por la velocidad de la corriente. El número de revoluciones que realiza la hélice se registra mediante un transductor eléctrico, lo que permite obtener información sobre la velocidad del agua. Con esta información y la geometría de la sección donde se mide, se puede calcular el caudal de agua que fluye por el cauce [9].

Para poder tener una buena medición y un perfecto funcionamiento el equipo tiene que ser calibrado, teniendo en cuenta condiciones cómo la accesibilidad y que el tramo de la corriente sea constante. El molinete tiene una hélice, la misma que gira acuerdo a la velocidad de la corriente obteniendo el número de revoluciones en un tiempo en específico, el cual debe de ser el mismo para toda la toma de velocidades, se la expresa con ecuación (3)

$$V = \left( A * \frac{R}{T} \right) + B \quad (3)$$

Donde:

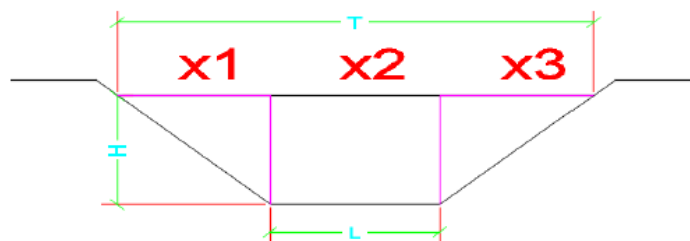
V= velocidad (m/s)

R= número de revoluciones por segundo

T= espejo de agua

A y B = coeficientes numéricos del molinete las cuales se obtienen mediante la calibración del mismo.

Se realizó el aforo de caudal cada 200 m, se dividió la sección del canal en tres secciones, tal como se indica en la figura 5, con el fin de tomar los datos de dichas tres dovelas y realizar su respectivo promedio, con la finalidad de obtener un resultado más preciso (**Tabla 3**).



**Figura 5:** Seccionamiento de canal tipo para aforo

**Tabla 3:** Eficiencia conducción Ramal A

Punto	Estacionado	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en cada tramo	Eficiencia en cada tramo respecto al caudal inicial	Eficiencia total en el tramo
0	0+000	1 750.00		100%	100%	
1	0+200	1 728.00	54.00	96.91%	96.91%	
2	0+400	1 696.00	67.70	96.01%	93.05%	
3	0+600	1 628.30	79.86	95.10%	88.48%	
4	0+800	1 548.44	76.18	95.08%	88.48%	
5	0+1 000	1 472.26	76.18	95.08%	84.13%	
6	0+1 200	1 431.63	40.63	97.24%	81.81%	
7	0+1 400	1 361.70	69.93	95.12%	77.81%	
8	0+1 600	1 333.50	28.20	97.93%	76.20%	76.31%
9	0+1 800	1 322.30	11.20	99.16%	75.56%	
10	0+2 000	1 282.43	39.87	96.98%	73.28%	
11	0+2 200	1 210.14	72.29	94.36%	69.15%	
12	0+2 400	1 187.01	23.13	98.09%	67.83%	
13	0+2 600	1 053.00	134.01	88.71%	60.17%	
14	0+2 800	998.91	54.09	94.86%	57.08%	
15	0+3 000	952.51	46.40	95.35%	54.43%	
16	0+3 120	924.99	27.52	97.11%	52.86%	

La eficiencia de conducción en el tramo total del canal terciario Ramal A resultó ser regular, existen tramos en los cuales las pérdidas de caudal no superan los 30 l/s, pero en un único tramo la pérdida se eleva demasiado a 134 l/s. La tabla 4 sirve para clasificar la eficiencia en conducción de canales en función del porcentaje de eficiencia calculado.

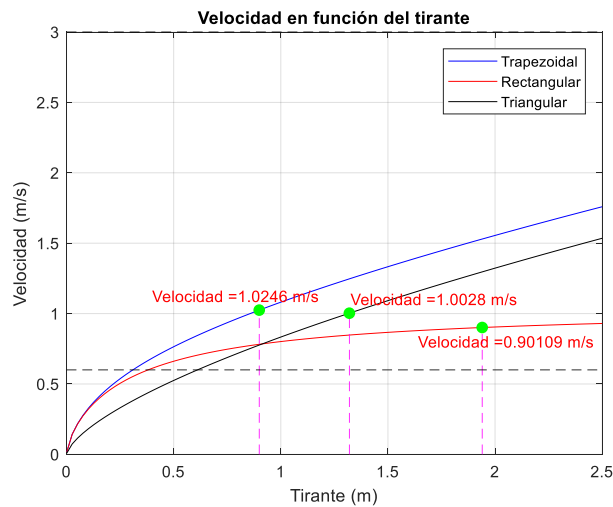
**Tabla 4:** Clasificación de las eficiencias en el sistema de riego

$Ef_{conducción\ en\ canales}$ (%)	Clasificación
>88.8	Muy buena
79.1 – 88.7	Buena
56.8 – 79	Regular
<56.7	Pobre

### 3. Resultados y Discusión

Con la eficiencia de conducción determinada de 76.31% se puede concluir que, si se compara con eficiencia de conducción según el tipo y longitud del canal está en un rango regular (**Tabla 4**) ya que se logra observar que igualmente está en un rango regular entre el 56.8% y 79%.

Con el fin de mejorar el desempeño del canal se propone un revestimiento del canal. Además, se realizó un diseño de canales de secciones trapezoidales, rectangulares y triangular en Matlab en el cual se realizaron gráficas de velocidad en función del tirante, velocidad en función de la base, velocidad en función de la pendiente y velocidad en función de la rugosidad, las cuales permitieron que se pueda analizar qué sección tipo resultaría con mayor eficiencia de conducción para solucionar el problema planteado.

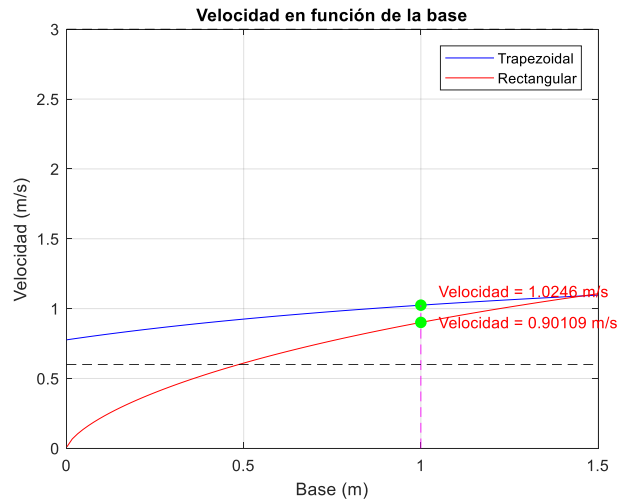


**Figura 6:** Gráfica de velocidad en función del tirante

Las gráficas de las secciones tipo permiten establecer los datos o parámetros de las secciones del canal a diseñar teniendo en cuenta las limitaciones existentes referente a canales revestidos las cuales son las velocidades mínimas y la velocidad máxima, por ende, se observan qué parámetros están en el rango de velocidades mínima y máxima. En la **Figura 6** se muestran las gráficas de velocidad vs tirante para las secciones trapezoidal, rectangular y triangular, teniendo en cuenta los parámetros constantes mencionados anteriormente que varían para cada gráfica de velocidad mostrada.

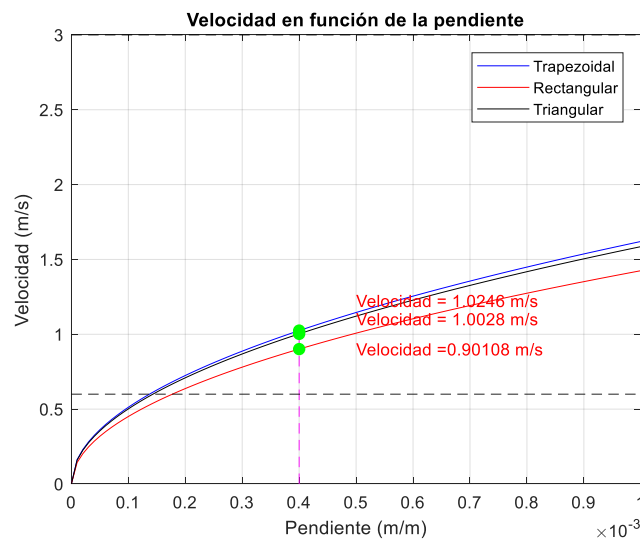
En la **Figura 7** se puede observar las gráficas de las secciones de canal tipo en la cual se indican las velocidades de cada canal tipo respecto a un tirante establecido para cada sección. También se graficó la velocidad en función de la base teniendo en cuenta los parámetros constantes, determinando una velocidad respecto a una base dada a cada sección tipo.





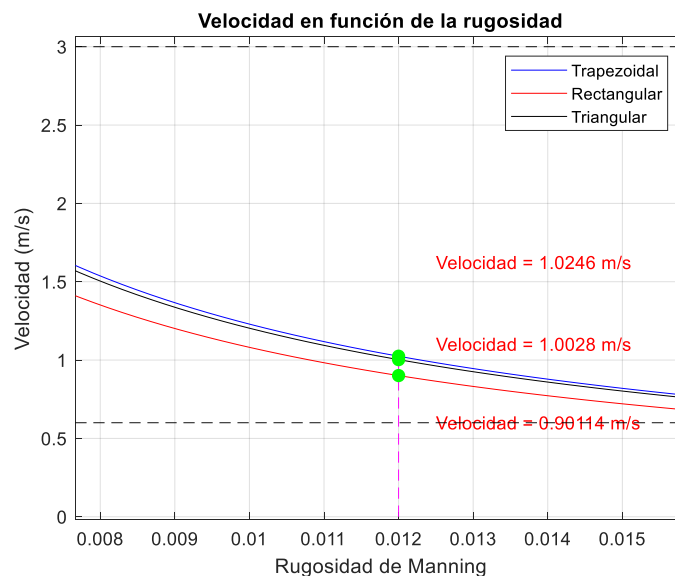
**Figura 7:** Gráfica de velocidad en función de la base

En la **Figura 8** se muestra la velocidad en función de la pendiente, misma pendiente para cada sección tipo. Se eligió dicha pendiente teniendo en cuenta el antecedente del diseño del canal secundario D3, que emplea dicha pendiente en el diseño del canal trapezoidal.



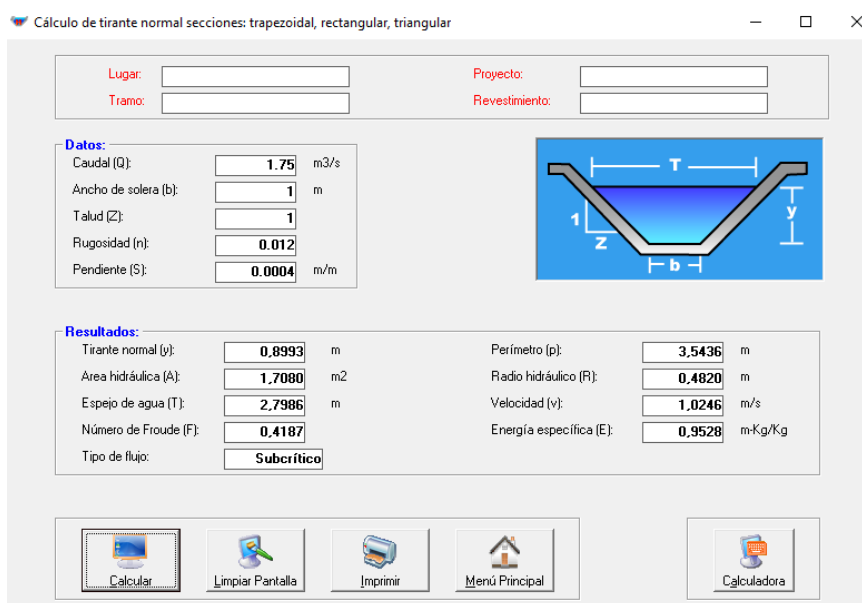
**Figura 8:** Gráfica de velocidad en función de la pendiente

Por último, en la **Figura 9** se observa la velocidad en función de la rugosidad, la cual también es la misma para cada sección y teniendo en cuenta los parámetros constantes respectivos. Se señalan los valores de velocidad correspondientes a un revestimiento de rugosidad  $n=0.012$ .

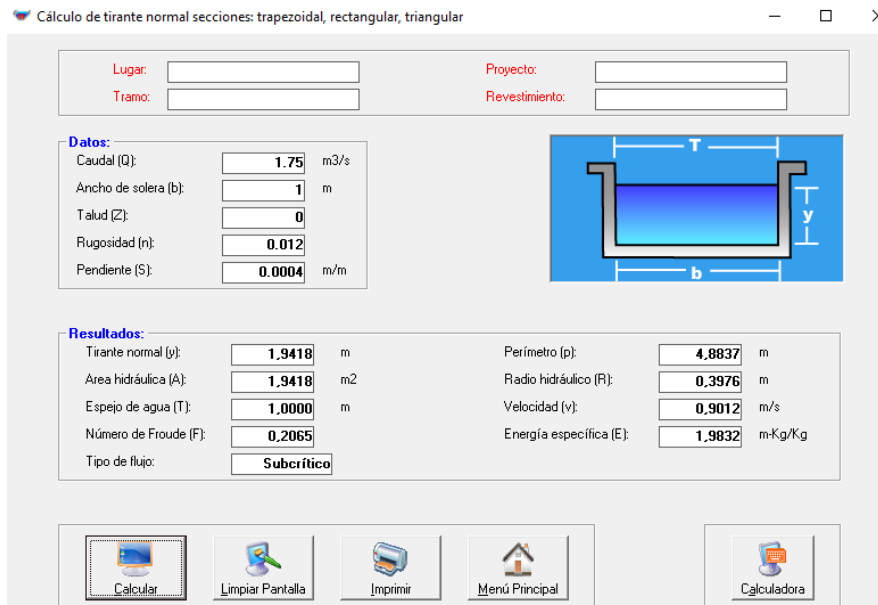


**Figura 9:** Gráfica de velocidad en función de la rugosidad

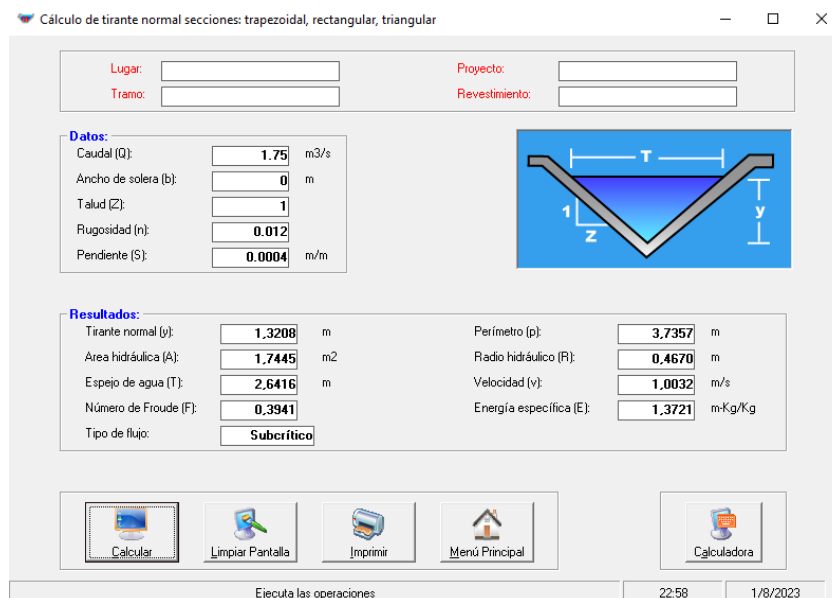
En las **Figuras 10-12**, se muestra la comparación o comprobación en el software HCanales de las velocidades determinadas en las 4 gráficas de Matlab. HCanales es un programa de cálculo para el diseño de canales y estructuras hidráulicas. Se realizó esta comparación para observar con qué datos las velocidades están por encima de la velocidad mínima admisible para evitar que exista sedimentación, y con cuales datos las velocidades están por debajo de la velocidad máxima admisible para evitar la erosión de las paredes del canal.



**Figura 10:** Sección trapezoidal en función del tirante en HCanales

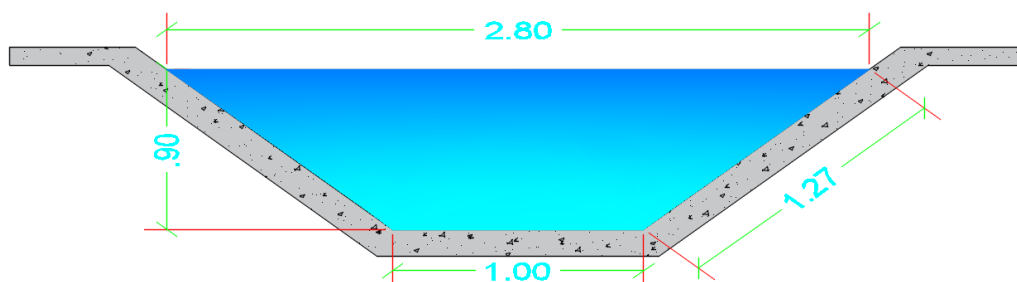


**Figura 11:** Sección rectangular en función del tirante en HCanales



**Figura 12:** Sección triangular en función del tirante en HCanales

Como se pudo observar en las gráficas de Matlab todas las secciones de canales existen valores de tirantes, bases, pendientes y rugosidades que están dentro del rango de la velocidad mínima (0.6 m/s) y velocidad máxima (3 m/s). Por ende, se optó por la sección de un canal tipo trapezoidal revestido de hormigón con los datos que se muestran a continuación en la **Figura 13**.



**Figura 13:** Canal trapezoidal tipo

Este canal tipo es el resultado del diseño para que fluya un caudal de  $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$ , cuenta con las siguientes especificaciones: Una base de 1 metro, un tirante de 0.9 metros, espejo de agua equivalente a 2.8 metros, una pendiente de 0.0004, una velocidad de conducción de 1.02 m/s y un coeficiente de rugosidad de Manning  $n=0.012$ .

#### 4. Conclusiones

El análisis determinó que el suelo del canal Ramal A es del tipo ML, un material limoso-arenoso de baja plasticidad según la clasificación SUCS. Estos suelos generalmente presentan una permeabilidad regular cuando se han visto modificados por los efectos de la vegetación y del intemperismo, y pueden permitir cierta infiltración dependiendo de factores como la estructura y el grado de compactación. Las correlaciones empíricas entre la granulometría y la permeabilidad son útiles para estimar el comportamiento del suelo, pero es importante tener en cuenta que las condiciones in situ, como la compactación o contenido de agua, pueden alterar significativamente la permeabilidad observada.

Las pérdidas hidráulicas observadas se calcularon a partir de la comparación de los caudales medidos en diferentes tramos del canal, por lo que no se puede atribuir de manera concluyente la causa de dichas pérdidas a la permeabilidad del suelo. Sería necesario para investigaciones futuras realizar estudios adicionales que correlacionen la clasificación del suelo con sus características hidráulicas para poder confirmar esta relación, tal como la capacidad de infiltración y su impacto en las pérdidas hidráulicas del terreno.

Es imprescindible que los encargados de la administración del agua de riego realicen inspecciones y controles periódicos para asegurar un uso eficiente del recurso. Además, se deben considerar acciones que mitiguen tanto las pérdidas por infiltración como los problemas asociados a la acumulación de vegetación y sedimentos en el canal. Se recomienda una supervisión más estricta y sanciones para corregir estas prácticas que afectan tanto la disponibilidad como la equidad en la distribución del caudal.

El aforo de caudales permitió calcular una eficiencia de conducción del 76.1%, clasificada como regular según los estándares de eficiencia. Aunque la implementación de un programa de mantenimiento periódico podría mejorar ligeramente la eficiencia, las pérdidas por filtración seguirían siendo un problema relevante debido a la condición del suelo. Para superar esta limitación, es necesario considerar soluciones de ingeniería más duraderas que aborden directamente la pérdida de agua por infiltración.

Se propone el revestimiento del canal con una sección trapezoidal, diseñada y comparada mediante MATLAB y la aplicación HCanales, utilizando un revestimiento de concreto de buen acabado con llana. El concreto ofrece alta resistencia y durabilidad, lo que lo convierte en una solución eficaz para reducir significativamente las pérdidas por filtración. Además, su uso facilita un mejor control del flujo y mejora la capacidad hidráulica del canal, al proporcionar una superficie lisa que minimiza las pérdidas por fricción. Esta solución no solo contribuiría a aumentar la eficiencia de conducción, sino también a prolongar la vida útil del canal y reducir la necesidad de mantenimiento frecuente.

## Referencias

- [1] Huanca J., Butrón S., Supo L. and Supo F. (2020) “Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú,” *Ciencia & Desarrollo*, no. 26, pp. 88–96. doi: 10.33326/26176033.2020.26.936.
- [2] Zapata A. and Mena P. (2013). “Aguas robadas: despojo hídrico y movilización social,” in *Acumulación de agua y floricultura en un mosaico de territorios de riego: el caso Pisque*, Ecuador, pp. 167–184. <http://www.digitali publishing.com/a/111605/>
- [3] Ortiz R., Pazmiño J., Chile, M. (2021). Eficiencias en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, vol 14(1) p1-10 ISSN 1390-4051; e-ISSN 1390-4043. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.443>
- [4] Instituto nacional de preinversión. (2013). “Estudio de impacto ambiental definitivo proyecto zona regable del triángulo de arenillas”. <https://maeloro.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/04/eiad-riego-rev2.pdf>
- [5] Moreno J. and Azcárate J. (2022). “Evaluation of the USDA soil texture triangle through Atterberg limits and an alternative classification system \_ Lector mejorado de Elsevier,” *Appl Clay Sci*, vol. 229, 2022. doi: 10.1016/j.clay.2022.106689
- [6] Mohammadi A., Parvaresh A., and Abbasi N. (2019). “Field measurement and analysis of water losses at the main and tertiary levels of irrigation canals: Varamin Irrigation Scheme, Iran,” *Glob Ecol Conserv*, vol. 18, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00646.
- [7] Syed N., Shuqi Z., Babar M., and Soothar R.. (2021). “Analysis of conveyance losses from tertiary irrigation network,” *Civil Engineering Journal (Iran)*, vol. 7, no. 10, pp. 1731–1740, Oct. 2021, doi: 10.28991/cej-2021-03091756.
- [8] Marcillo D., Vivas P., and Ramón M.. (2021). “Evaluación de la fuente de incertidumbre en la curva de descarga de la microcuenca ‘Las Flores’, San Sebastián, Manabí, Ecuador,” *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*, vol. 20, pp. 6–18, 2021. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2603>
- [9] Espinoza J., Salazar W., Pérez S., and Guamán E. (2020) “Caracterización Hidrológica y Modelo Hidráulico de la cuenca del río Casacay,” *Conference Proceedings (Machala)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–25, Aug. 2020, ISSN-e 2588-056X

## Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

**Paúl Añazco Campoverde.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-3769>

Participó en la conceptualización y sistematización de ideas; recopilación de datos; conclusiones; redacción del manuscrito original, revisión crítica de su contenido, en la aprobación final y en la administración del proyecto

**Roberth Herrera Duberly.** ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7154-5421>

Participó en la formulación de la fundamentación, el análisis de resultados, en la aprobación final y en la administración del proyecto; redacción del manuscrito original.

**Freddy Espinoza Urgilés.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0577-0448>

Participó en el diseño de la investigación, la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

**Adrián Añazco Campoverde.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-1601>

Conceptualización y sistematización de ideas; recopilación y análisis de datos; revisión y perfeccionamiento de las versiones.

**Juan Carlos Berrú Cabrera.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0505-9135>

Supervisión, revisión del documento y en la aprobación final

**Carlos Sánchez Mendieta.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5629-7323>

Supervisión, redacción, revisión, edición del documento y en la aprobación final