



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Modelo experimental comparativo para disminuir velocidades en canales escalonados con pendiente fuerte provincia de Carabaya – distrito de Macusani 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Pomaleque Luque, Katherin Alexandra (orcid.org/0009-0008-2363-6825)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis estimados padres, Guido Américo Pomaleque Carcausto y Cristina Luque Quispe, por su constante apoyo, comprensión y ayuda incondicional en todos los momentos de mi vida, tanto los buenos como los difíciles, y por haber contribuido en mi educación y formación profesional.

A mis primos Holger Jesús Fuentes Luque, Fredy Apaza Luque, quienes siempre me guiaron y aconsejaron, en el transcurso de mi educación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por los días de vida que nos ha dado, por sostenernos firmes en momentos difíciles, por concedernos sabiduría y paciencia, y por permitirnos alcanzar y concluir cada una de nuestras metas. Su guía ha sido fundamental en cada paso de este proceso académico.

Expreso mi profundo agradecimiento a mi familia por haber compartido conmigo tantos momentos buenos, bellos y felices, y por ser un apoyo incondicional en los momentos difíciles de frustración y estrés. Gracias por estar siempre a mi lado, dándome fuerza y valor para seguir adelante.

Asimismo, quiero agradecer a la Universidad César Vallejo por brindarnos la oportunidad y las herramientas necesarias para llevar a cabo esta investigación y posteriormente alcanzar la titulación. Su apoyo ha sido fundamental en este camino académico.

También quiero expresar mi gratitud al Doc. Gerardo Enrique Cancho Zúñiga, nuestro asesor, quien con su experiencia en la investigación nos guió en la elaboración de este trabajo.

Katherin Alexandra Pomaleque Luque

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Modelo experimental comparativo para disminuir velocidades en canales escalonados con pendiente fuerte en la provincia de Carabaya - distrito de Macusani 2023", cuyo autor es POMALEQUE LUQUE KATHERIN ALEXANDRA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 26 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 23-06-2024 22:08:07

Código documento Trilce: TRI - 0774349



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, POMALEQUE LUQUE KATHERIN ALEXANDRA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Modelo experimental comparativo para disminuir velocidades en canales escalonados con pendiente fuerte en la provincia de Carabaya - distrito de Macusani 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
KATHERIN ALEXANDRA POMALEQUE LUQUE DNI: 70149204 ORCID: 0009-0008-2363-6825	Firmado electrónicamente por: KAPOMALEQUE el 25- 05-2024 12:25:45

Código documento Trilce: TRI - 0774348



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. MARCO TEÓRICO.....	14
III. METODOLOGÍA	20
3.1 Tipo y diseño de investigación	20
3.2 Variables y operacionalización.....	21
3.3 Población, Muestra, muestreo, unidad de selección.	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	22
3.5 Procedimientos.	23
3.6 Método de análisis de datos	29
3.7 Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	59
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	59
ANEXO 2: PLANOS	61
ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO.....	62
ANEXO 4: APROBACIÓN DE ESPECIALISTAS EN HIDRAÚLICA	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	21
Tabla 2 Descripción de Prototipos.....	33
Tabla 3 Resultados del prototipo N°01.	34
Tabla 4. Resultados del prototipo N°02.	37
Tabla 5. Resultados del prototipo N°03.	39
Tabla 6. Comparativo de Resultados de los Tres Ensayos de los prototipos.....	40
Tabla 7. Resultados del prototipo N°01 con salida de tubería de 1/2"	42
Tabla 8. Resultados del prototipo N°02 con salida de agua - tubería de 1/2"	44
Tabla 9. Resultados del prototipo N°03 con salida de agua - tubería de 1/2"	46
Tabla 10. Comparativo de Resultados de los Tres Ensayos de los prototipos. Con salida de agua – Tubería de 1/2".....	47
Tabla 11 Análisis de correlación existente de velocidad y tiempo en canales escalonados.....	49
Tabla 12: Análisis de correlación existente de huella, contrahuella y velocidad en canales escalonados.....	50
Tabla 13: Análisis de correlación existente de huella menos que contrahuella y velocidad en canales escalonados.....	50
Tabla 14: Análisis de correlación existente de prototipos diseñados y velocidad.	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Dimensiones básicas de un canal escalonado.	14
Figura 2. Flujo del canal aislado.	15
Figura 3. Flujo escalón a escalón parcial.....	16
Figura 4. Flujo escalón a escalón parcial siempre es supercrítico	17
Figura 5. Representación grafica Ecuación de continuidad – La conservación de la energía en los fluidos	18
Figura 6. Canal escalonado existente en la carretera interoceánica - Macusani - Carabaya – Puno 2023	20
Figura 7. Recolección de aguas pluviales y cabeceras Canal escalonado en la carretera interoceánica, Macusani - Carabaya – Puno 2023	20
Figura 8. Material de cantera para elaboración de los prototipos	25
Figura 9. Habilitado de acero para la elaboración del prototipo	25
Figura 10. Habilitado de formas de encofrado para la elaboración de prototipos	26
Figura 11. Mezcla para el vaciado de prototipos	26
Figura 12. Vaciado de prototipos.....	27
Figura 13. Curado del concreto de prototipos.....	27
Figura 14. Prototipo - canal escalonado de concreto.....	28
Figura 15. Mapa Político del Perú	
Figura 16. Mapa Político de Puno	30
Figura 17. Mapa de Ubicación del Distrito de Macusani	31
Figura 18. Mapa del Distrito de Macusani	31
Figura 19. Diseño de Prototipo N°01	33
Figura 20. Grafico comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 01	35
Figura 21. Diseño de Prototipo N°02	36
Figura 22. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 02.....	37
Figura 23. Diseño de Prototipo N°03.....	38
Figura 24. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 03.....	39

Figura 25. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida de los Tres Prototipos.....	41
Figura 26. Diseño de Prototipo N°01	42
Figura 27. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 01. salida de agua – tubería de 1/2"	43
Figura 28. Diseño de Prototipo N°02 con salida de agua – tubería de 1/2"	44
Figura 29. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 02. salida de agua – tubería de 1/2"	45
Figura 30. Diseño de Prototipo N°03 con salida de agua – tubería de 1/2"	45
Figura 31. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 03. salida de agua – tubería de 1/2"	46
Figura 32. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida de los Tres Prototipos.....	48
Figura 33. Prototipos con diferente diseño geométrico.....	62
Figura 34. Tanque elevado con dos salidas de agua - tubería de 1" y 1/2".	63
Figura 35. Nivelación manual de los Prototipos antes de las pruebas hidráulicas.	63
Figura 36. Prototipo N°01 Huella = Contrahuella.....	64
Figura 37. Prototipo N°02 Huella > Contrahuella.....	65
Figura 38. Prototipo N°03 Huella < Contrahuella	66
Figura 39. Inicio de Pruebas.....	67
Figura 40. Muestreo y pruebas experimentales prototipos.	68
Figura 41. Ejecución de Pruebas en prototipos.	69

RESUMEN

En esta investigación titulada “Modelo Experimental comparativo para Disminuir Velocidades en Canales Escalonados con Pendiente Fuerte, Distrito de Macusani - Provincia de Carabaya” se tiene como objetivo evaluar tres modelos de diseño geométrico de una rápida y/o canal escalonado para reducir el porcentaje de la velocidad del flujo del agua, donde se determina el porcentaje de la reducción de la velocidad del flujo del agua y el comportamiento de cada uno de los diseños geométricos propuestos en la investigación.

La investigación es de tipo analítico, de diseño experimental por que se tiene prototipos y ponemos a prueba el comportamiento y los tiempos cronometrados del flujo del agua, con un enfoque cualitativo, de nivel explicativo ya que cuenta con variables y constante se realizará un prototipo en escala 1:10 de una rápida y/o canal escalonado y se determinará el porcentaje de disminución de la velocidad del flujo del agua.

El resultado del modelo experimental de los tres diferentes diseños geométricos del canal escalonado es 1ra PE. Huella = Contra Huella; 2da PE. Huella > Contra Huella; 3ra PE. Huella < Contra Huella. El modelo experimental que reduce más velocidad del flujo del agua en una situación donde los caudales son mayores es la 2da PE Huella > Contra Huella con un porcentaje de velocidad que representa el 80.81% con un Vol.= 0.024 m³, en comparación de los otros diseños geométrico 1ra PE Huella = Contra Huella (97.87%) con un vol. = 0.024 m³ y 3ra PE. Huella < Contra Huella (100.00%) con un Vol.= 0.024 m³, por otro lado, el modelo experimental que reduce más la velocidad del agua en una situación donde el caudal es menor y tiene mejor comportamiento del flujo del agua es la 2da PE. Huella > Contra Huella en comparación de las otras dos pruebas.

Los prototipos propuestos en la investigación, pueden ser aplicados en futuras construcciones de canales escalonados con pendiente fuerte, para mejorar el comportamiento del agua así de esta manera hacer más duradera la estructura de los canales escalonados.

Palabras clave: Canal escalonado, Pendiente Fuerte, Velocidad del Agua, Diseños geométricos.

ABSTRACT

In this research titled "Comparative Experimental Model to Reduce Speeds in Stepped Channels with Strong Slope, Macusani District - Carabaya Province" the objective is to evaluate three geometric design models of a rapid and/or stepped channel to reduce the percentage of the water flow speed, where the percentage of the reduction in the water flow speed and the behavior of each of the geometric designs proposed in the research are determined.

The research is of an analytical type, of an experimental design because we have prototypes and we test the behavior and timed times of the water flow, with a qualitative approach, of an explanatory level since it has variables and constants, a prototype will be made in 1:10 scale of a rapid and/or stepped channel and the percentage of decrease in the speed of water flow will be determined.

The result of the experimental model of the three different geometric designs of the stepped channel is 1st PE. Footprint = Against Footprint; 2nd PE. Footprint > Against Footprint; 3rd EP. Footprint < Against Footprint. The experimental model that reduces the most speed of the water flow in a situation where the flows are greater is the 2nd PE Footprint > Against Footprint with a speed percentage that represents 80.81% with a Vol. = 0.024 m³, compared to the others geometric designs 1st PE Footprint = Against Footprint (97.87%) with a vol. = 0.024 m³ and 3rd PE. Footprint < Against Footprint (100.00%) with a Vol. = 0.024 m³, on the other hand, the experimental model that reduces the speed of the water the most in a situation where the flow rate is lower and has better water flow behavior is the 2nd PE . Fingerprint > Against Fingerprint in comparison of the other two tests.

The prototypes proposed in the research can be applied in future constructions of stepped channels with a steep slope, to improve the behavior of the water, thus making the structure of the stepped channels more durable as well as avoiding water waste, considering the flow. of water, and thus be able to use the channels proposed in this research.

Keywords: Stepped channel, Strong slope, Water speed, Geometric des

I. INTRODUCCIÓN

En esta investigación, el objetivo fundamental es evaluar el porcentaje de reducción de la velocidad del flujo de agua mediante la comparación de tres modelos geométricos de canales escalonados o rápidas escalonadas a escala 1/10, todos con una pendiente pronunciada de $s=100\%$. El propósito es evitar problemas como el deterioro, la socavación y la erosión de las estructuras del canal, así como la pérdida del recurso hídrico.

Los canales escalonados presentan ventajas como su facilidad constructiva y su eficiencia para disipar la energía cinética del flujo, en comparación con los canales rectangulares, que están directamente relacionados con el diseño estructural y el caudal transportado. Investigaciones previas han demostrado que los flujos en estos canales pueden variar entre flujo rasante, flujo saltante y flujo en transición (Llano, 2023, p.13). Además, Ortiz (2010) destaca el modelo hidráulico de disipadores de energía como una herramienta crucial para entender estos fenómenos (p.96).

La construcción de canales escalonados es crucial para proyectos de infraestructura vial y para el manejo de drenajes naturales en las áreas elevadas de la Región Puno. Sin embargo, como menciona Rosado (2017), aún falta un modelo computacional integral que combine teoría y práctica para el diseño hidráulico efectivo de canales escalonados (p.4).

En esta investigación, se construirán tres modelos de prototipos de canales escalonados con pendientes idénticas, utilizando concreto y a escala 1/10. Se realizarán ensayos en cada uno para verificar la disminución de velocidad en función del tiempo. Se compararán los resultados experimentales obtenidos de los tres prototipos para obtener valores cuantitativos.

Este estudio busca proporcionar una solución efectiva para disipar la energía cinética del agua, especialmente mediante el diseño geométrico adecuado de los canales escalonados. La falta de información precisa sobre el cálculo y diseño para la disminución de velocidad en estos canales puede resultar en desperdicio de agua y socavación de las estructuras.

La justificación de esta investigación abarca varios aspectos: general, para determinar el porcentaje de reducción necesario en el modelo experimental; práctica, facilitando la comparación entre cálculo y resultados mediante el modelo experimental de un canal escalonado; metodológica, validando la hipótesis con los resultados de los prototipos experimentales; técnica, buscando resultados cuantitativos mediante el uso de un cronómetro para medir la disminución de velocidades del flujo de agua; y ambiental, promoviendo la conservación del recurso hídrico y la preservación del medio ambiente.

El objetivo general es analizar cómo un modelo experimental en canales escalonados con pendientes pronunciadas puede reducir la velocidad del agua en el Distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, en 2023. Los objetivos específicos incluyen determinar la reducción de velocidad en función de la relación entre la longitud de la huella y la contrahuella del canal escalonado.

La hipótesis general sostiene que el modelo experimental comparativo con diferentes diseños geométricos de canales escalonados reducirá las velocidades del flujo de agua en pendientes fuertes en el Distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, en 2023. Las hipótesis específicas exploran cómo la longitud relativa de la huella y la contrahuella afecta la velocidad del flujo de agua en estos canales.

Este estudio contribuirá significativamente al diseño y la gestión de infraestructuras hidráulicas eficientes, especialmente en regiones montañosas donde los canales escalonados son fundamentales para la agricultura y el manejo del agua.

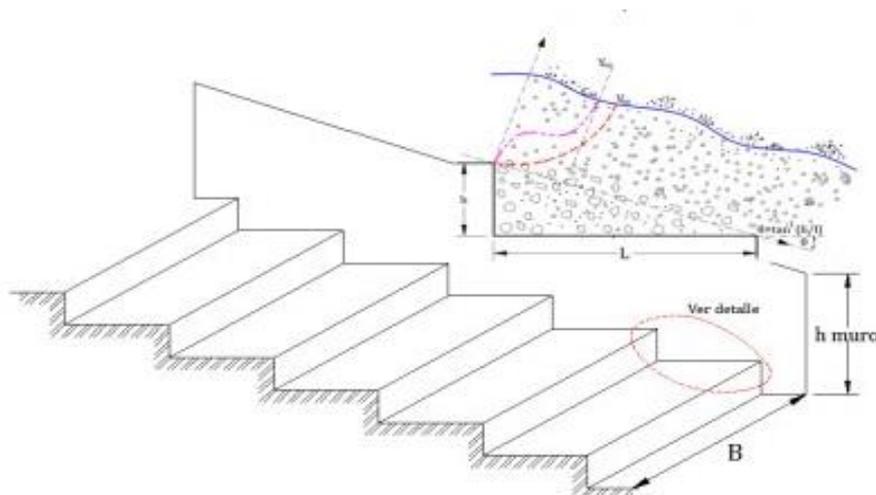
II. MARCO TEÓRICO

Un canal escalonado es una estructura artificial inclinada que consiste en una serie de escalones. En este tipo de canal:

- **L** representa la huella o longitud horizontal de cada escalón.
- **H** indica la altura vertical entre el fondo de un escalón y el borde superior del siguiente, conocida como contrahuella.
- **B** es el ancho total del canal, medida entre los bordes exteriores.
- θ es el ángulo formado por la pendiente del fondo del canal respecto a la línea horizontal.

Este diseño permite controlar el flujo del agua en canales con pendientes pronunciadas, reduciendo la velocidad y minimizando la erosión.

Figura 1: Dimensiones básicas de un canal escalonado, adaptado de Gonzales & Chanson (2007).



Fuente – Gonzales & Chanson 2007

Para la presente investigación, nos basamos en referencias internacionales sobre canales. Villon (2007) describe los canales como conductos por los que el agua fluye debido a la gravedad, sin presión, con la superficie del líquido en contacto con la atmósfera (p.15). Gardea (1999) ofrece una definición elemental de canal como

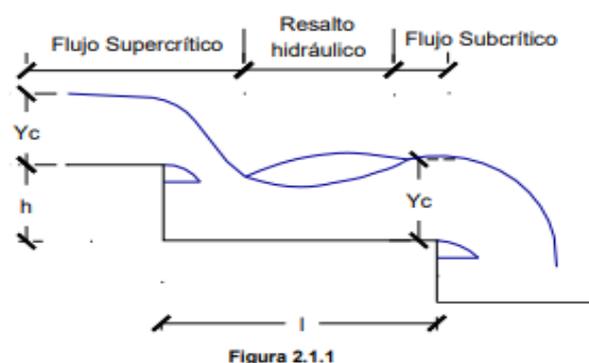
una estructura que conduce líquidos exclusivamente por acción de la gravedad, enfocándose en la forma geométrica de la estructura (p.1).

Las rápidas escalonadas son estructuras hidráulicas diseñadas para evacuar el flujo de agua y disipar su energía cinética. La eficacia en la disipación de energía a lo largo de estas estructuras depende de la geometría de las huellas y contrahuellas, el número de escalones, los coeficientes de rugosidad y la pendiente del canal escalonado. El objetivo principal de esta investigación es analizar si un modelo experimental de canales escalonados con fuerte pendiente puede reducir la velocidad del agua, considerando el diseño geométrico del prototipo a desarrollar.

El enfoque metodológico es cualitativo, ya que se obtendrán y verificarán resultados para evaluar los prototipos propuestos, los cuales se detallan en la Figura 2.

Essery y Horner (1978) describen las características principales del flujo en escalones, que consisten en un proceso continuo de caídas libres del chorro de agua de una grada a otra, conocido como Flujo del Escalón Aislado (Isolated Nappe Flow). Este fenómeno ocurre cuando el flujo total en la cascada superior impacta contra el escalón inferior, generando un resalto hidráulico en la huella de cada escalón. La formación del resalto puede ser completa o parcial, dependiendo de la longitud y altura del escalón. El resalto hidráulico completamente desarrollado se observa únicamente en escalones con umbrales en el extremo y para caudales unitarios de hasta 1 (m³/s/m) (P. 22). Esto se ilustra en la Figura 3.

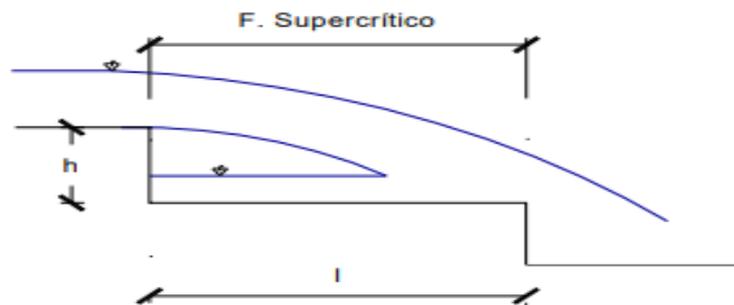
Figura 2. Flujo del canal aislado.



Fuente – Essery y Horner 1978

El Flujo Escalón a Escalón Parcial (Partial Nappe Flow) se caracteriza porque solo una parte del chorro de agua impacta contra el escalón inferior, como se muestra en la Figura 4.

Figura 3. Flujo escalón a escalón parcial



Fuente – Essery y Horner 1978

El flujo de escalón a escalón parcial siempre es supercrítico. Chanson (1994) establece las siguientes condiciones para que ocurra el flujo "escalón a escalón aislado" con un re salto hidráulico completamente desarrollado en un escalón de altura h y longitud L :

Para la figura 3.

$$\frac{Y_c}{h} \leq 0.0916 \left(\frac{h}{l} \right)^{-1.276} \quad \text{Para el intervalo: } 0.2 \leq \frac{h}{l} \leq 0.6$$

Donde, Y_c : calado crítico

Para esta deducción, Chanson considera que el re salto hidráulico se forma justo aguas abajo del punto de impacto. El límite inferior para la formación del flujo escalón a escalón está determinado por la siguiente ecuación:

Para Figura 4.

$$\left(\frac{h}{Y_c} \right) = 0.57 (\operatorname{tg} \theta)^3 + 1.3 \quad \text{En el intervalo: } 0.1 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 1.43$$

Donde, θ : ángulo de inclinación de la rápida escalonada en grados.

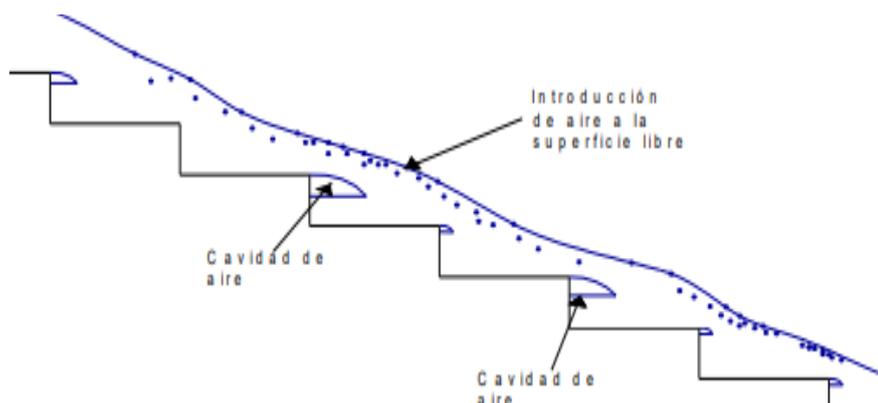
Según los resultados experimentales de Ohtsu y Yasuda (1999), el límite superior para la formación del flujo escalón a escalón está determinado por la siguiente ecuación:

Para la figura 5.

$$\frac{y_c}{h} = \frac{\left(1.4 - \frac{h}{T}\right)^{0.26}}{1.4}$$

Según Horner (1969), para caudales bajos que fluyen a través de rápidas escalonadas, los flujos se comportan como una lámina continua en caída libre, es decir, el flujo de grada a grada o un régimen de flujo en chorros (p.16). Por otro lado, para caudales altos y considerando una geometría específica del canal escalonado, que depende de la huella y contrahuella, así como de la pendiente y el ángulo de las gradas del canal, se observa una fuerte recirculación de flujo bajo la corriente principal, conocida como cavidad con aire. En el año 2004, Chanson y Luke llevaron a cabo investigaciones en dos estructuras con rápidas escalonadas, variando tanto la pendiente (de 3.4" a 22°) como la altura de las gradas. Esto proporcionó bases para el estudio del flujo de transición al aumentar el caudal sobre estas estructuras escalonadas, formando un flujo intermedio entre el flujo de grada a grada y el flujo rasante. Este tipo de flujo se caracteriza por la formación de grandes salpicaduras que superan la altura del escalón y por fuertes fluctuaciones hidrodinámicas en el perfil del flujo, lo cual genera una imagen desordenada donde desaparece la superficie lisa y se presentan cavidades de aire en ciertos escalones de la rápida (ver Figura 5).

Figura 4. Flujo escalón a escalón parcial siempre es supercrítico



Fuente – Chason y Luke 2004

Los cálculos de disipación de energía en la estructura se realizarán mediante la ecuación de Bernoulli. Esta ecuación se aplicará a una línea de corriente que sigue el eje del fondo del canal escalonado, considerando la sección inicial (0) y la final (12). Según Grubelnik (2020), la ecuación de continuidad deriva de la ley de conservación de la masa, que establece que, en un conducto o tubería sin derivaciones, la cantidad de fluido que entra por un extremo debe salir por el otro, conservándose así el fluido a lo largo del conducto (p.22).

$$Q = S * V$$

Donde:

Q: Es el caudal dado en m^3/s

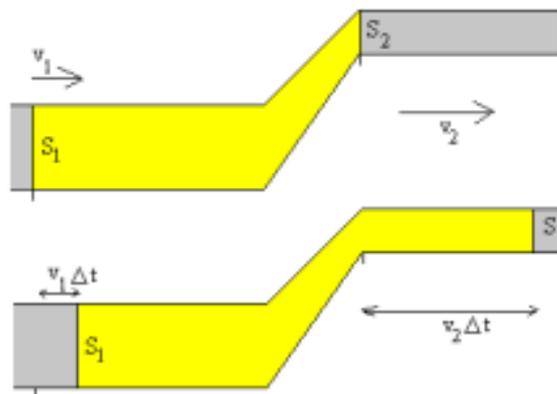
S: La superficie transversal de la conducción m^2

V: La velocidad de fluido m/s

La Figura x, representa un sistema genérico de flujo:

Figura x – representa grafica Ecuación de continuidad – La conservación de la energía en los fluidos.

Figura 5. Representación grafica Ecuación de continuidad – La conservación de la energía en los fluidos



Fuente – Grubelnik 2020

En donde se cumple la condición de conservación de masa $M = M_1 + M_2$ y si la densidad es constante, por tanto:

$$S_1 V_1 = S_2 V_2$$

Según F.E. Friedrich y Álvarez (2016), la expresión conocida como Ecuación de Continuidad es fundamental (p.48).

Según Ayala-Rojas, Franco-Rojas y Padilla Gonzales (2020), los disipadores de energía son estructuras hidráulicas utilizadas para reducir el exceso de energía cinética del flujo, que se expresa en altas velocidades. Al intentar reducir esta energía, se generan grandes presiones y pueden aparecer saltos hidráulicos e impactos del agua sobre el material expuesto, lo cual previene la erosión aguas abajo (p.84).

Según Andrade Simoes et al. (2012), la disipación de energía en los flujos a lo largo de vertederos escalonados es una característica crucial de estas estructuras. Varios investigadores han trabajado en proporcionar ecuaciones y gráficos para predecir la disipación de energía y la energía residual en la punta de vertederos y canales escalonados. Se han realizado estudios en diversas instituciones alrededor del mundo, que abordan los flujos y los fenómenos relacionados desde múltiples perspectivas. Esto incluye el uso de ecuaciones como Darcy-Weisbach o Manning, ajustando ecuaciones algebraicas a datos experimentales, presentando puntos experimentales mediante gráficos, o simulando resultados con diferentes enfoques (p.62).

CANAL ESCALONADO

Según Fernández (2010), los canales con gradas o escalones están diseñados para disipar energía desde el inicio del recorrido. Esto significa que a medida que el agua avanza a lo largo del canal, la energía cinética del flujo se disipa gradualmente mediante impactos sucesivos con los escalones. Al final del canal, el agua llega con su energía disipada, lo cual reduce la necesidad de estructuras adicionales, o en su defecto, estas serían de tamaño reducido (p.56).

Figura 6. Canal escalonado existente en la carretera interoceánica - Macusani - Carabaya – Puno 2023.



Fuente – Fuente propia

Figura 7. Recolección de aguas pluviales y cabeceras Canal escalonado en la carretera interoceánica, Macusani - Carabaya – Puno 2023



Fuente – Fuente propia

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación se llevará a cabo utilizando un modelo **experimental** debido a sus limitaciones. Se probarán tres diseños geométricos (prototipos) para analizar el comportamiento de las velocidades del flujo de agua. Este estudio será de tipo **analítico**, ya que se centrará en el análisis y la evaluación de la disminución de las velocidades del flujo de agua en relación

con el diseño geométrico (prototipo) del canal escalonado o rápida escalonada. La investigación está vinculada principalmente a la fase experimental, donde se observará la disminución de velocidad y el comportamiento del flujo de agua.

El enfoque de la tesis es cuantitativo, ya que se fundamenta en principios que respaldan la elección de una metodología mixta para abordar las preguntas de investigación y los objetivos del estudio. La investigación tiene un nivel **explicativo**, dado que incluye variables y constantes; se construirá un prototipo a escala 1:10 de un canal y se calculará el porcentaje de disminución de la velocidad del flujo de agua.

3.2 Variables y operacionalización

La descripción de la **variable de estudio**: del modelo experimental comparativo para disminuir las velocidades del flujo del agua en el canal escalonado con pendiente fuerte es la **velocidad de agua**, **Definición conceptual**: la velocidad que transcurrirá en un canal escalonado con diferente diseño geométrico. Para la obtención de reducción de velocidad del flujo del agua. **Definición operacional**: el canal escalonado tendrá que reducir la velocidad del agua con un modelo experimental representado por tres prototipos de una escala de 1/10, **indicador**: para su medición se necesitará un cronometro, su lectura en (seg). **Variable de estudio**: Canal escalonado, **definición conceptual**: diseño geométrico para el valor que hace que el flujo tenga pérdida de velocidad, **indicador**: para calcular el porcentaje de disminución de velocidad es el diseño geométrico del canal escalonado.

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Indicadores	Tipo de Variable
Variable Independiente			
Canal Escalonado	volumen	volumen de agua	Ordinaria
Variable Dependiente			
Velocidad del Agua	Numero de Aplicaciones	porcentaje	Continua

Fuente - Fuente propia

3.3 Población, Muestra, muestreo, unidad de selección.

3.3.1 Población: conformado por prototipos del canal escalonado de concreto, los distintos diseños geométricos del canal para la verificación de la reducción de la velocidad del flujo del agua.

- Criterios de inclusión:
- Criterios de exclusión:

3.3.2 Muestra: para el presente estudio se seleccionó el diseño geométrico de estructuras hidráulicas de canales escalonados, como accesorio del prototipo y canal donde se realizará pruebas empíricas.

3.3.3 Muestreo: Se usará 03 prototipos de concreto

3.3.4 Unidad de análisis: En la presente investigación la unidad de análisis es la velocidad, y esta se define en (m/s).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.5 Recolección de datos: Los datos obtenidos serán directamente en campo, investigaciones relacionadas al tema de investigación, monografías, publicaciones (revistas, artículos, ponencias, etc.), fotografías e información de internet.

3.3.6 Validez y confiabilidad del prototipo

3.3.7 Escala del prototipo

Para determinar la disminución de la velocidad en el modelo experimental, se realiza los diseños geométricos del canal escalonado en Escala 1/10.

3.3.8 Dimensiones del canal de la rápida del prototipo

Para el diseño geométrico de las estructuras del canal escalonado se toma en cuenta 03 diseños geométricos o prototipo siendo estas las dimensiones: Ancho del canal 12 cm para los tres prototipos, P.1: huella es igual a la contrahuella, P.2: huella es mayor a la contrahuella, P.3: huella es menor que la contrahuella.

3.3.9 Caudal en el canal escalonado

El caudal que se aplica a los tres prototipos será de 02 formas, que se define por salida de agua de un tanque de agua de las dimensiones: 1" y ½" pulgada.

3.3.10 Tanque de agua y accesorios

Capacidad de 100 litros, altura de 47 cm, diámetro de 52cm. Acompañado de accesorios: conectores, tubo, codos y uniones de 2".

3.3.11 Llave de paso abierta de 1" y 1/2"

Es un accesorio utilizado para controlar el caudal del agua, que se requiere en el prototipo.

3.5 Procedimientos.

La investigación de la tesis se enfocó en fondos de canal escalonado fabricados con concreto, utilizando diseños geométricos variables para la huella y contrahuella del canal.

En primer lugar, se construyeron los encofrados para los prototipos de concreto.

En segundo lugar, se procedió al vaciado del concreto según los diseños geométricos específicos para la estructura, incluyendo el muro y el fondo del canal.

En tercer lugar, para recopilar datos, se armó cada prototipo con una pendiente del 100% y se llevaron a cabo pruebas. Cada prueba tuvo una duración de 6 horas, y se realizaron 10 pruebas para cada dimensión de prototipo y 10 más para las diferentes salidas de tubería.

Los ensayos se llevaron a cabo con la misma pendiente en los tres prototipos con diferentes diseños geométricos. Se generaron gráficos para analizar el comportamiento de los prototipos.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

La tesis comparativa se centró en los ensayos realizados en prototipos diseñados de canales de concreto a escala 1/10.

1. Se construyeron fondos de canal escalonado de concreto con diferentes modelos geométricos de prototipos.
2. Paso 1: Descripción del canal físico original.
3. Paso 2: Ensayo en el canal escalonado con diferentes geometrías. Se llevaron a cabo ensayos utilizando los diferentes diseños geométricos del canal escalonado a escala 1/10 con la misma pendiente. Cada ensayo se realizó a una altitud de 3820 metros sobre el nivel del mar (msnm), analizando el caudal y la duración del tiempo para determinar el comportamiento del flujo. Se utilizó un correntómetro y un tubo de Pitot para medir las velocidades de flujo en cada prototipo.
4. Tiempo de duración por ensayo: Se realizaron 3 pruebas con las diferentes dimensiones de cada prototipo. Con una pendiente de 1° , cada ensayo tuvo una duración de 6 horas y media, con 10 pruebas realizadas para cada uno de los prototipos.

Los ensayos se llevaron a cabo con la misma pendiente y un diseño de prototipo similar, generando gráficos para analizar su comportamiento.

PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS:

REALIZACIÓN DE PROTOTIPOS

Los prototipos serán realizados a escala 1/10 con un ángulo de 45° , y una pendiente que genera 100° , en referencia a las longitudes a analizar

a) Recolección de material:

Los materiales que usaremos para los prototipos son de concreto, se recolecto el agregado grueso y fino de la cantera de Azángaro.

Realización de los moldes

Figura 8. Material de cantera para elaboración de los prototipos



Fuente – Fuente propia

b) HABILITADO DE ACERO: se habilita varilla de acero de 3/8" y varillas de acero de 1/4", para que la estructura de los prototipos sea resistente.

Figura 9. Habilitado de acero para la elaboración del prototipo



Fuente – Fuente propia

c) ENCOFRADO DE PROTOTIPO: el encofrado será de gran importancia para representar el modelo geométrico del canal escalonado en escala 1/10.

Figura 10. Habilitado de formas de encofrado para la elaboración de prototipos



Fuente – Fuente propia

d) VACEADO DE PROTOTIPO: ya la parte final de la elaboración del prototipo es el vaciado de concreto de los tres modelos geométricos de los canales escalonados.

Figura 11. Mezcla para el vaciado de prototipos



Fuente – Fuente propia

Figura 12. Vaciado de prototipos.



Fuente – Fuente propia

e) CURADO DE PROTOTIPO: Para finalizar con el proceso constructivo de la estructura de canal escalonado en escala 1:10, se procede al curado del concreto.

Figura 13. Curado del concreto de prototipos.



Fuente – Fuente propia

GUÍA METODOLÓGICA DEL MODELO FÍSICO DEL CANAL ESCALONADO

REFERENCIA: El presente manual es elaborado de manera rudimentaria, para la determinación del porcentaje de disminución de las velocidades y comportamiento de flujo.

Figura 14. Prototipo - canal escalonado de concreto.



Fuente – Fuente propia

1.1 IMPORTANCIA

En el campo de la hidráulica, especialmente en los estudios para determinar velocidades, se utilizan fórmulas. En este prototipo, las velocidades se medirán utilizando un cronómetro.

Esta guía está diseñada para orientar y explicar el proceso de construcción y funcionamiento de un modelo físico a escala que simula el comportamiento del flujo del agua.

1.2 DEFINICIÓN

Las rápidas se utilizan para llevar agua desde una elevación más alta a una más baja, donde se generan velocidades fuertes que pueden causar pérdida de flujo o incluso un resalto hidráulico crítico.

1.3 OBJETIVO

Evaluar el porcentaje de disminución de velocidades que tiene cada prototipo.

1.4 EQUIPOS DE LABORATORIO

- Canal: tiene una longitud de 1.69 m y un ancho de 0.12m y un alto de 1.2m, su finalidad es determinar el porcentaje de disminución de la velocidad del flujo del agua.
- Recipiente: su finalidad es almacenar y medir la cantidad del agua que viene del canal. Tiene una capacidad de 25 litros.
- Accesorios: como llaves de paso, conectores de tanque, tubo de 1" y 1/2", codos de 1" y 1/2".
- Tanque de agua: de forma cilíndrica de 52 cm de diámetro, con una capacidad de 75 litros.
- Canal rectangular: Para cronometrar el volumen que ingresa a los canales escalonados.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- Paso N°01: colocar un canal rectangular nivelado para la proyección de la caída del agua.
- Paso N°02: se apertura la válvula, para abastecer agua al canal
- Paso N°03: verificar, medir el volumen de agua que receptiona cada modelo geométrico de los prototipos.

Para ajustar el caudal deseado de una manera más practica se utilizó salidas de agua de 1" y 1/2".

- Paso N°04: medir los resultados con un cronometro y determinar el porcentaje de las velocidades con respecto al tiempo.

3.6 Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizará el software Excel, donde se elaborarán tablas y gráficos con los valores obtenidos de los ensayos realizados en los 3 prototipos. Estos datos mostrarán el porcentaje de disminución de las velocidades del flujo de agua, según el diseño geométrico de cada prototipo del canal escalonado.

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación se elaboró de acuerdo a lo establecido en la RESOLUCIÓN DE VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN N°062-2023-VI-UCV, que mediante el mismo se aprueba la **GUÍA DE ELABORACIÓN DE TRABAJOS CONDUCENTES A GRADOS Y TÍTULOS**. Además, se respetó la autoría de los investigadores consultados, siendo estos citados en esta investigación de forma adecuada según ISO 690 – 2. Así mismo este proyecto de investigación será revisado por Turnitin para la confiabilidad correspondiente.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona estudio:

Ubicación política.

Región : Puno
Departamento : Puno
Provincia : Carabaya
Distrito : Macusani
Lugar : Carretera Interoceánica

La investigación se realizó en las afueras del Distrito de Macusani Aprox.3 km – carretera interoceánica.

Figura 15. Mapa Político del Perú



Figura 16. Mapa Político de Puno



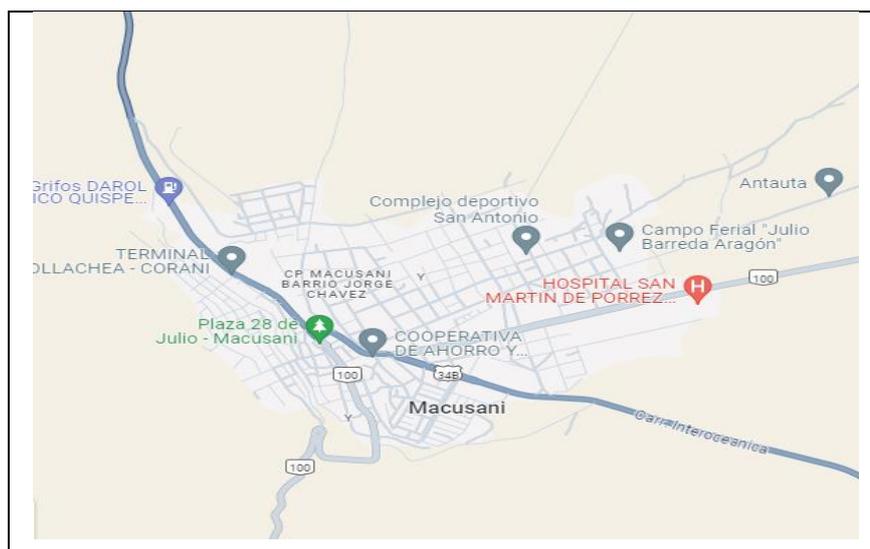
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17. Mapa de Ubicación del Distrito de Macusani



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18. Mapa del Distrito de Macusani



Fuente: Elaboración Propia.

Ubicación Geográfica:

El Distrito de Macusani es uno de los diez que conforman la Provincia de Carabaya, ubicada en el Departamento de Puno en el Sureste del Perú, limita por el Norte con la provincia de Tambopata (Madre de Dios), por el Sur con las Provincias del Melgar, Azángaro y San Antonio de Putina; por el Este con la Provincia de Sandía,

por el Oeste con las provincias de Canchis y Quispicanchi (Cusco). Su capital es la ciudad de Macusani, Coordenadas 14°04'07" S y 70°25'53" O a una altitud promedio de 4321 m.s.n.m.

Presenta las siguientes unidades geográficas: Cordillera Oriental, Altiplano y Etribaciones Occidentales de las cordilleras Oriental; las regiones naturales: Suni, Puna, Janca. Entre los climas presente en el área, se tienen: Clima Templado moderado a Lluvioso, Frio de Tundra, Seco de Alta Montaña y de nieves de Alta Montaña.

Los nevados Allincápac entre los nevados mas importantes e impresionantes, con sus 5,780 m.s.n.m., ubicado al norte de la ciudad, Chichicápac, junto al Allincápac a 5 650 m.s.n.m., cuyos deshielos forman una sucesión de nueve lagunas que son, en parte aguas del rio Macusani y a sus espaldas forman las exóticas lagunas esmeralda de Taype que dan origen al Rio Ayapata.

Dichos nevados, e incluso filtraciones y ojos de agua generan caídas de agua en una zona con talud donde hay presencia de carreteras, para ello se realizan obras hidráulicas que son unos recolectores y canalizan las agua pluviales o aguas generadas por el deshielo de nevados, para evitar encharcamientos e inundaciones, o deterioro de las carreteras o vías, de esta manera se garantiza la seguridad vial, garantiza el transito seguro como también el cuidado y evitar el desperdicio del recurso hídrico. Por ello se construyen canales escalonados, rápidas escalonadas, canales rectangulares, aliviaderos escalonados, badenes, alcantarillas, cunetas, pontones y puentes. En nuestro caso se planteó dos modelos de diseño geométrico de canal escalonado para evitar el desperdicio del agua, evitar socavación en las paredes de la estructura del canal, y socavación de la carretera o vía.

INTERPRETACIÓN

Según los ensayos preliminares realizados, los resultados de los ensayos de los tres prototipos son de acuerdo al volumen de agua que sale del tanque elevado hasta el final de canal escalonado he ahí controlar el tiempo de circulación del volumen del agua en el canal escalonado. El instrumento que se realizó, esta validado por tres ingenieros especialistas en Obras Hidráulicas.

Con el objetivo de cuantificar e identificar la velocidad en canales escalonados mediante modelo experimental comparativo se tiene los siguientes datos:

PROTOTIPOS:

Tabla 2 Descripción de Prototipos.

PROTOTIPO	DESCRIPCIÓN	ANCHO DEL CANAL	LONGITUD DEL CANAL	N° DE HUELLA	N° DE CONTRA HUELLA
N°01	H = CH	1.20 M	16.97M	12.00	12.00
N°02	H > CH	1.20 M	16.97M	12.00	12.00
N°03	H < CH	1.20 M	16.97M	12.00	12.00

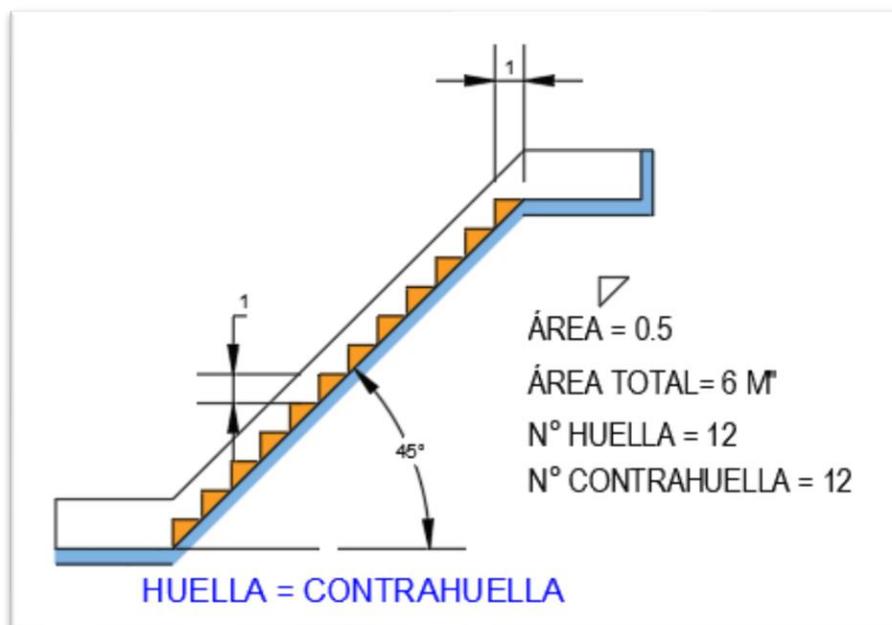
Fuente – Fuente Propia.

ENSAYO CON SALIDA DE AGUA – TUBERIA DE 1”

ENSAYO N°01

Huella = Contra Huella : 1.00 m = 1.00 m

Figura 19. Diseño de Prototipo N°01



Fuente – Fuente Propia.

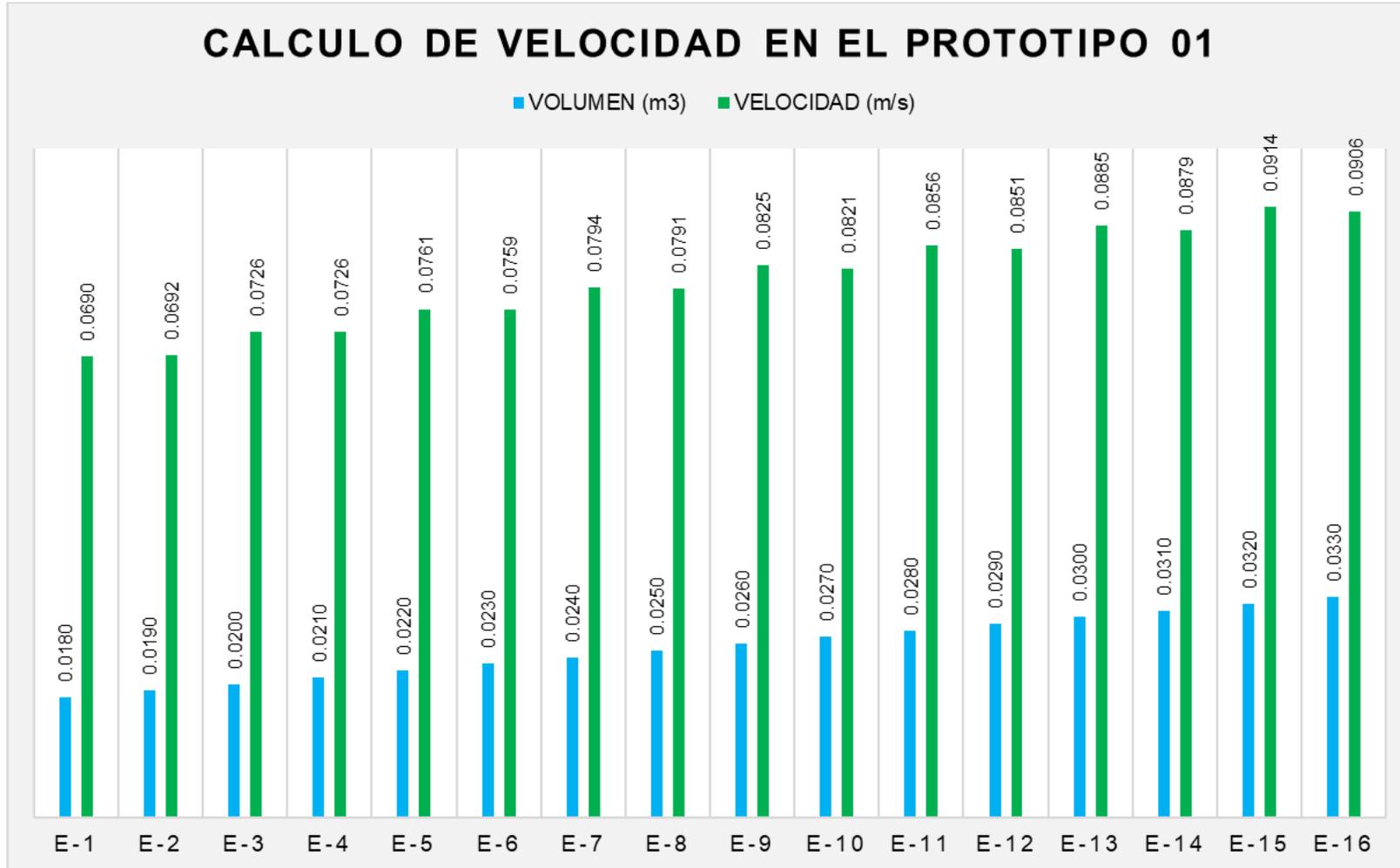
Se realizaron 16 pruebas y/o ensayos en el prototipo.

Tabla 3 Resultados del prototipo N°01.

ÍTEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m ³)	TIEMPO (seg.)	ÁREA TRANSVERSAL (m ²)		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)
				0.12 m	0.0725 m		
E-1	1	0.0180	30.0000	0.0087		0.0006	0.0690
E-2	1	0.0190	31.5800	0.0087		0.0006	0.0692
E-3	1	0.0200	31.6667	0.0087		0.0006	0.0726
E-4	1	0.0210	33.2421	0.0087		0.0006	0.0726
E-5	1	0.0220	33.2500	0.0087		0.0007	0.0761
E-6	1	0.0230	34.8251	0.0087		0.0007	0.0759
E-7	1	0.0240	34.7614	0.0087		0.0007	0.0794
E-8	1	0.0250	36.3392	0.0087		0.0007	0.0791
E-9	1	0.0260	36.2098	0.0087		0.0007	0.0825
E-10	1	0.0270	37.7928	0.0087		0.0007	0.0821
E-11	1	0.0280	37.6024	0.0087		0.0007	0.0856
E-12	1	0.0290	39.1925	0.0087		0.0007	0.0851
E-13	1	0.0300	38.9454	0.0087		0.0008	0.0885
E-14	1	0.0310	40.5440	0.0087		0.0008	0.0879
E-15	1	0.0320	40.2436	0.0087		0.0008	0.0914
E-16	1	0.0330	41.8518	0.0087		0.0008	0.0906

Fuente – Fuente Propia.

Figura 20. Grafico comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 01



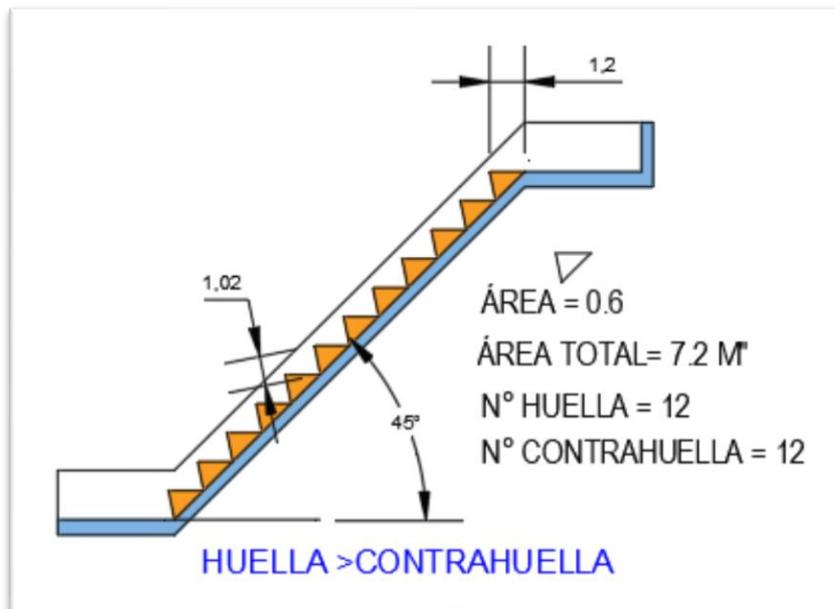
Fuente – Fuente Propia.

DESCRIPCIÓN: En el ensayo realizado al prototipo 01 en el que la huella es igual a la contrahuella se observa que se tiene una velocidad y tiempo constante según el volumen de agua que se toma como muestra de ensayo del prototipo. Además, cabe indicar que se tiene un caudal variable al volumen de agua.

ENSAYO N°02

Huella > Contra Huella : 1.20 m = 1.02 m

Figura 21. Diseño de Prototipo N°02



Fuente – Fuente Propia

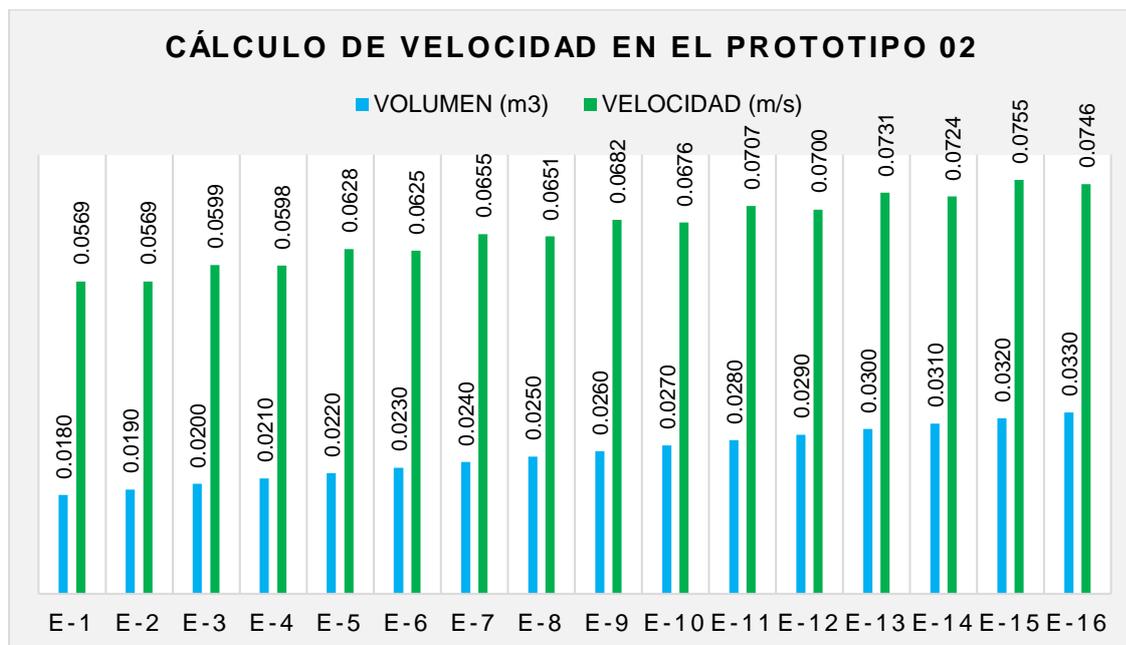
Se realizaron 16 pruebas y/o ensayos en el prototipo.

Tabla 4. Resultados del prototipo N°02.

ÍTEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m ³)	TIEMPO (seg.)	ÁREA TRANSVERSAL		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)
				0.12 m	0.0725 m		
				E-1	2		
E-2	2	0.0190	38.3483	0.0087	0.0005	0.0569	
E-3	2	0.0200	38.3483	0.0087	0.0005	0.0599	
E-4	2	0.0210	40.3667	0.0087	0.0005	0.0598	
E-5	2	0.0220	40.2658	0.0087	0.0005	0.0628	
E-6	2	0.0230	42.2889	0.0087	0.0005	0.0625	
E-7	2	0.0240	42.0960	0.0087	0.0006	0.0655	
E-8	2	0.0250	44.1275	0.0087	0.0006	0.0651	
E-9	2	0.0260	43.8500	0.0087	0.0006	0.0682	
E-10	2	0.0270	45.8926	0.0087	0.0006	0.0676	
E-11	2	0.0280	45.5366	0.0087	0.0006	0.0707	
E-12	2	0.0290	47.5924	0.0087	0.0006	0.0700	
E-13	2	0.0300	47.1629	0.0087	0.0006	0.0731	
E-14	2	0.0310	49.2335	0.0087	0.0006	0.0724	
E-15	2	0.0320	48.7350	0.0087	0.0007	0.0755	
E-16	2	0.0330	50.8217	0.0087	0.0006	0.0746	

Fuente – Fuente Propia

Figura 22. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 02



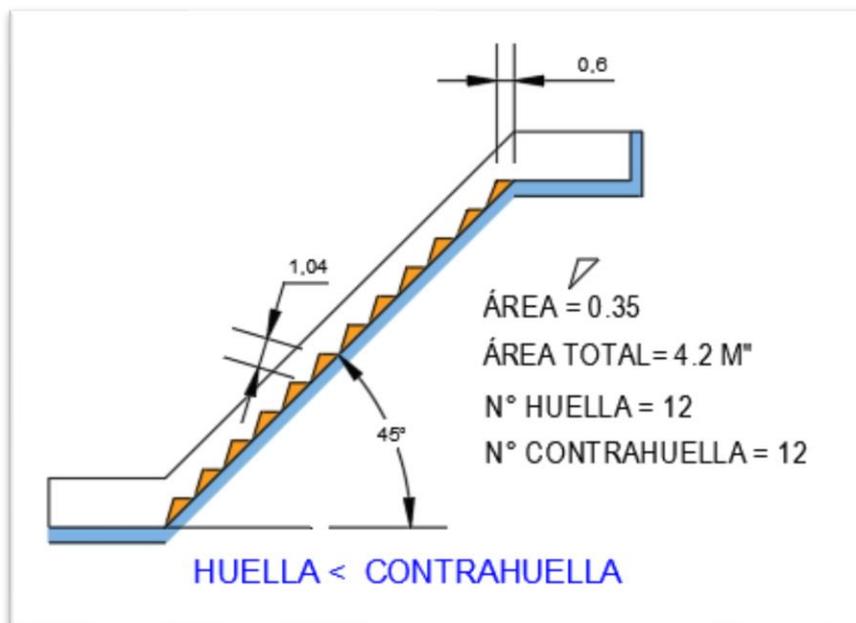
Fuente – Fuente Propia

DESCRIPCIÓN: En el ensayo realizado al prototipo 02 en el que la huella es mayor a la contrahuella se observa que se tiene una velocidad y tiempo constante según el volumen de agua que se toma como muestra de ensayo del prototipo. Además, cabe indicar que se tiene un caudal variable al volumen de agua.

ENSAYO N°03

Huella < Contra Huella : 0.60 m = 1.04 m

Figura 23. Diseño de Prototipo N°03



Fuente – Fuente Propia

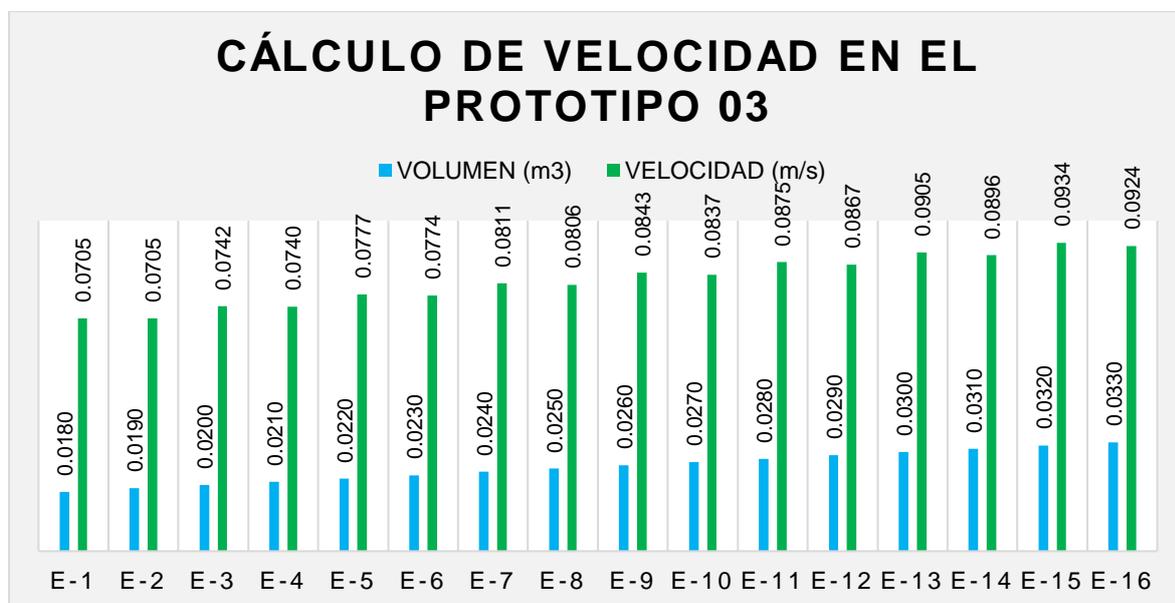
Se realizaron 16 pruebas y/o ensayos en el prototipo.

Tabla 5. Resultados del prototipo N°03.

ITEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m3)	TIEMPO (seg.)	AREA TRANSVERSAL		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)
				0.12 m	0.0725 m		
E-1	3	0.0180	29.3600	0.0087	0.0006	0.0705	
E-2	3	0.0190	30.9911	0.0087	0.0006	0.0705	
E-3	3	0.0200	30.9911	0.0087	0.0006	0.0742	
E-4	3	0.0210	32.6222	0.0087	0.0006	0.0740	
E-5	3	0.0220	32.5407	0.0087	0.0007	0.0777	
E-6	3	0.0230	34.1757	0.0087	0.0007	0.0774	
E-7	3	0.0240	34.0198	0.0087	0.0007	0.0811	
E-8	3	0.0250	35.6616	0.0087	0.0007	0.0806	
E-9	3	0.0260	35.4373	0.0087	0.0007	0.0843	
E-10	3	0.0270	37.0880	0.0087	0.0007	0.0837	
E-11	3	0.0280	36.8003	0.0087	0.0008	0.0875	
E-12	3	0.0290	38.4617	0.0087	0.0008	0.0867	
E-13	3	0.0300	38.1145	0.0087	0.0008	0.0905	
E-14	3	0.0310	39.7879	0.0087	0.0008	0.0896	
E-15	3	0.0320	39.3850	0.0087	0.0008	0.0934	
E-16	3	0.0330	41.0714	0.0087	0.0008	0.0924	

Fuente – Fuente Propia

Figura 24. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 03



Fuente – Fuente Propia

DESCRIPCIÓN: En el ensayo realizado al prototipo 03 en el que la huella es menor a la contrahuella se observa que se tiene una velocidad y tiempo constante según el volumen de agua que se toma como muestra de ensayo del prototipo. Además, cabe indicar que se tiene un caudal variable al volumen de agua.

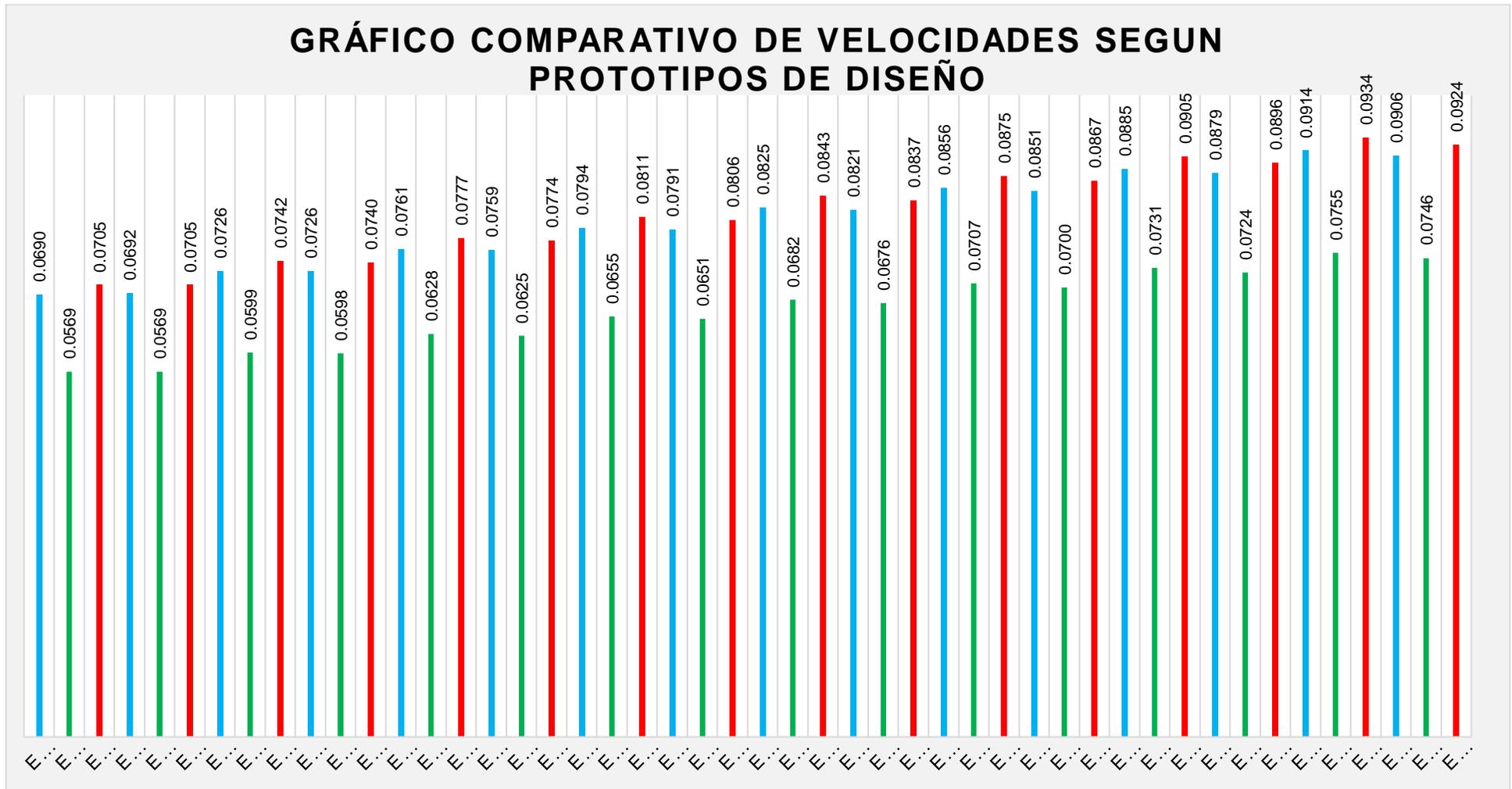
COMPARATIVO DE VELOCIDADES EN LOS 3 DIFERENTES PROTOTIPOS.

Tabla 6. Comparativo de Resultados de los Tres Ensayos de los prototipos.

ITEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m3)	TIEMPO (seg.)	AREA TRANSVERSAL (m2)		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)	%
				0.12 m	0.0725 m			
E-1	1	0.0180	30.0000	0.0087		0.000600	0.0690	97.87%
E-1	2	0.0180	36.3300	0.0087		0.000495	0.0569	80.81%
E-1	3	0.0180	29.3600	0.0087		0.000613	0.0705	100.00%
E-2	1	0.0190	31.5800	0.0087		0.000602	0.0692	98.14%
E-2	2	0.0190	38.3483	0.0087		0.000495	0.0569	80.81%
E-2	3	0.0190	30.9911	0.0087		0.000613	0.0705	100.00%
E-3	1	0.0200	31.6667	0.0087		0.000632	0.0726	97.87%
E-3	2	0.0200	38.3483	0.0087		0.000522	0.0599	80.81%
E-3	3	0.0200	30.9911	0.0087		0.000645	0.0742	100.00%
E-4	1	0.0210	33.2421	0.0087		0.000632	0.0726	98.14%
E-4	2	0.0210	40.3667	0.0087		0.000520	0.0598	80.81%
E-4	3	0.0210	32.6222	0.0087		0.000644	0.0740	100.00%
E-5	1	0.0220	33.2500	0.0087		0.000662	0.0761	97.87%
E-5	2	0.0220	40.2658	0.0087		0.000546	0.0628	80.81%
E-5	3	0.0220	32.5407	0.0087		0.000676	0.0777	100.00%
E-6	1	0.0230	34.8251	0.0087		0.000660	0.0759	98.14%
E-6	2	0.0230	42.2889	0.0087		0.000544	0.0625	80.81%
E-6	3	0.0230	34.1757	0.0087		0.000673	0.0774	100.00%
E-7	1	0.0240	34.7614	0.0087		0.000690	0.0794	97.87%
E-7	2	0.0240	42.0960	0.0087		0.000570	0.0655	80.81%
E-7	3	0.0240	34.0198	0.0087		0.000705	0.0811	100.00%
E-8	1	0.0250	36.3392	0.0087		0.000688	0.0791	98.14%
E-8	2	0.0250	44.1275	0.0087		0.000567	0.0651	80.81%
E-8	3	0.0250	35.6616	0.0087		0.000701	0.0806	100.00%
E-9	1	0.0260	36.2098	0.0087		0.000718	0.0825	97.87%
E-9	2	0.0260	43.8500	0.0087		0.000593	0.0682	80.81%
E-9	3	0.0260	35.4373	0.0087		0.000734	0.0843	100.00%
E-10	1	0.0270	37.7928	0.0087		0.000714	0.0821	98.14%
E-10	2	0.0270	45.8926	0.0087		0.000588	0.0676	80.81%
E-10	3	0.0270	37.0880	0.0087		0.000728	0.0837	100.00%
E-11	1	0.0280	37.6024	0.0087		0.000745	0.0856	97.87%
E-11	2	0.0280	45.5366	0.0087		0.000615	0.0707	80.81%
E-11	3	0.0280	36.8003	0.0087		0.000761	0.0875	100.00%
E-12	1	0.0290	39.1925	0.0087		0.000740	0.0851	98.14%
E-12	2	0.0290	47.5924	0.0087		0.000609	0.0700	80.81%
E-12	3	0.0290	38.4617	0.0087		0.000754	0.0867	100.00%
E-13	1	0.0300	38.9454	0.0087		0.000770	0.0885	97.87%
E-13	2	0.0300	47.1629	0.0087		0.000636	0.0731	80.81%
E-13	3	0.0300	38.1145	0.0087		0.000787	0.0905	100.00%
E-14	1	0.0310	40.5440	0.0087		0.000765	0.0879	98.14%
E-14	2	0.0310	49.2335	0.0087		0.000630	0.0724	80.81%
E-14	3	0.0310	39.7879	0.0087		0.000779	0.0896	100.00%
E-15	1	0.0320	40.2436	0.0087		0.000795	0.0914	97.87%
E-15	2	0.0320	48.7350	0.0087		0.000657	0.0755	80.81%
E-15	3	0.0320	39.3850	0.0087		0.000812	0.0934	100.00%
E-16	1	0.0330	41.8518	0.0087		0.000788	0.0906	98.14%
E-16	2	0.0330	50.8217	0.0087		0.000649	0.0746	80.81%
E-16	3	0.0330	41.0714	0.0087		0.000803	0.0924	100.00%

Fuente – Fuente Propia

Figura 25. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida de los Tres Prototipos



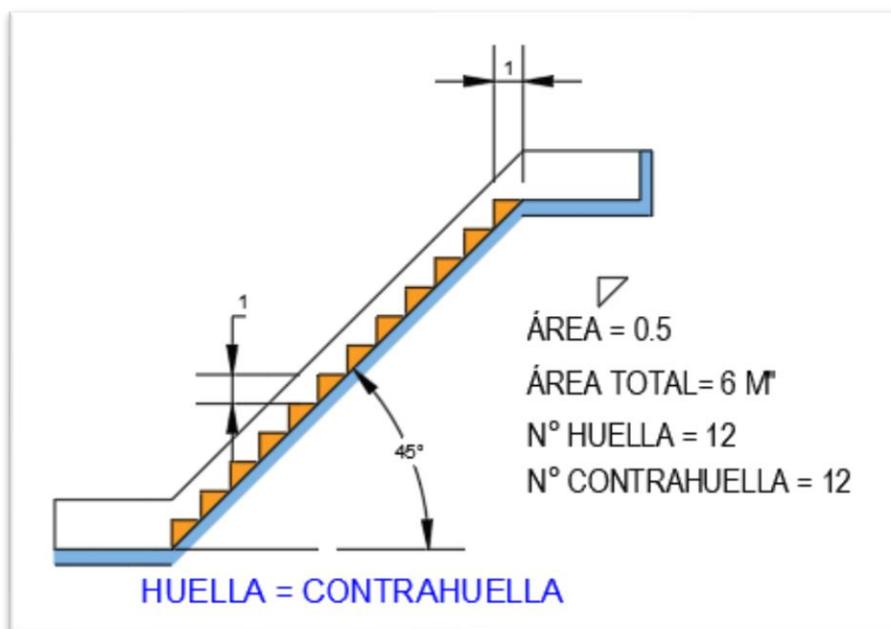
Fuente – Fuente Propia

ENSAYO CON SALIDA DE AGUA – TUBERIA DE 1/2”

ENSAYO N°01

Huella = Contra Huella : 1.00 m = 1.00 m

Figura 26. Diseño de Prototipo N°01



Fuente – Fuente Propia.

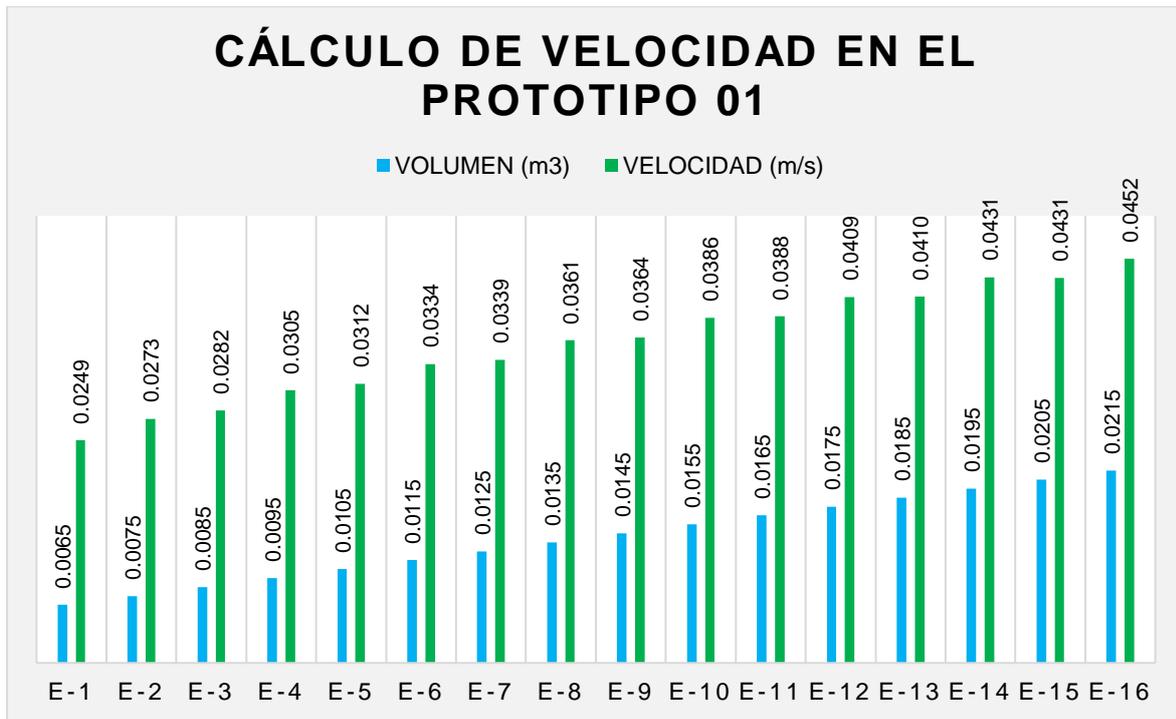
Se realizaron 16 pruebas y/o ensayos en el prototipo.

Tabla 7. Resultados del prototipo N°01 con salida de tubería de 1/2”

ITEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m ³)	TIEMPO (seg.)	AREA TRANSVERSAL (m ²)		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)
				0.12 m	0.0725 m		
E-1	1	0.0065	30.0000	0.0087	0.0087	0.0002	0.0249
E-2	1	0.0075	31.5800	0.0087	0.0087	0.0002	0.0273
E-3	1	0.0085	34.6154	0.0087	0.0087	0.0002	0.0282
E-4	1	0.0095	35.7907	0.0087	0.0087	0.0003	0.0305
E-5	1	0.0105	38.6878	0.0087	0.0087	0.0003	0.0312
E-6	1	0.0115	39.5581	0.0087	0.0087	0.0003	0.0334
E-7	1	0.0125	42.3723	0.0087	0.0087	0.0003	0.0339
E-8	1	0.0135	42.9979	0.0087	0.0087	0.0003	0.0361
E-9	1	0.0145	45.7621	0.0087	0.0087	0.0003	0.0364
E-10	1	0.0155	46.1830	0.0087	0.0087	0.0003	0.0386
E-11	1	0.0165	48.9181	0.0087	0.0087	0.0003	0.0388
E-12	1	0.0175	49.1625	0.0087	0.0087	0.0004	0.0409
E-13	1	0.0185	51.8829	0.0087	0.0087	0.0004	0.0410
E-14	1	0.0195	51.9718	0.0087	0.0087	0.0004	0.0431
E-15	1	0.0205	54.6873	0.0087	0.0087	0.0004	0.0431
E-16	1	0.0215	54.6370	0.0087	0.0087	0.0004	0.0452

Fuente – Fuente Propia.

Figura 27. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 01. salida de agua – tubería de 1/2"



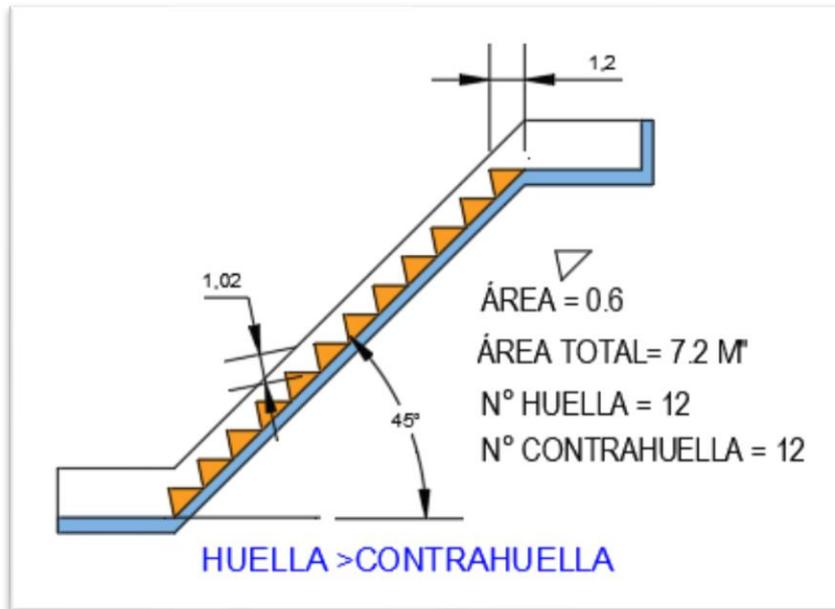
Fuente – Fuente Propia

DESCRIPCIÓN: En el ensayo realizado al prototipo 01 en el que la huella es igual a la contrahuella se observa que se tiene una velocidad y tiempo constante según el volumen de agua que se toma como muestra de ensayo del prototipo. Además, cabe indicar que se tiene un caudal variable al volumen de agua.

ENSAYO N°02

Huella > Contra Huella : 1.20 m = 1.02 m

Figura 28. Diseño de Prototipo N°02 con salida de agua – tubería de 1/2"



Fuente – Fuente Propia

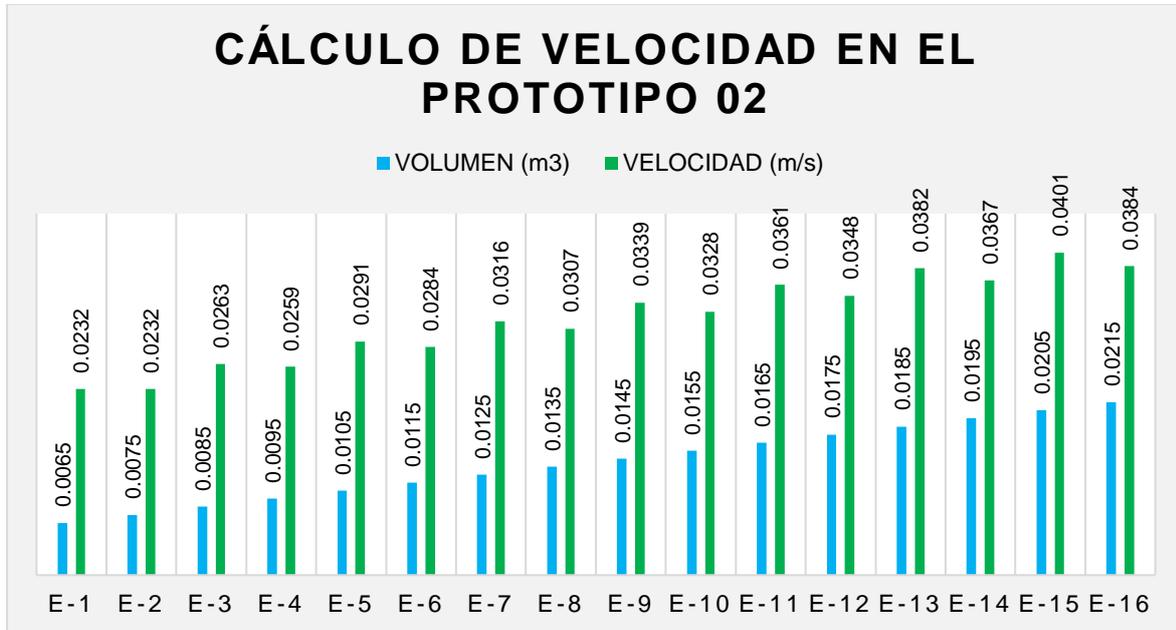
Se realizaron 16 pruebas y/o ensayos en el prototipo.

Tabla 8. Resultados del prototipo N°02 con salida de agua - tubería de 1/2"

ÍTEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m3)	TIEMPO (seg.)	ÁREA TRANSVERSAL		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)
				0.12 m	0.0725 m		
E-1	2	0.0065	32.2000	0.0087	0.0002	0.0232	
E-2	2	0.0075	37.1538	0.0087	0.0002	0.0232	
E-3	2	0.0085	37.1538	0.0087	0.0002	0.0263	
E-4	2	0.0095	42.1077	0.0087	0.0002	0.0259	
E-5	2	0.0105	41.5249	0.0087	0.0003	0.0291	
E-6	2	0.0115	46.5401	0.0087	0.0002	0.0284	
E-7	2	0.0125	45.4796	0.0087	0.0003	0.0316	
E-8	2	0.0135	50.5870	0.0087	0.0003	0.0307	
E-9	2	0.0145	49.1180	0.0087	0.0003	0.0339	
E-10	2	0.0155	54.3342	0.0087	0.0003	0.0328	
E-11	2	0.0165	52.5055	0.0087	0.0003	0.0361	
E-12	2	0.0175	57.8397	0.0087	0.0003	0.0348	
E-13	2	0.0185	55.6876	0.0087	0.0003	0.0382	
E-14	2	0.0195	61.1448	0.0087	0.0003	0.0367	
E-15	2	0.0205	58.6977	0.0087	0.0003	0.0401	
E-16	2	0.0215	64.2804	0.0087	0.0003	0.0384	

Fuente – Fuente Propia

Figura 29. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 02. salida de agua – tubería de 1/2"



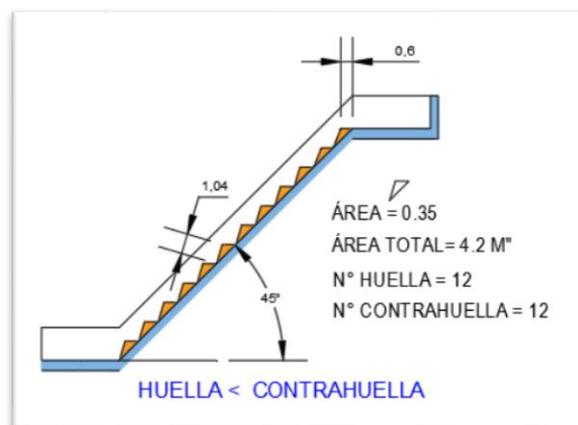
Fuente – Fuente Propia

DESCRIPCIÓN: En el ensayo realizado al prototipo 02 en el que la huella es mayor a la contrahuella se observa que se tiene una velocidad y tiempo constante según el volumen de agua que se toma como muestra de ensayo del prototipo. Además, cabe indicar que se tiene un caudal variable al volumen de agua.

ENSAYO N°03

Huella < Contra Huella : 0.60 m = 1.04 m

Figura 30. Diseño de Prototipo N°03 con salida de agua – tubería de 1/2"



Fuente – Fuente Propia

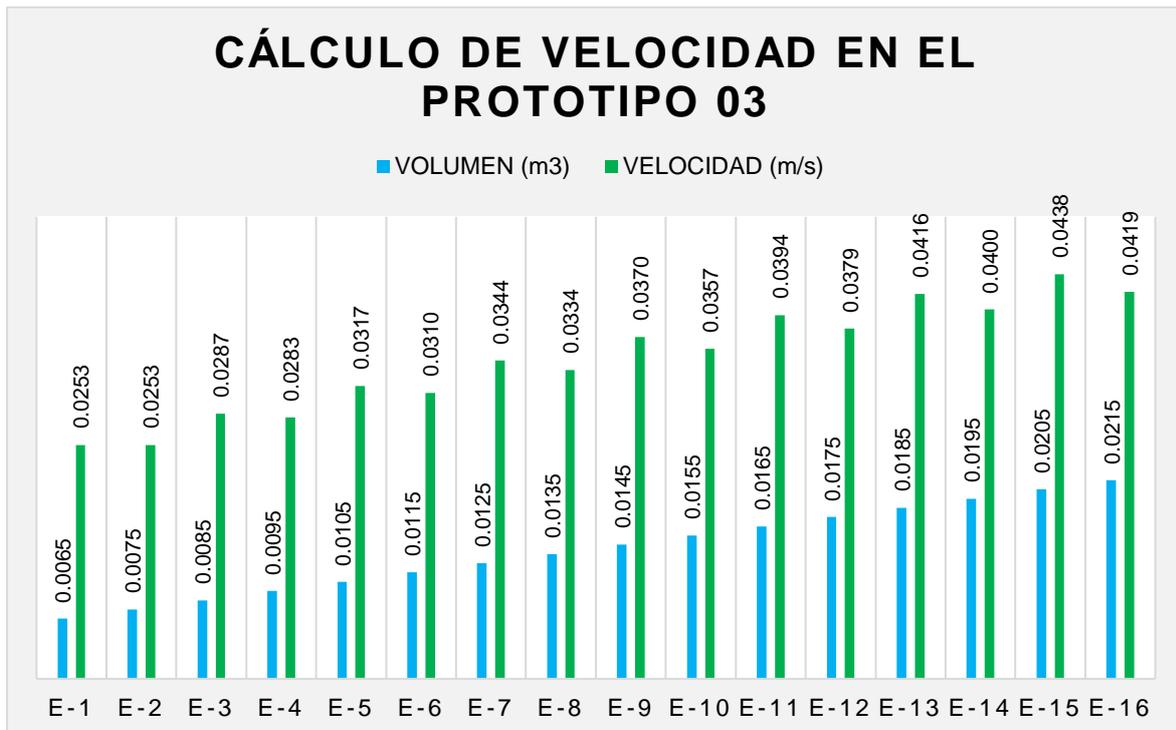
Se realizaron 16 pruebas y/o ensayos en el prototipo.

Tabla 9. Resultados del prototipo N°03 con salida de agua - tubería de 1/2"

ITEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m3)	TIEMPO (seg.)	AREA TRANSVERSAL		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)
				0.12 m	0.0725 m		
E-1	3	0.0065	29.5400		0.0087	0.0002	0.0253
E-2	3	0.0075	34.0846		0.0087	0.0002	0.0253
E-3	3	0.0085	34.0846		0.0087	0.0002	0.0287
E-4	3	0.0095	38.6292		0.0087	0.0002	0.0283
E-5	3	0.0105	38.0946		0.0087	0.0003	0.0317
E-6	3	0.0115	42.6955		0.0087	0.0003	0.0310
E-7	3	0.0125	41.7226		0.0087	0.0003	0.0344
E-8	3	0.0135	46.4081		0.0087	0.0003	0.0334
E-9	3	0.0145	45.0604		0.0087	0.0003	0.0370
E-10	3	0.0155	49.8458		0.0087	0.0003	0.0357
E-11	3	0.0165	48.1681		0.0087	0.0003	0.0394
E-12	3	0.0175	53.0616		0.0087	0.0003	0.0379
E-13	3	0.0185	51.0873		0.0087	0.0004	0.0416
E-14	3	0.0195	56.0937		0.0087	0.0003	0.0400
E-15	3	0.0205	53.8488		0.0087	0.0004	0.0438
E-16	3	0.0215	58.9703		0.0087	0.0004	0.0419

Fuente – Fuente Propia

Figura 31. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida en el Prototipo 03. salida de agua – tubería de 1/2"



Fuente – Fuente Propia

DESCRIPCIÓN: En el ensayo realizado al prototipo 03 en el que la huella es menor a la contrahuella se observa que se tiene una velocidad y tiempo constante según el volumen de agua que se toma como muestra de ensayo del prototipo. Además, cabe indicar que se tiene un caudal variable al volumen de agua.

COMPARATIVO DE VELOCIDADES EN LOS 3 DIFERENTES PROTOTIPOS.

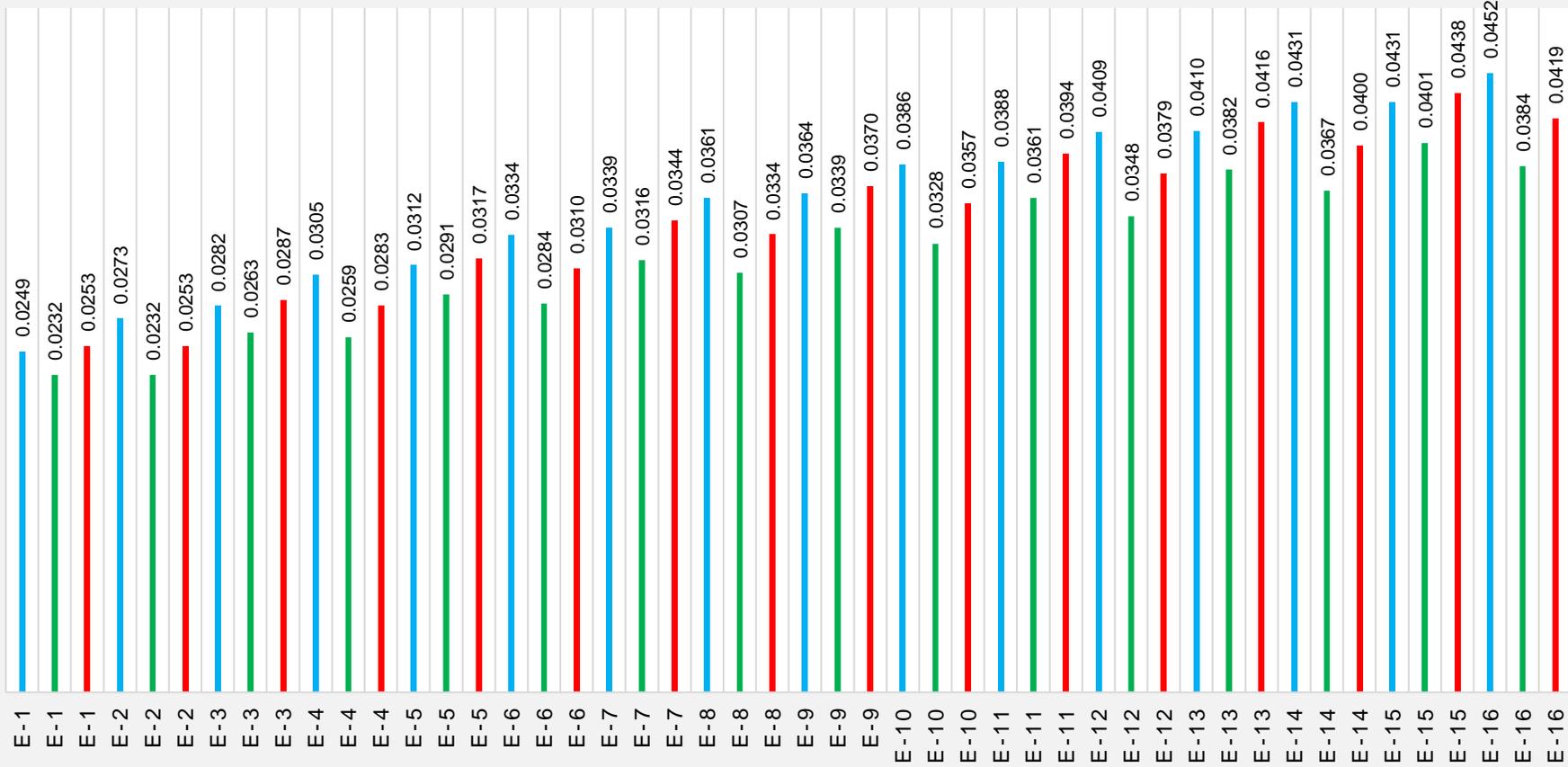
Tabla 10. Comparativo de Resultados de los Tres Ensayos de los prototipos. Con salida de agua – Tubería de 1/2"

ÍTEM	PROTOTIPO	VOLUMEN (m ³)	TIEMPO (seg.)	ÁREA TRANSVERSAL (m ²)		CAUDAL (Q.)	VELOCIDAD (m/s)	%
				0.12 m	0.0725 m			
E-1	1	0.0065	30.0000	0.0087		0.000217	0.0249	98.47%
E-1	2	0.0065	32.2000	0.0087		0.000202	0.0232	91.74%
E-1	3	0.0065	29.5400	0.0087		0.000220	0.0253	100.00%
E-2	1	0.0075	31.5800	0.0087		0.000237	0.0273	107.93%
E-2	2	0.0075	37.1538	0.0087		0.000202	0.0232	91.74%
E-2	3	0.0075	34.0846	0.0087		0.000220	0.0253	100.00%
E-3	1	0.0085	34.6154	0.0087		0.000246	0.0282	98.47%
E-3	2	0.0085	37.1538	0.0087		0.000229	0.0263	91.74%
E-3	3	0.0085	34.0846	0.0087		0.000249	0.0287	100.00%
E-4	1	0.0095	35.7907	0.0087		0.000265	0.0305	107.93%
E-4	2	0.0095	42.1077	0.0087		0.000226	0.0259	91.74%
E-4	3	0.0095	38.6292	0.0087		0.000246	0.0283	100.00%
E-5	1	0.0105	38.6878	0.0087		0.000271	0.0312	98.47%
E-5	2	0.0105	41.5249	0.0087		0.000253	0.0291	91.74%
E-5	3	0.0105	38.0946	0.0087		0.000276	0.0317	100.00%
E-6	1	0.0115	39.5581	0.0087		0.000291	0.0334	107.93%
E-6	2	0.0115	46.5401	0.0087		0.000247	0.0284	91.74%
E-6	3	0.0115	42.6955	0.0087		0.000269	0.0310	100.00%
E-7	1	0.0125	42.3723	0.0087		0.000295	0.0339	98.47%
E-7	2	0.0125	45.4796	0.0087		0.000275	0.0316	91.74%
E-7	3	0.0125	41.7226	0.0087		0.000300	0.0344	100.00%
E-8	1	0.0135	42.9979	0.0087		0.000314	0.0361	107.93%
E-8	2	0.0135	50.5870	0.0087		0.000267	0.0307	91.74%
E-8	3	0.0135	46.4081	0.0087		0.000291	0.0334	100.00%
E-9	1	0.0145	45.7621	0.0087		0.000317	0.0364	98.47%
E-9	2	0.0145	49.1180	0.0087		0.000295	0.0339	91.74%
E-9	3	0.0145	45.0604	0.0087		0.000322	0.0370	100.00%
E-10	1	0.0155	46.1830	0.0087		0.000336	0.0386	107.93%
E-10	2	0.0155	54.3342	0.0087		0.000285	0.0328	91.74%
E-10	3	0.0155	49.8458	0.0087		0.000311	0.0357	100.00%
E-11	1	0.0165	48.9181	0.0087		0.000337	0.0388	98.47%
E-11	2	0.0165	52.5055	0.0087		0.000314	0.0361	91.74%
E-11	3	0.0165	48.1681	0.0087		0.000343	0.0394	100.00%
E-12	1	0.0175	49.1625	0.0087		0.000356	0.0409	107.93%
E-12	2	0.0175	57.8397	0.0087		0.000303	0.0348	91.74%
E-12	3	0.0175	53.0616	0.0087		0.000330	0.0379	100.00%
E-13	1	0.0185	51.8829	0.0087		0.000357	0.0410	98.47%
E-13	2	0.0185	55.6876	0.0087		0.000332	0.0382	91.74%
E-13	3	0.0185	51.0873	0.0087		0.000362	0.0416	100.00%
E-14	1	0.0195	51.9718	0.0087		0.000375	0.0431	107.93%
E-14	2	0.0195	61.1448	0.0087		0.000319	0.0367	91.74%
E-14	3	0.0195	56.0937	0.0087		0.000348	0.0400	100.00%
E-15	1	0.0205	54.6873	0.0087		0.000375	0.0431	98.47%
E-15	2	0.0205	58.6977	0.0087		0.000349	0.0401	91.74%
E-15	3	0.0205	53.8488	0.0087		0.000381	0.0438	100.00%
E-16	1	0.0215	54.6370	0.0087		0.000394	0.0452	107.93%
E-16	2	0.0215	64.2804	0.0087		0.000334	0.0384	91.74%
E-16	3	0.0215	58.9703	0.0087		0.000365	0.0419	100.00%

Fuente – Fuente Propia

Figura 32. Gráfico Comparativo del Tiempo y Velocidad Obtenida de los Tres Prototipos

GRÁFICO COMPARATIVO DE VELOCIDADES SEGUN PROTOTIPOS DE DISEÑO



Fuente – Fuente Propi

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Prueba de hipótesis principal

H0: El modelo experimental comparativo con diferente tipo de altura en pasos y contrapasos, no disminuirá las velocidades en canales escalonado en pendientes fuertes.

H1: El modelo experimental comparativo con diferente tipo de altura en pasos y contrapasos, disminuirá las velocidades en canales escalonado en pendientes fuertes.

Tabla 11 Análisis de correlación existente de velocidad y tiempo en canales escalonados.

		VELOCIDAD	TIEMPO
VELOCIDAD	Correlación de Pearson	1	,959**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	16	16
TIEMPO	Correlación de Pearson	,959**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	16	16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN: La tabla 11 muestra la correlación realizada a la variación de velocidades según prototipos de canales escalonados con pendiente fuerte. en el que el valor de $p=0.00$ es menor a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis de la investigación y se rechaza la hipótesis nula. El modelo experimental comparativo con diferente tipo de altura en pasos y contrapasos, disminuirá las velocidades en canales escalonado en pendientes fuertes.

Prueba de hipótesis específica 1

H0: Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es mayor a la contrahuella no disminuirá la velocidad del agua.

H1: Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es mayor a la contrahuella disminuirá la velocidad del agua.

Tabla 12: Análisis de correlación existente de huella, contrahuella y velocidad en canales escalonados.

		VELOCIDAD	TIEMPO
VELOCIDAD	Correlación de Pearson	1	,967**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	16	16
TIEMPO	Correlación de Pearson	,967**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	16	16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN: La tabla 12 muestra la correlación al prototipo en el que la huella es mayor a la contrahuella en el que el valor de $p=0.00$ es menor a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis de la investigación y se rechaza la hipótesis nula. Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es mayor a la contrahuella disminuirá la velocidad del agua.

Prueba de hipótesis específica 2

H0: Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es menor no disminuirá la velocidad del agua.

H1: Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es menor disminuirá la velocidad del agua

Tabla 13: Análisis de correlación existente de huella menos que contrahuella y velocidad en canales escalonados.

		PROTOTIPO	VELOCIDAD
PROTOTIPO	Correlación de Pearson	1	,988**
	Sig. (bilateral)		,006
	N	16	16
VELOCIDAD	Correlación de Pearson	,988**	1
	Sig. (bilateral)	,006	
	N	16	16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN: La tabla 13 muestra la correlación realizada al prototipo en el que la huella es menor que la contrahuella en el que el valor de $p=0.06$ es mayor a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador. Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es menor no disminuirá la velocidad del agua.

Prueba de hipótesis específica 3

H0: El prototipo con distinto tipo de diseño geométrico, no reducirá la velocidad del agua.

H1: El prototipo con distinto tipo de diseño geométrico, reducirá la velocidad del agua.

Tabla 14: Análisis de correlación existente de prototipos diseñados y velocidad.

		Correlaciones			
		PROTOTIPO 1	PROTOTIPO 2	PROTOTIPO 3	VELOCIDAD
PROTOTIPO 1	Correlación de Pearson	1	1,000**	1,000**	,988**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000
	N	16	16	16	16
PROTOTIPO 2	Correlación de Pearson	1,000**	1	1,000**	,988**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000
	N	16	16	16	16
PROTOTIPO 3	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1	,988**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	16	16	16	16
VELOCIDAD	Correlación de Pearson	,988**	,988**	,988**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	16	16	16	16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN: La tabla 14 muestra la correlación realizada a los prototipos y la velocidad en el que el valor de $p=0.06$ es mayor a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del

investigador. Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es menor no disminuirá la velocidad del agua.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación fue ejecutada en el distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, con la finalidad de proponer un diseño geométrico que logre reducir la velocidad del flujo del agua, por ello se diseñó la elaboración de 03 prototipos de canal o rápida escalonada con diferentes relaciones de longitud de Huella y Contrahuella y en los 03 casos se diseñó con una pendiente de $S_o=200\%$ (pendiente fuerte), en los estudios de Roshan et al. (2010), propone dos montajes de canales escalonados con diferentes relaciones de Huella y Contrahuella y con una misma pendiente de $S_o=19.2\%$ la Primera realiza sus estudios de sus diseños geométricos con una misma pendiente, como es el caso de la investigación realizada, la Segunda. Roshan et al. (2010) no trabaja con pendientes fuertes, en el presente proyecto la pendiente de los diseños geométricos de los prototipos del canal escalonado es considerado Pendiente Fuerte.

En la tesis de Rosado (2005), calcula la velocidad del flujo del agua con la formula $V=(Q/b) /y_{90}$, donde indica que si la $V>5m/s$ replantee variables geométricas como el ancho, altura de muros y pendiente de ser posible, para que el canal sea funcional como disipador de energía principal. Con respecto al cálculo de la velocidad del flujo del agua en la presente investigación se realizó de acuerdo al tiempo siendo también controlado por un cronometro, desde la salida del tanque hasta la terminación del canal escalonado en las 03 pruebas realizadas.

En el presente proyecto para realizar el cálculo de la velocidad del flujo de agua no es necesario calcular con una formula sino más bien también se puede calcular a través de un cronometro.

VI. CONCLUSIONES

6.1. El modelo experimental comparativo con diferente diseño geométrico, si reduce la velocidad del flujo del agua en un canal o rápida escalonada, con pendiente fuerte.

6.2. Mientras mayor sea la medida de la huella, la velocidad del flujo del agua es más controlado con respecto al resalto hidráulico a comparación de los dos prototipos elaborados, donde la $Huella=Contra$, $Huella<Contra$ $Huella$ del canal, esto ocurre cuando el caudal del agua es fuerte.

6.3. Mientras menor sea la medida de la huella, la velocidad del flujo del agua es menos controlada con respecto al resalto hidráulico, causando deterioro en las paredes del canal y perdida del agua, a comparación de los otros 02 prototipos elaborados, donde la $Huella=Contra$ $Huella$; $Huella>Contra$ $Huella$, esto ocurre cuando el caudal del agua es fuerte.

6.4. Mientras mayor sea la medida de la huella, la velocidad del flujo del agua es más controlado con respecto al resalto hidráulico a comparación del primer diseño, donde la $Huella=Contra$ $Huella$ del canal, esto ocurre cuando el caudal del agua es mínimo.

6.5. Mientras menor sea la medida de la huella, la velocidad del flujo del agua y comportamiento es más controlado y optimo con respecto al resalto hidráulico a comparación del primer diseño, donde la $Huella=Contra$ $Huella$ del canal y/o al segundo prototipo donde la $Huella > Contra$ $Huella$ del canal, esto ocurre cuando el caudal del agua es mínimo.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Que efectivamente los diseños geométricos propuestos en la investigación de la elaboración de mi tesis si, reduce la velocidad del flujo del agua.

7.2. Que si la huella del canal escalonado es mayor a la contrahuella reduce la velocidad del flujo del agua cuando el caudal del agua es fuerte a comparación de los 2 diseños geométricos planteados, $H=CH$ y $H<CH$, que para caudales mayores es más efectivo y eficiente, que la huella sea mayor que la contrahuella, comprobado en los ensayos desarrollados en la investigación de mi tesis.

7.3. Que cuando la contrahuella del canal escalonado es mayor a la huella reduce mas la velocidad del flujo del agua cuando el caudal del agua es menor a comparación de los otros dos diseños geométricos planteados, $H=CH$ y $H>CH$, que para caudales menores es más efectivo y eficiente, que la huella sea menor que la contrahuella, comprobado en los ensayos desarrollados en la investigación de mi tesis.

REFERENCIAS

1. BENDEZÚ, J. P. Diseño Hidráulico de una Rápida Para el Proyecto: Construcción del Canal Principal de Fortaleza, Distrito de Congas, Provincia de Ocos, Región Ancash, Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de San Marcos. 2003.
2. Autoridad Nacional del Agua, A. N. (2010). Manual: Criterios De Diseños De Obras Hidráulicas Para La Formulación de Proyectos Hidráulicos. Lima.
3. Villon, M. B. (2002). Manual Práctico para el Diseño de Canales. Lima: Editorial Villon.
4. Villon, M. B. (2005). Diseño de Estructuras Hidráulicas. Lima: Editorial Villon.
5. Villon, M. B. (2007). Hidráulica de Canales. Lima: Editorial Villon
6. Gabriel, R. C. (2017) Tesis: Metodología para el diseño de canales escalonados, disipadores de energía, empleados en Drenaje Urbano, Basada en Modelación Física, Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
7. Valentina A. G. (2022) Tesis: Manual de Diseño y Guía de Calculo de Canales Escalonados (Disipadores de Energía) Para Obras Propuestas o Existentes que se Encuentren Comprometidas por Corrientes de Agua, a fin de disimular la energía en las Zonas Descarga y Evitar Socavación, Medellín: Universidad de Antioquia.
8. MOLINA, D., GUEVARA, J. ANALISIS EXPERIMENTAL DE LA DISIPACION DE ENERGIA EN CIMACIOS EON PERFIL LISO Y ESCALONADO, Tesis (título profesional de Ingeniero Civil y Ambiental). Ecuador: Universidad Nacional del Ecuador.
9. DIAZ RUA, Andrea, ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL FLUJO EN UNA RÁPIDA ESCALONADA COMPARANDO LOS RESULTADOS DE UN MODELO FÍSICO CON UN MODELO NUMÉRICO EN OPENFOAM, Tesis (título profesional de Ingeniero Civil) Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.2021.

10. Nataly del T. A. Bases y Criterios de Diseño de Canales con Flujo Escalonado y Sujetos a Aireación Natural, Quito – Ecuador: Universidad Central del Ecuador. 2013.
11. JACQUES CHORDA, LUDOVIC CASSAN, PASCALE LAURENS. MODELING STEEP-SLOPE FLOW ACROSS STAGGERED EMERGENT CILINDRES: application to fish passes. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 2019, 145 (11), pp.0. 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001630: <https://oatao.univ-toulouse.fr/25682>
12. SORAYDA V. P. (2013) Tesis: Manual Básico de Diseño de Estructuras de Disipación de Energía Hidráulica. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejercit.
13. OHTSU, I., & YASUDA, Y. (1997). Characteristics of flows conditions on stepped channels. In 27th IAHR Biennial Congress (pp. 583–588). San Francisco.
14. OHTSU, I., YASUDA, Y., & TAKAHASHI, M. (2004). Flow Characteristics of Skimming Flows in Stepped Channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(9), 860–869. Retrieved from 10.1061/(ASCE)0733-9429(2004)130:9(860)
15. CHANSON, H. (1995a). COMPARISON OF ENERGY-DISSIPATION IN NAPPE AND SKIMMING FLOW REGIMES ON STEPPED CHUTES (Vol 32, Pg 213, 1994). *Journal Of Hydraulic Research*, 33, 114.
16. Article in *Journal of mountain Science* (2014) Characteristics of a drainage channel with staggered indented sills for controlling debris flows : <https://www.research.net/publication/278164812>.
17. CHANSON, H. (1995a). Comparison of Energy-Dissipation in Nappe and Skimming Flow Regimes on Stepped Chutes (Vol 32, Pg 213, 1994). *Journal Of Hydraulic Research*, 33, 114.
18. CHASON, Hubert *Hydraulic design of Stepped Cascades, Channels, Weirs and Spillways*. *Hydraulics and Environmental Engineering*. Department of civil Engineering. The University of Queensland Brisbane QLD 4072, Australia. Ed. Pergamon. Primera Edición 1994.
19. TABOAS, A., COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE LOS ALIVIADEROS ESCALONADOS EN PRESAS DE HORMIGON

- COMPACTADO, UPC. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
20. AMADOR, A., SANCHEZ-JUNY, M. Y DOLZ, J., DISEÑO HIDRAULICO DE ALIVIADEROS ESCALONADOS EN PRESAS DE HCR, Ingeniería del Agua. Vol. 13 ed. N°4(2006)
 21. GONZALES, C.A. Y CHANSON, H., DISEÑO HIDRAULICO DE VERTEDEROS ESCALONADOS ECON PENDIENTES MODERADOS. Tesis (Titulo profesional de Ingeniero Civil). Australia: Universidad de Queensland.1997.99pp.
 22. CHAMANI, Manhammad R. Air inception in skiimming Flow regime over stepped spillways Hydraulics of Stepped Spillways, Ed. Balkema, Róterdam, 61-67 Pg. 2000
 23. GÓMEZ, GABRIEL CLARA. “DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL.”: 1–6 (2012).
 24. GRUBELNIK, v. 2020. “Dinámica de Fluidos.
 25. GUSTAVO, Por, and RICHMOND NAVARRO. 2010. Modelos de Turbulencia.
 26. Abdel Aal, Gamal M., M. Sobeah, Esam Helal, and M. El-Fooly. 2018. “Improving Energy Dissipation on Stepped Spillways Using Breakers.” Ain Shams Engineering Journal 9(4): 1887–96.
 27. CHEN Xiao-qing^{1,2*}, YOU Yong^{1,2}, CHEN Jian-gang^{1,2}, HUANG Kai^{1,2}, LI De-ji^{1,2} Characteristics of a Drainage Channel with Staggered Indented Sills for Controlling Debris Flows (2014)
 28. ANDREA ELIZABETH DIAZ RUA, Análisis Del Comportamiento Hidráulico Del Flujo En Una Rápida Escalonada Comparando Los Resultados De Un Modelo Físico Con Un Modelo Numérico En Openfoam. Universidad Catolica de Colombia 2021.
 29. ROSADO, G. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE CANALES ESCALONADOS, DISIPADORES DE ENERGIA, EMPLEADOS EN DRENAJE URBANO, BASADO EN LA MODELACION FISICA. Facultad de Minas, departamento de Geociencias Y Medio Ambiente Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 2017.

30. Peterka A. J. HYDRAULIC DESIGN OF STILLING BASINS AND ENERGY DISSIPATORS. ENGINEERING MONOGRAPH No. 25. United States Bureau of Reclamation (USBR). Denver, Colorado, USA. 1984
31. PARDO R. & ALEGRET E. DISEÑO HIDRÁULICO DE ALIVIADEROS Y OBRAS DE TOMA PARA PRESAS. Editorial Félix Varela, ISBN 978-959-07-1692-8, La Habana, Cuba. 2012
32. PARDO R. MONOGRAFÍA SOBRE DISIPADORES DE ENERGÍA. ISBN: 978-959-261-565- 6. Departamento de Ediciones CUJAE, La Habana, Cuba. 2017.
33. Latessa, Gastón, and Martín Sabarots Gerbec. 2014. “Vertederos Escalonados, Abordaje Teórico, Experimental y Numérico.” 2do Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos (October 2014).
34. FLORES RISCO, Jhoan Manuel y MELENDEZ SALDAÑA, Jose Luis. INFLUENCIA DEL CAUDAL Y SECCION DE UNA ALCANTARILLA CON RAPIDA ESCALONADA PARA REDUCIR LA ACCION EROSIVA MEDIANTE MODELACION NUMERICA Km 41+900 CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. 2019.
35. Ayala-Rojas, Luis Efrén, Alejandro Franco-Rojas, and Edgar Alexander Padilla-González. 2020. “Evaluación de La Eficiencia En Disipación de Energía En Estructuras Hidráulicas Construidas Con Gaviones y Material Reciclado (Neumático Usado) Mediante Modelamiento Físico a Escala Reducida.” Revista UIS Ingenierías 19(1): 143–54.
36. Frizell, K. W., & Frizell, K. (2015). *Guidelines for Hydraulic Design of Stepped Spillways*.
37. COAGUILA RODRIGUEZ, Juan Manuel. MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA EL ESTUDIO DE LA DISIPACION DE ENERGIA EN CIMACIOS CON TRAMPOLINES. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Católica Santa María. 2016.
38. http://fluidos.eia.edu.co/obras_hidraulicas/articulos/articulopagppal.html
39. <http://es.scribd.com/doc/93281511/48896432-Manual-de-Drenaje-Invias>
40. <http://es.scribd.com/doc/7859592/Diseño-de-caidas-verticales>

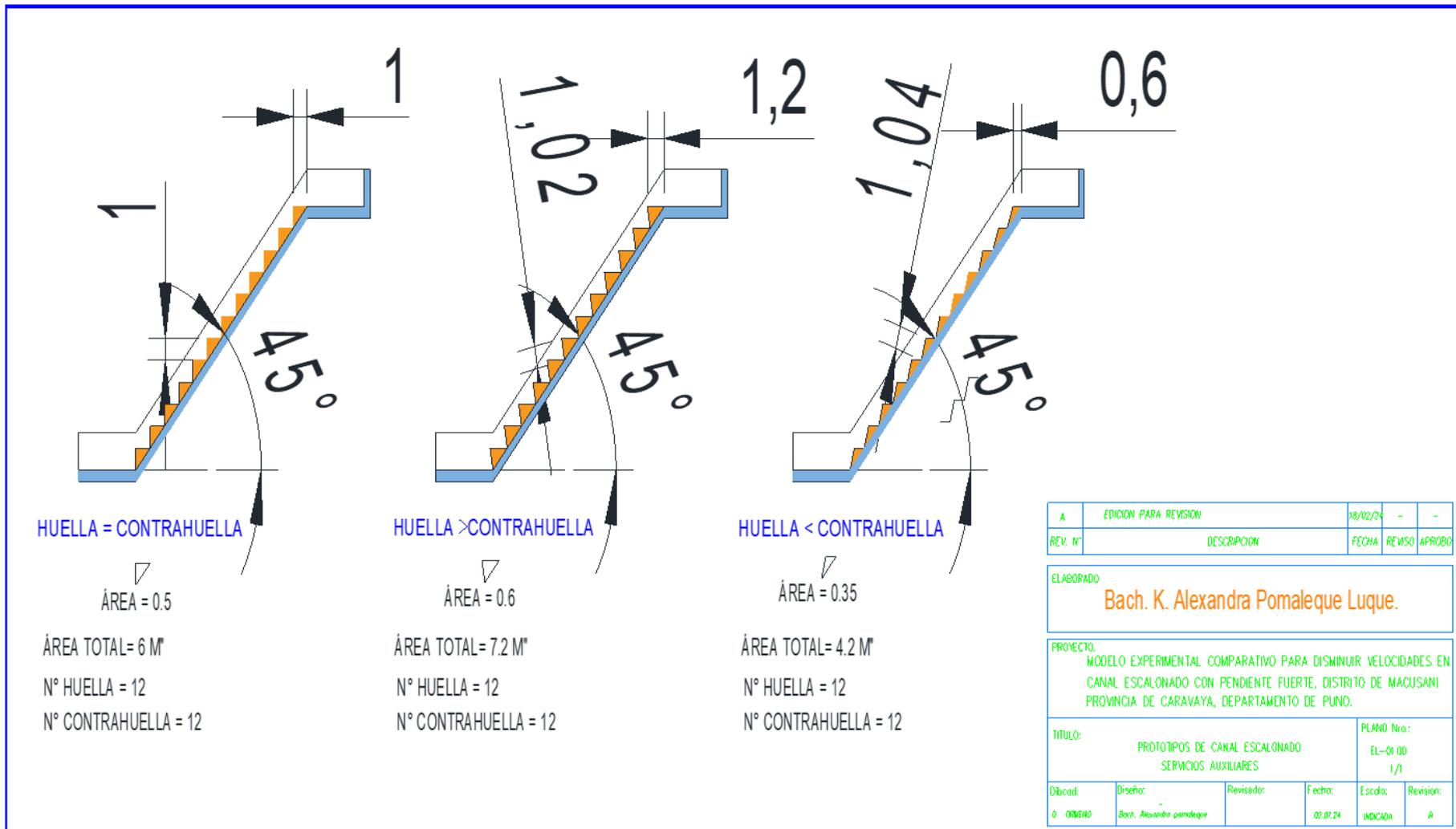
41. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1747/doc1747-1.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA OPTENER LA INFORMACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿cómo un modelo experimental comparativo, disminuirá las velocidades en canales escalonado con pendientes fuertes?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál será la reducción de la velocidad del agua si la huella es mayor a la contrahuella? 2. ¿Cuál será la reducción de la velocidad del agua si la huella es menor que la contrahuella del canal? 3. ¿en cuánto reducirá la velocidad del agua con referencia a los prototipos? 	<p>OBJETIVO GENERAL Analizar si el modelo experimental en canales escalonados con pendiente fuerte, disminuirá la velocidad del agua.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el porcentaje de reducción de la velocidad del agua en un canal escalonado con pendiente fuerte, si la huella es mayor a la contrahuella. 2. Determinar el porcentaje de reducción de la velocidad del agua en un canal escalonado con pendiente fuerte si la huella es menor a la contrahuella. 3. determinar el porcentaje de reducción de la velocidad del agua en los prototipos del modelo experimental. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL el modelo experimental comparativo con diferente tipo de altura en pasos y contrapasos, disminuirá las velocidades en canales escalonado en pendientes fuertes.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es mayor a la contrahuella disminuirá la velocidad del agua. 2. Si la huella del canal escalonado con pendiente fuerte es menor disminuirá la velocidad del agua. 3. El prototipo con distinto tipo de diseño geométrico, reducirá la velocidad del agua. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE CANAL ESCALONADO</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Por la función que cumple: independiente. b. Por su naturaleza: activa. c. Por el método de estudio: cuantitativa. <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volumen. <p>ESCALA DE VALORIZACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volumen del agua. <p>VARIABLE DEPENDIENTE VELOCIDAD DEL AGUA</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Por su función que cumple: dependiente b. Por su naturaleza: pasiva c. Por el método de estudio: cuantitativa. <p>INDICADORES</p> <p>ESCALA DE VALORIZACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Numero de aplicaciones. - Porcentaje de material. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE CANAL ESCALONADO</p> <p>TÉCNICA Determinación</p> <p>INSTRUMENTO Volumen de agua.</p> <p>MATERIALES Diferentes tipos de prototipo.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE VELOCIDAD DEL AGUA</p> <p>TÉCNICA Uso de las fórmulas.</p> <p>INSTRUMENTO: Cronometro digital de mano.</p>	<p>INSTRUMENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formatos y cuadernillo de apuntes - Canal de prototipo del canal escalonado

ANEXO 2: PLANOS



ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 33. Prototipos con diferente diseño geométrico.



Figura 34. Tanque elevado con dos salidas de agua - tubería de 1" y 1/2".



Figura 35. Nivelación manual de los Prototipos antes de las pruebas hidráulicas.

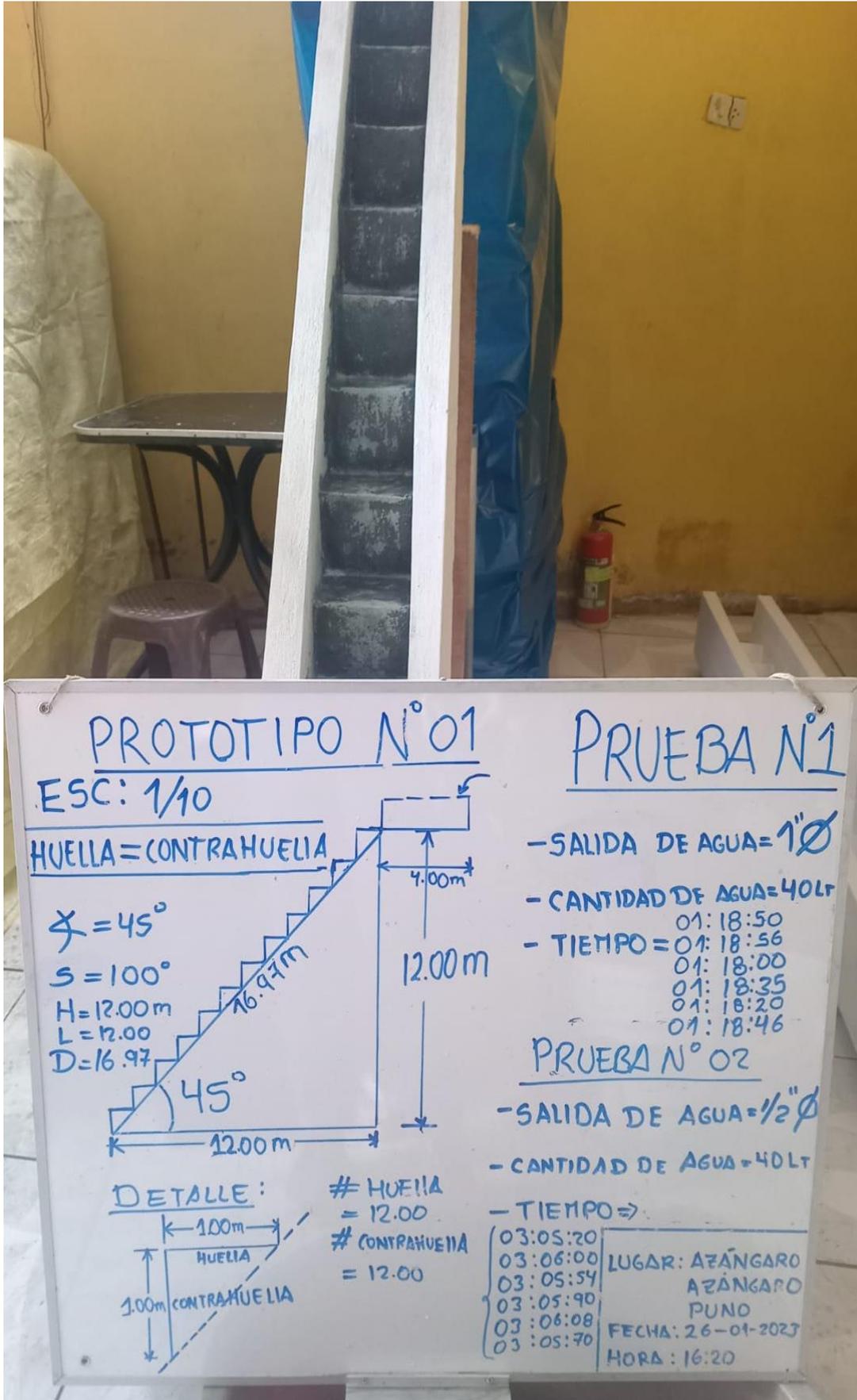


Figura 36. Prototipo N°01 Huella = Contrahuella.



Figura 37. Prototipo N°02 Huella > Contrahuella.

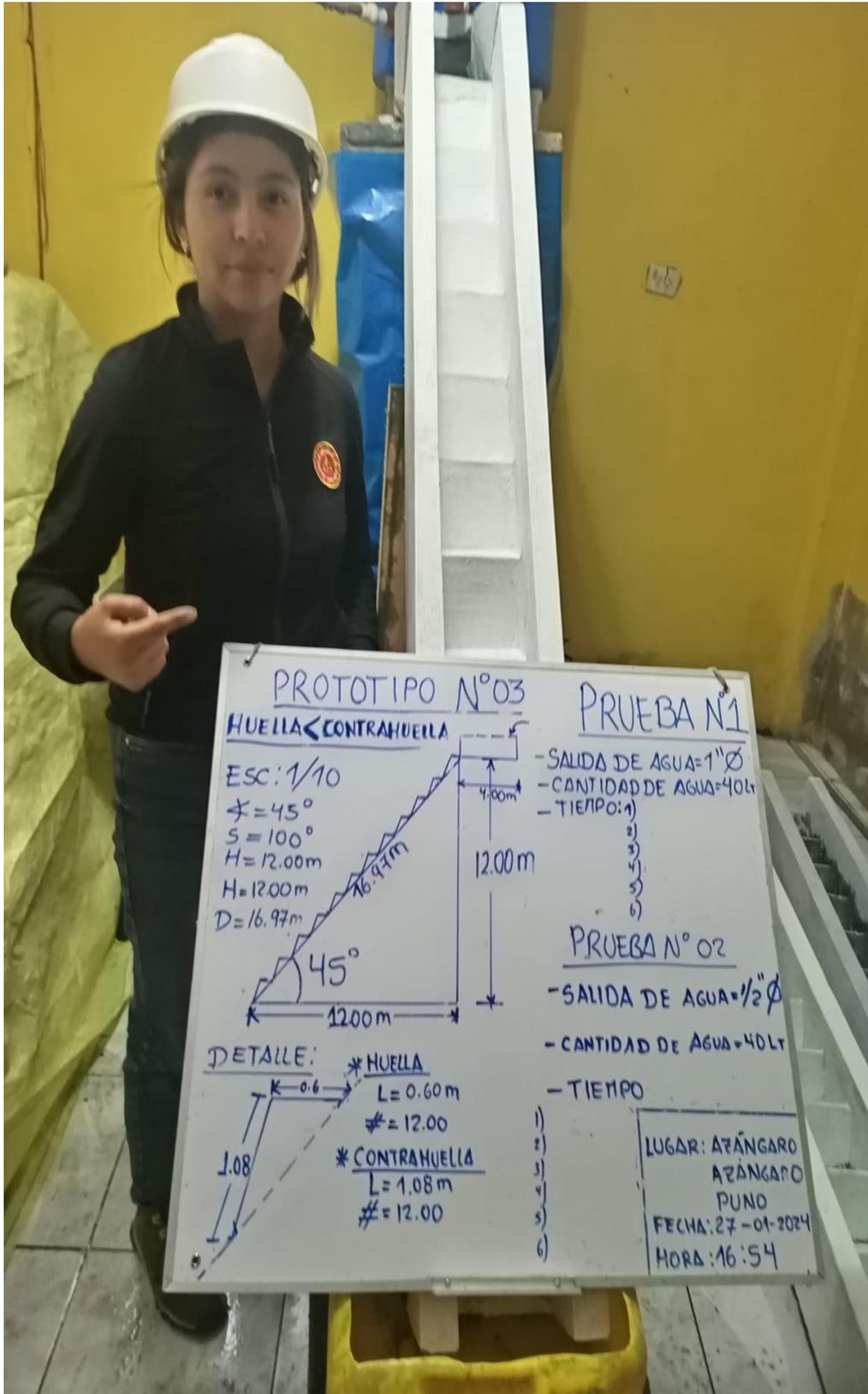


Figura 38. Prototipo N°03 Huella < Contrahuella



Figura 39. Inicio de Pruebas.



Figura 40. Muestreo y pruebas experimentales prototipos.



Figura 41. Ejecución de Pruebas en prototipos.

ANEXO 4: APROBACIÓN DE ESPECIALISTAS EN HIDRAÚLICA



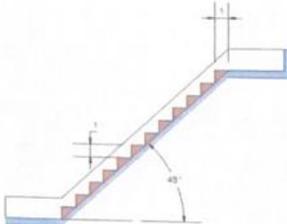
UCV
UNIVERSIDAD
CESAR VALDIVIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

MODELO EXPERIMENTAL COMPARATIVO PARA DISMINUIR VELOCIDADES EN CANALES ESCALONADOS CON PENDIENTE FUERTE,
DISTRITO DE MACUSANI - PROVINCIA DE CARABAYA 2023.

FICHA DE DATOS OBTENIDOS DE PROTOTIPO 01

PROTOTIPO	01	Fecha	Enero del 2024
OBSERVACION	Modelo Experimental de Calculo de Velocidad en el Prototipo N° 01		



HUELLA = CONTRAHUELLA

ÁREA = 0.5

ÁREA TOTAL = 6 M²

N° HUELLA = 12

N° CONTRAHUELLA = 12

TIPO DE MATERIAL DE LA RED					
TIPO DE MATERIAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO DE SALIDA (PLG)	VOLUMEN INICIO (LTS)	VOLUMEN SALIDA (LTS)	TIEMPO
CONCRETO	1.67	1	18	18	30.00
CONCRETO	1.67	1	19	19	31.58
CONCRETO	1.67	1	20	20	31.67
CONCRETO	1.67	1	21	21	33.24
CONCRETO	1.67	1	22	22	33.25
CONCRETO	1.67	1	23	23	34.83
CONCRETO	1.67	1	24	24	34.76
CONCRETO	1.67	1	25	25	36.34
CONCRETO	1.67	1	26	26	36.21
CONCRETO	1.67	1	27	27	37.79
CONCRETO	1.67	1	28	28	37.60
CONCRETO	1.67	1	29	29	39.19
CONCRETO	1.67	1	30	30	38.95
CONCRETO	1.67	1	31	31	40.54
CONCRETO	1.67	1	32	32	40.24
CONCRETO	1.67	1	33	33	41.85

OBSERVACIONES Y/O ALCANCES

CABE INDICAR QUE SE MUESTRA UNA DISMINUCION CONSTANTE DE LA VELOCIDAD EN RELACION AL VOLUMEN DE AGUA Y TIEMPO CONTROLADO POR LO QUE SE REALIZARA LA COMPARACION RESPECTIVA CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS ENSAYADOS. ASI MISMO SE REALIZARA LOS CUADROS COMPARATIVOS QUE LOGREN VERIFICAR LOS NIVELES DE VARIACION.



INGENIERO CIVIL
 CIP N° 17704



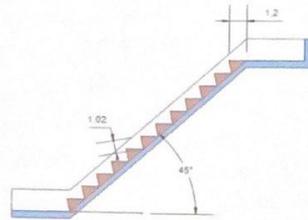
INGENIERO CIVIL
 CIP N° 17704



INGENIERO CIVIL
 CIP N° 156380

FICHA DE DATOS OBTENIDOS DE PROTOTIPO 02

PROTOTIPO	02	Fecha	Enero del 2024
OBSERVACION	Modelo Experimental de Calculo de Velocidad en el Prototipo N° 02		



HUELLA > CONTRAHUELLA

$$\Delta \text{AREA} = 0.6$$

ÁREA TOTAL = 7.2 M²

N° HUELLA = 12

N° CONTRAHUELLA = 12

TIPO DE MATERIAL DE LA RED

TIPO DE MATERIAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO DE SALIDA (PLG)	VOLUMEN INICIO (LTS)	VOLUMEN SALIDA (LTS)	TIEMPO
CONCRETO	1.67	1	18	18	36.33
CONCRETO	1.67	1	19	19	38.35
CONCRETO	1.67	1	20	20	38.35
CONCRETO	1.67	1	21	21	40.37
CONCRETO	1.67	1	22	22	40.27
CONCRETO	1.67	1	23	23	42.29
CONCRETO	1.67	1	24	24	42.10
CONCRETO	1.67	1	25	25	44.13
CONCRETO	1.67	1	26	26	43.85
CONCRETO	1.67	1	27	27	45.89
CONCRETO	1.67	1	28	28	45.54
CONCRETO	1.67	1	29	29	45.54
CONCRETO	1.67	1	30	30	47.59
CONCRETO	1.67	1	31	31	47.16
CONCRETO	1.67	1	32	32	49.23
CONCRETO	1.67	1	33	33	48.73
CONCRETO	1.67	1	33	33	50.82

OBSERVACIONES Y/O ALCANCES

CABE INDICAR QUE SE MUESTRA UNA DISMINUCION CONSTANTE DE LA VELOCIDAD EN RELACION AL VOLUMEN DE AGUA Y TIEMPO CONTROLADO POR LO QUE SE REALIZARA LA COMPARACION RESPECTIVA CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS ENSAYADOS.



Ing. Sergio Perly Ponce Ergueta
INGENIERO CIVIL
CIP N° 17704



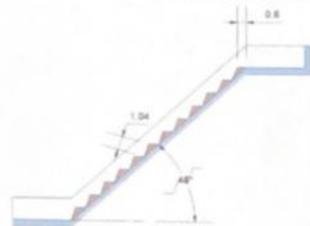
Rojas Alejandro Serrapica Rojas



Samuel Oswaldo Lario Coanqui
INGENIERO CIVIL
CIP/ 156380

FICHA DE DATOS OBTENIDOS DE PROTOTIPO 03

PROTOTIPO	03	Fecha	Enero del 2024
OBSERVACION	Modelo Experimental de Calculo de Velocidad en el Prototipo N° 03		



HUELLA < CONTRAHUELLA

ÁREA = 0.35

ÁREA TOTAL = 4.2 M²

N° HUELLA = 12

N° CONTRAHUELLA = 12

TIPO DE MATERIAL DE LA RED

TIPO DE MATERIAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO DE SALIDA (PULG)	VOLUMEN INICIO (LTS)	VOLUMEN SALIDA (LTS)	TIEMPO
CONCRETO	1.67	1	18	18	29.36
CONCRETO	1.67	1	19	19	30.99
CONCRETO	1.67	1	20	20	30.99
CONCRETO	1.67	1	21	21	32.62
CONCRETO	1.67	1	22	22	32.54
CONCRETO	1.67	1	23	23	34.18
CONCRETO	1.67	1	24	24	34.02
CONCRETO	1.67	1	25	25	35.66
CONCRETO	1.67	1	26	26	35.44
CONCRETO	1.67	1	27	27	37.09
CONCRETO	1.67	1	28	28	36.80
CONCRETO	1.67	1	29	29	38.46
CONCRETO	1.67	1	30	30	38.11
CONCRETO	1.67	1	31	31	39.79
CONCRETO	1.67	1	32	32	39.39
CONCRETO	1.67	1	33	33	41.07

OBSERVACIONES Y/O ALCANCES

CABE INDICAR QUE SE MUESTRA UNA DISMINUCION CONSTANTE DE LA VELOCIDAD EN RELACION AL VOLUMEN DE AGUA Y TIEMPO CONTROLADO POR LO QUE SE REALIZARA LA COMPARACION RESPECTIVA CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS ENSAYADOS.



Sergio Parro Flores
INGENIERO CIVIL
CIP N° 17704

Rafael Alejandro Susapua Rojas
CIP N° 72114



Samuel Oswaldo Laure Coanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 156380