UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULAR Y RECTANGULAR CON CONTRACCIÓN Y SIN CONTRACCIÓN DE PARED DELGADA EN CANAL DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI."

Tesis para optar por el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN

EDUARDO ALEXANDER JUNIOR CAJAS CAMPOS

Pucallpa – Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 008-2023

GRADUANDO : **Bach. CAJAS CAMPOS, EDUARDO ALEXANDER JUNIOR**
Bach. ROJAS MORON, ROSITA KATHERINE

TEMA : **"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE COEFICIENTES DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULAR Y RECTANGULAR CON CONTRACCIÓN Y SIN CONTRACCIÓN DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"**

ASESOR : **MG. DONAYRE HERNANDEZ DEVYN OMAR**

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACION				
* MOTIVACION	X			
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA		X		
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL		X		
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS		X		
III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO		X		
IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD		X		
* A LA PROFESION		X		

EVALUACION

- EXCELENCIA — 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD — 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA — 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO — 15 A MENOS

CALIFICACION FINAL :
PUNTAJE : **21 / 30**

CONCLUSIONES:
APROBADO POR : **UNANIMIDAD**
DESAPROBADO POR:

JURADO EVALUADOR

MG. SORIANO ALAVA, HORACIO
PRESIDENTE

Dr. GONZALEZ MANRIQUE DE LARA, DAVID ABEL
MIEMBRO

MG. PEREZ CASTAÑON, DANIEL
MIEMBRO

M.Sc. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA
SECRETARIA ACADÉMICA

PUCALLPA, 18 DE ABRIL DEL 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COMISION DE GRADOS Y TITULOS

TESIS TITULADA : "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE COEFICIENTES DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULAR Y RECTANGULAR CON CONTRACCIÓN Y SIN CONTRACCIÓN DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

ELABORADO POR : Bach. CAJAS CAMPOS, EDUARDO ALEXANDER JUNIOR
Bach. ROJAS MORON, ROSITA KATHERINE

APROBADO POR :

MG. SORIANO ALAVA, HORACIO
PRESIDENTE

DR. GONZALEZ MANRIQUE DE LARA, DAVID ABEL
MIEMBRO

MG. PEREZ CASTAÑON, DANIEL
MIEMBRO

MG. DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR
ASESOR DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº **V/0077-2023**.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:
"**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULAR Y RECTANGULAR CON CONTRACCIÓN Y SIN CONTRACCIÓN DE PARED DELGADA EN CANAL DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**"

Autor(es)	:	**ROJAS MORON, ROSITA KATHERINE** **CAJAS CAMPOS, EDUARDO ALEXANDER JUNIOR**
Facultad	:	**INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**
Escuela	:	**ING. CIVIL**
Asesor(a)	:	**MG. DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud 4%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.
En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 14/02/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, ROSITA KATHERINE, ROJAS MORON

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"ANALISIS Y EVALUACION DE COEFICIENTES DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULAR Y RECTANGULAR CON CONTRACCION Y SIN CONTRACCION DE PARED DELGADA EN CANAL DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Mg. DEVYN OMAR, DONAYRE HERNANDEZ

En la Facultad: DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

Escuela profesional: INGENIERIA CIVIL

Autorizo la publicación: **PARCIAL** ☐ Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL, ☒ Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 20 / 04 / 2023

Email: katherine.rojasmoron@gmail.com
Teléfono: 922188174

Firma:
DNI: 74071459

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, EDUARDO ALEXANDER JUNIOR, CAJAS CAMPOS

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"ANALISIS Y EVALUACION DE COEFICIENTES DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULAR Y RECTANGULAR CON CONTRACCION Y SIN CONTRACCION DE PARED DELGADA EN CANAL DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Mg. DEVYN OMAR, DONAYRE HERNANDEZ

En la Facultad: DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

Escuela profesional: DE INGENIERIA CIVIL

Autorizo la publicación: **PARCIAL** ☐ Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL, ☒ Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 20 / 04 / 2023

Email: eduardoalexandercajascampos@gmail.com Firma:

Teléfono: 943068813 DNI: 71420270

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por iluminar y bendecir cada instante de mi vida; A mis padres, por su inmenso apoyo y presencia en cada paso que he dado a lo largo de mi vida; A mi hermano, que es mi ejemplo a seguir tanto en el ámbito personal como profesional, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; A mi hermanita, por el apoyo y comprensión durante toda mi carrera; A mi novio, por ser mi apoyo durante esta investigación. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Rosita Katherine.

Quiero agradecer a Dios, por darnos la vida, salud, y la fortaleza para superar las dificultades y seguir adelante haciendo las cosas bien; A mis padres, por su inmenso apoyo en cada paso de este camino llamado vida, su amor, comprensión y experiencias que son mi ejemplo de superación; A mi novia, por ser mi motor, alegría y apoyo cada día de investigación; Y a los docentes de la facultad, los cuales sus enseñanzas y consejos son un tesoro valioso.

Eduardo Alexander Junior.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil por la formación profesional que nos brindó para llegar a ser Ingenieros.

A la Universidad Nacional de Ucayali por darnos la oportunidad de ser profesionales, la misma que con los docentes han sido los generadores de conocimiento necesario para culminar la carrera.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Devyn Omar Donayre Hernández por su esfuerzo y dedicación, quien nos brindó los conocimientos, experiencia y motivación para lograr que podamos terminar la carrera y nuestra tesis.

A nuestro presidente y jurados evaluadores del presente trabajo de investigación, por su apoyo y críticas constructivas, por sus enseñanzas y su valioso tiempo dedicado a evaluar este trabajo.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se analizó y evaluó los coeficientes de gasto en vertederos de formas: triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica, comparando los resultados con un modelo numérico que simuló el comportamiento y los parámetros del experimento.

La parte experimental se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU); el laboratorio cuenta con un canal de ensayo (86x300) mm y con un juego de 3 tipos de vertederos de cresta delgada, formas triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral, el canal de ensayo cuenta con un caudalímetro y un velocímetro para medir las velocidades del flujo.

Los resultados que se obtuvieron en el trabajo de investigación fueron los coeficientes de gasto en vertederos de formas: triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción, también la visualización del comportamiento y parámetros dentro del canal de ensayo mediante el programa ANSYS STUDENT 2022 R2. Finalmente se llegó a la conclusión que la metodología y los equipos del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali nos permitieron alcanzar los objetivos y los resultados obtenidos en el presente trabajo son válidos para las condiciones aplicadas en esta investigación.

PALABRAS CLAVE

Coeficientes de gasto, canal, caudal, pendiente, vertedero.

ABSTRACT

In this research investigation work, the expenditure coefficients were analyzed and evaluated in weirs of shapes: triangular, rectangular with contraction and rectangular without contraction in the test channel of the Laboratory of Structure and Hydraulics, comparing the results with a numerical model that simulated the behavior and the parameters of the experiment.

The experimental part was carried out in the facilities of the Structure and Hydraulics Laboratory of the Professional School of Civil Engineering of the Faculty of Systems Engineering and Civil Engineering of the National University of Ucayali (UNU); the laboratory has a test channel (86x300) mm and a set of 3 types of thin-crested weirs, triangular, rectangular with lateral contraction and rectangular without lateral contraction shapes, the test channel has a flowmeter and a speedometer to measure the flow velocities.

The results obtained in the research work were the expenditure coefficients in landfills of shapes: triangular, rectangular with contraction and rectangular without contraction, also the visualization of the behavior and parameters within the test channel through the ANSYS STUDENT 2022 R2. Finally, it was concluded that the methodology and equipment of the Structure and Hydraulics laboratory of the National University of Ucayali allowed us to achieve the objectives and the results obtained in this work are valid for the conditions applied in this investigation.

KEYWORDS

Expenditure coefficients, channel, flow, slope, spillway.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido **Pág.**

CARATULA

CONSTANCIA COTI iv

DEDICATORIA vii

AGRADECIMIENTO viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

ÍNDICE DE CONTENIDO xi

ÍNDICE DE TABLAS xiv

ÍNDICE DE FIGURAS xvii

INTRODUCCIÓN xx

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 21

1.1. Descripción y fundamentación del problema 21

1.2. Formulación del problema 25

1.2.1. Problema general 25

1.2.2. Problemas específicos 25

1.3. Objetivos 25

1.3.1. Objetivo general 25

1.3.2. Objetivos específicos 25

1.4. Justificación e importancia 26

1.4.1. Justificación teórica 26

1.4.2. Justificación social 26

1.5. Limitaciones y Alcances 27

1.5.1. Limitaciones 27

1.5.2. Alcances 28

1.6. Hipótesis 29

1.6.1. Hipótesis general 29

1.6.2. Hipótesis específicas 29

1.7. Sistema de variables, dimensiones e indicadores 29

1.7.1. Variable Independiente 29

1.7.2. Variable Dependiente 30

1.8. Definición operacional de variables, dimensiones e indicadores 31

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 32

2.1. Antecedentes de estudios realizados 32

2.2. Bases teóricas 35

2.3. Definición de Términos básicos 46

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 51

3.1. Metodología y técnicas utilizadas 51

3.1.1. Tipo de investigación 51

3.1.2. Nivel de investigación 51

3.1.3. Diseño de investigación 51

3.2. Población y muestra 51

3.2.1. Población 51

3.2.2. Muestra 51

3.3. Procedimientos 52

3.3.1. Materiales, instrumentos y método 52

3.3.2. Técnicas utilizadas 55

3.3.3. Desarrollo de la investigación: 55

CAPÍTULO IV: RESULTADOS 69

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS 105

CONCLUSIONES 107

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS 109

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 111

MATRIZ DE CONSISTENCIA 115

ANEXOS 116

1.- PANEL FOTOGRÁFICO 116

2.- FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos geométricos de secciones de canal 37

Tabla 2. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=1% 69

Tabla 3. Determinación del coeficiente de gasto Cd 69

Tabla 4. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 70

Tabla 5. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=1.5% 71

Tabla 6. Determinación del coeficiente de gasto Cd 71

Tabla 7. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 72

Tabla 8. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=2% 73

Tabla 9. Determinación del coeficiente de gasto Cd 73

Tabla 10. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 74

Tabla 11. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=2.5% 75

Tabla 12. Determinación del coeficiente de gasto Cd 75

Tabla 13. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 76

Tabla 14. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=3% 77

Tabla 15. Determinación del coeficiente de gasto Cd 77

Tabla 16. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 78

Tabla 17. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=1% 79

Tabla 18. Determinación del coeficiente de gasto Cd 79

Tabla 19. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 80

Tabla 20. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=1.5% 81

Tabla 21. Determinación del coeficiente de gasto Cd 81

Tabla 22. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 82

Tabla 23. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=2% 83

Tabla 24. Determinación del coeficiente de gasto Cd 83

Tabla 25. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 84

Tabla 26. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=2.5% 85

Tabla 27. Determinación del coeficiente de gasto Cd 85

Tabla 28. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 86

Tabla 29. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=3% 87

Tabla 30. Determinación del coeficiente de gasto Cd 87

Tabla 31. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 88

Tabla 32. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=1% 89

Tabla 33. Determinación del coeficiente de gasto Cd 89

Tabla 34. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 90

Tabla 35. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=1.5% 91

Tabla 36. Determinación del coeficiente de gasto Cd 91

Tabla 37. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 92

Tabla 38. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=2% 93

Tabla 39. Determinación del coeficiente de gasto Cd 93

Tabla 40. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 94

Tabla 41. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=2.5% 95

Tabla 42. Determinación del coeficiente de gasto Cd 95

Tabla 43. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 96

Tabla 44. Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=3% 97

Tabla 45. Determinación del coeficiente de gasto Cd 97

Tabla 46. Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto 98

Tabla 47. Resultados de la simulación del modelo numérico y coeficientes de gasto 99

Tabla 48. Resumen de Resultados de coeficientes de gasto, para una pendiente igual a 2% 102

Tabla 49. Resumen de Valores convertidos en porcentaje..... 102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vertedero de pared delgada (a) y vertedero de pared gruesa (b). 39

Figura 2. Vertedero de pared delgada de forma rectangular con contracción lateral. 40

Figura 3. Napa libre (A) y Napa adyacente (B) 41

Figura 4. Sistema de coordenadas x vs z(x) de una napa libre.....41

Figura 5. Vertedero de forma rectangular con contracción lateral de pared delgada 43

Figura 6. Presa de medición rectangular: Coeficientes de vertedero para hw = 1 m. 44

Figura 7. Vertedero de forma triangular de pared delgada.....45

Figura 8. Visualización general de componentes del Canal de ensayo HM 160. 53

Figura 9. Componentes del juego de presas HM 160.30. 54

Figura 10. Diagrama de un proceso de simulación computacional mediante técnica CFD.....59

Figura 11. A) Geometría del modelo numérico del vertedero triangular con ángulo de 60°.....60

Figura 12. B) Geometría del modelo numérico del vertedero rectangular con contracción lateral.....60

Figura 13. C) Geometría del modelo numérico del vertedero rectangular sin contracción lateral.....61

Figura 14. Generación de malla del modelo numérico del vertedero triangular.....62

Figura 15. Generación de malla del modelo numérico del vertedero rectangular con contracción lateral.....62

Figura 16. Generación de malla del modelo numérico del vertedero rectangular sin contracción lateral.....63

Figura 17. Zona de entrada (inlet) en el modelo del vertedero rectangular sin contracción lateral.....64

Figura 18. Zona de salida (outlet) en el modelo del vertedero rectangular sin contracción lateral.....64

Figura 19. Zona de simetría (symmetry) en el modelo del vertedero rectangular. ..65

Figura 20. Perfil del flujo de agua sobre el vertedero triangular con ángulo 60° en ANSYS STUDENT 2022 R2.1.....66

Figura 21. Perfil de flujo de agua sobre el vertedero rectangular con contracción lateral en ANSYS STUDENT 2022 R2.1.....67

Figura 22. Perfil del flujo de agua sobre el vertedero rectangular sin contracción lateral en ANSYS STUDENT 2022 R2.1.....67

Figura 23. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1% en el canal de ensayo para vertedero triangular.....120

Figura 24. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1.5% en el canal de ensayo para vertedero triangular 121

Figura 25. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2% en el canal de ensayo para vertedero triangular.....122

Figura 26. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2.5% en el canal de ensayo para vertedero triangular 123

Figura 27. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 3% en el canal de ensayo para vertedero triangular.....124

Figura 28. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.....125

Figura 29. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.....126

Figura 30. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.....127

Figura 31. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.....128

Figura 32. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 3% en el canal de

ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral. 129

Figura 33. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral. 130

Figura 34. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral. 131

Figura 35. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral. 132

Figura 36. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral. 133

Figura 37. Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 3% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral. 134

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso muy importante para la vida y el desarrollo del ser humano. Con el pasar de los años, el desarrollo de la ciencia y tecnologías en varios países ha permitido superar grandes obstáculos que conllevan dar una solución o un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Así pues, se construyeron puentes largos, canales de paso, grandes presas y reservorios de agua, entre otras estructuras hidráulicas. Los canales son estructuras hidráulicas diseñadas para controlar y transportar grandes volúmenes de agua, en estas estructuras pueden instalarse unas presas de medición para medir y controlar el nivel de agua dentro de esta estructura. Estas presas pueden ser de diversas formas geométricas, cada una teniendo sus ventajas y alcances de acuerdo al diseño y solución que se requiera.

En esta investigación nos planteamos realizar ensayos hidráulicos en un canal de ensayo con pendiente variable usando los equipos de tecnología implementados en el laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil (FISeIC) de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) con la finalidad de consolidar y fortalecer nuestros conocimientos en esta atractiva rama de la ingeniería, y así mismo esperamos llegar a los estudiantes de nuestra última casa de estudios para motivarlos a utilizar y realizar ensayos con los equipos que cuenta el laboratorio de Estructura e Hidráulica.

CAPÍTULO I: **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Descripción y fundamentación del problema

Desde hace muchos años, la humanidad ha seguido un camino de crecimiento y desarrollo, aprovechando los recursos que disponía a su alcance, uno de ellos es el recurso hídrico. Se hablaba de un sistema de aprovechamiento del agua para la producción agrícola, para la alimentación de una población o para la higiene personal.

Se puede comprender entonces, que la gente siempre ha dependido del desarrollo de sus recursos hídricos para sobrevivir en ambientes que a menudo experimentan sequías e inundaciones. (Kobus, et al, 1994, p. 2)

A través de ingeniosas soluciones se lograban grandes resultados para obtener un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Sin embargo, el aprovechamiento del recurso hídrico de cuencas naturales y el estudio de los fenómenos hidráulicos en aquellos tiempos era más complicado ya que no existía la tecnología del presente.

Es gracias al motivo de la innovación y desarrollo de la ingeniería hidráulica, que muchas poblaciones han surgido, se han mantenido, y se han desarrollado a través de los siglos. (Kobus, et al, 1994, p. 4)

Actualmente, surgen nuevas tecnologías para el estudio de la ingeniería hidráulica. En el Laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica de la Universidad Agraria de Colombia (UNIAGRARIA) se permite la realización de pruebas hidrostáticas con fluidos, en los que puede realizarse estudio de capilaridad, entre otros. En el área hidráulica, realizan investigaciones de pérdidas de presión, conexión de bombas en serie y en paralelo, generadores de potencia en turbinas Pelton y Francis, un sistema hidráulico de alimentación (motobombas, tuberías, válvulas, etc.), un “banco de pruebas” (que puede ser un banco de ensayos, un canal de ensayo, un sistema de tuberías, etc.). (*Universidad Agraria de Colombia,*

s.f., párr. 1)

Asimismo, en el Laboratorio de Hidráulica del Centro de Innovación Tecnolóxica en Edificación e Enxeñería Civil (CITEEC) de la ciudad de Galicia, España, disponen de instalaciones con las que pueden abordar problemas relacionados a la ingeniería hidráulica. Además, se han especializado en el desarrollo de modelos físicos y matemáticos de los sistemas de saneamiento urbano en los últimos años, por lo que mantienen un vínculo colaborativo con laboratorios de Ingeniería Sanitaria y Ambiental del centro. Asimismo, dentro de sus instalaciones también disponen de un espacio para desarrollar proyectos relacionados con flujos naturales como ríos o embalses. (*Universidade da Coruña, 2017., párr. 1*)

De igual manera, en México existen dos institutos muy reconocidos por los estudios que realizan en el ámbito de la ingeniería hidráulica. El Laboratorio de Hidráulica Enzo Levi del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) además de realizar estudios hídricos en ríos, obras hidráulicas y taludes, también prestan servicios para experimentos hidráulicos y desarrollan modelos físicos a escala reducida, entre otros. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua - *IMTA, s.f., párr. 1-2*). En la misma línea, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de su laboratorio de hidráulica, realizan investigaciones experimentales relacionadas con la hidráulica básica en ríos. Cuentan con canales de pendiente variable, así como equipos para medir velocidades, tirantes y presiones. (*Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, 2022, p. 1*)

Respecto a la investigación en el ámbito de la ingeniería hidráulica en el Perú, añade Quiliche que el Laboratorio Nacional de Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) cuenta dentro de sus instalaciones con un “Canal de Pruebas”, el cual es utilizado para la calibración de vertederos y correntómetros, siguiendo los estándares que establece la norma ISO 3455:2021 “Hidrometría –

Calibración de correntómetros en tanques rectos abiertos". (Quiliche, *2015, p. 2*)

Asimismo, el Laboratorio de Hidráulica de Canales del Departamento de Ingeniería de la Pontífice Universidad Católica del Perú (PUCP), manifiesta que desde hace mucho tiempo que brinda servicios académicos a la Facultad de Ciencias e Ingeniería. En sus ambientes cuentan con dispositivos y equipos de tecnología para desarrollar ensayos relacionados al estudio de fluidos y flujo de caudales, dentro de los cuales se encuentra el canal de corriente horizontal de fabricación local con el cual pueden ensayar los flujos de caudal en diferentes escenarios. (*Pontífice Universidad Católica del Perú, s.f., párr. 1-3*)

De igual manera, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa cuentan con modernos equipos en tecnologías de ingeniería hidráulica, ingeniería hidrológica, mediante uso de sistemas de medición de ultrasonido y modelación numérica en software libre, además, permitirá a los estudiantes investigar y desarrollar una formación sólida en el área de la ingeniería hidráulica. (*Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018*)

Asimismo, en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" (UANCV) del departamento de Puno, cuentan con un canal de pendiente variable que mide aproximadamente cinco metros en el cual pueden configurar el caudal de agua digitalmente; además, realizan diferentes ensayos, como determinar el flujo laminar y el flujo turbulento del agua gracias a un módulo de ensayos hidráulico, equipos de hidrostática y calibrador de manómetros. *(Calderón, 2019, párr. 2)*

En la actualidad, el departamento de Ucayali se encuentra ubicado geográficamente en zona de selva baja, a una altura de 154 m.s.n.m., tiene un clima tropical con lluvias torrenciales. Un problema muy común en este departamento son las inundaciones en comunidades y/o centros poblados ubicados a la ribera del río Ucayali, y las inundaciones de plantaciones y sembríos provocados por el incremento del nivel de las aguas del río Ucayali y por las constantes lluvias

respectivamente.

Algunos ríos o arroyos pueden considerarse como canales naturales, pero estos son irregulares debido a los cambios del caudal en el tiempo, por lo que las dimensiones, profundidad y geometría varían a lo largo del canal. (*Bazán, 2019*) En cambio, los canales artificiales creados por el hombre tienden a constituir una geometría definida y dimensiones constantes, y aplicar en determinados puntos del canal un mecanismo para controlar el caudal de salida por ejemplo compuertas o vertederos de medición.

Cabe resaltar que la información técnica para el diseño de este tipo de obras hidráulicas se puede obtener a través de ensayos de laboratorio con presas o vertederos de pared delgada en un canal de ensayo, de los cuales se obtiene como resultado los coeficientes de gasto de vertedero, de esta manera nos permite estimar el gasto real que dejará pasar una presa al momento de realizar el diseño estructural de la misma.

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de realizar el análisis y la evaluación de los coeficientes de gasto para los vertederos de formas triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción de pared delgada en canal de ensayo del Laboratorio de Estructura de Hidráulica de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil (FISeIC) de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) y analizar los resultados de un modelo numérico que simule el comportamiento del fluido y las condiciones del experimento, de esta manera se busca poner en conocimiento de los estudiantes de ingeniería civil de la universidad la aplicación e importancia de estos valores para el diseño de vertederos en proyectos de canales hidráulicos, que son de gran utilidad para aprovechar de manera eficiente el recurso hídrico y controlar los caudales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los coeficientes de gasto en los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada en el canal de ensayo del Laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera influye la variación del gasto en las pendientes longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, en el diseño experimental del coeficiente de gasto en los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada?
2. ¿De qué manera serán semejantes los coeficientes de gasto de los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada obtenidos experimentalmente en comparación a los coeficientes de gasto obtenidos de un modelo numérico con las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los coeficientes de gasto para los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la variación del gasto en las pendientes longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% del canal de ensayo en el diseño experimental del coeficiente de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción de pared delgada.
2. Determinar el grado de semejanza entre los coeficientes de gasto de los

vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada obtenidos experimentalmente en comparación con los coeficientes de gasto obtenidos de un modelo numérico con las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo.

1.4. Justificación e importancia

La presente investigación permitirá determinar los coeficientes de gasto de tres vertederos en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica, mediante el cual buscamos consolidar las bases de nuestro conocimiento en el área de hidráulica y canales, además animar a los estudiantes y docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil a realizar trabajos de investigación con los equipos hidráulicos que cuenta el laboratorio de Estructura e Hidráulica, y la finalidad de elaborar apuntes de clase, grabaciones de procedimientos técnicos y teóricos que aporten experiencia, formación sólida en el área de hidráulica y canales. La determinación de estos coeficientes facilitará la comprensión de las descargas de este tipo de estructuras y la elaboración de gráficos y/o tablas será un aporte para los estudiantes del área de hidráulica de nuestra universidad.

1.4.1. Justificación teórica

Necesidad de determinar los coeficientes de gasto de tres vertederos para el cálculo del caudal real permitirá un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, dependiendo de los siguientes factores:

- Caudal
- Pendiente
- Altura de flujo sobre el vertedero

1.4.2. Justificación social

En la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), la implementación de equipos hidráulicos en sus laboratorios les permitió desarrollar 3 ejes: formación de profesionales con sólida formación en el área de hidráulica,

desarrollar investigaciones y brindar servicios de investigación o perfeccionamiento de tecnologías en el manejo y conservación del agua a Entidades públicas y entidades privadas. (UNSA, 2018)

El Laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali fue puesta en operación a inicios del año 2022, cuenta con diferentes equipos hidráulicos de última tecnología para la realización de ensayos en base a las normativas y hasta la fecha tiene poca experiencia en el tema de coeficientes de gasto, por lo que se desconoce los valores para el juego de vertederos que posee el laboratorio. Además, el laboratorio no cuenta todavía con algún precedente o investigación reciente debido al corto plazo que existe desde su inauguración hasta la fecha y la falta de ideas de los estudiantes de la escuela profesional de ingeniería civil por desarrollar y liderar trabajos de investigación relacionados al área de hidráulica y canales.

Por lo tanto, creemos que la importancia de esta investigación se encuentra en aportar conocimientos en el área de hidráulica y canales al laboratorio de Estructura e Hidráulica para la formación de ingenieros civiles profesionales, con un amplio dominio en el área de hidráulica, conocimiento de los principios básicos de fluidos y canales abiertos y con capacidad de desarrollar y liderar trabajos de investigación relacionados al diseño de presas o vertederos de medición.

1.5. Limitaciones y Alcances

1.5.1. Limitaciones

- El laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali no cuenta con un modelo numérico u otro programa o software instalado en sus componentes y equipos que permita modelar, analizar y/o simular el comportamiento de los fluidos en

el canal de ensayo con pendiente variable.

- Las mangueras y el depósito de agua del sistema de bombeo del canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica tuvieron que ser limpiados de impurezas que puedan existir para asegurar un buen funcionamiento durante la realización de los ensayos y conservar la vida útil de los equipos del laboratorio.
- No se pudo medir las velocidades con el velocímetro HM 160.64 ya que las lecturas del equipo fueron demasiado pequeños casi igual a cero.
- El canal de ensayo con pendiente variable del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali no cuenta con un depósito de medición volumétrica, lo cual hizo más difícil realizar la medición del volumen mediante el método por medición volumétrica.
- El juego de vertederos de pared delgada del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali está constituido por cuatro vertederos de pared delgada de las siguientes formas: vertedero triangular, vertedero trapezoidal, vertedero rectangular con contracción lateral y vertedero rectangular sin contracción lateral.

1.5.2. Alcances

- La presente investigación plantea determinar el caudal de manera no probabilística y experimental, únicamente de tres vertederos de pared delgada de formas: triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción de pared delgada, colocando los vertederos en la sección del canal de ensayo con pendiente variable del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Respecto al juego de vertederos de pared delgada, este se encuentra

incompleto ya que falta un vertedero trapezoidal, por lo tanto, esta forma geométrica queda fuera de nuestra investigación.

- Finalmente, la presente investigación plantea realizar el análisis y la simulación de un modelo numérico con las condiciones y parámetros del ensayo experimental en el laboratorio; se espera obtener resultados claros respecto al caudal y coeficiente de gasto y comparar los resultados de la simulación con los resultados del ensayo experimental.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Los coeficientes de gasto para los vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción obtenidos en el ensayo experimental disminuyen en función de la variación ascendente del gasto en la pendiente longitudinal del canal de ensayo.

1.6.2. Hipótesis específicas

1. En función de la variación ascendente del gasto en las pendientes longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% se incrementa el valor de los coeficientes de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción de pared delgada en el diseño experimental del coeficiente de gasto.
2. Los coeficientes de gasto obtenidos del ensayo experimental resultarán semejantes que los coeficientes de gasto obtenidos de la simulación computacional con un modelo numérico con las mismas dimensiones y condiciones del ensayo.

1.7. Sistema de variables, dimensiones e indicadores

1.7.1. Variable Independiente

1.- Pendiente longitudinal

2.- Caudal o descarga

3.- Forma del vertedero

4.- Espesor del vertedero

1.7.2. Variable Dependiente

1.- Coeficiente de gasto

1.8. Definición operacional de variables, dimensiones e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	SUB-DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE								
1. Pendiente longitudinal	Es el grado de inclinación de un elemento respecto a un eje horizontal	Gradiente	S > 0% S ≤ 3%	Desnivel i (%) i ≥ 0%	m/m	Cuantitativo	NOMINAL	• Regla de nivel. • Escala horizontal – HM 160
2. Caudal o descarga	Es la cantidad de flujo volumétrico que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo	Flujo volumétrico	Volumen Tiempo	Q = V / t Donde: V: volumen (en m^3 o L) t: tiempo (en h o seg)	m^3/h L/seg	Cuantitativo	NOMINAL	• Caudalímetro – HM 160. • Velocímetro – HM 160.64.
3. Forma del vertedero	Constituye la geometría transversal del vertedero, por lo general se utiliza formas simétricas	Adimensional		1. Triangular 2. Rectangular con contracción 3. Rectangular sin contracción		Cualitativo	NOMINAL	
4. Espesor del vertedero	Es una medida que clasifica las presas en diferentes formas, por ejemplo: tipo Ogee, cresta delgada, ancha y forma de tejado	Longitud		Cresta ancha (en cm) Cresta delgada (en cm)	cm cm	Cuantitativo	NOMINAL	• Calibrador vernier o pie de rey
VARIABLE DEPENDIENTE								
1. Coeficiente de gasto	Es un factor de ajuste para los valores del gasto el cual debe variar en función de los factores del vertedero: caudal, altura y pendiente del canal de ensayo	Adimensional		Caudal, altura y pendiente del canal de ensayo	Adimensional	Cuantitativo	NOMINAL	Programa ANSYS STUDENT 2022 R2, con licencia para estudiantes

CAPÍTULO II: **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudios realizados

a) Antecedentes Internacionales:

❖ **Beltrán D., Meza L., Mosalve J., Mendoza E. y Cotes M. (2013)**, en su ensayo titulado "*PRÁCTICA N°4 VERTEDEROS TRIANGULARES*" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Costa, el enfoque de la investigación es cuantitativa, el tipo de investigación es explicativa, experimental, utiliza un cuestionario y llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Para el vertedero triangular, con un ángulo de 90°, los valores del coeficiente de descarga Cd se pasan de los límites, con rangos de Cd (0,65 – 0,75), mayores que los Cd calibrados (0,50 – 0,60) pero aproximados a su valor real. Estas diferencias se deben a pequeñas fuentes de errores originados en la toma de datos de caudal, más específicamente con el volumen, generando una fuente de error del 0,10 kg/m3. Lo que al final se ve reflejado con los diferentes valores del coeficiente de gasto.
- ✓ Al momento de comprobar los vertederos de cresta delgada como herramienta de medición de caudal, observamos que son eficaces, pero existen parámetros que producen una fuente de errores, como es el caso de la densidad del agua que no fue muy exacta, y al final genera variabilidad en los resultados obtenidos, motivo por el cual cabe resaltar la importancia de implementar mejores condiciones de toma de datos, que son la fuente de los cálculos y análisis, para generar mejores resultados en la práctica a realizar.

❖ **Ngamalieu U. A. (2015)**, en su trabajo titulado "*CARACTERIZACIÓN DE VERTEDEROS HIDRÁULICOS MEDIANTE TÉCNICAS CFD*" de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), el enfoque de la investigación es cuantitativa, el tipo de investigación es teórico, utilizó una muestra de tres tipos de vertederos de pared delgada de forma: triangular, rectangular y trapezoidal, utiliza técnicas de

caracterización computacional, análisis estadísticos y llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ La diferencia entre los resultados obtenidos experimentalmente en laboratorio y los resultados de la modelación de las muestras mediante la aplicación de técnicas CFD, es poco significativo, lo que permite validar el procedimiento utilizado en la investigación para obtener los resultados deseados.

❖ **Salazár E. E. y Cedillo M. R. (2017)**, en su tesis titulada "*VALIDACIÓN COMPUTACIONAL DE VERTEDEROS RECTANGULARES Y TRIANGULARES PARA GENERAR UN MODELO NUEVO TRIANGULAR ASIMÉTRICO QUE FACILITARÍA LA MEDICIÓN DE LAS CARGAS EN ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS"* de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, el enfoque de la investigación es cuantitativa, el tipo de investigación es descriptiva y experimental, utiliza las encuestas y llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Que, se encontró la relación entre el nivel de agua y el caudal de un vertedero asimétrico de pared delgada de forma triangular con la expresión Q = 0.895 tan 0- $h^{5/2}$ a partir de la simulación de un vertedero triangular asimétrico de pared delgada con dimensiones b=1.50 m y P = 0.3 m, válida para cargas de 0.11m <= h <= 0.47m, y un ángulo de abertura dentro del rango 10° < 0 < 80°, con un coeficiente de correlación de 0.927.
- ✓ Que, la simulación del flujo reproduce adecuadamente el régimen turbulento.
- ✓ Que, la malla con elementos tetraédricos adaptativa es la que mejor se ajusta en modelos de vertederos rectangulares y triangulares de pared delgada estudiados ya que presenta una calidad promedio del elemento de 0.82 cercano a 1 y se obtuvo un error mínimo en el cálculo del caudal de 2.01% para el vertedero rectangular, y de 0.42% para el triangular.
- ✓ Que, con los resultados obtenidos de la simulación, se ha obtenido la ecuación del caudal para un vertedero triangular asimétrico de pared delgada

sin la necesidad de un laboratorio con equipos que reproduzcan el fenómeno físico de las condiciones iniciales y de contorno contempladas en la investigación.

b) Antecedentes Nacionales:

❖ **Quiliche J. A. (2015)**, en su tesis titulada "*COEFICIENTES DE GASTO EN VERTEDEROS TRIANGULARES EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE – LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UPN – CAJAMARCA, 2015.*" De la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, utilizó una muestra de cinco vertederos triangulares, de 15°, 30°, 45°, 60° y 90°, el enfoque de la investigación es cuantitativo, la investigación es de tipo Documental, Descriptiva, utiliza los instrumentos y llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Que los coeficientes de gasto son variables y esto depende de las variables establecidas: ángulo, caudal, altura y pendiente.
- ✓ Que al obtener los coeficientes de gasto experimentalmente para vertederos triangulares, se identifica una variación de los coeficientes de gasto para dichos vertederos con diferentes características.

❖ **Riojas C. F. (2018)**, en su tesis titulada "*ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE DESCARGA PARA DIFERENTE CARGA HIDRÁULICA EN DOSVERTEDEROS DE PARED GRUESA TIPO CIMACIO DEL RÍO CHONTA CAJAMARCA*" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, utilizó una muestra de vertederos de pared gruesa tipo cimacio, el enfoque de la investigación es cuantitativo, la investigación es de tipo Experimental, utiliza los instrumentos y llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Que para el vertedero 3 – Tartar, se puede calcular el coeficiente de descarga mediante la siguiente ecuación:

$$C = 0.0016\left(\frac{P}{H}\right)^2 + 0.0063\left(\frac{P}{H}\right) + 1.7344 \ldots (Ec.\,43\ de\ la\ tesis\ de\ Rojas, 2018)$$

- ✓ Que para el vertedero 7 – Salto Sky, se puede calcular el coeficiente de

descarga mediante la siguiente ecuación:

$$C = 0.0001\left(\frac{P}{H}\right)^2 + 0.186\left(\frac{P}{H}\right) + 1.3976 \ldots (Ec.44\ de\ la\ tesis\ de\ Rojas, 2018)$$

- ✓ Que al comparar los caudales teóricos y los experimentales obtenidos empleando las ecuaciones 43 y 44 de la tesis, se observa que existen errores al momento de determinar los caudales con la teoría actual, lo cual a base de ese estudio pudo solucionar a través de las fórmulas.

❖ **Bazán M. C. (2019)**, en su tesis titulada "*DETERMINACIÓN DEL CAUDAL Y EL COEFICIENTE DE GASTO EN UNA COMPUERTA PLANA RECTANGULAR DESLIZANTE CON PENDIENTES 1%, 2% Y 3%*" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, utilizó una muestra de un canal con pendientes 1%, 2% y 3% y compuerta plana deslizante con abertura de 5cm, 5.5cm, 6cm, 6.5cm y 7cm, la investigación es de tipo aplicada-experimental, utiliza los instrumentos y llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Que para la pendiente i=1% el coeficiente de gasto disminuye de 6.41% a 11.92% desde la abertura 0.070m hasta la 0.050m respectivamente
- ✓ Que para la pendiente i=1.5% el coeficiente de gasto solo cumple en las aberturas de 0.055m y 0.050m con una disminución de 5.33% y 5.73% respectivamente.
- ✓ Que para la pendiente i=2% el coeficiente de gasto solo cumple en la abertura de 0.050m con una disminución del 15.37%.

c) Antecedentes Locales:

El departamento de Ucayali no cuenta con investigaciones pasadas o antecedentes con referencia al tema de coeficientes de gasto en presas o vertederos de pared delgada, siendo una oportunidad para fomentar el desarrollo y la investigación en la rama de ingeniería hidráulica.

2.2. Bases teóricas

COEFICIENTE DE GASTO DE VERTEDEROS

Canales abiertos

Es un conducto en el que el fluido pasa sobre una superficie sometida a la presión atmosférica. El flujo de agua se produce por la pendiente del canal y de la superficie del líquido. Según su origen un canal puede ser natural o artificial. Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la Tierra. Los canales artificiales son aquellos construidos por la mano del hombre, así como los canales construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. (Chow, 1994a, p. 19)

Al momento de diseñar el caudal de una sección de canal, se tiene la ecuación de Manning el cual depende de la pendiente y rugosidad del canal:

$$Q = \frac{1}{n}.R^{\frac{2}{3}}.S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Donde:

n: rugosidad de la superficie del canal

R: radio hidráulico

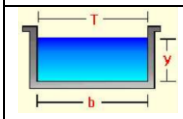
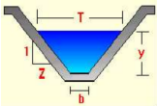
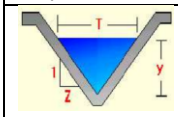
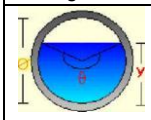
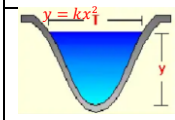
S: pendiente longitudinal del canal

Elementos geométricos de una sección en canal

Son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Para secciones regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección, pero para secciones complicadas y secciones de corrientes naturales, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden prepararse curvas que representen la relación entre estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos. (*Chow, 1994a, p. 22*)

Tabla 1.

Elementos geométricos de secciones de canal

Sección	Área A	Perímetro mojado P	Radio Hidráulico $R_H = A/P$	Ancho superior T	Profundidad hidráulica D = A/T	Factor de sección Z
 Rectangular	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b	y	$by^{1.5}$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$	$\frac{[(b+zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b+2zy}}$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2yz$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2.5}$
 Circular	$\frac{1}{8}(\theta - sen\theta)\emptyset^2$	$\frac{1}{2}\theta.\emptyset$	$\frac{1}{4}\left(1-\frac{sen\theta}{\theta}\right)\emptyset$	$\left(sen\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\emptyset$ $2\sqrt{y(\emptyset-y)}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\theta - sen\theta}{sen\left(\frac{\theta}{2}\right)}\right)\emptyset$	$\frac{\sqrt{2}}{32}.\frac{(\theta-sen\theta)^{1.5}}{\left(sen\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)^{0.5}}\emptyset^{2.5}$
 Parabólica	$\frac{4}{3}\sqrt{\frac{y^3}{k}}$	$T + \frac{8}{3}.\frac{y^2}{T}$	$\frac{2T^3y}{3T^2+8y^2}$	$2\sqrt{\frac{y}{k}}$	$\frac{2}{3}y$	$\frac{2}{9}\sqrt{6}Ty^{1.5}$

Fuente: Chow (1994a)

Vertedero o presa de medición

El vertedero, llamado también aliviadero, es el nombre que se le da a la estructura hidráulica cuya finalidad es la de permitir que pase el agua a los escurrimientos superficiales. Algunas de sus funciones más destacadas es garantizar que la estructura hidráulica ofrezca seguridad, pues impide que se eleve el nivel de aguas arriba sobre el nivel máximo. (*Portal de arquitectura Arqhys.com*)

El principio fundamental de este tipo de estructuras consiste en que la estructura forma un remanso de agua en la parte aguas arriba del flujo. Existe una relación funcional entre la altura del agua remansada y el caudal. La altura de agua remansada debe medirse a una distancia suficiente del vertedero. Esta distancia como mínimo debe ser el triple de la altura.

Los vertederos se pueden clasificar según su forma, dimensiones, geometría, entre otras características. Según Martínez (2011), los vertederos se clasifican de

diferentes formas:

a. Por su geometría:

• Vertedero de forma rectangular.

• Vertedero de forma triangular.

• Vertedero de forma trapezoidal.

• Vertedero de forma circular, parabólica, etc.

b. Por su espesor de pared:

• Vertedero de pared delgada (e<=2 mm).

• Vertedero de pared gruesa (e>0.67 H).

c. Por su tipo de Cresta:

• Vertedero de Cresta redondeada.

• Vertedero de Cresta tipo WES.

• Vertedero de Cresta tipo cimacio o Perfil de Creager.

d. Por su longitud de Cresta en relación al ancho del canal:

• Vertedero sin Contracción lateral.

• Vertedero con Contracción lateral.

e. Por su funcionamiento:

• Vertedero con velocidad de llegada.

• Vertedero sin velocidad de llegada.

f. Por la forma de Napa o lámina vertiente:

• Napa libre.

• Napa suprimida.

• Napa adherente.

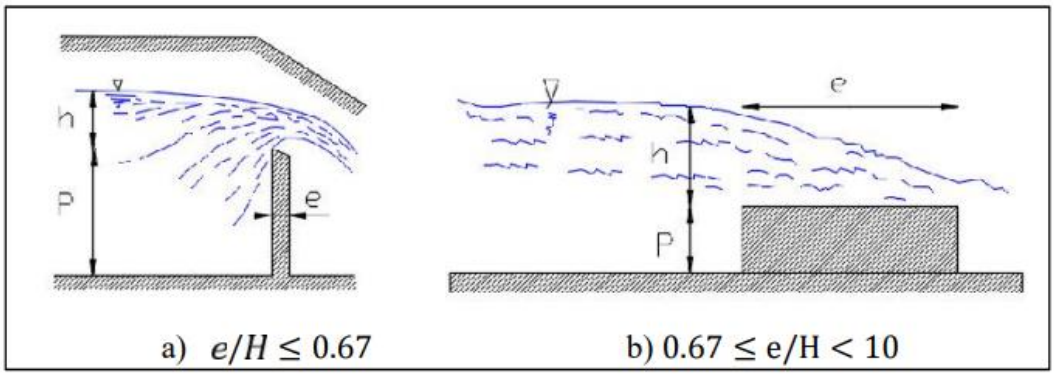
• Napa ahogada.

Los vertederos pueden servir para diferentes propósitos según su forma, cuando el paso del flujo de agua se efectúa sobre una placa de cualquier forma, pero con arista aguda el vertedero se llama de pared delgada, y cuando el contacto entre la pared y el flujo de agua es una superficie significativa el vertedero se llama

de pared gruesa. (Sotelo, 2022)

Figura 1.

Vertedero de pared delgada (a) y vertedero de pared gruesa (b).



Fuente: López (2013).

Según la relación de la cresta con el ancho del canal, los vertederos pueden ser:

Vertedero con contracción lateral

Está constituido por vertederos con borde o cara lateral, en el cual se cumple que la longitud del ancho del vertedero bw es menor que la anchura del canal B:

$$(bw < B)$$

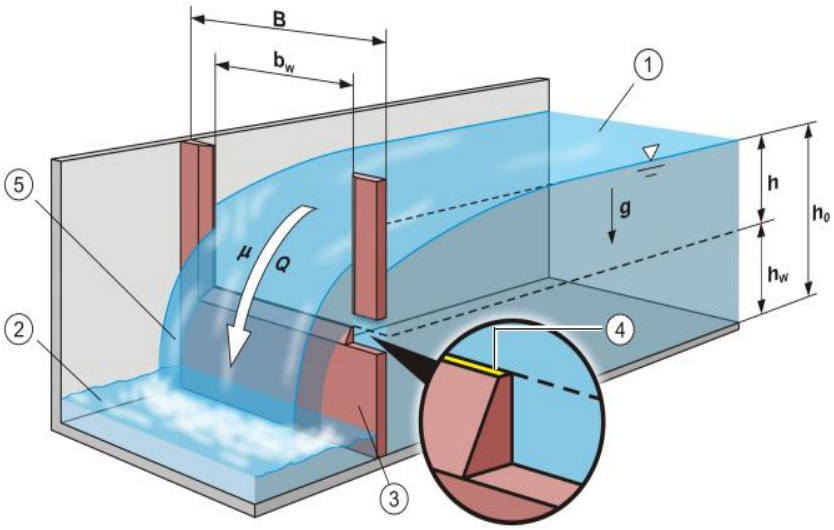
Vertedero sin contracción lateral

Está constituido por vertederos sin borde o cara lateral, en el cual se cumple que la longitud del ancho del vertedero bw es igual que la anchura del canal B.

$$(bw = B)$$

Figura 2.

Vertedero de pared delgada de forma rectangular con contracción lateral.



Fuente: Kellow y Mittasch (2015)

Donde:

1.- Nivel de aguas arriba

2.- Nivel de aguas abajo

3.- Dorso de la presa

4.- Cresta de presa (borde superior del vertedero)

5.- Napa

Q : gasto sobre el vertedero

bw : ancho del vertedero (cresta)

B : anchura del canal

bw/B : grado de contracción (contracción lateral)

h0 : nivel de aguas arriba

h : Altura efectiva sobre el vertedero

hw : Altura del vertedero

g : aceleración de gravedad: g = 9,81 m/s^2

μ : coeficiente de gasto de vertedero

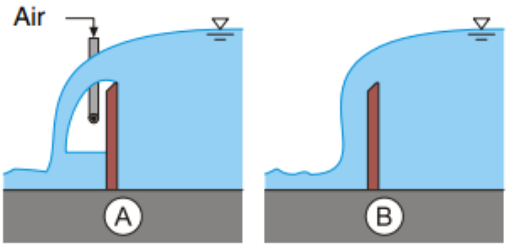
Napa

Si existe una conexión entre el área detrás del vertedero y el entorno, este se airea. Debajo de la napa se forma un colchón de aire con presión ambiente. En este caso, la napa se despega del dorso del vertedero (napa libre). La posibilidad más

sencilla de aireación de un vertedero es una contracción lateral. Sin contracción, debe instalarse una instalación de aireación separada. (Kellow y Mittasch, 2015, p. 18)

Figura 3.

Napa libre (A) y Napa adyacente (B)



Nota. Se observa que en el caso (A) donde existe un colchón de aire que separa la napa del dorso de la presa, este fenómeno se conoce como Napa libre. Cuando no existe ese colchón de aire, la napa es adyacente al dorso de la presa, pudiendo provocar daños en la estructura.

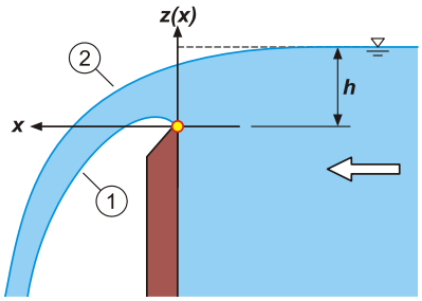
Fuente: Kellow y Mittasch (2015)

Forma de una napa libre

La forma de una napa es proporcional a la altura h. Las coordenadas que definen la línea inferior (1) y la línea superior (2) están definidos en la siguiente tabla en el sistema de coordenadas representado en la Figura 4.

Figura 4.

Sistema de coordenadas x vs z(x) de una napa libre.



Parte inferior (1)			
x / h	*z(x) / h*	*x / h*	*z(x) / h*
-3,020	-	0,710	-0,024
-1,998	-	0,799	-0,071
-1,004	-	0,888	-0,125
-0,506	-	0,977	-0,203
0,000	0,000	1,066	-0,252
0,089	0,080	1,155	-0,329
0,178	0,106	1,332	-0,504
0,266	0,112	1,510	-0,703
0,355	0,106	1,687	-0,929
0,444	0,088	1,865	-1,181
0,533	0,056	2,043	-1,459
0,622	0,020	2,931	-3,238

Parte superior (2)			
x / h	*z(x) / h*	*x / h*	*z(x) / h*
-3,020	0,997	0,710	0,566
-1,998	0,989	0,799	0,512
-1,004	0,963	0,888	0,449
-0,506	0,932	0,977	0,369
0,000	0,850	1,066	0,306
0,089	0,825	1,155	0,201
0,178	0,798	1,332	0,032
0,266	0,769	1,510	-0,159
0,355	0,735	1,687	-0,368
0,444	0,694	1,865	-0,629
0,533	0,663	2,043	-0,901
0,622	0,609	2,931	-2,694

Fuente: Kellow y Mittasch (2015)

Ecuación de vertedero

Una ecuación de vertedero es la relación funcional entre la altura *h* y la descarga sobre la presa Q. Las ecuaciones de vertedero dependen del tipo de construcción de la presa. Todas las ecuaciones de vertedero corresponden a la forma general:

Determinación del Caudal teórico Qt

El caudal teórico no es igual al caudal real obtenido en forma práctica (Qr) debido a que varía dependiendo el espesor, forma y dimensiones del vertedero. Se expresa como:

$$Q = [\dots] \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \mu \cdot h^n \quad ; \quad n > 1 \tag{2}$$

Coeficiente de vertedero μ

El coeficiente de vertedero es una medida de la influencia de la presa en la descarga. Esto se observa en la depresión del nivel del agua sobre la cresta de la presa. El coeficiente de vertedero depende fundamentalmente de la geometría de la presa.

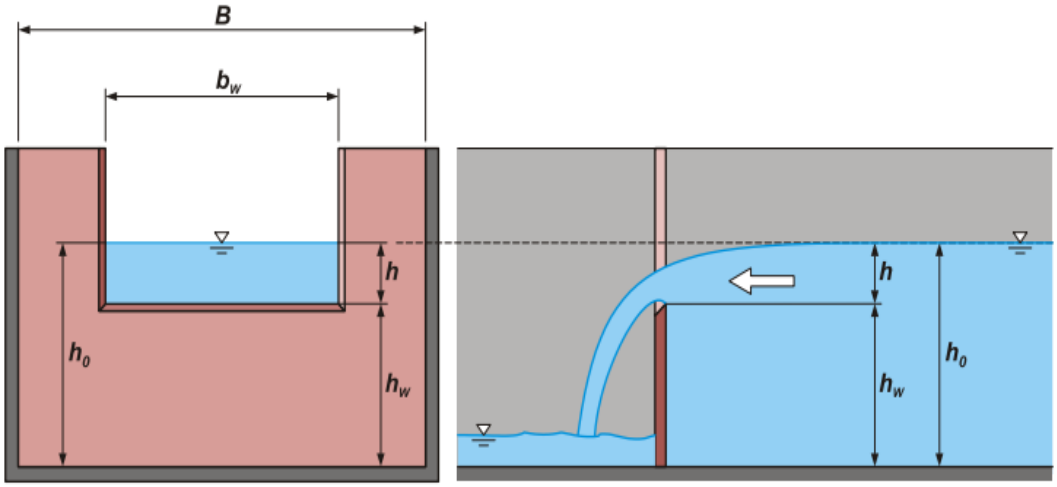
Presa de medición rectangular

En una presa rectangular, el borde de vertedero tiene forma horizontal. Este

tipo de presa es apto para grandes caudales. A alturas escasas, esta presa ofrece, sin embargo, una escasa exactitud de medición. Las presas rectangulares pueden estar diseñadas con o sin contracción lateral.

Figura 5.

Vertedero de forma rectangular con contracción lateral de pared delgada



Nota. Los niveles de aguas arriba deben medirse a una distancia suficiente de la presa. Como mínimo debe ser el triple de la altura *h* (***Figura 5***).

Fuente: Kellow y Mittasch (2015)

Ecuación de vertedero

La caída sobre un vertedero rectangular, aireado, se puede describir con la ecuación de POLENI:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot b_w \cdot h^{1.5} \quad (3)$$

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot b_w \cdot (h_0 - h_w)^{1.5} \quad (4)$$

Determinación del Caudal teórico Qt

El caudal teórico Qt sobre un vertedero rectangular se puede describir con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot b_w \cdot h^{1.5} \quad (5)$$

a) Coeficiente de vertedero μ en vertedero rectangular con contracción lateral

El coeficiente de vertedero μ sobre un vertedero rectangular puede

determinarse con la siguiente ecuación empírica:

$$\mu = \left[0.578 + 0.037 \cdot \left(\frac{b_w}{B}\right)^2 + \frac{3.615 - 3 \cdot \left(\frac{b_w}{B}\right)^2}{1000 \cdot h + 1.6}\right] \cdot \left[1 + 0.5 \cdot \left(\frac{b_w}{B}\right)^4 \cdot \left(\frac{h}{h + h_w}\right)^2\right] \quad (6)$$

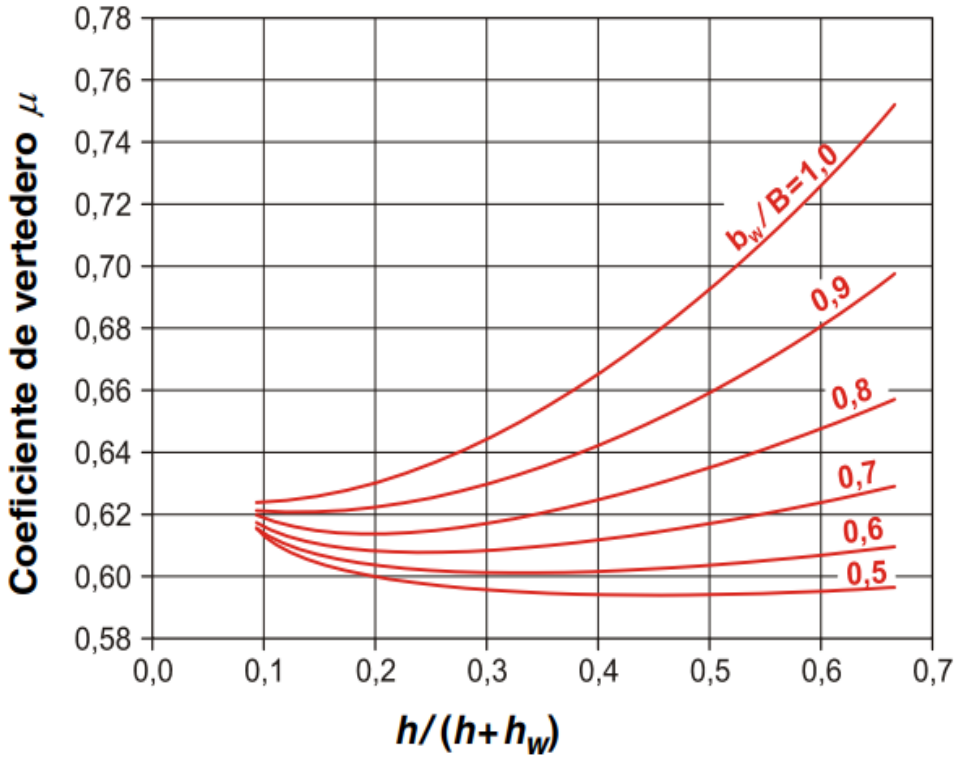
$$\mu = K_1 \cdot K_2 \quad (7)$$

Para una altura de vertedero hw = 1 m, Kellow y Mittasch (2015) representan en la siguiente figura los coeficientes de vertedero para distintas relaciones entre el ancho del vertedero y el ancho del canal bw/B, según la relación entre la altura h y el nivel de agua, h/(h+hw). Las condiciones que deben cumplir son las siguientes:

- hw ≥ 0.3 m
- 0.025 m * (bw/B) ≤ h ≤ 0.8 m

Figura 6.

Presa de medición rectangular: Coeficientes de vertedero para hw = 1 m.



Fuente: Kellow y Mittasch (2015)

b) Caso excepcional en vertedero rectangular sin contracción lateral (bw = B)

En este caso se aplica la relación: bw = B → bw / B = 1

Aplicando esto a la fórmula, la ecuación se simplifica:

$$\mu = \left[0.578 + 0.037 \cdot (1)^2 + \frac{3.615 - 3 \cdot (1)^2}{1000 \cdot h + 1.6}\right] \cdot \left[1 + 0.5 \cdot (1)^4 \cdot \left(\frac{h}{h + h_w}\right)^2\right] \quad (8)$$

$$\mu = \left[0.615 + \frac{0.615}{1000 \cdot h + 1.6}\right] \cdot \left[1 + 0.5 \cdot \left(\frac{h}{h + h_w}\right)^2\right] \quad (9)$$

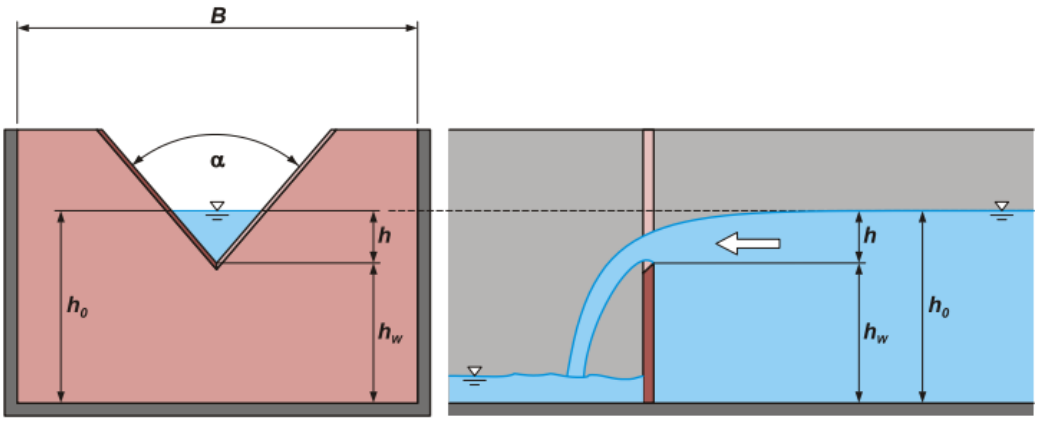
$$\mu = 0.615 \left[1 + \frac{1}{1000 \cdot h + 1.6}\right] \cdot \left[1 + 0.5 \cdot \left(\frac{h}{h + h_w}\right)^2\right] \quad (10)$$

Presa de medición triangular

En una presa triangular, el borde de vertedero aumenta hacia los lados. Debido a la forma triangular, esta presa presenta una gran exactitud en el área de medición inferior. Este tipo de vertedero es apto para caudales pequeños. La napa de un vertedero triangular siempre está aireada.

Figura 7.

Vertedero de forma triangular de pared delgada



Nota. Los niveles de aguas arriba deben medirse a una distancia suficiente de la presa. Como mínimo debe ser el triple de la altura *h* (***Figura 7***).

Fuente: Kellow y Mittasch (2015)

Ecuación de vertedero

La caída sobre una presa triangular se puede describir con la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{2.5} \quad (11)$$

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h_0 - h_w)^{2.5} \quad (12)$$

Determinación del Caudal teórico Qt

El caudal teórico Qt sobre un vertedero rectangular se puede describir con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h_0 - h_w)^{2.5} \quad (13)$$

Coeficiente de vertedero μ

El coeficiente de vertedero μ puede determinarse con la siguiente ecuación empírica:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \left[1 + \left(\frac{h^2 \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{3 \cdot B \cdot (h + h_w)}\right)^2\right] \cdot \left[1 + \frac{0.66}{1000 \cdot h^{1.5} \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right] \quad (14)$$

Coeficiente de gasto en vertedero

Se determina el coeficiente de gasto *Cd* para hallar el Caudal real *Qr*, tal como se muestra en la ecuación.

$$Cd = \frac{Qr}{Qt} \quad (15)$$

Dónde:

Cd = Coeficiente de gasto

Qr = Caudal real

Qt = Caudal teórico

2.3. Definición de Términos básicos

Caudal

Cantidad de flujo volumétrico que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo. Para la medición del caudal se emplean dos métodos: el método

volumétrico mediante el uso de un balde y cronómetro, y el método empírico mediante el uso de fórmulas teóricas en función del caudal, la pendiente y altura del agua.

Coeficiente de gasto

Factor de ajuste para los valores del gasto el cual debe variar en función del caudal, altura y pendiente del canal de ensayo.

HM 160 – Canal de ensayo 86X300MM

El canal de ensayo HM 160 es un equipo básico para realizar ensayos relacionados al tema de canales abiertos. Medición del caudal:

HM 160.30 – Juego de vertederos de cresta delgada, 4 tipos

El juego de presas de platos HM 160.30 también denominados vertederos de cresta delgada son accesorios para el canal de ensayo HM 160. Son estructuras de control del caudal y sirven para medir el caudal en canales abiertos. Medición del caudal:

Flujo permanente y flujo no permanente

El flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad no cambia o se mantiene constante durante un intervalo de tiempo. El flujo es no permanente si la profundidad de flujo cambia con respecto a un determinado tiempo. (*Monroy, 2010*)

Hidrometría

Es la ciencia que se encarga de medir, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en una unidad de tiempo. (*Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2017, p. 7*)

Métodos de aforo

Consiste en los procedimientos para la medición del caudal en una sección transversal de un canal, río, tubería, etc. Los métodos de aforo más usados son los siguientes: (Organización Meteorológica Mundial, 2011):

1. Método volumétrico
2. Medidor Parshall
3. Método de vertederos y orificios
4. Método de sección-velocidad, usando flotador o molinete

Método volumétrico

Técnica de medición que consiste en medir con precisión el tiempo en el cual un depósito cuyo volumen sea conocido se llena. Se puede determinar mediante la fórmula:

$$Q = \frac{V}{T} \tag{16}$$

Donde: Q = caudal (en m^3/s)

V = volumen (en m^3)

T = tiempo (en segundos)

Medidor Parshall

Consiste en una estructura de aforo de canales, utilizado principalmente para canales de riego de poca pendiente, en ríos y en drenes. Se puede determinar mediante la fórmula:

$$Cd = \frac{Qr}{Qt} \tag{17}$$

Donde: Q = caudal (en m^3/s)

H = Altura de la lámina de agua

C y n = coeficientes que dependen de las dimensiones del canal.

Método de vertederos y orificios

Consiste en la medición del aforo de un canal al interponer una presa o vertedero permitiendo que el agua pase a través de una sección predeterminada. Pueden clasificarse según su forma en: vertedero rectangular sin contracciones, vertedero rectangular con dos contracciones, vertedero triangular, vertedero

trapezoidal y vertedero circular.

Método de sección-velocidad, usando flotador o molinete

Técnica que medición que consiste en determinar separadamente el área de la sección transversal del cauce del agua y la velocidad del flujo de agua por cualquiera de los métodos con flotador o molinete. Se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V \tag{18}$$

Donde: Q = caudal (en m^3/s)

A = área de la sección transversal (en m^2)

V = velocidad media del agua (m/s)

Modelo numérico

Es una representación teórica de un fenómeno natural, típicamente expresado en forma matemática, que permite una mejor comprensión y estudio de su comportamiento.

Nivel de aguas arriba

Es la parte más alta de un flujo de agua antes de que pase por una presa. Sirve para la medición del caudal mediante cálculo y fórmulas empíricas. La distancia a la que debe medirse el nivel de aguas arriba desde el borde del vertedero de pared delgada debe ser como mínimo tres veces la altura h. (Kellow y Mittasch, 2015)

Pendiente longitudinal

Forma del terreno natural, de una carretera, o de un canal hidráulico abierto a lo largo de su ruta respecto a las alturas diferenciadas. Constituye la relación entre la distancia horizontal entre dos puntos dividido entre la altura vertical (m/m).

Profundidad de flujo

Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre, la profundidad de flujo de la sección es la profundidad de

flujo perpendicular a la dirección de éste, o la altura de la sección del canal que contiene el agua. (*Chow, 1994a)*

Sección del canal

Es la sección transversal de un canal hidráulico, puede adoptar diferentes formas entre las más comunes de forma rectangular, triangular o trapezoidal.

Técnica CFD

Las siglas significan Dinámica de Fluidos Computacional, es un área de conocimiento que realiza la simulación numérica en varias ramas de la Dinámica de fluidos, tales como de flujos, transferencia de calor, reacciones químicas, combustión, etc. (ESSS, 2016)

Vertedero o presa de medición

Estructura de tipo pared que puede tener una abertura a través de la cual fluya un líquido cuyo caudal pretende ser medido o controlado. (Salazar y Cedillo, 2017)

CAPÍTULO III: **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Metodología y técnicas utilizadas

3.1.1. Tipo de investigación

El enfoque de la investigación es del tipo Cuantitativo, ya que se requiere de la medición numérica y la estadística.

Porque se requiere de la medición numérica y la estadística para resolver el problema planteado, se va recolectar y analizar datos numéricos en el diseño experimental del coeficiente de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral.

3.1.2. Nivel de investigación

Aplicada y experimental (Utiliza la Estadística Aplicada).

Porque se aplica de manera práctica los conocimientos teóricos, se apoya de los métodos estadísticos para el análisis y evaluación en el diseño experimental del coeficiente de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es Experimental, se utilizó el equipo HM 160 Canal de Ensayo 86x300mm y el equipo HM 160. 30 Juego de vertederos de cresta delgada 4 Tipos del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali para realizar los ensayos experimentales en laboratorio.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Vertederos de pared delgada triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción.

3.2.2. Muestra

Canal de ensayo con pendientes de 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3% y vertederos: triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Materiales, instrumentos y método

3.3.1.1. Materiales:

Instrumento de recolección de datos (Ver Anexos)

Bandeja o balde para medición

Laptop

Regla metálica

Lapiceros

Cronómetro

Cámara fotográfica

Llave inglesa

Trapo industrial

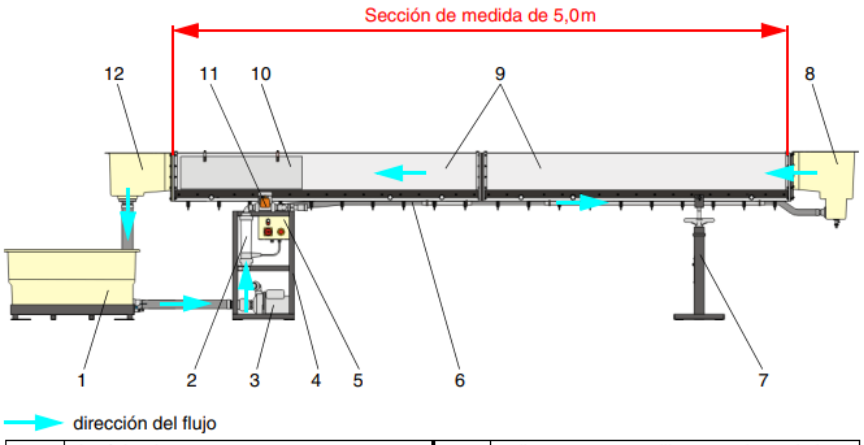
3.3.1.2. Instrumentos:

HM 160 – Canal de ensayo 86x300mm

El canal de ensayo HM 160 es un equipo básico para realizar ensayos relacionados al tema de canales abiertos.

Figura 8.

Visualización general de componentes del Canal de ensayo HM 160.



1	depósito de agua	7	cojinete con apoyo libre con ajuste de la inclinación
2	caudalímetro	8	elemento de entrada
3	bomba	9	elemento central
4	cojinete fijo	10	placa con trama
5	caja de distribución	11	válvula de caudal
6	manguera	12	elemento de salida

Fuente: Uta, L., y Mittasch, P. (2015).

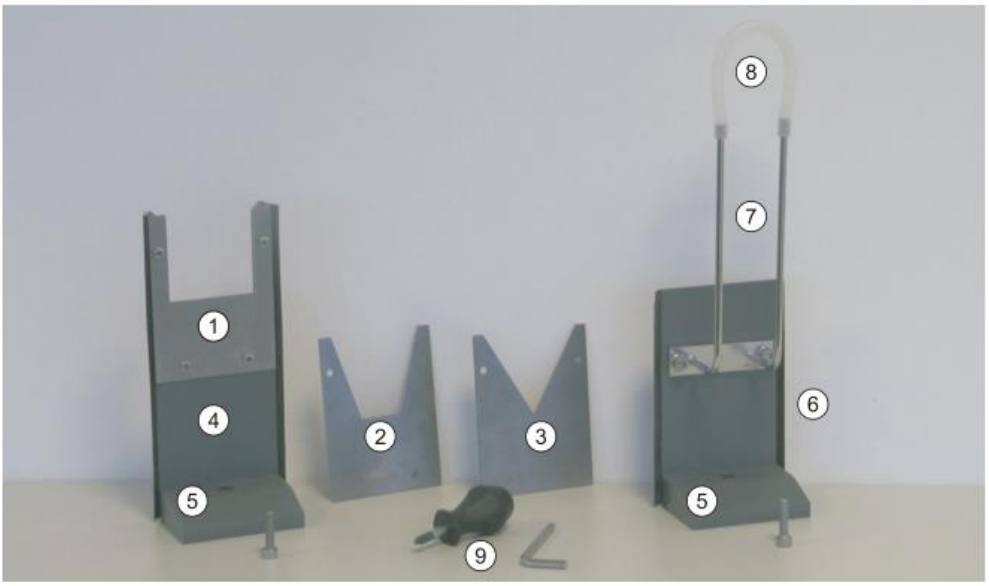
Consta de una sección rectangular de 2.5m de largo, pudiendo ampliarse hasta 5.0 m. Los elementos centrales (9) tiene una sección transversal de 86 mm de ancho y 300 mm de profundidad. Funciona con una bomba, esta transporta del depósito de agua (1) a través de la manguera (6) hasta el elemento de entrada (8), el flujo pasa desde el elemento de entrada hasta el elemento de salida (12). Se puede ajustar el caudal mediante la válvula de caudal (11). La pendiente se ajusta mediante la válvula de inclinación (7).

HM 160.30 – Juego de vertederos de cresta delgada, 4 tipos

El juego de presas de platos HM 160.30 también denominados vertederos de cresta delgada son accesorios para el canal de ensayo HM 160. Son estructuras de control del caudal y sirven para medir el caudal en canales abiertos.

Figura 9.

Componentes del juego de presas HM 160.30.



1 Placa de presa para presa rectangular con contracción
2 Placa de presa para presa trapezoidal
3 Placa de presa para presa triangular
4 Soportes para fijar las placas (1) a (3)
5 Zócalo
6 Presa rectangular sin contracción
7 Conductos de ventilación
8 Manguera para cerrar los conductos de ventilación (7)
9 Accesorios de montaje

Fuente: Kellow, M., y Mittasch, P. (2015)

Las presas de platos (1) (2) (3) se fijan en el soporte de la izquierda (4), la presa rectangular sin contracción (6) no necesita platos. Ambos soportes se fijan mediante el zócalo (5) en la base del elemento central del canal de ensayo HM 160 con ayuda de unos pernos.

HM 160.52 – Determinación de altura del nivel de aguas arriba

El medidor de nivel de agua HM 160.52 es un equipo de medición para el canal de ensayo HM 160. Consta de una regla con una marca que se fija a una varilla de metal con punta fina, la cual sirve para determinar el nivel máximo de un flujo en canales abiertos.

HM 160.64 – Velocímetro

El equipo HM 160.64 es un equipo de medición de velocidades para el canal

de ensayo HM 160. Consta de una varilla de color azul con punta roja la cual tiene unos molinetes, toma lectura de la información como temperatura, velocidad del flujo y lo transmite a través de un cable a un aparato digital que permite visualizar en forma numérica los valores de indicadores.

3.3.1.3. Método

Se utilizaron los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción para realizar la investigación.

3.3.2. Técnicas utilizadas

3.3.2.1. Para recolección de datos

- **Fuente primaria. -** se realizaron ensayos en el Canal de Ensayo 86x300mm del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la FISeIC de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU).
- **Fuente secundaria. -** se obtuvo información de estudios elaborados por otros estudiantes y profesionales, tales como: Revistas, tesis y manuales de laboratorio.

3.3.2.2. Para procesamiento de datos

Se utilizaron los siguientes programas: Microsoft Excel (Procesamiento de datos y resultados), AutoCAD y la versión para estudiantes del programa ANSYS STUDENT 2022 R2.

3.3.3. Desarrollo de la investigación:

En esta investigación se determinó los coeficientes de gasto de los vertederos triangular, rectangular con contracción y sin contracción y se identificó cómo varía de acuerdo a la altura del nivel de agua sobre el vertedero, caudal y pendiente, este tipo de estructuras hidráulicas se tiende a utilizar en el diseño de canales para medir el caudal sobre una presa, también para otros estudios o soluciones para brindar acceso al agua potable en las comunidades nativas rurales. Por lo expuesto, se planteó realizar los ensayos experimentales y determinar los

coeficientes de gasto en vertederos triangular, rectangular con contracción y sin contracción en el canal de ensayo con pendiente variable del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Para lograr nuestros objetivos, la presente investigación se dividió en dos etapas:

1) Obtener los coeficientes de gasto de vertederos triangular, rectangular con contracción y sin contracción en el laboratorio de Estructura e Hidráulica

2) Realizar el análisis y simulación computacional de los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral mediante la aplicación de técnica CFD en el programa ANSYS STUDENT 2022 R2.

La primera etapa comprende los ensayos experimentales en el canal de ensayo con pendiente variable y obtener los resultados de coeficientes de gasto, mientras que la segunda etapa comprende el análisis y comparación de los resultados de una simulación de vertedero mediante métodos computacionales en la dinámica de fluidos denominado técnicas CFD, cabe resaltar que este método se desarrolló y siguió en base a anteriores estudios que validaron este método para la caracterización de vertederos hidráulicos mediante esta técnica.

1) OBTENER LOS COEFICIENTES DE GASTO DE VERTEDEROS TRIANGULAR, RECTANGULAR CON CONTRACCIÓN Y SIN CONTRACCIÓN

En la primera etapa, se realizó una investigación de tipo Descriptiva en la que se cuantificó las características, rasgos y propiedades de los vertederos existentes para determinar las variables independientes en el proceso a través de los vertederos de pared delgada los cuales fueron analizados y correlacionados.

Se realizó una investigación Cuasi experimental, en la cual se determinó el efecto de la manipulación de las dos variables independientes: Pendiente y Caudal, sobre la variable dependiente: Coeficiente de gasto del estudio.

1° En primer lugar, se preparó el ambiente del Laboratorio de Estructura e Hidráulica con los instrumentos, equipos y materiales necesarios para la

experimentación.

2° Se realizó ocho ensayos en cada uno de los vertederos con una determinada pendiente que se encuentra en el intervalo de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, sumando un total de 40 ensayos por cada forma geométrica y un total de 120 ensayos experimentales a realizarse en el canal de ensayo.

3° En cada ensayo se intentó medir las velocidades del flujo que pasa por el vertedero, pero las velocidades eran demasiados bajas haciendo que el equipo diera una lectura de velocidad igual a cero.

4° Con ayuda de una regla metálica se tomó lectura del nivel de aguas arriba a una distancia de diez veces la altura (h) del vertedero.

5° Con ayuda de un cronómetro y un balde se intentó medir el caudal que pasa a través de los vertederos (balde-cronómetro).

6° Se registraron estos resultados en los instrumentos de recolección (fichas técnicas).

Se realizó un procesamiento de los datos recolectados en los ensayos de laboratorio en una hoja de cálculo en Microsoft Excel, mediante el cual determinamos los valores de los coeficientes de gasto caracterizado de acuerdo a una pendiente y una forma de vertedero. Luego se procedió a preparar los datos y la información necesaria para definir el modelo numérico que se va a simular, para esto se realizó una simulación computacional en el software ANSYS STUDENT 2022 R2 y se espera obtener los coeficientes de gasto mediante este método y realizar la comparación de sus resultados con los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio.

2) ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE VERTEDEROS TRIANGULAR, RECTANGULAR CON CONTRACCIÓN Y SIN CONTRACCIÓN MEDIANTE TÉCNICA CFD

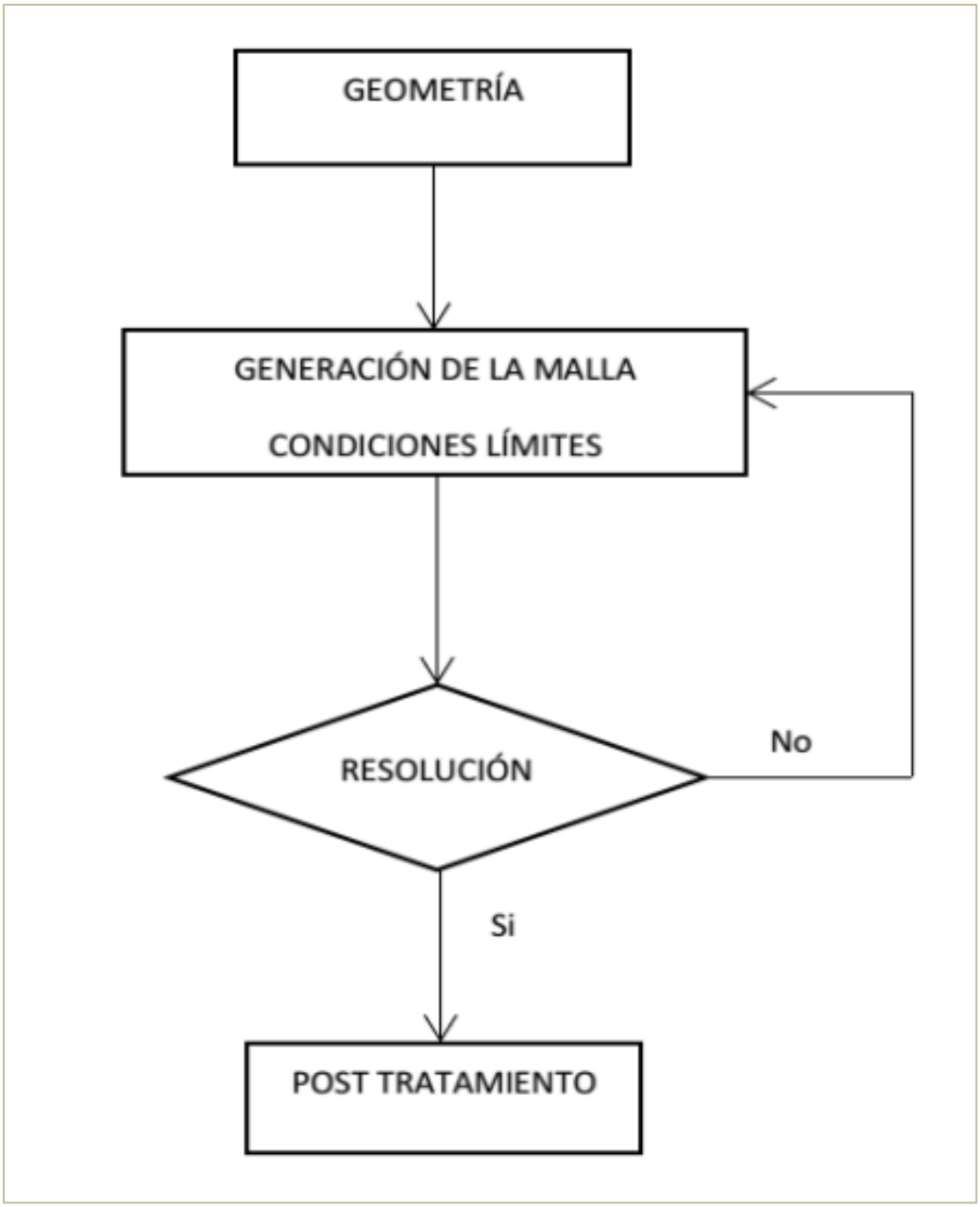
El software ANSYS STUDENT 2022 R2 es un software de la rama de

ingeniería hidráulica desarrollado por la compañía estadounidense del mismo nombre (ANSYS) que permite el procesamiento de fórmulas analíticas, modelamiento y validación de los resultados alcanzados, su último módulo computacional, el CFD (Fluidos/CFX), se conoce que tuvo una patente en trámite en el año 2018; el software fue utilizado anteriormente en el trabajo de maestría *"CARACTERIZACIÓN DE VERTEDEROS HIDRÁULICOS MEDIANTE TÉCNICAS CFD"* desarrollado por Ngamalieu Nengoue U. A. en la Universidad Politécnica de Valencia de España en el año 2015, ambos obteniendo resultados favorables mediante la utilización de este método para simular las condiciones de ensayo de un laboratorio físico.

Todo los procesos y análisis mediante CFD pasan por 4 etapas: primero, se define la geometría del cuerpo, después se registra las propiedades del vertedero, luego se define los límites también llamado frontera del modelo de simulación, después se indica las fórmulas de cálculo según el modelo de resolución y finalmente analizar y procesar los datos numéricos obtenidos. El proceso para realizar la simulación computacional se muestra en la siguiente imagen:

Figura 10.

Diagrama de un proceso de simulación computacional mediante técnica CFD



Fuente: Ngamalieu, U. A. (2015).

2.1) GEOMETRÍA DEL MODELO

Las formas geométricas que se utilizaron en esta investigación son los vertederos de forma triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción y un canal de ensayo rectangular. Se realizó el análisis computacional en un canal de ensayo con las dimensiones 86 mm de ancho y 300 mm de alto para los siguientes casos:

A) Canal de ensayo con un vertedero triangular con ángulo de 60°, con pendiente de 1%.

B) Canal de ensayo con un vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente de 1%.

C) Canal de ensayo con un vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente de 1%.

Figura 11.

A) Geometría del modelo numérico del vertedero triangular con ángulo de 60°

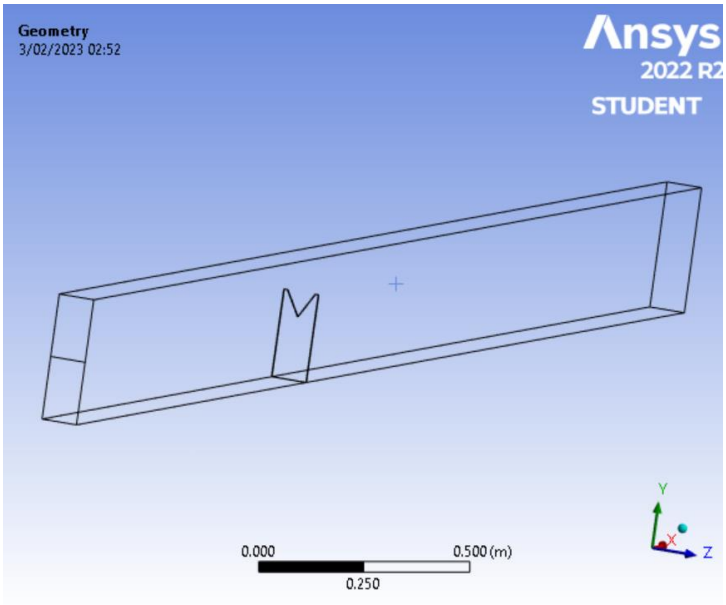


Figura 12.

B) Geometría del modelo numérico del vertedero rectangular con contracción lateral.

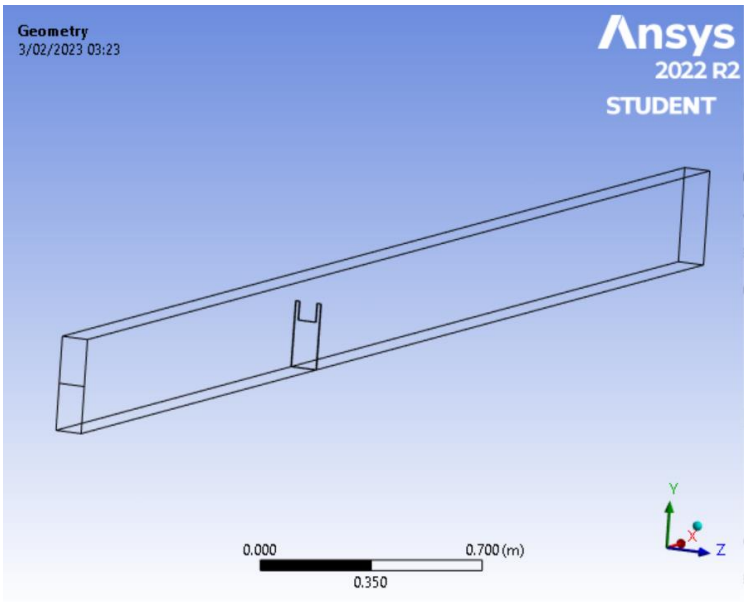
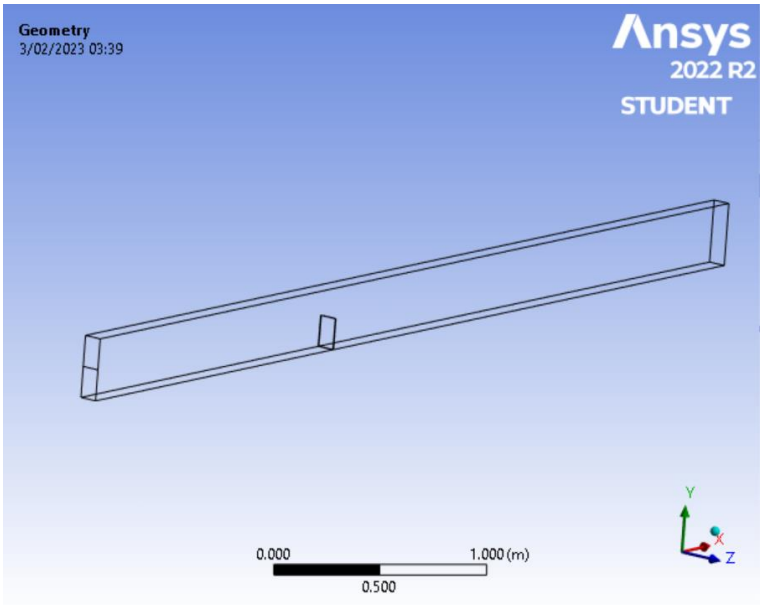


Figura 13.

C) Geometría del modelo numérico del vertedero rectangular sin contracción lateral.



2.2) GENERACIÓN DE LA MALLA Y DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES LÍMITES

Para generar las condiciones de la malla, se debió elegir cuidadosamente el tipo de malla de acuerdo a la forma y geometría del canal de ensayo y vertedero. Para la zona del canal y el vertedero, la malla estructurada está conformado por elementos tetraédricos, con un tamaño de elemento pequeño de 0.02 (m), se eligió este tipo de malla para realizar la simulación ya que, a comparación del tipo de malla Multi zona y Hexa dominante, manifiesta menor error relativo al momento de resolver las ecuaciones en vertederos rectangular y triangular con ángulo de 90° (Salazar y Cedillo, 2017, p. 42).

Figura 14.

Generación de malla del modelo numérico del vertedero triangular.

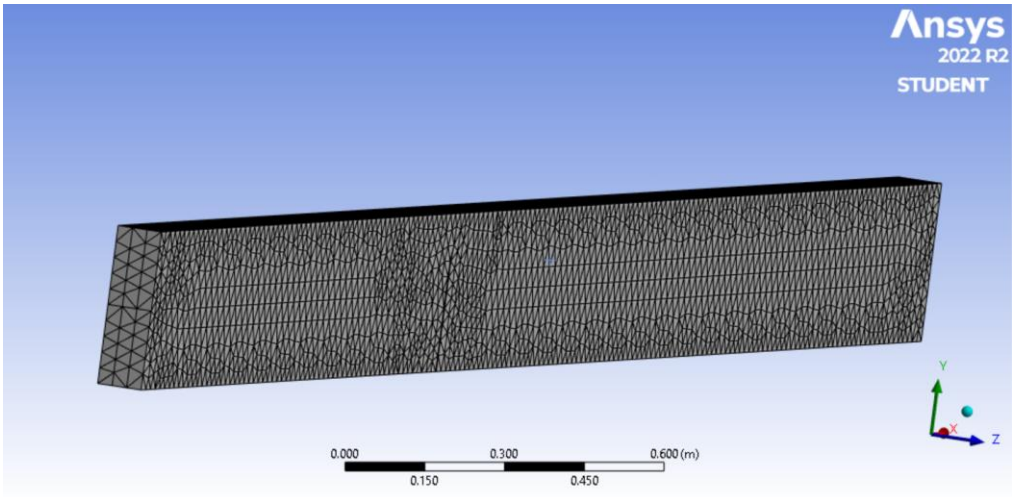


Figura 15.

Generación de malla del modelo numérico del vertedero rectangular con contracción lateral.

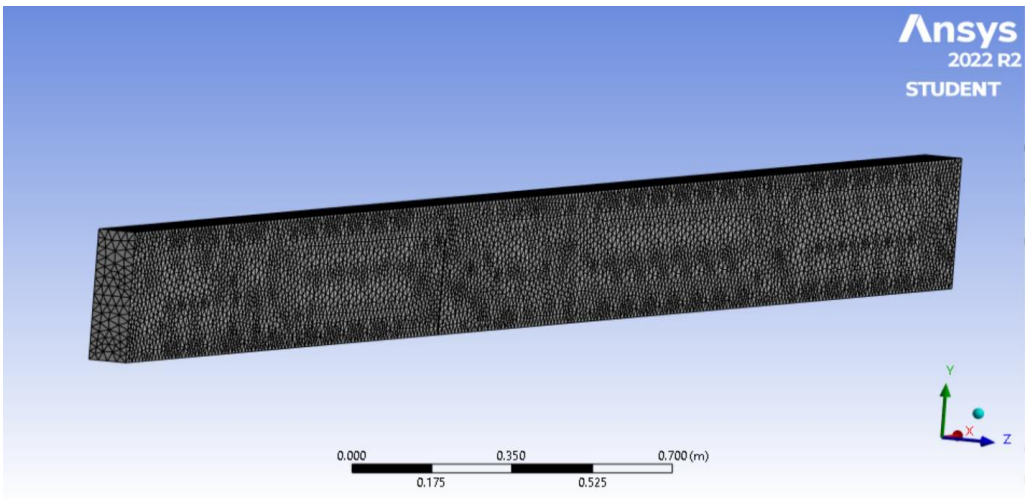
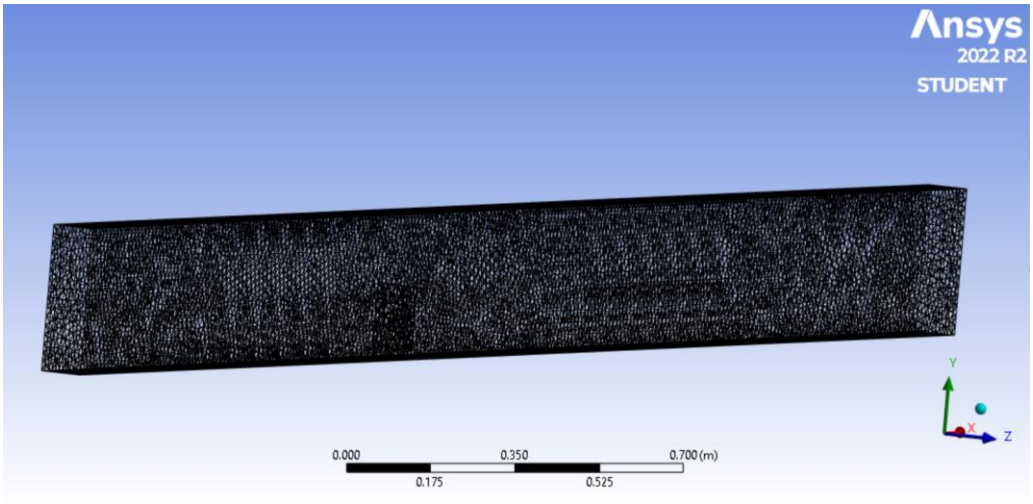


Figura 16.

Generación de malla del modelo numérico del vertedero rectangular sin contracción lateral.



DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES LÍMITES

Después de generar la geometría y las condiciones de la malla, se definen los materiales que se van analizar en la simulación y sus propiedades: del agua y aire a 25°C con una presión atmosférica de 1 atm. Dentro del modelo se especifica el valor de la gravedad de 9.81 m/s^2 en el sentido negativo al eje Y, y una densidad referencial de 1.20 Kg/m^3, se adoptó esta configuración en recomendación del Ing. Salazar, ya que nos permite evitar los errores de redondeo en el cálculo y ayuda a compensar la presión hidrostática en el dominio. (Salazar y Cedillo, 2017, p. 35)

Además, se definió las condiciones límites del modelo que son: Entrada (inlet) y salida (outlet) y las zonas de simetría (symmetry), y se especifica un dominio estacionario, para el modelo del flujo, se define como flujo homogéneo con superficie libre (para simulaciones hidráulicas). La entrada (inlet) corresponde a la zona de entrada de agua, y la salida (outlet) corresponde a la zona de salida de agua del sistema. Las zonas de simetría nos permiten ahorrar tiempos de cálculo dentro del programa.

Figura 17.

Zona de entrada (inlet) en el modelo del vertedero rectangular sin contracción lateral.

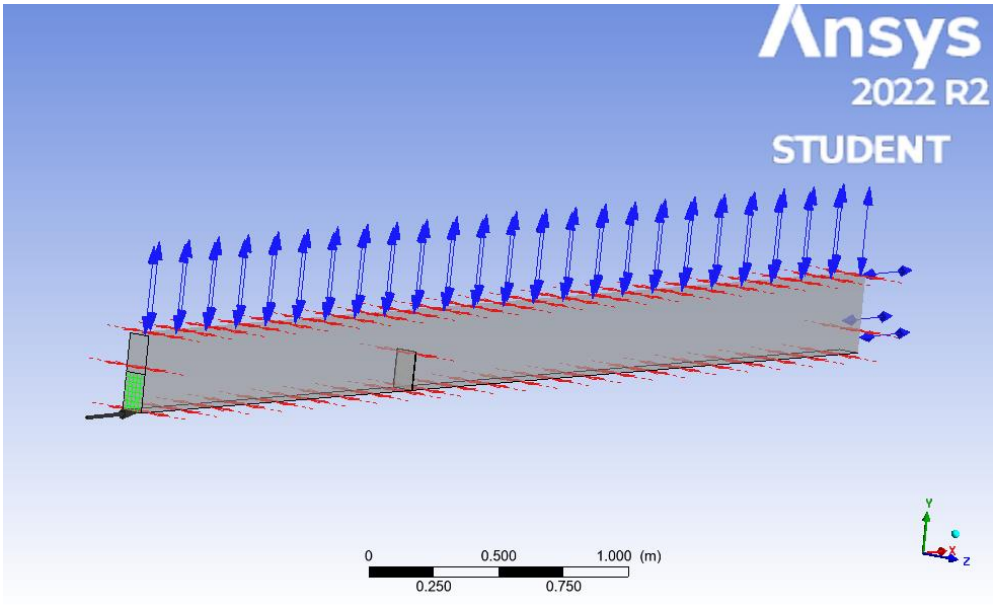


Figura 18.

Zona de salida (outlet) en el modelo del vertedero rectangular sin contracción lateral.

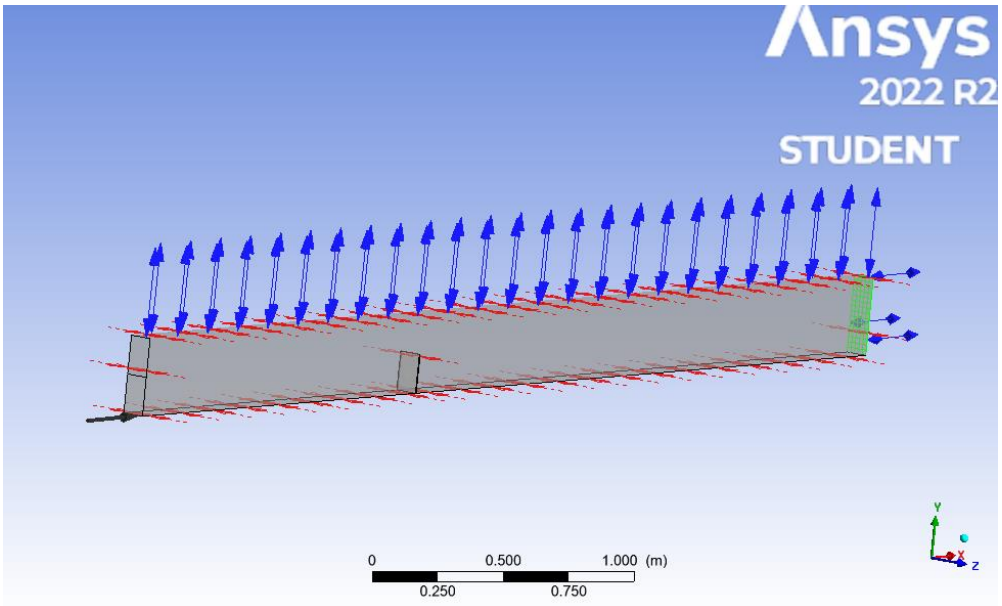
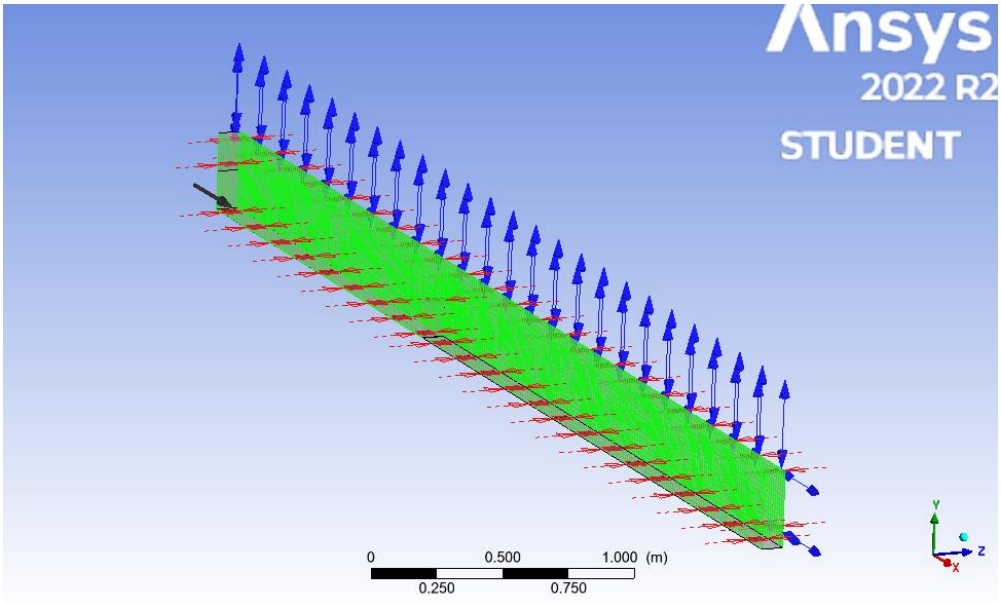


Figura 19.

Zona de simetría (symmetry) en el modelo del vertedero rectangular.



CALIBRACIÓN DEL SOLVER DE CÁLCULO Y RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Para el desarrollo de esta fase, fue necesario conocer las ecuaciones que nos permitirán describir correctamente el comportamiento del fluido sobre el canal. En esta investigación, se eligió las ecuaciones de un flujo uniforme y el modelo de resolución será muy eficiente para que nos garantice los resultados más aproximados de calidad.

2.3) RESOLUCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló utilizando un equipo computacional externo que estaba instalado con el programa ANSYS STUDENT 2022 R2.1. Todas las simulaciones se hicieron en el equipo computacional. La resolución se hizo según un proceso iterativo hasta llegar a la convergencia del resultado. El programa realizó un máximo de 1000 iteraciones para que llegue a la convergencia. El programa realizó los cálculos de manera iterativa hasta llegar a la convergencia del resultado.

VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO NUMÉRICO EN ANSYS STUDENT 2022 R2.1

El software Ansys Student 2022 R2.1 nos permitió visualizar el comportamiento del agua en el interior del canal y visualizar los parámetros deseados. Se visualizó los niveles de agua dentro del canal y los coeficientes de gasto en los vertederos de medición.

Figura 20.

Perfil del flujo de agua sobre el vertedero triangular con ángulo 60° en ANSYS STUDENT 2022 R2.1.

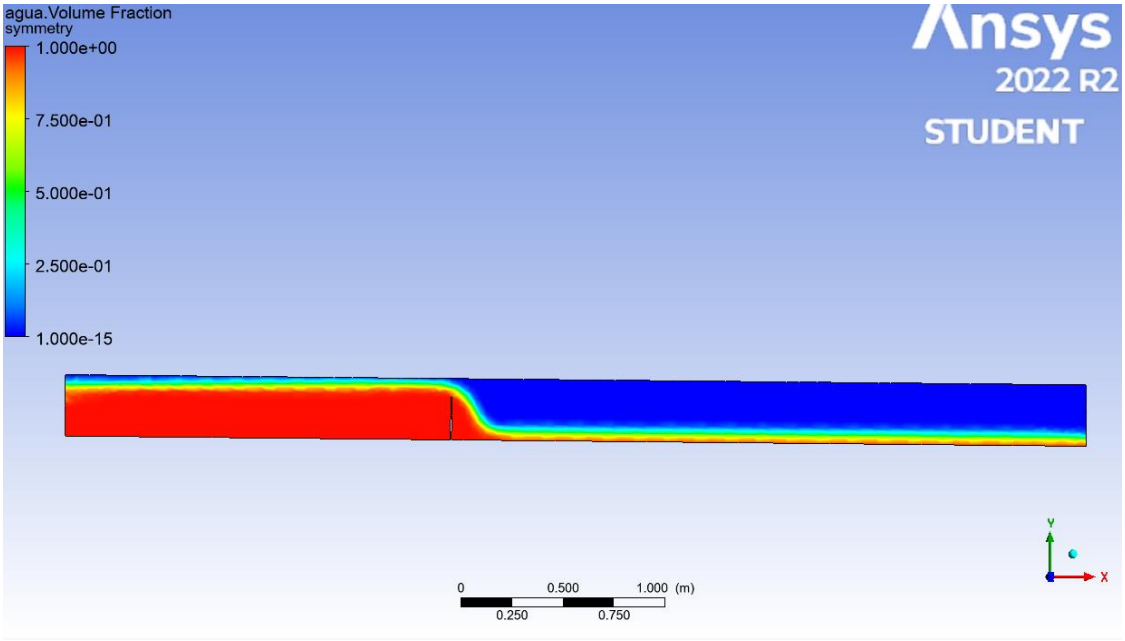


Figura 21.

Perfil de flujo de agua sobre el vertedero rectangular con contracción lateral en ANSYS STUDENT 2022 R2.1.

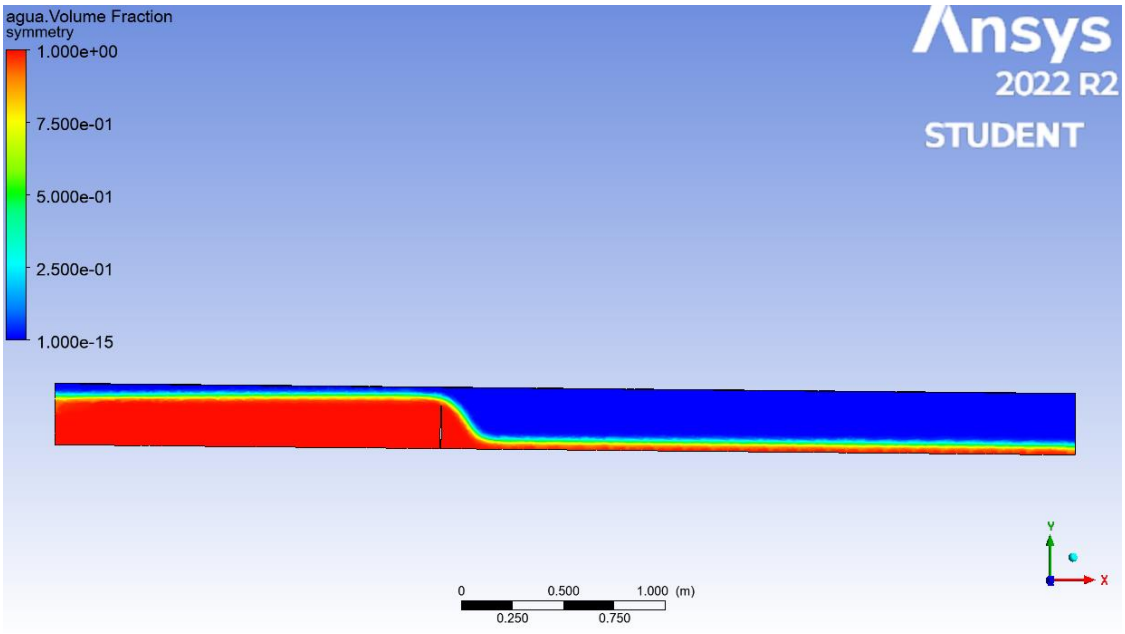
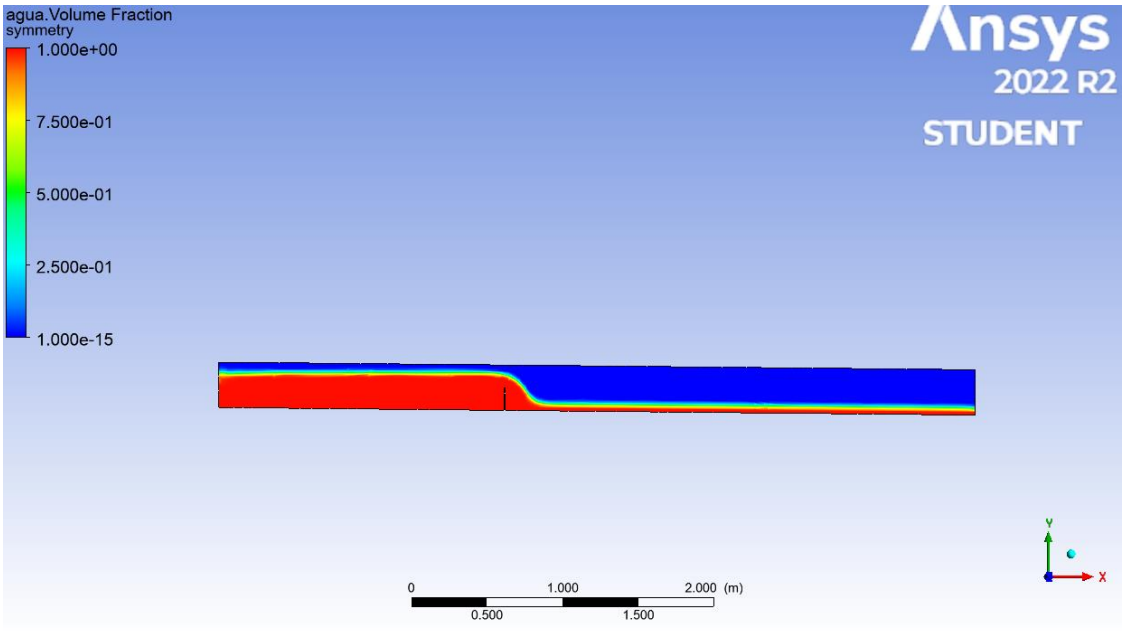


Figura 22.

Perfil del flujo de agua sobre el vertedero rectangular sin contracción lateral en ANSYS STUDENT 2022 R2.1.



2.4) POST TRATAMIENTO: Procesamiento del modelo numérico

Después de la simulación y visualización de los resultados, se procesaron los datos obtenidos en una hoja de cálculo en Microsoft Excel. Se realizó el análisis y tratamiento de estos datos para obtener los coeficientes de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y sin contracción lateral.

Finalmente, se determinó los coeficientes de gasto de los vertederos triangular, rectangular con contracción y sin contracción lateral, se midió el grado de relación entre las variables del objeto de la investigación, y se procesaron varios modelos de vertederos, analizando sus resultados y comparando con los resultados obtenidos de los ensayos experimentales.

CAPÍTULO IV: **RESULTADOS**

4.1. Vertedero triangular, con ángulo α=60° y pendiente i=1%

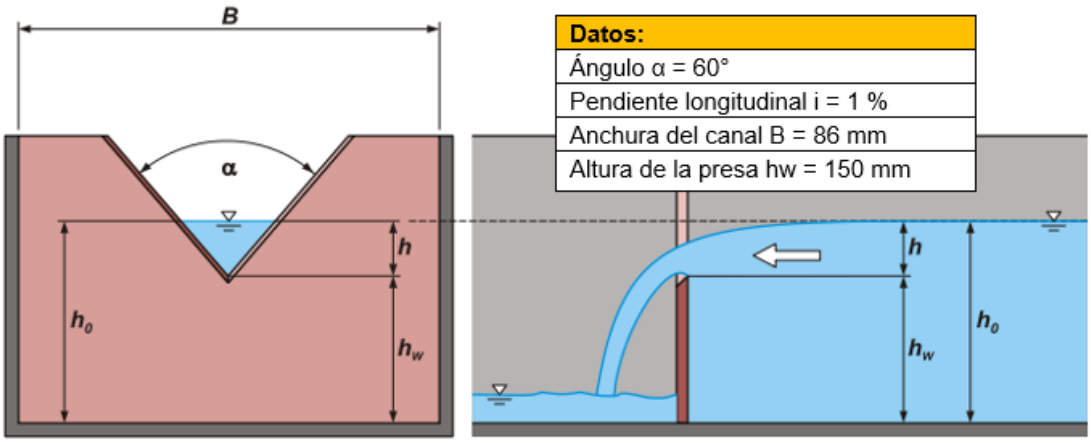


Tabla 2.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=1%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	α (°)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	60	0.192	0.15	0.042
2	3.5	0.086	60	0.188	0.15	0.038
3	3	0.086	60	0.184	0.15	0.034
4	2.5	0.086	60	0.181	0.15	0.031
5	2	0.086	60	0.178	0.15	0.028
6	1.5	0.086	60	0.17	0.15	0.020
7	1	0.086	60	0.167	0.15	0.017
8	0.5	0.086	60	0.161	0.15	0.011

Tabla 3.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.042	1.00042	1.13281	1.77506	0.65430
2	0.038	1.00030	1.15432	1.38213	0.66665
3	0.034	1.00020	1.18234	1.04662	0.68276
4	0.031	1.00014	1.20944	0.83080	0.69837
5	0.028	1.00010	1.24399	0.64415	0.71829
6	0.020	1.00003	1.40417	0.27776	0.81072
7	0.017	1.00001	1.51574	0.18502	0.87513

8	0.011	1.00000	1.99087	0.06231	1.14943

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7820

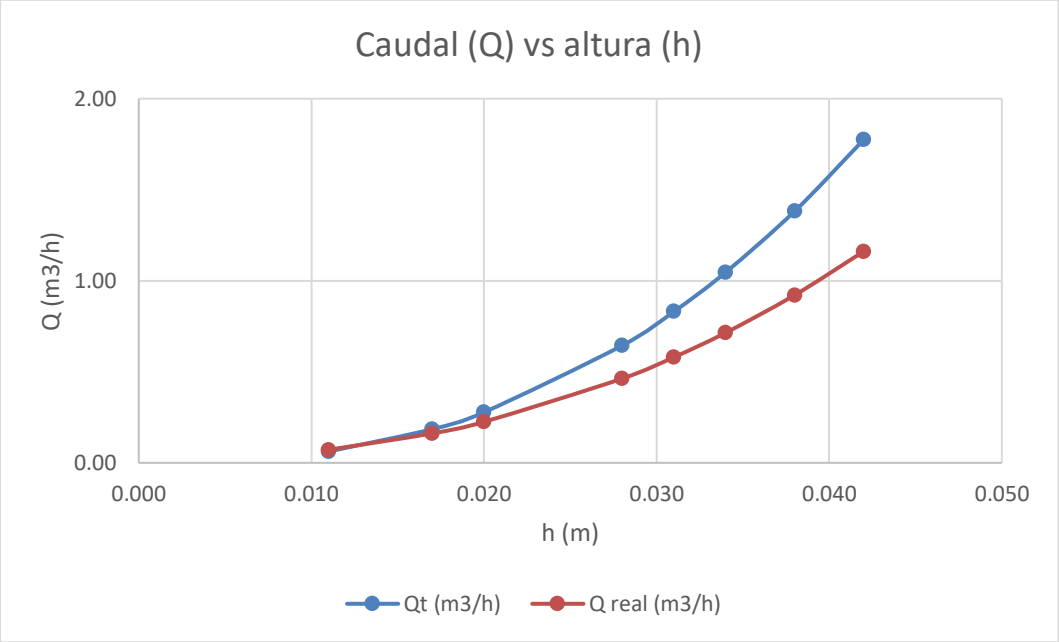
Tabla 4.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.042	1.78	1.16	0.6543
2	0.038	1.38	0.92	0.6666
3	0.034	1.05	0.71	0.6828
4	0.031	0.83	0.58	0.6984
5	0.028	0.64	0.46	0.7183
6	0.020	0.28	0.23	0.8107
7	0.017	0.19	0.16	0.8751
8	0.011	0.06	0.07	1.1494

Gráfico 1.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.2. Vertedero triangular, con ángulo α = 60° y pendiente i = 1.5%

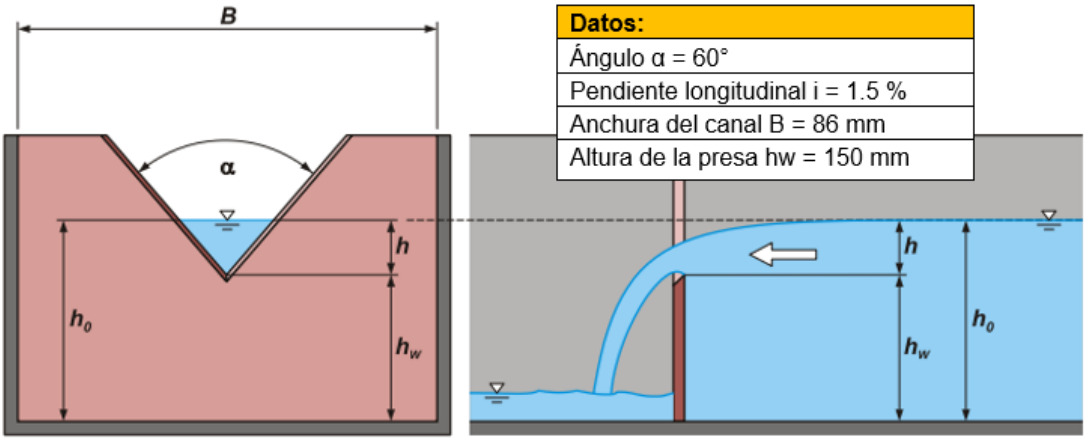


Tabla 5.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=1.5%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	α (°)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	60	0.197	0.15	0.047
2	3.5	0.086	60	0.194	0.15	0.044
3	3	0.086	60	0.1893	0.15	0.039
4	2.5	0.086	60	0.186	0.15	0.036
5	2	0.086	60	0.183	0.15	0.033
6	1.5	0.086	60	0.176	0.15	0.026
7	1	0.086	60	0.171	0.15	0.021
8	0.5	0.086	60	0.167	0.15	0.017

Tabla 6.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.047	1.00063	1.11219	2.35144	0.64253
2	0.044	1.00050	1.12386	1.99398	0.64918
3	0.039	1.00033	1.14673	1.50339	0.66228
4	0.036	1.00024	1.16736	1.20739	0.67414
5	0.033	1.00018	1.19069	0.97135	0.68757
6	0.026	1.00007	1.27267	0.53521	0.73483
7	0.021	1.00003	1.37564	0.31379	0.79425
8	0.017	1.00001	1.51574	0.18502	0.87513

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7150

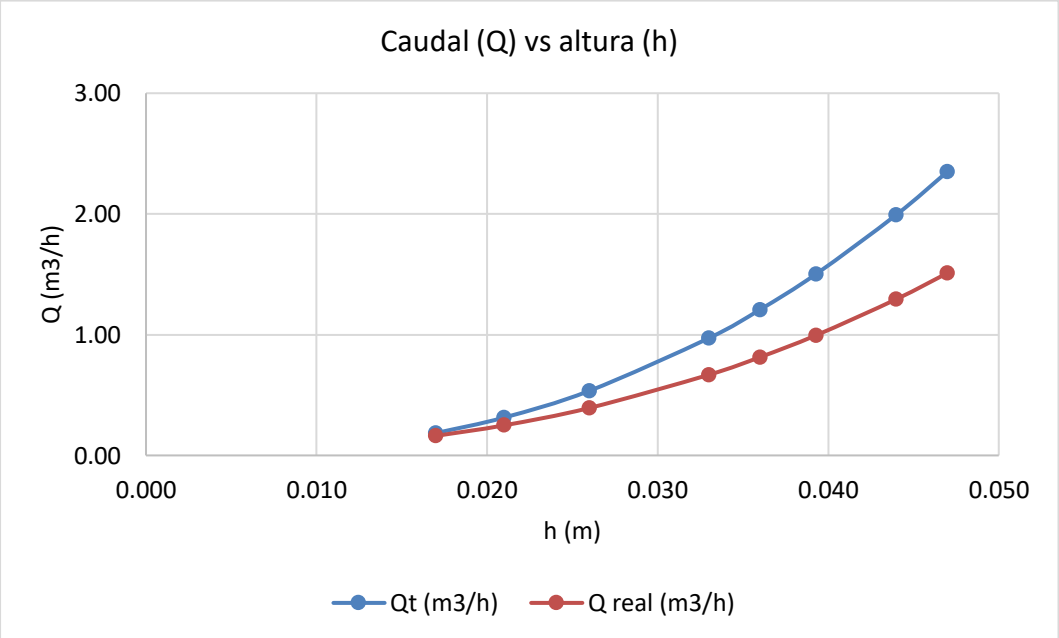
Tabla 7.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.047	2.35	1.51	0.6425
2	0.044	1.99	1.29	0.6492
3	0.039	1.50	1.00	0.6623
4	0.036	1.21	0.81	0.6741
5	0.033	0.97	0.67	0.6876
6	0.026	0.54	0.39	0.7348
7	0.021	0.31	0.25	0.7943
8	0.017	0.19	0.16	0.8751

Gráfico 2.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.3. Vertedero triangular con ángulo α = 60° y pendiente i =2%

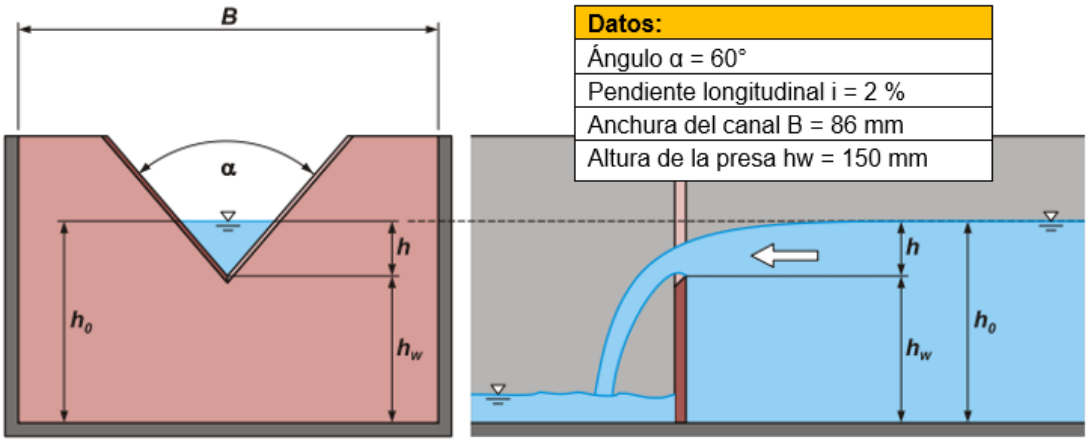


Tabla 8.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=2%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	α (°)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	60	0.194	0.15	0.044
2	3.5	0.086	60	0.192	0.15	0.042
3	3	0.086	60	0.188	0.15	0.038
4	2.5	0.086	60	0.183	0.15	0.033
5	2	0.086	60	0.176	0.15	0.026
6	1.5	0.086	60	0.171	0.15	0.021
7	1	0.086	60	0.166	0.15	0.016
8	0.5	0.086	60	0.16	0.15	0.010

Tabla 9.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.044	1.00050	1.12386	1.99398	0.64918
2	0.042	1.00042	1.13281	1.77506	0.65430
3	0.038	1.00030	1.15432	1.38213	0.66665
4	0.033	1.00018	1.19069	0.97135	0.68757
5	0.026	1.00007	1.27267	0.53521	0.73483
6	0.021	1.00003	1.37564	0.31379	0.79425
7	0.016	1.00001	1.56484	0.15900	0.90347
8	0.010	1.00000	2.14315	0.04910	1.23735

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7910

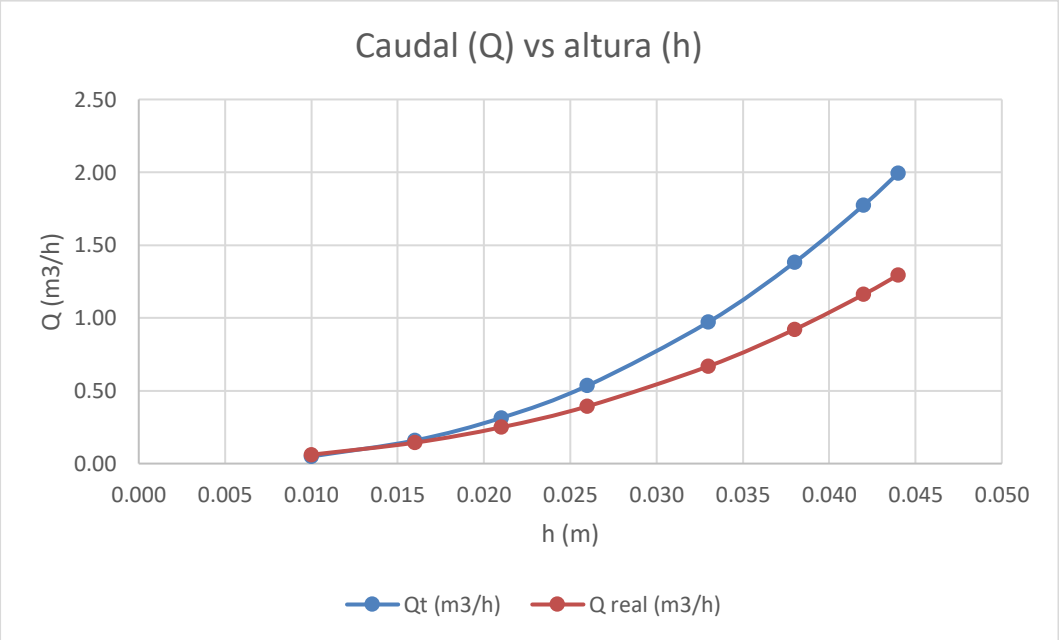
Tabla 10.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.044	1.99	1.29	0.6492
2	0.042	1.78	1.16	0.6543
3	0.038	1.38	0.92	0.6666
4	0.033	0.97	0.67	0.6876
5	0.026	0.54	0.39	0.7348
6	0.021	0.31	0.25	0.7943
7	0.016	0.16	0.14	0.9035
8	0.010	0.05	0.06	1.2374

Gráfico 3.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.4. Vertedero triangular con ángulo α = 60° y pendiente i = 2.5%

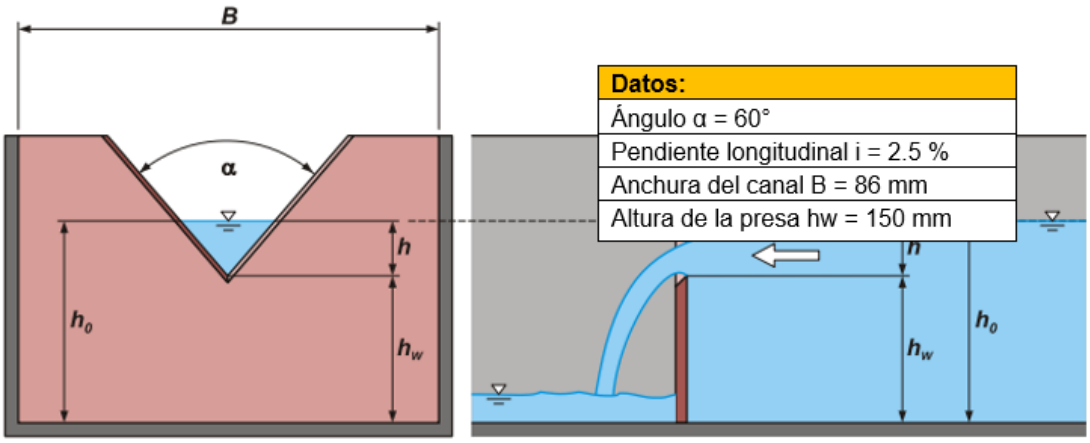


Tabla 11.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=2.5%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	α (°)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	60	0.197	0.15	0.047
2	3.5	0.086	60	0.192	0.15	0.042
3	3	0.086	60	0.188	0.15	0.038
4	2.5	0.086	60	0.185	0.15	0.035
5	2	0.086	60	0.178	0.15	0.028
6	1.5	0.086	60	0.172	0.15	0.022
7	1	0.086	60	0.167	0.15	0.017
8	0.5	0.086	60	0.164	0.15	0.014

Tabla 12.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.047	1.00063	1.11219	2.35144	0.64253
2	0.042	1.00042	1.13281	1.77506	0.65430
3	0.038	1.00030	1.15432	1.38213	0.66665
4	0.035	1.00022	1.17458	1.12528	0.67829
5	0.028	1.00010	1.24399	0.64415	0.71829
6	0.022	1.00004	1.35032	0.35249	0.77964
7	0.017	1.00001	1.51574	0.18502	0.87513
8	0.014	1.00001	1.69010	0.11387	0.97579

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7488

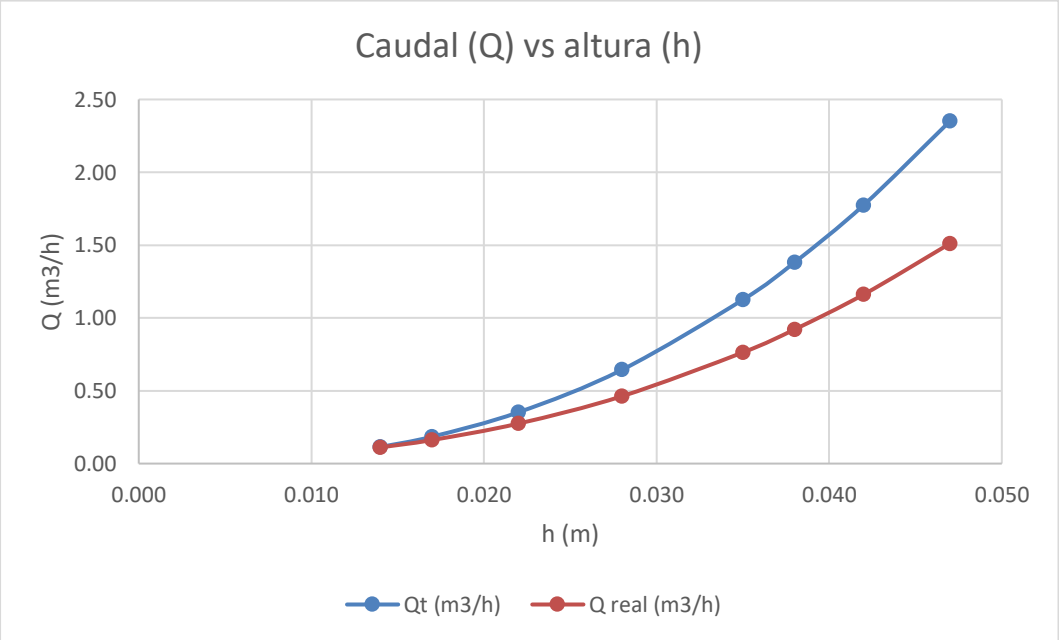
Tabla 13.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.047	2.35	1.51	0.6425
2	0.042	1.78	1.16	0.6543
3	0.038	1.38	0.92	0.6666
4	0.035	1.13	0.76	0.6783
5	0.028	0.64	0.46	0.7183
6	0.022	0.35	0.27	0.7796
7	0.017	0.19	0.16	0.8751
8	0.014	0.11	0.11	0.9758

Gráfico 4.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.5. Vertedero triangular con ángulo α = 60° y pendiente i = 3%

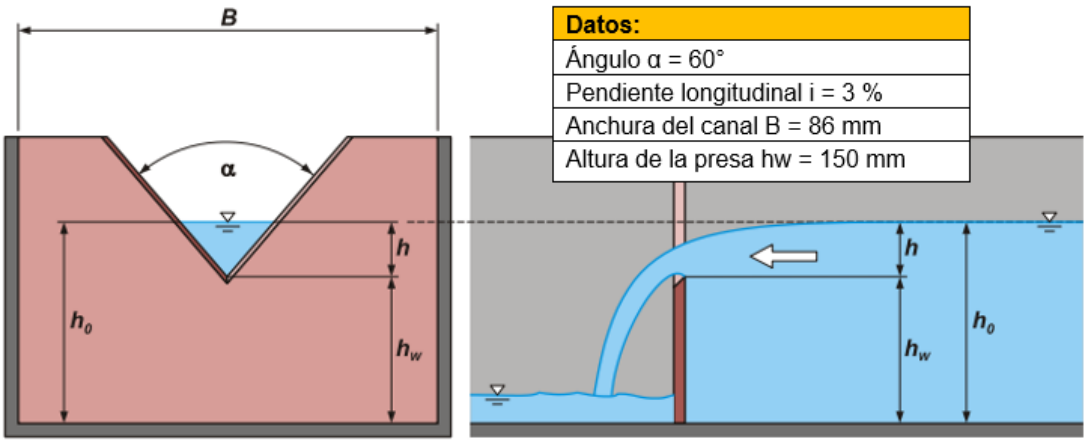


Tabla 14.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero triangular con pendiente i=3%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	α (°)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	60	0.197	0.15	0.047
2	3.5	0.086	60	0.192	0.15	0.042
3	3	0.086	60	0.188	0.15	0.038
4	2.5	0.086	60	0.183	0.15	0.033
5	2	0.086	60	0.178	0.15	0.028
6	1.5	0.086	60	0.17	0.15	0.020
7	1	0.086	60	0.167	0.15	0.017
8	0.5	0.086	60	0.163	0.15	0.013

Tabla 15.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.047	1.00063	1.11219	2.35144	0.64253
2	0.042	1.00042	1.13281	1.77506	0.65430
3	0.038	1.00030	1.15432	1.38213	0.66665
4	0.033	1.00018	1.19069	0.97135	0.68757
5	0.028	1.00010	1.24399	0.64415	0.71829
6	0.020	1.00003	1.40417	0.27776	0.81072
7	0.017	1.00001	1.51574	0.18502	0.87513
8	0.013	1.00001	1.77124	0.09461	1.02263

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7597

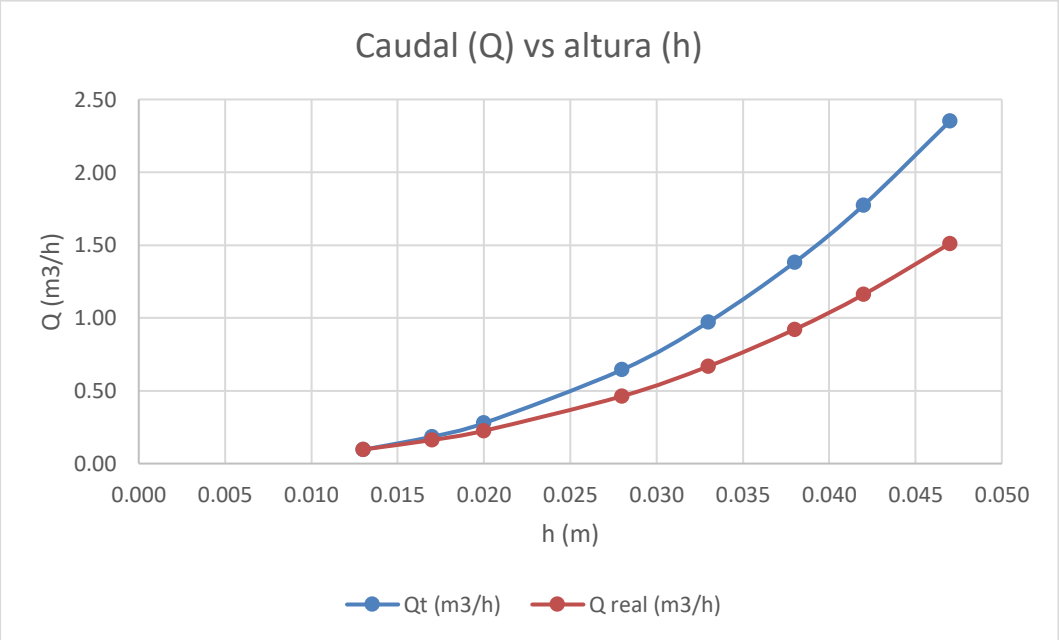
Tabla 16.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.047	2.35	1.51	0.6425
2	0.042	1.78	1.16	0.6543
3	0.038	1.38	0.92	0.6666
4	0.033	0.97	0.67	0.6876
5	0.028	0.64	0.46	0.7183
6	0.020	0.28	0.23	0.8107
7	0.017	0.19	0.16	0.8751
8	0.013	0.09	0.10	1.0226

Gráfico 5.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.6. Vertedero rectangular con contracción lateral y pendiente i = 1%

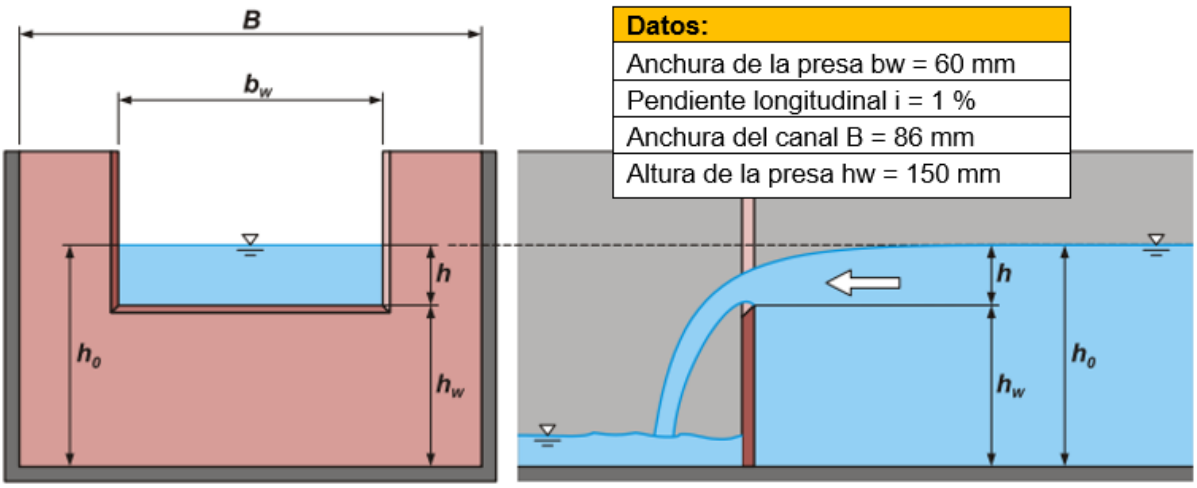


Tabla 17.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=1%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.197	0.15	0.047
2	3.5	0.086	0.192	0.15	0.042
3	3	0.086	0.188	0.15	0.038
4	2.5	0.086	0.185	0.15	0.035
5	2	0.086	0.181	0.15	0.031
6	1.5	0.086	0.175	0.15	0.025
7	1	0.086	0.171	0.15	0.021
8	0.5	0.086	0.168	0.15	0.018

Tabla 18.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	B (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.06	0.086	0.64035	1.00674	6.50	0.6447
2	0.06	0.086	0.64543	1.00567	5.49	0.6491
3	0.06	0.086	0.65042	1.00484	4.72	0.6536
4	0.06	0.086	0.65488	1.00424	4.18	0.6577
5	0.06	0.086	0.66211	1.00347	3.48	0.6644
6	0.06	0.086	0.67702	1.00242	2.52	0.6787

7	0.06	0.086	0.69135	1.00179	1.94	0.6926
8	0.06	0.086	0.70595	1.00136	1.54	0.7069

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6684

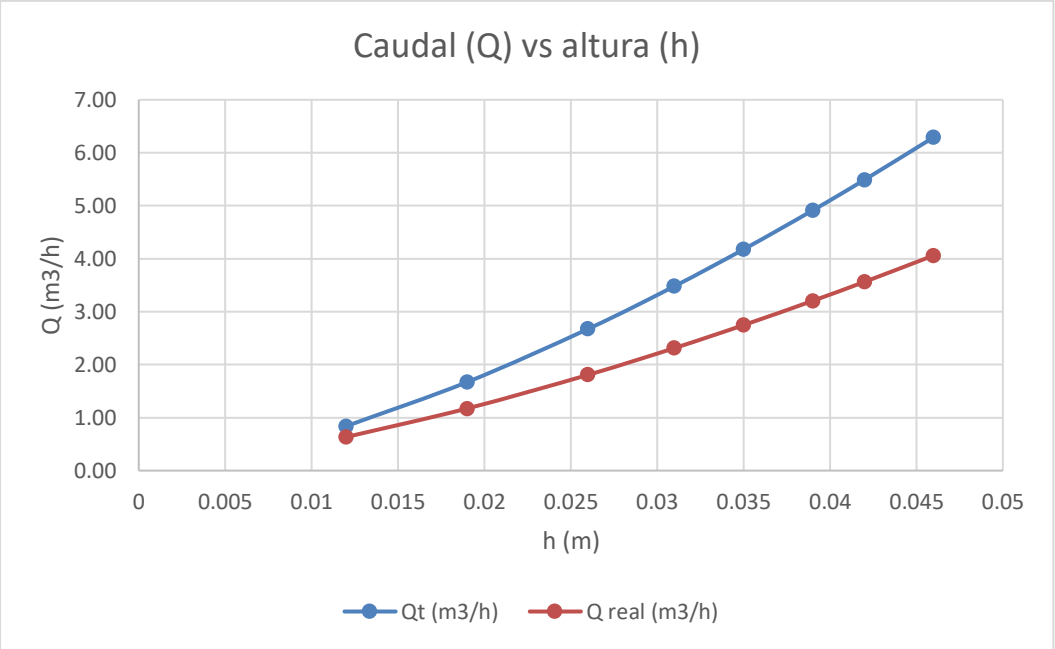
Tabla 19.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.047	6.50	4.19	0.6447
2	0.042	5.49	3.56	0.6491
3	0.038	4.72	3.09	0.6536
4	0.035	4.18	2.75	0.6577
5	0.031	3.48	2.31	0.6644
6	0.025	2.52	1.71	0.6787
7	0.021	1.94	1.34	0.6926
8	0.018	1.54	1.09	0.7069

Gráfico 6.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.7. Vertedero rectangular con contracción lateral y pendiente i = 1.5%

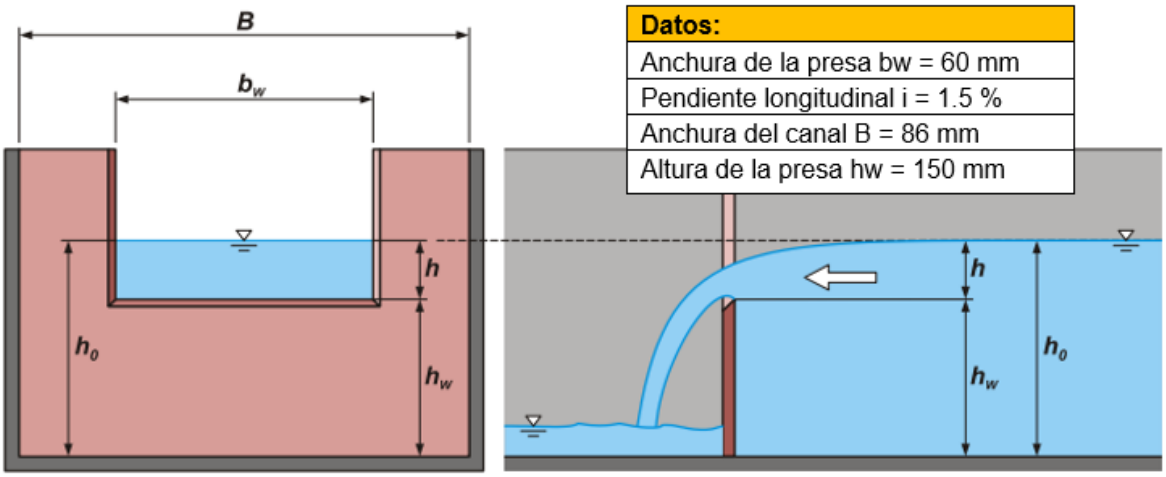


Tabla 20.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=1.5%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.196	0.15	0.046
2	3.5	0.086	0.192	0.15	0.042
3	3	0.086	0.189	0.15	0.039
4	2.5	0.086	0.185	0.15	0.035
5	2	0.086	0.181	0.15	0.031
6	1.5	0.086	0.176	0.15	0.026
7	1	0.086	0.169	0.15	0.019
8	0.5	0.086	0.162	0.15	0.012

Tabla 21.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.06	0.086	0.64128	1.00653	6.29	0.6455
2	0.06	0.086	0.64543	1.00567	5.49	0.6491
3	0.06	0.086	0.64908	1.00504	4.91	0.6524
4	0.06	0.086	0.65488	1.00424	4.18	0.6577
5	0.06	0.086	0.66211	1.00347	3.48	0.6644
6	0.06	0.086	0.67408	1.00259	2.67	0.6758
7	0.06	0.086	0.70061	1.00150	1.67	0.7017

8	0.06	0.086	0.75445	1.00065	0.84	0.7549

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6752

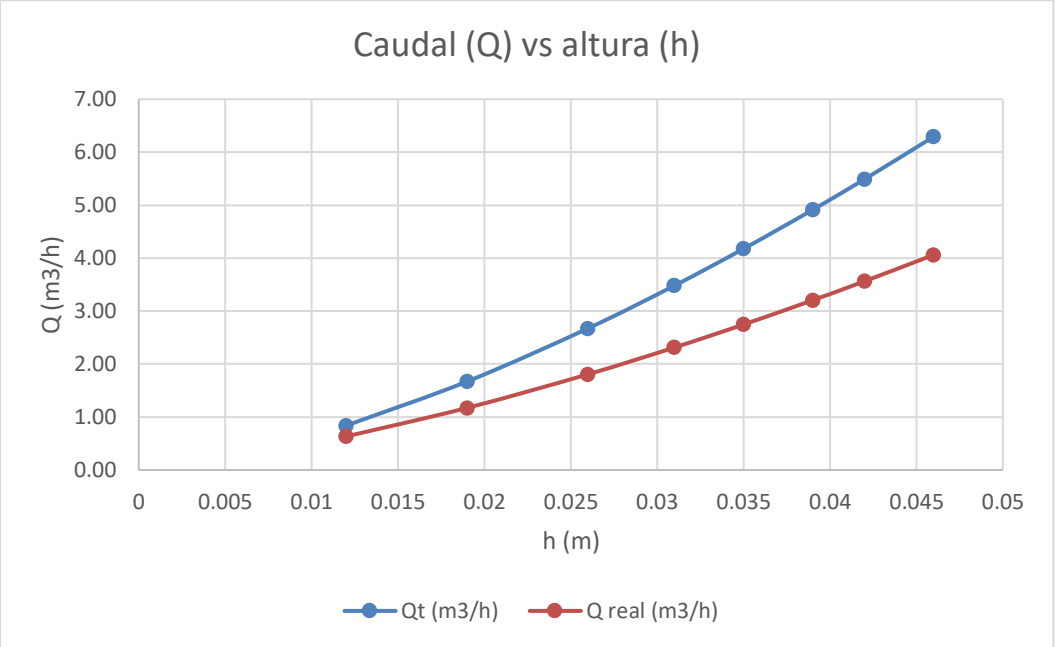
Tabla 22.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.046	6.29	4.06	0.6455
2	0.042	5.49	3.56	0.6491
3	0.039	4.91	3.20	0.6524
4	0.035	4.18	2.75	0.6577
5	0.031	3.48	2.31	0.6644
6	0.026	2.67	1.81	0.6758
7	0.019	1.67	1.17	0.7017
8	0.012	0.84	0.63	0.7549

Gráfico 7.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.8. Vertedero rectangular con contracción lateral y pendiente i = 2%

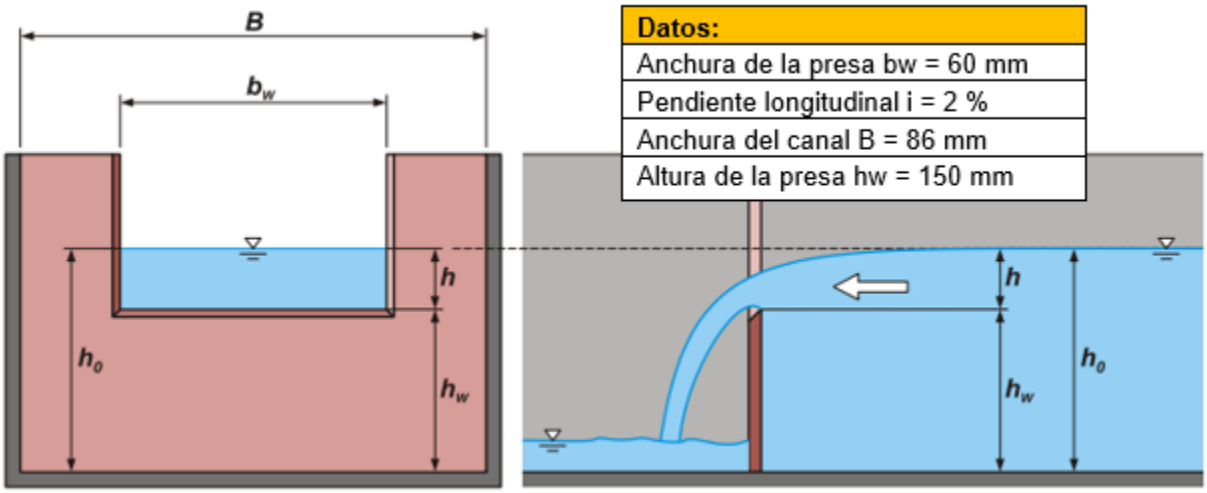


Tabla 23.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=2%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.197	0.15	0.047
2	3.5	0.086	0.193	0.15	0.043
3	3	0.086	0.189	0.15	0.039
4	2.5	0.086	0.185	0.15	0.035
5	2	0.086	0.181	0.15	0.031
6	1.5	0.086	0.176	0.15	0.026
7	1	0.086	0.171	0.15	0.021
8	0.5	0.086	0.168	0.15	0.018

Tabla 24.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.06	0.086	0.64035	1.00674	6.50	0.6447
2	0.06	0.086	0.64432	1.00588	5.69	0.6481
3	0.06	0.086	0.64908	1.00504	4.91	0.6524
4	0.06	0.086	0.65488	1.00424	4.18	0.6577
5	0.06	0.086	0.66211	1.00347	3.48	0.6644
6	0.06	0.086	0.67408	1.00259	2.67	0.6758

7	0.06	0.086	0.69135	1.00179	1.94	0.6926
8	0.06	0.086	0.70595	1.00136	1.54	0.7069

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6678

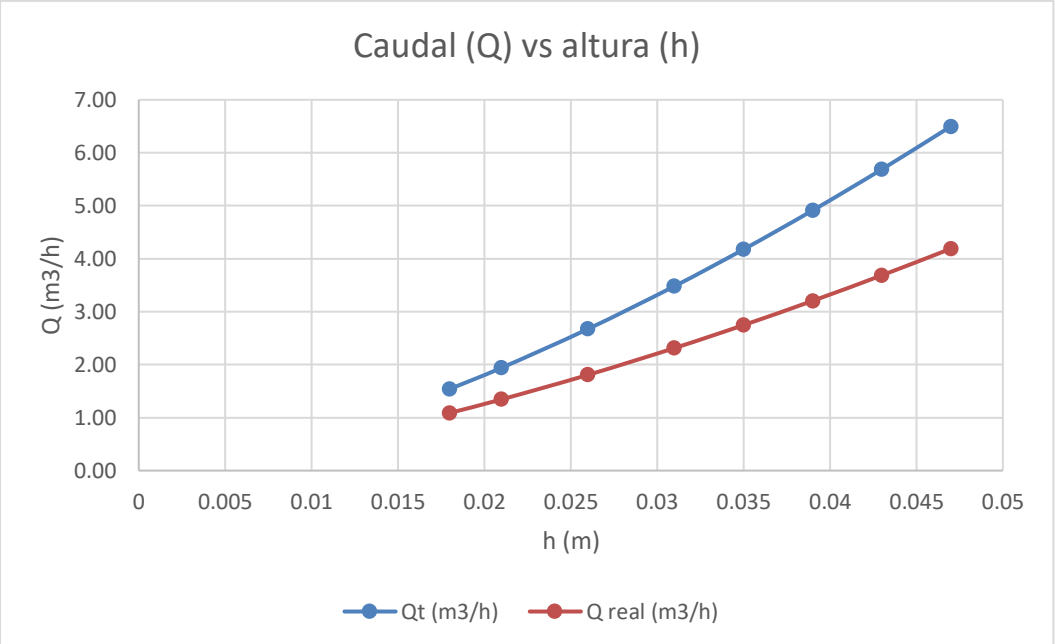
Tabla 25.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.047	6.50	4.19	0.6447
2	0.043	5.69	3.69	0.6481
3	0.039	4.91	3.20	0.6524
4	0.035	4.18	2.75	0.6577
5	0.031	3.48	2.31	0.6644
6	0.026	2.67	1.81	0.6758
7	0.021	1.94	1.34	0.6926
8	0.018	1.54	1.09	0.7069

Gráfico 8.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.9. Vertedero rectangular con contracción lateral y pendiente 2.5%

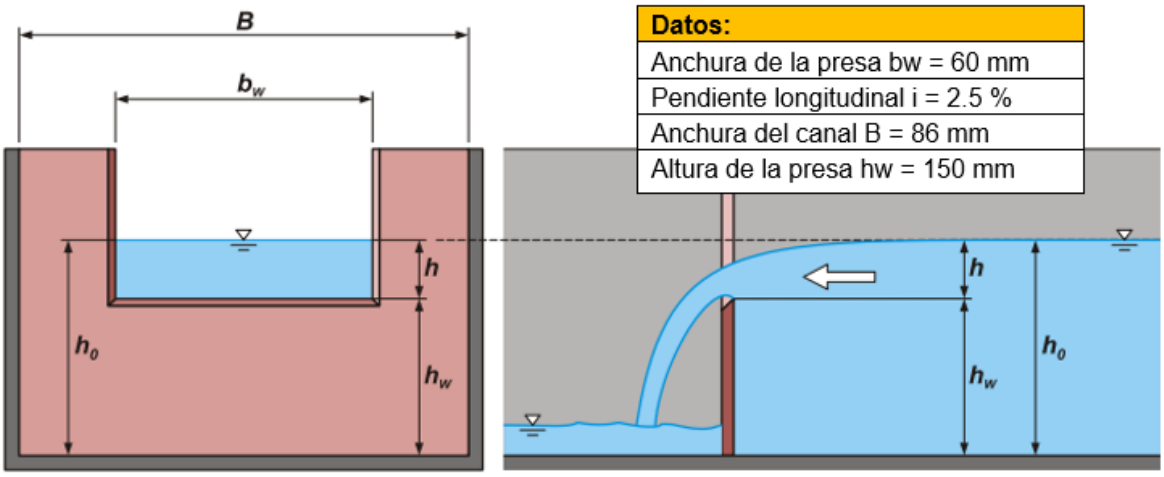


Tabla 26.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=2.5%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.196	0.15	0.046
2	3.5	0.086	0.192	0.15	0.042
3	3	0.086	0.189	0.15	0.039
4	2.5	0.086	0.186	0.15	0.036
5	2	0.086	0.183	0.15	0.033
6	1.5	0.086	0.178	0.15	0.028
7	1	0.086	0.174	0.15	0.024
8	0.5	0.086	0.167	0.15	0.017

Tabla 27.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.06	0.086	0.64128	1.00653	6.29	0.6455
2	0.06	0.086	0.64543	1.00567	5.49	0.6491
3	0.06	0.086	0.64908	1.00504	4.91	0.6524
4	0.06	0.086	0.65332	1.00444	4.36	0.6562
5	0.06	0.086	0.65829	1.00385	3.82	0.6608
6	0.06	0.086	0.66881	1.00293	2.99	0.6708
7	0.06	0.086	0.68018	1.00225	2.37	0.6817

8	0.06	0.086	0.71186	1.00123	1.41	0.7127

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6661

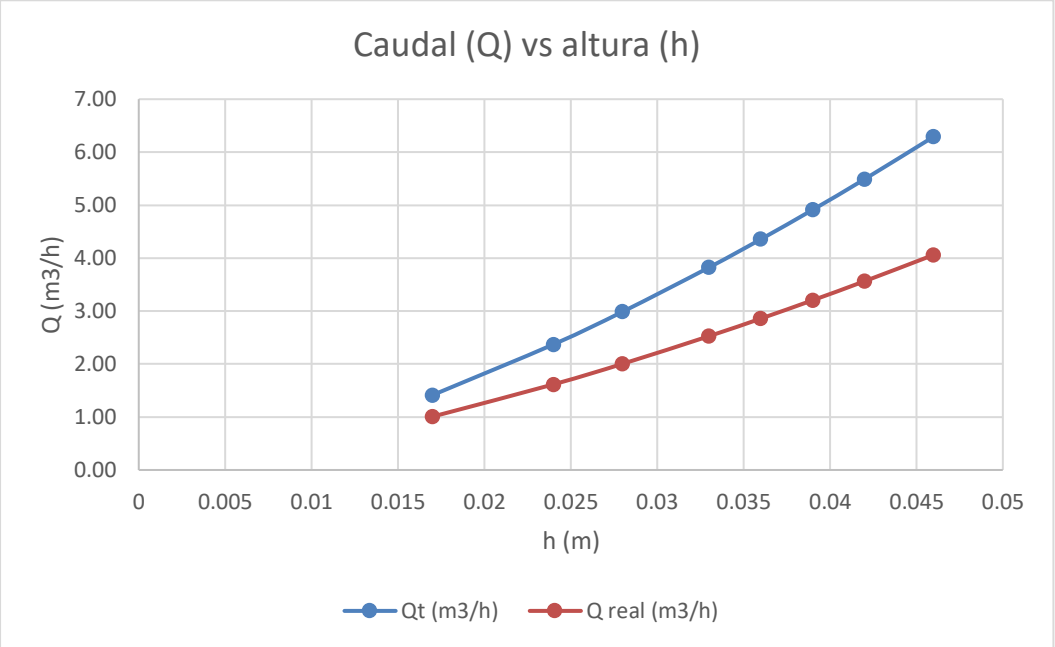
Tabla 28.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.046	6.29	4.06	0.6455
2	0.042	5.49	3.56	0.6491
3	0.039	4.91	3.20	0.6524
4	0.036	4.36	2.86	0.6562
5	0.033	3.82	2.53	0.6608
6	0.028	2.99	2.00	0.6708
7	0.024	2.37	1.62	0.6817
8	0.017	1.41	1.01	0.7127

Gráfico 9.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.10. Vertedero rectangular con contracción lateral y pendiente i = 3%

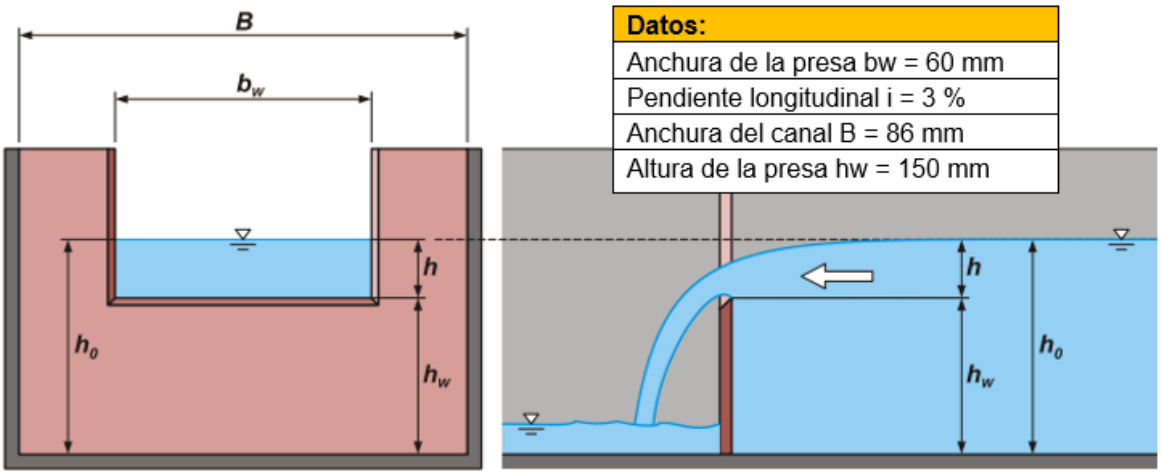


Tabla 29.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral, con pendiente i=3%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.199	0.15	0.049
2	3.5	0.086	0.195	0.15	0.045
3	3	0.086	0.191	0.15	0.041
4	2.5	0.086	0.188	0.15	0.038
5	2	0.086	0.183	0.15	0.033
6	1.5	0.086	0.179	0.15	0.029
7	1	0.086	0.174	0.15	0.024
8	0.5	0.086	0.171	0.15	0.021

Tabla 30.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.06	0.086	0.63859	1.00718	6.92	0.6432
2	0.06	0.086	0.64225	1.00631	6.09	0.6463
3	0.06	0.086	0.64659	1.00546	5.30	0.6501
4	0.06	0.086	0.65042	1.00484	4.72	0.6536
5	0.06	0.086	0.65829	1.00385	3.82	0.6608
6	0.06	0.086	0.66643	1.00311	3.15	0.6685
7	0.06	0.086	0.68018	1.00225	2.37	0.6817

8	0.06	0.086	0.69135	1.00179	1.94	0.6926

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6621

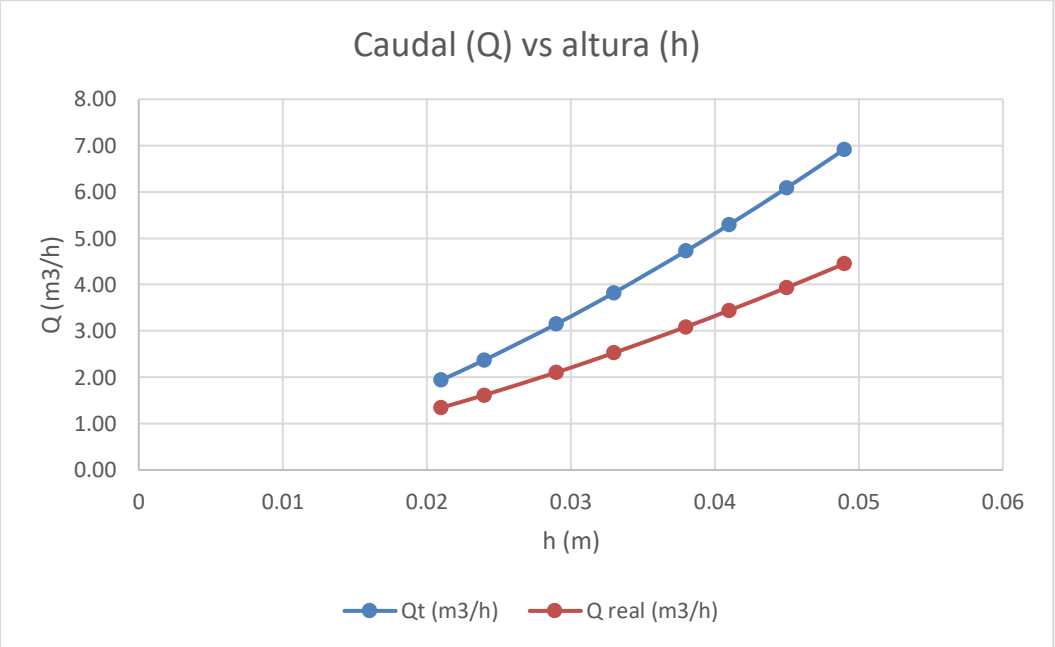
Tabla 31.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.049	6.92	4.45	0.6432
2	0.045	6.09	3.94	0.6463
3	0.041	5.30	3.44	0.6501
4	0.038	4.72	3.09	0.6536
5	0.033	3.82	2.53	0.6608
6	0.029	3.15	2.11	0.6685
7	0.024	2.37	1.62	0.6817
8	0.021	1.94	1.34	0.6926

Gráfico 10.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.11. Vertedero rectangular sin contracción lateral y pendiente i = 1%

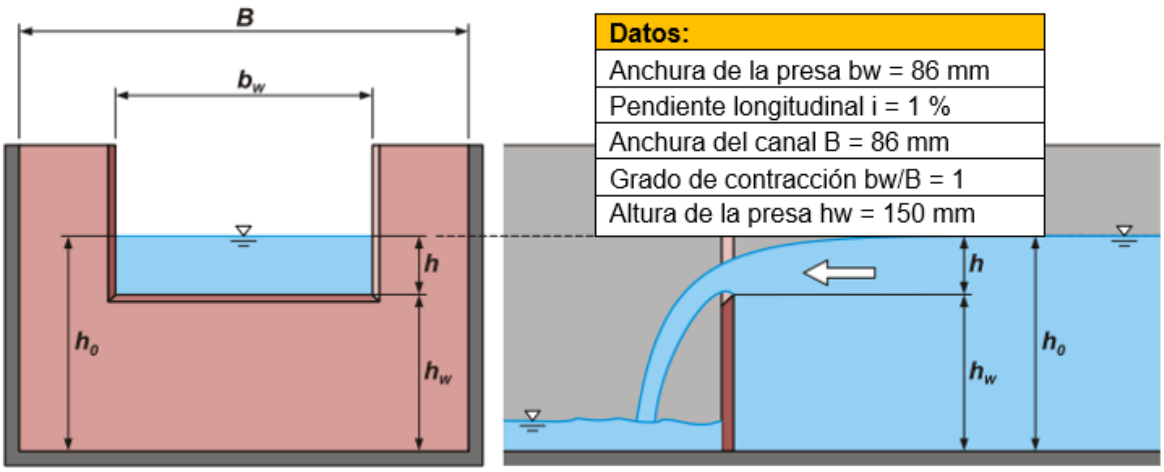


Tabla 32.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=1%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.199	0.15	0.049
2	3.5	0.086	0.195	0.15	0.045
3	3	0.086	0.191	0.15	0.041
4	2.5	0.086	0.188	0.15	0.038
5	2	0.086	0.183	0.15	0.033
6	1.5	0.086	0.179	0.15	0.029
7	1	0.086	0.174	0.15	0.024
8	0.5	0.086	0.17	0.15	0.02

Tabla 33.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.086	0.086	0.62715	1.03031	9.92	0.6462
2	0.086	0.086	0.62820	1.02663	8.73	0.6449
3	0.086	0.086	0.62944	1.02304	7.59	0.6439
4	0.086	0.086	0.63053	1.02043	6.77	0.6434
5	0.086	0.086	0.63277	1.01626	5.48	0.6431
6	0.086	0.086	0.63510	1.01312	4.51	0.6434
7	0.086	0.086	0.63902	1.00951	3.40	0.6451

8	0.086	0.086	0.64347	1.00692	2.59	0.6479

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6447

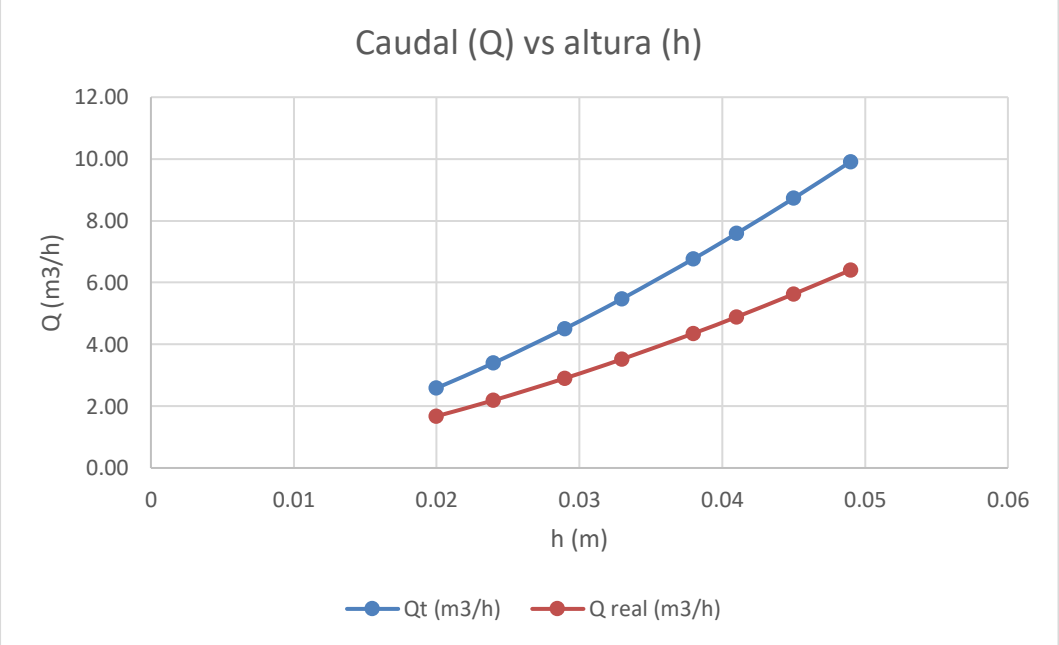
Tabla 34.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.049	9.92	6.41	0.6462
2	0.045	8.73	5.63	0.6449
3	0.041	7.59	4.89	0.6439
4	0.038	6.77	4.36	0.6434
5	0.033	5.48	3.52	0.6431
6	0.029	4.51	2.91	0.6434
7	0.024	3.40	2.19	0.6451
8	0.02	2.59	1.68	0.6479

Gráfico 11.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.12. Vertedero rectangular sin contracción lateral y pendiente i = 1.5%

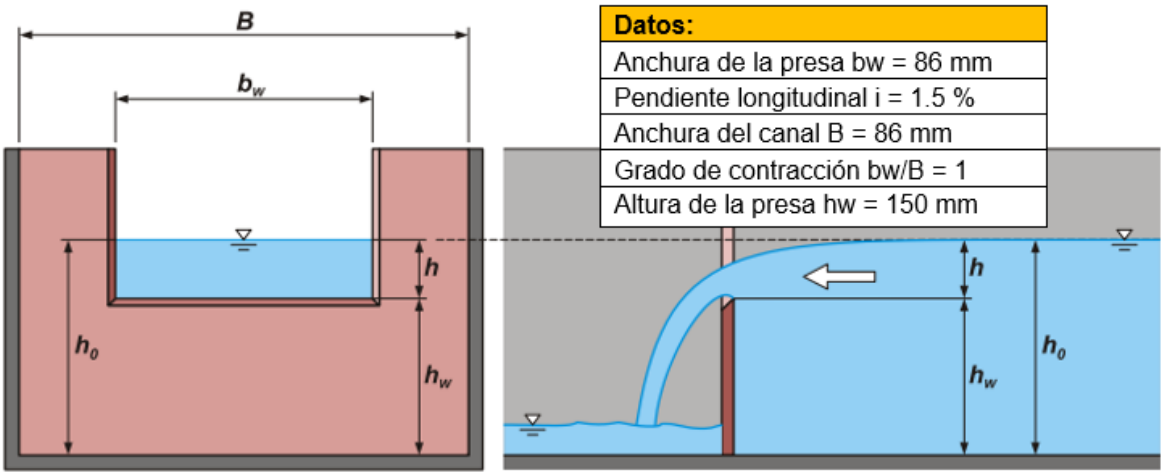


Tabla 35.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=1.5%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.181	0.15	0.031
2	3.5	0.086	0.169	0.15	0.019
3	3	0.086	0.166	0.15	0.016
4	2.5	0.086	0.163	0.15	0.013
5	2	0.086	0.16	0.15	0.01
6	1.5	0.086	0.158	0.15	0.008
7	1	0.086	0.155	0.15	0.005
8	0.5	0.086	0.153	0.15	0.003

Tabla 36.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.086	0.086	0.63387	1.01467	4.99	0.6432
2	0.086	0.086	0.64485	1.00632	2.39	0.6489
3	0.086	0.086	0.64994	1.00465	1.85	0.6530
4	0.086	0.086	0.65712	1.00318	1.36	0.6592
5	0.086	0.086	0.66802	1.00195	0.91	0.6693
6	0.086	0.086	0.67906	1.00128	0.65	0.6799
7	0.086	0.086	0.70818	1.00052	0.32	0.7086

8	0.086	0.086	0.74870	1.00019	0.15	0.7488

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6764

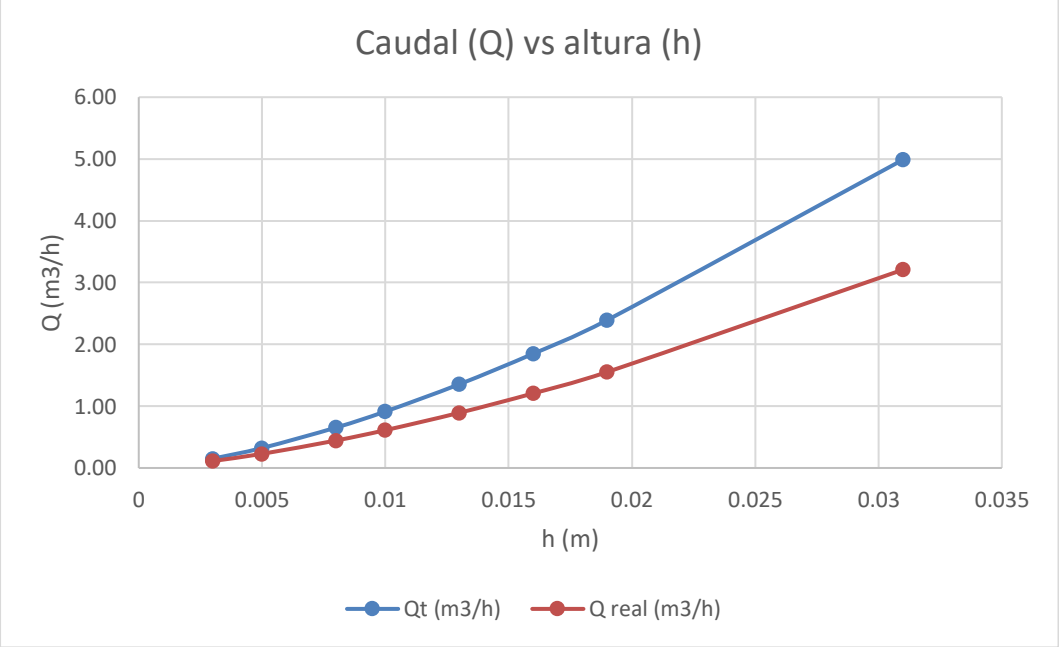
Tabla 37.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.031	4.99	3.21	0.6432
2	0.019	2.39	1.55	0.6489
3	0.016	1.85	1.21	0.6530
4	0.013	1.36	0.89	0.6592
5	0.01	0.91	0.61	0.6693
6	0.008	0.65	0.44	0.6799
7	0.005	0.32	0.23	0.7086
8	0.003	0.15	0.11	0.7488

Gráfico 12.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.13. Vertedero rectangular sin contracción lateral y pendiente i = 2%

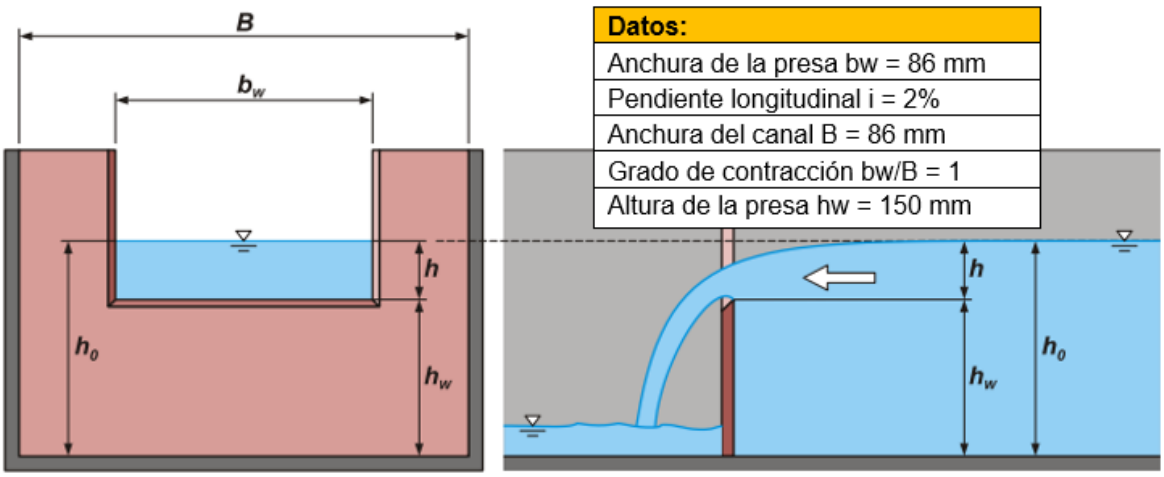


Tabla 38.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=2%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.171	0.15	0.021
2	3.5	0.086	0.168	0.15	0.018
3	3	0.086	0.166	0.15	0.016
4	2.5	0.086	0.164	0.15	0.014
5	2	0.086	0.162	0.15	0.012
6	1.5	0.086	0.158	0.15	0.008
7	1	0.086	0.154	0.15	0.004
8	0.5	0.086	0.152	0.15	0.002

Tabla 39.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.086	0.086	0.64221	1.00754	2.78	0.6471
2	0.086	0.086	0.64638	1.00574	2.21	0.6501
3	0.086	0.086	0.64994	1.00465	1.85	0.6530
4	0.086	0.086	0.65442	1.00364	1.51	0.6568
5	0.086	0.086	0.66022	1.00274	1.20	0.6620
6	0.086	0.086	0.67906	1.00128	0.65	0.6799
7	0.086	0.086	0.72482	1.00034	0.23	0.7251

8	0.086	0.086	0.78583	1.00009	0.08	0.7859

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.6825

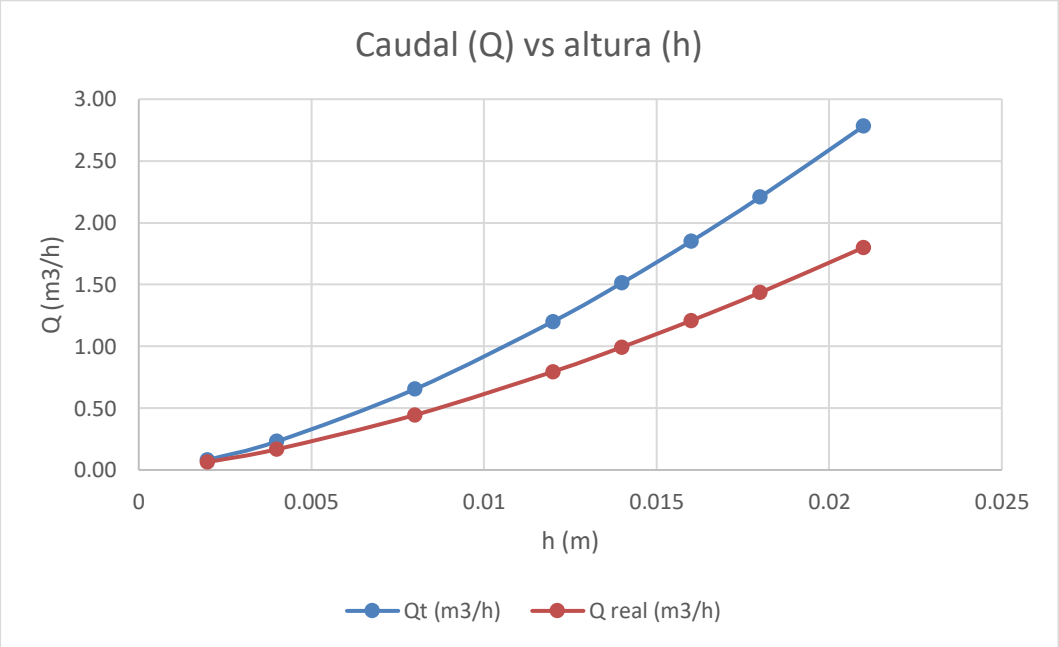
Tabla 40.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.021	2.78	1.80	0.6471
2	0.018	2.21	1.44	0.6501
3	0.016	1.85	1.21	0.6530
4	0.014	1.51	0.99	0.6568
5	0.012	1.20	0.80	0.6620
6	0.008	0.65	0.44	0.6799
7	0.004	0.23	0.17	0.7251
8	0.002	0.08	0.06	0.7859

Gráfico 13.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.14. Vertedero rectangular sin contracción lateral y pendiente i = 2.5%

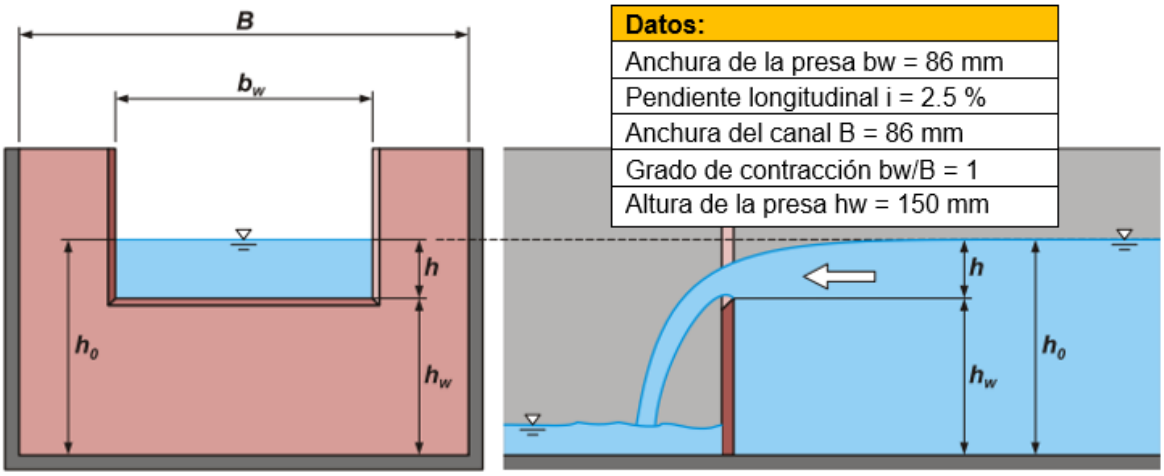


Tabla 41.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=2.5%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.168	0.15	0.018
2	3.5	0.086	0.166	0.15	0.016
3	3	0.086	0.164	0.15	0.014
4	2.5	0.086	0.162	0.15	0.012
5	2	0.086	0.159	0.15	0.009
6	1.5	0.086	0.156	0.15	0.006
7	1	0.086	0.152	0.15	0.002
8	0.5	0.086	0.151	0.15	0.001

Tabla 42.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.086	0.086	0.64638	1.00574	2.21	0.6501
2	0.086	0.086	0.64994	1.00465	1.85	0.6530
3	0.086	0.086	0.65442	1.00364	1.51	0.6568
4	0.086	0.086	0.66022	1.00274	1.20	0.6620
5	0.086	0.086	0.67302	1.00160	0.78	0.6741
6	0.086	0.086	0.69592	1.00074	0.42	0.6964
7	0.086	0.086	0.78583	1.00009	0.08	0.7859

8	0.086	0.086	0.85154	1.00002	0.03	0.8516

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7037

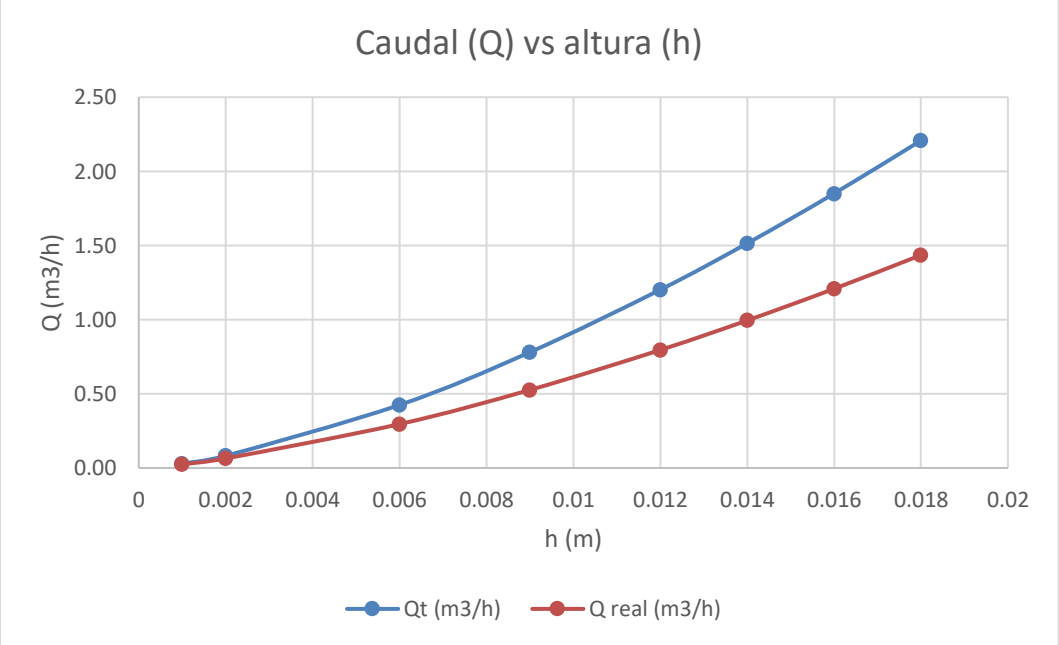
Tabla 43.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.018	2.21	1.44	0.6501
2	0.016	1.85	1.21	0.6530
3	0.014	1.51	0.99	0.6568
4	0.012	1.20	0.80	0.6620
5	0.009	0.78	0.53	0.6741
6	0.006	0.42	0.30	0.6964
7	0.002	0.08	0.06	0.7859
8	0.001	0.03	0.02	0.8516

Gráfico 14.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



4.15. Vertedero rectangular sin contracción lateral y pendiente i = 3%

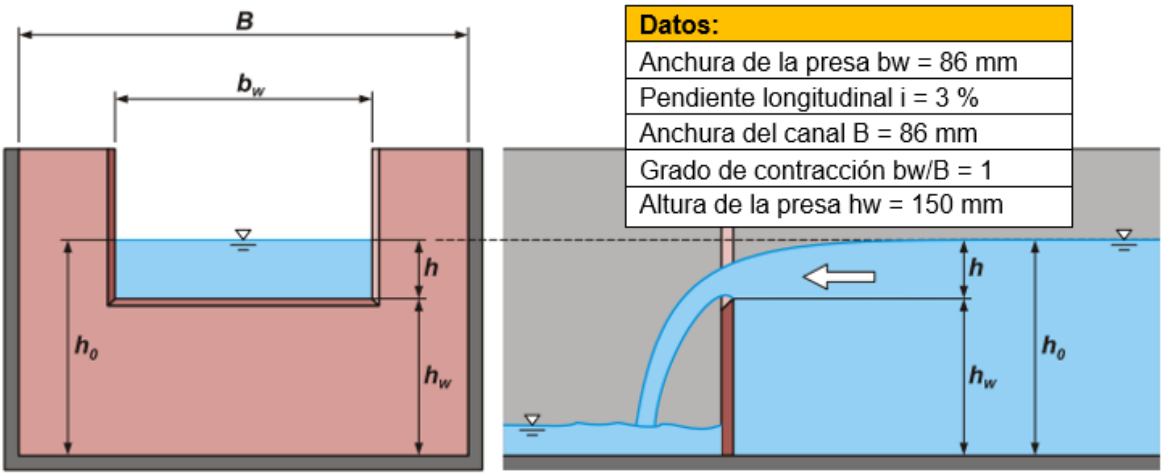


Tabla 44.

Toma de datos del canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral, con pendiente i=3%

Ensayo N°	Caudal de entrada (m^3/h)	B (m)	ho (m)	hw (m)	h=ho-hw (m)
1	4	0.086	0.168	0.15	0.018
2	3.5	0.086	0.164	0.15	0.014
3	3	0.086	0.161	0.15	0.011
4	2.5	0.086	0.159	0.15	0.009
5	2	0.086	0.156	0.15	0.006
6	1.5	0.086	0.153	0.15	0.003
7	1	0.086	0.152	0.15	0.002
8	0.5	0.086	0.151	0.15	0.001

Tabla 45.

Determinación del coeficiente de gasto Cd

Ensayo N°	bw (m)	h (m)	k1	k2	Qt (m^3/h)	Coeficiente de gasto Cdi
1	0.086	0.086	0.64638	1.00574	2.21	0.6501
2	0.086	0.086	0.65442	1.00364	1.51	0.6568
3	0.086	0.086	0.66381	1.00233	1.05	0.6654
4	0.086	0.086	0.67302	1.00160	0.78	0.6741
5	0.086	0.086	0.69592	1.00074	0.42	0.6964
6	0.086	0.086	0.74870	1.00019	0.15	0.7488
7	0.086	0.086	0.78583	1.00009	0.08	0.7859

8	0.086	0.086	0.85154	1.00002	0.03	0.8516

Cálculo del Coeficiente de gasto (Cd)

Cd =	0.7161

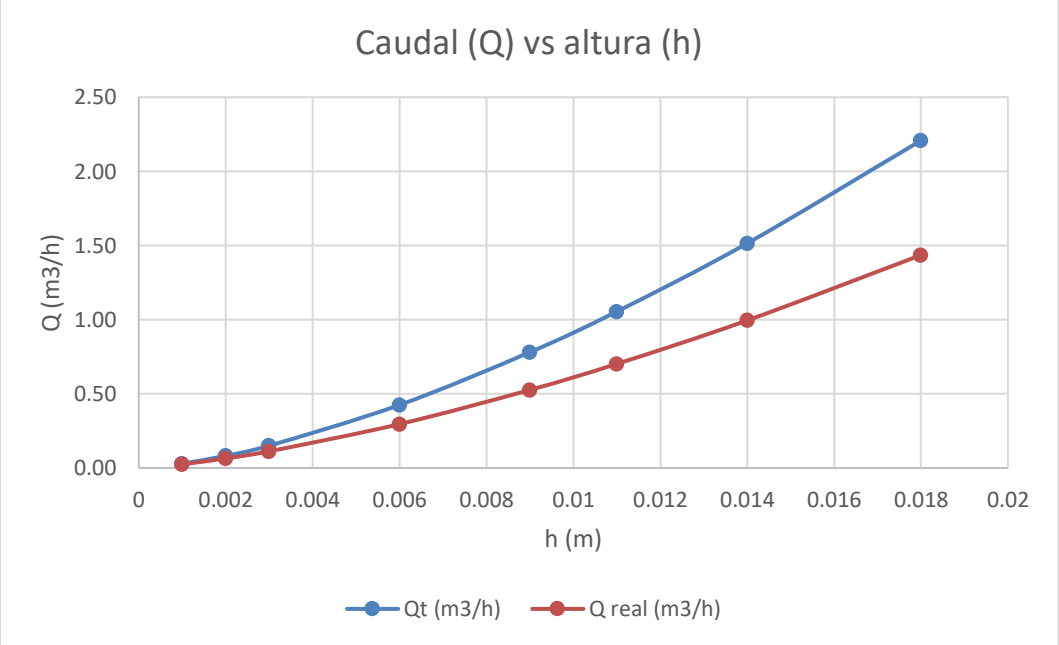
Tabla 46.

Resultados del Caudal y Coeficiente de gasto

Ensayo N°	h (m)	Qt (m^3/h)	Qreal (m^3/h)	Cd
1	0.018	2.21	1.44	0.6501
2	0.014	1.51	0.99	0.6568
3	0.011	1.05	0.70	0.6654
4	0.009	0.78	0.53	0.6741
5	0.006	0.42	0.30	0.6964
6	0.003	0.15	0.11	0.7488
7	0.002	0.08	0.06	0.7859
8	0.001	0.03	0.02	0.8516

Gráfico 15.

Caudal (m^3/h) vs. Altura (m)



A continuación, se presentan los resultados de la simulación obtenidos en el programa ANSYS STUDENT 2022 R2 y procesados posteriormente en Microsoft Excel:

Tabla 47.

Resultados de la simulación del modelo numérico y coeficientes de gasto

	N°	Q (m3/h)	h (m)	Coeficiente de gasto (Cd)	Pendiente (i %)
Vertedero triangular	1	1.00	0.040	0.660	2 %
	2	2.00	0.056	0.628	
	3	3.00	0.068	0.616	
	4	4.00	0.077	0.610	
	5	5.00	0.086	0.606	
	6	6.00	0.094	0.604	
	7	7.00	0.101	0.603	
	8	8.00	0.108	0.602	
	9	9.00	0.114	0.602	
	10	10.00	0.120	0.602	
Vertedero rectangular con contracción lateral	1	1.00	0.017	0.713	2 %
	2	2.00	0.028	0.671	
	3	3.00	0.037	0.655	
	4	4.00	0.046	0.646	
	5	5.00	0.054	0.640	
	6	6.00	0.061	0.637	
	7	7.00	0.068	0.634	
	8	8.00	0.075	0.632	
	9	9.00	0.081	0.631	
	10	10.00	0.088	0.630	
Vertedero rectangular sin contracción lateral	1	1.00	0.014	0.656	2 %
	2	2.00	0.023	0.646	
	3	3.00	0.030	0.643	
	4	4.00	0.036	0.643	
	5	5.00	0.042	0.644	
	6	6.00	0.047	0.646	
	7	7.00	0.052	0.647	
	8	8.00	0.057	0.649	
	9	9.00	0.062	0.651	
	10	10.00	0.066	0.653	

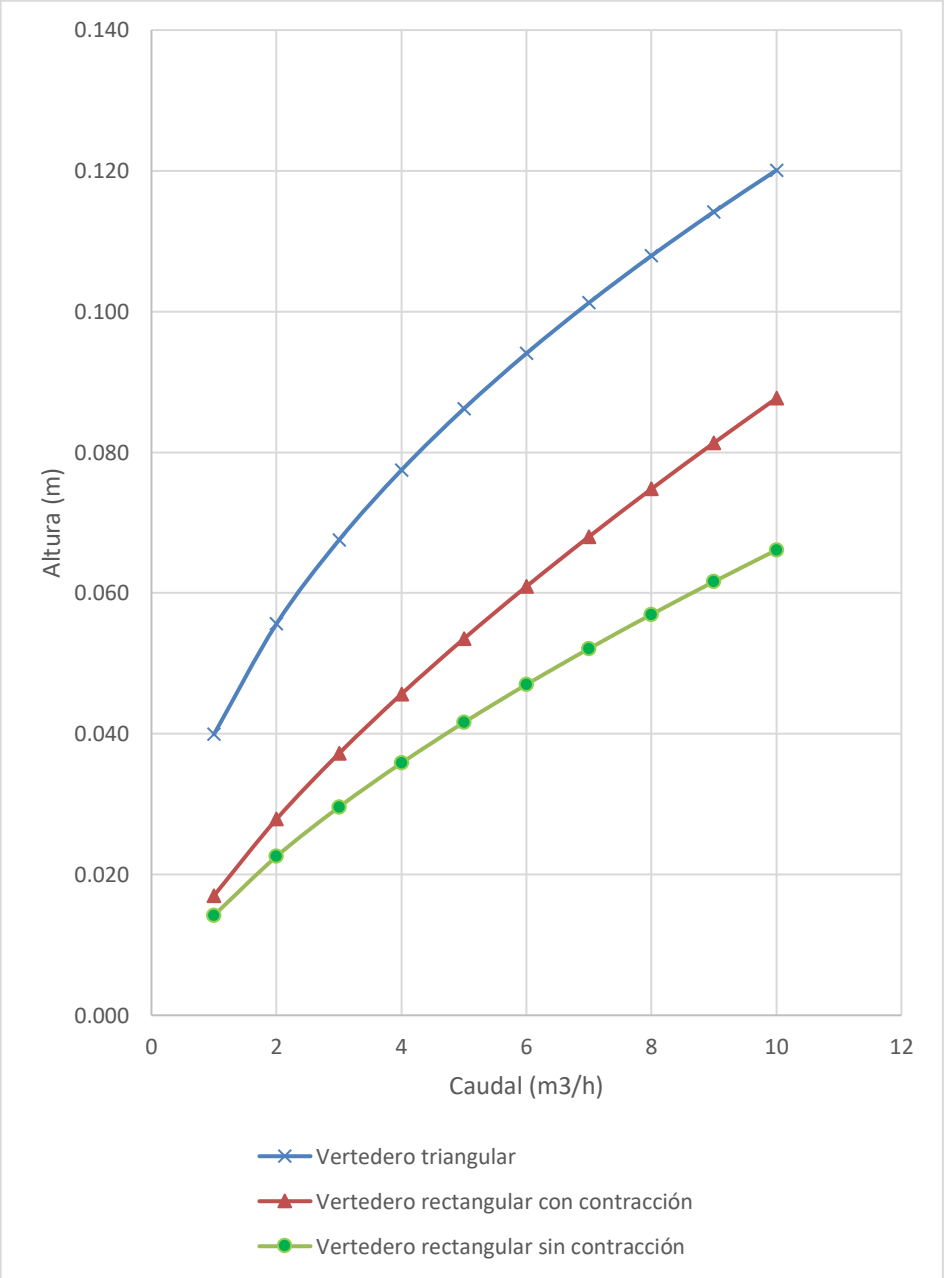
Fuente: Elaboración propia

Se observa que, para un caudal bajo, se obtuvieron mayores alturas de agua en el vertedero triangular, además que en los tres tipos de vertederos (triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral) el nivel de aguas arriba tiende a aumentar en relación al incremento del caudal y la pendiente.

Cabe resaltar que el vertedero triangular no cuenta con contracciones laterales.

Gráfico 16.

Altura del agua en función del Caudal de entrada.



4.2. PRUEBA DE HIPOTESIS

4.2.1. FORMULACIÓN DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

La demostración de la hipótesis se realiza de acuerdo al diseño de la investigación mostrado en el CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, también conocido como pretest y postest, se representa mediante la siguiente fórmula:

GE: O1 X O2

Donde:

GE: Grupo de Estudio, conformado por los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali.

O1: Diseño experimental del coeficiente de gasto en vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali.

X: Simulación computacional de los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral con el software Ansys STUDENT 2022 R2.

O2: Análisis y comparación de semejanza entre los resultados del diseño experimental y los resultados de la simulación computacional en el programa.

4.2.2. SUPOSICIONES DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

1. La hipótesis nula H0 es la negación de la relación entre la variable independiente y la variable dependiente, mientras que la hipótesis alterna Ha es la afirmación correspondiente.
2. Se utilizó el 95% del nivel de confiabilidad y 5% del nivel de significancia.
3. Si el valor calculado Tc es menor al valor de la Tabla de Student Tt se acepta la hipótesis nula, caso contrario se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna Ha.

4.2.3. CÁLCULO DEL VALOR CRÍTICO Y FUNCIÓN DE PRUEBA

Después de analizar las diferencias entre los indicadores del pretest (O1) y el postest (O2), se puede concluir que existe una diferencia significativa en los valores del coeficiente de gasto.

Se muestra en el siguiente cuadro la comparación de los indicadores del diseño experimental y la simulación computacional de los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral:

VI: Valor inicial del indicador del pretest (O1).

VF: Valor final del indicador del postest (O2).

D: Diferencia entre VI y VF.

Tabla 48.

Resumen de Resultados de coeficientes de gasto, para una pendiente igual a 2%

N.º	INDICADORES	VI	VF
1	Vertedero triangular	0.7910	0.6133
2	Vertedero rectangular con contracción lateral	0.6678	0.6489
3	Vertedero rectangular sin contracción lateral	0.6825	0.6478

Tabla 49.

Resumen de Valores convertidos en porcentaje

N.º	INDICADORES	VI	VF	D
1	Vertedero triangular	1.00	0.775	0.225
2	Vertedero rectangular con contracción lateral	1.00	0.972	0.028
3	Vertedero rectangular sin contracción lateral	1.00	0.949	0.051

Cálculo de la diferencia promedio (D)

$$D = \frac{\sum Di}{n} = \frac{0.304}{3} = 0.101$$

Cálculo de la desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Di - D)^2}{n-1}} = 0.108$$

Hipótesis estática

Ho: Mediante la simulación computacional de los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral de pared delgada con las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo no se obtienen valores semejantes en los coeficientes de gasto.

Ha: Mediante la simulación computacional de los vertederos triangular, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral de pared delgada con las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo se obtienen valores semejantes en los coeficientes de gasto.

Cálculo del valor crítico o valor en tabla de la "T" Student (Tt)

$$Tt(1-\alpha)_{(n-1)}$$

$$Tt(1-0.05)_{(3-1)}$$

$$Tt(0.95)_{(2)} = 2.35$$

Cálculo del valor calculado o Función de Prueba (Tc)

$$Tc = \frac{D}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = \frac{0.101}{\frac{0.108}{\sqrt{3}}}$$

$$Tc = 1.62$$

Análisis de los resultados de la Prueba "T" de Student

Como Tc=1.62 es menor que Tt= 2.35; entonces se acepta la hipótesis nula H0 y se rechaza la hipótesis alterna Ha.

Finalmente, se concluye que la hipótesis planteada en la presente investigación es rechazada.

En el desarrollo de la presente investigación a través de las dos etapas principales, no se observó una semejanza entre los coeficientes de gasto en vertederos triangular, rectangular con contracción y sin contracción obtenidos en el

diseño experimental comparando con los resultados obtenidos mediante la aplicación de técnicas CFD – simulación computacional, utilizando las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo, con un nivel de confianza del 95%, es posible debido a que no se consideraron otro tipo de variables como el régimen de flujo de entrada en el canal.

CAPÍTULO V: **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Analizando los resultados mostrados en el capítulo anterior, observamos que para determinar el coeficiente de gasto se utilizaron las fórmulas que recomienda el manual de vertederos HM 160.30, se determina el nivel de aguas arriba para determinados caudales de entrada en el canal de ensayo, observando así que estas alturas del nivel de aguas arriba son variables, estos varían en función del ángulo, el caudal y la pendiente del canal de ensayo.

No se pudo determinar las velocidades pequeñas con el velocímetro HM 160.64 que cuenta el laboratorio de Estructura e Hidráulica, por lo tanto, se realizó el ensayo utilizando las fórmulas empíricas para determinar los caudales reales.

Pendiente (i %) / Coeficiente De Gasto (Cd)	i = 1%	i = 1.5%	i = 2%	i = 2.5%	i = 3%
Vertedero triangular de cresta delgada	0.7820	0.7150	0.7910	0.7488	0.7597
Vertedero rectangular con contracción lateral de cresta delgada	0.6684	0.6752	0.6678	0.6661	0.6621
Vertedero rectangular sin contracción lateral de cresta delgada	0.6447	0.6764	0.6825	0.7037	0.7161

Respecto a la hipótesis general planteada:

- Se puede observar que los coeficientes de gasto son variables en función del ángulo, el caudal y la pendiente del canal. De los resultados obtenidos se observa que el coeficiente de gasto para el vertedero triangular con una pendiente de 1% tiende a disminuir si se aumenta la pendiente.

Respecto a las hipótesis específicas planteadas:

- H1: En función de la variación ascendente del gasto en pendientes

longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% en el diseño experimental del coeficiente de gasto, se observó que el valor de los coeficientes de gasto en los vertederos triangular de pared delgada tiende a disminuir y el valor de los coeficientes de gasto en los vertederos rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral de pared delgada tiende a aumentar.

- H2: Los coeficientes de gasto obtenidos de la simulación computacional y la curva del Caudal vs Altura no resultaron semejantes a los resultados obtenidos en el diseño experimental del coeficiente de gasto en el canal de ensayo.

CONCLUSIONES

- Del presente trabajo de investigación se logró determinar que, con la variación del gasto en la pendiente longitudinal en el diseño experimental del coeficiente de gasto, utilizando los equipos tecnológicos del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali, los coeficientes de gasto fueron los siguientes:
  1. En el vertedero triangular, comparando los coeficientes de gasto obtenidos de la pendiente 1% con la pendiente 3% se determinó una disminución del coeficiente de gasto en un 2.9%.
  2. En el vertedero rectangular con contracción lateral, comparando los coeficientes de gasto obtenidos de la pendiente 1% con la pendiente 3% se determinó un aumento del coeficiente de gasto en un 0.6%.
  3. En el vertedero rectangular sin contracción lateral, comparando los coeficientes de gasto obtenidos de la pendiente 1% con la pendiente 3% se determinó un aumento del coeficiente de gasto en un 11%.
- La metodología utilizada para la simulación del modelo numérico es válida, porque existen precedentes, los trabajos de investigación de los ingenieros Salazar Campoverde y Cedillo Chica (2017) en su tesis para el grado de magister y del magister Ulrich Ngamalieu (2015) en su tesis para el grado de magister fueron realizados utilizando esta metodología, y de los cuales nos basamos para desarrollar la etapa de simulación computacional del modelo numérico, de esta manera se puede determinar los coeficientes de gasto en los vertederos con formas: triangular con ángulo de 60° grados, rectangular con contracción lateral y rectangular sin contracción lateral con las dimensiones y condiciones ensayadas y presentadas en este trabajo de investigación.
- Los coeficientes de gasto podrán ser utilizados como parámetros de

diseño para las futuras investigaciones que se realicen dentro del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali.

- Los resultados obtenidos en el diseño experimental del coeficiente de gasto en el vertedero triangular para el ángulo de 60º y pendientes de 1% y 2% son semejantes a los resultados que obtuvo Quiliche Vásquez (2015) en su tesis, como se detalla:
  1. En el vertedero triangular para ángulo de 60º y pendiente de 1% se obtuvo un Cd=0.7820, y Quiliche obtuvo un Cd=0.78819.
  2. En el vertedero triangular para ángulo de 60º y pendiente de 2% se obtuvo un Cd=0.7910, y Quiliche obtuvo un Cd=0.81959.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

- Se recomienda realizar investigación del diseño experimental del coeficiente de gasto con los siguientes vertederos: vertedero trapezoidal de pared delgada, vertedero de pared gruesa, y vertedero tipo cimacio o perfil Creager, para explorar los diseños, propiedades, parámetros y beneficio/costo de usar ese tipo de vertedero.
- Se recomienda introducir otro tipo de variables al realizar este tipo de investigación del diseño experimental del coeficiente de gasto, por ejemplo, considerar si el agua a utilizar en el ensayo es agua potable o agua no potable (en canales de regadío), el tipo de sólidos en suspensión (depende del tipo de suelo en la localidad), la gradiente térmica (depende de la temperatura en la localidad).
- Se recomienda implementar en el laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali con un velocímetro de alta precisión para determinar velocidades pequeñas del flujo en la sección transversal del canal de ensayo.
- Se recomienda realizar la calibración de los equipos del Laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali, con una frecuencia anual para comprobar y comparar los parámetros y resultados obtenidos por los equipos.
- Se sugiere realizar ensayos y comprobar los parámetros, condiciones y resultados obtenidos de los vertederos de pared delgada en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali, para establecer una referencia de la medición y precisión del equipo de forma anual.

- Se recomienda a los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali realizar investigación con los equipos tecnológicos que cuenta el laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil – UNU, equipos como la comparación del golpe de ariete manual al equipo tecnológico que es el golpe de ariete computarizado, las turbinas de Pelton y el diseño de chimeneas de equilibrio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

a) Referencias bibliográficas físicas:

Kellow, M., y Mittasch, P. (2015). *Manual de experimentos. HM 160.30 Juego de vertederos de cresta delgada, 4 tipos*. Gerätebau, Barsbüttel, Alemania: G.U.N.T.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016a). *Manual de Ensayo de materiales* (Ed. mayo de 2016). Lima, Perú: MTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016b). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje* (1era Ed.: diciembre 2011). Lima, Perú: MTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018) *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima, Perú: MTC.

Uta, L., y Mittasch, P. (2015). *Manual de experimentos. HM 160 Canal de ensayo 86x300mm*. Gerätebau, Barsbüttel, Alemania: G.U.N.T.

b) Referencias bibliográficas electrónicas:

Bazán, M. C. (2019). *Determinación del caudal y el coeficiente de gasto en una compuerta plana rectangular deslizante con pendientes 1%, 2% y 3%*. (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. Recuperado de https://hdl.handle.net/11537/23087.

Beltrán, D., Meza, L. S., Mosalve, J., Mendoza, E., y Cotes, M. (2013). *PRÁCTICA N°4 VERTEDEROS TRIANGULARES*. Universidad de la Costa, Colombia.

Borbor E. E. (2015). *Diseño de optimización de redes de agua potable y alcantarillado sanitario del sector 12 del distrito de Manantay, Coronel Portillo, Ucayali.* (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. Recuperado de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2286.

Calderón, E. (25 de septiembre de 2019). *Moderno laboratorio de hidráulica para filial Puno*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Puno, Perú: UANCV. Recuperado de https://uancv.edu.pe/es/node/249

Chow, V. T. (1994a). *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: McGraw-Hill.

Chow, V. T. (1994b). *Hidrología Aplicada. 1ª. Ed.* México: McGraw-Hill.

ESSS (24 de junio de 2016). *Dinámica de Fluidos Computacional: ¿qué es?* Blog de internet. Recuperado de https://www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/#:~:text=La%20Din%C3%A1mica%20de%20Fluidos%20Computacional,qu%C3%ADmicas%2C%20combusti%C3%B3n%2C%20aeroac%C3%BAstica%20etc.

Fernández, A. D. (2008). *CANALES DE EXPERIENCIAS HIDRODINÁMICAS.* Gijón: Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón.

Ferreyros, J. E., y Vela, K. M. (2020). *Análisis y evaluación del sistema de drenaje pluvial en zonas I, II, III y IV de la Ciudad de Pucallpa – Coronel Portillo – Ucayali.* (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. Recuperado de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4521.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – IMTA (s.f.). *Laboratorio de Hidráulica Enzo Levi*. Recuperado de http://labhidraulica.imta.mx/

Kobus, H., Plate, E., Shen, H. W., y Szöllösi-Nagy, A. (1994). *LA FORMACIÓN DEL INGENIERO HIDRÁULICO.* IAHR y UNESCO. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4202/article4.pdf

López, A. P. (2013). *Bases para el diseño hidráulico de la estructura de salida, canal de recolección y tanque de carga entre 20 m3/s ≥ Q ≥ 2 m3/s para desarenadores en aprovechamientos hidroeléctricos.* (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Central del Ecuador. Recuperado de: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2209.

Martínez, H. P. (2011). *Evaluación experimental de los coeficientes de gastos utilizados en fórmulas de vertederos en diferentes condiciones de operación.* (Tesis de maestría). Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.14076/827.

Monroy, M. A. (2010). *MEDIDORES DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS.* (Tesis de titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de

Ingeniería. Guatemala.

Montenegro, A. A., y Vílchez, G. E. (2020). *Evaluación del riesgo en la salud en los sistemas de abastecimiento de agua potable del centro poblado San José de Yarinacocha, departamento de Ucayali, 2018.* (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. Recuperado de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4227.

Ngamalieu, U. A. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE VERTEDEROS HIDRÁULICOS MEDIANTE TÉCNICAS CFD.* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España.

Organización Meteorológica Mundial (2011). *Guía de prácticas hidrológicas. OMM-No. 168* (Sexta Ed., Vol. I). Ginebra.

Pérez, R. M. (2005). *MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA.* Universidad Nacional de Colombia: Facultad de Minas. Medellín, Colombia.

Pontífice Universidad Católica del Perú (s.f.). *Laboratorio de Hidráulica del Departamento Académico de Ingeniería*. Lima, Perú: PUCP. Recuperado de https://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/laboratorio/laboratorio-de-hidraulica/

Portal de arquitectura Arqhys.com. Equipo de redacción profesional. (2012, 12). *Vertederos hidráulicos*. Escrito por: Arqhys Construcción. Obtenido en fecha 04, 2022, desde el sitio web: https://www.arqhys.com/construccion/vertederos-hidraulicos.html

Quiliche, J. A. (2015). *Coeficientes de gasto en vertederos triangulares en el canal de pendiente variable - laboratorio de hidráulica de la UPN - Cajamarca, 2015*. (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. Recuperado de https://hdl.handle.net/11537/9601

Riojas, C. F. (2018). *Análisis del coeficiente de descarga para diferente carga hidráulica en dos vertederos de pared gruesa tipo cimacio del río Chonta Cajamarca*. (Tesis de titulación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de

https://hdl.handle.net/11537/13488.

Salazar, E. E., y Cedillo M. R. (2017). *VALIDACIÓN COMPUTACIONAL DE VERTEDEROS RECTANGULARES Y TRIANGULARES PARA GENERAR UN MODELO NUEVO TRIANGULAR ASIMÉTRICO QUE FACILITARÍA LA MEDICIÓN DE LAS CARGAS EN ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS*. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Sotelo, G. (1994). *Apuntes de Hidráulica II. Capítulo 8. Diseño hidráulico de estructuras*. Ciudad Universitaria, México.

Sotelo, G. (2002). Hidráulica General. Fundamentos, Vol. 1. México: LIMUSA Editores.

Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM (2022). *Laboratorio de hidráulica.* México. Recuperado de http://www.ii.unam.mx/es-mx/Investigacion/Capacidades-Experimentales/Hidraulica/Paginas/default.aspx

Universidad Agraria de Colombia (s.f.). *Laboratorio de hidráulica*. Colombia. Recuperado de https://www.uniagraria.edu.co/laboratorio-de-hidraulica/

Universidade da Coruña. (2017). *Laboratorio de Hidráulica*. Obtenido de https://www.udc.es/citeec/hidraulica.html

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (06 de noviembre de 2018). *Laboratorio de Hidráulica de la UNSA es implementado con equipos de tecnología de última generación*. Arequipa, Perú: UNAS, Oficina Universitaria de Imagen Institucional. Recuperado de https://www.unsa.edu.pe/implementan-con-modernos-equipos-de-ultima-generacion-laboratorio-de-hidraulica-de-la-unsa/

Villagómez, J. C. (2005). *Avances en Hidrodinámica Experimental en el Canal de Pruebas de la Universidad Nacional de Ingeniería*. Lima, Perú: CEHIDUNI.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"*Análisis y Evaluación del coeficiente de gasto en vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada en canal de ensayo del Laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali.*"

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General: - ¿Cuáles son los coeficientes de gasto en los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada en el canal de ensayo del Laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali? **Problemas específicos:** 1. ¿ De qué manera influye la variación del gasto en las pendientes longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, en el diseño experimental del coeficiente de gasto en los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada? 2. ¿De qué manera serán semejantes los coeficientes de gasto de los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada obtenidos experimentalmente en comparación a los coeficientes de gasto obtenidos de un modelo numérico con las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo?	**Objetivo General:** - Determinar los coeficientes de gasto para los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción en el canal de ensayo del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la Universidad Nacional de Ucayali. **Objetivos Específicos:** 1. Determinar la variación del gasto en las pendientes longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% del canal de ensayo en el diseño experimental del coeficiente de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción de pared delgada. 2. Determinar el grado de semejanza entre los coeficientes de gasto de los vertederos triangular y rectangular con contracción y sin contracción de pared delgada obtenidos experimentalmente en comparación con los coeficientes de gasto obtenidos de un modelo numérico con las mismas dimensiones y condiciones del canal de ensayo.	**Hipótesis General:** - Los coeficientes de gasto para los vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción obtenidos en el ensayo experimental disminuyen en función de la variación ascendente del gasto en la pendiente longitudinal del canal de ensayo. **Hipótesis Específicas:** 1. En función de la variación ascendente del gasto en las pendientes longitudinales de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% se incrementa el valor de los coeficientes de gasto en los vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción de pared delgada en el diseño experimental del coeficiente de gasto. 2. Los coeficientes de gasto obtenidos del ensayo experimental resultarán semejantes que los coeficientes de gasto obtenidos de la simulación computacional con un modelo numérico con las mismas dimensiones y condiciones del ensayo.	**Variable independiente:** • Pendiente longitudinal Indicadores: Desnivel (%) • Caudal o descarga Indicadores: Volumen (Lt) Tiempo (s) Velocidad (m/s) Área (m2) • Espesor Indicadores: Longitud (cm) **Variable dependiente:** • Coeficientes de gasto Indicadores: Caudal, altura y pendiente del canal de ensayo.	**Tipo de Investigación:** Cuantitativa **Nivel de Investigación:** Aplicada y experimental **Diseño de investigación:** Experimental **Aplicación de prueba estadística:** Prueba de un solo grupo Post test. **GE: O1 X O2** Donde: GE: Grupo de Estudio. O1: Diseño experimental del coeficiente de gasto en vertederos triangular, rectangular con contracción y rectangular sin contracción. X: Simulación computacional con el software Ansys STUDENT 2022 R2. O2: Análisis y comparación de semejanza entre los resultados del ensayo experimental y los resultados de la simulación computacional en el programa.

ANEXOS

1.- PANEL FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFIA N°01:

Estado previo del depósito de agua del canal de ensayo.



FOTOGRAFIA N°02:

Se procedió a limpiar las impurezas de las paredes del depósito.



FOTOGRAFIA N°03:

Manguera flexible del elemento de salida-depósito de agua.



FOTOGRAFIA N°04:

Manguera del depósito de agua-bomba del canal de ensayo.



FOTOGRAFIA N°05:

Se limpió las paredes del depósito de agua y sus mangueras.



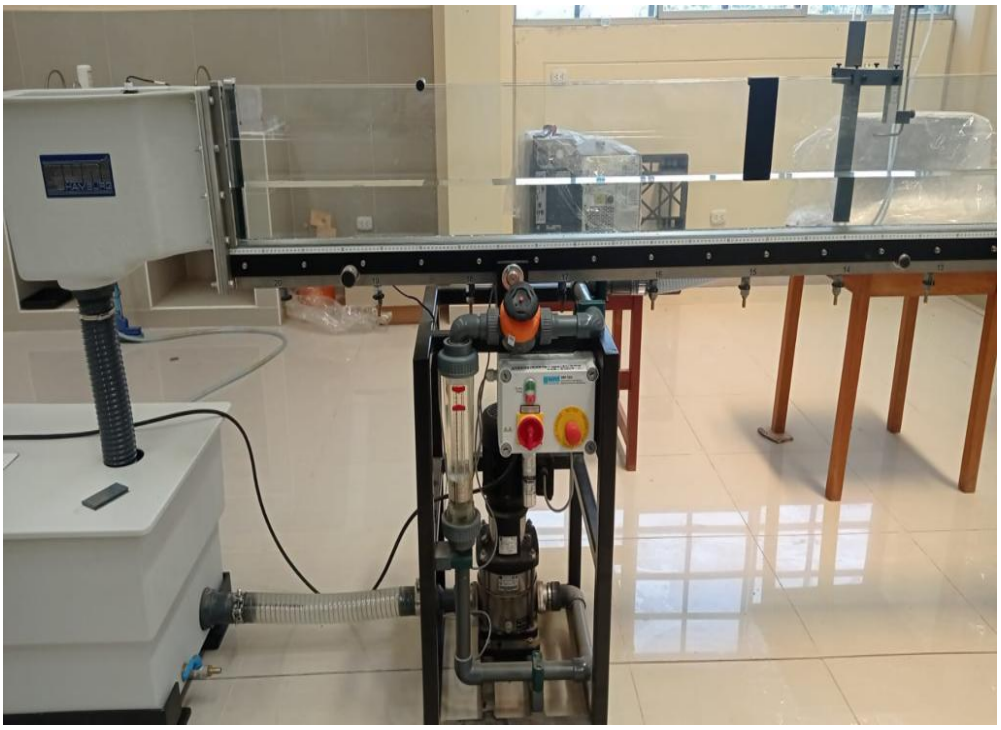
FOTOGRAFIA N°06:

Encendiendo el velocímetro para intentar medir las velocidades.



FOTOGRAFIA N°07:

Canal de ensayo en funcionamiento, flujo aguas abajo.



FOTOGRAFIA N°08:

Válvula de ajuste de la inclinación del canal de ensayo.



2.- FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 23.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1% en el canal de ensayo para vertedero triangular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN TRIANGULAR		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	1 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	α (°)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	60	0.192	0.15	0.072
2	3.5			0.188	0.15	0.068
3	3			0.184	0.15	0.064
4	2.5			0.181	0.15	0.061
5	2			0.178	0.15	0.058
6	1.5			0.17	0.15	0.05
7	1			0.167	0.15	0.047
8	0.5			0.161	0.15	0.041

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.042	1.78	1.16	0.6543
2	0.038	1.38	0.92	0.666
3	0.034	1.05	0.71	0.6828
4	0.031	0.83	0.58	0.6984
5	0.028	0.64	0.46	0.7183
6	0.020	0.29	0.23	0.8107
7	0.017	0.19	0.16	0.8751
8	0.011	0.06	0.07	1.1499

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 24.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1.5% en el canal de ensayo para vertedero triangular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN TRIANGULAR		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	1.5 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	α (°)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	60	0.197	0.15	0.072
2	3.5			0.194	0.15	0.069
3	3			0.1893	0.15	0.0643
4	2.5			0.186	0.15	0.061
5	2			0.183	0.15	0.058
6	1.5			0.176	0.15	0.051
7	1			0.171	0.15	0.046
8	0.5			0.167	0.15	0.042

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.047	2.35	1.51	0.6425
2	0.044	1.99	1.29	0.6492
3	0.039	1.50	1.00	0.6623
4	0.036	1.21	0.81	0.6741
5	0.033	0.97	0.67	0.6876
6	0.026	0.54	0.39	0.7348
7	0.021	0.31	0.25	0.7943
8	0.017	0.19	0.16	0.8751

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 25.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2% en el canal de ensayo para vertedero triangular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN TRIANGULAR		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	2.%

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	α (°)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.886	60	0.194	0.13	0.064
2	3.5			0.192	"	0.062
3	3			0.188	"	0.058
4	2.5			0.183	"	0.053
5	2			0.176	"	0.046
6	1.5			0.171	"	0.041
7	1			0.166	"	0.036
8	0.5			0.16	"	0.03

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.044	1.99	1.29	0.6492
2	0.042	1.78	1.16	0.6543
3	0.038	1.38	0.92	0.666
4	0.033	0.97	0.67	0.6876
5	0.026	0.54	0.39	0.7348
6	0.021	0.31	0.25	0.7943
7	0.016	0.16	0.14	0.9035
8	0.010	0.05	0.06	1.2374

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 26.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2.5% en el canal de ensayo para vertedero triangular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN TRIANGULAR		
POSICIÓN DE LA PRESA:	5.890 mt	**PENDIENTE:**	2.5%

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m^3/h)	B (m)	α (°)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	60	0.197	0.15	0.072
2	3.5			0.192	0.15	0.067
3	3			0.188	0.15	0.063
4	2.5			0.185	0.15	0.06
5	2			0.178	0.15	0.053
6	1.5			0.172	0.15	0.047
7	1			0.167	0.15	0.042
8	0.5			0.164	0.15	0.039

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m^3/h)	Qr (m^3/h)	Cd
1	0.047	2.35	1.51	0.6425
2	0.042	1.78	1.16	0.6543
3	0.038	1.38	0.92	0.6666
4	0.035	1.13	0.76	0.6783
5	0.028	0.64	0.46	0.7183
6	0.022	0.35	0.27	0.7796
7	0.017	0.19	0.16	0.8751
8	0.014	0.11	0.11	0.9758

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intento medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 27.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 3% en el canal de ensayo para vertedero triangular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN TRIANGULAR		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	3 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m^3/h)	B (m)	α (°)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	60°	0.197	0.15	0.047
2	3.5			0.192	0.15	0.042
3	3			0.188	0.15	0.038
4	2.5			0.183	0.15	0.033
5	2			0.178	0.15	0.028
6	1.5			0.17	0.15	0.02
7	1			0.167	0.15	0.017
8	0.5			0.163	0.15	0.013

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m^3/h)	Qr (m^3/h)	Cd
1	0.047	2.35	1.51	0.6425
2	0.042	1.78	1.16	0.6543
3	0.038	1.38	0.92	0.6666
4	0.033	0.97	0.67	0.6876
5	0.028	0.64	0.46	0.7183
6	0.020	0.28	0.23	0.8107
7	0.017	0.19	0.16	0.8751
8	0.013	0.09	0.10	1.0226

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 28.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, CON CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	1 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m^3/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.06	0.197	0.15	0.047
2	3.5			0.192	0.15	0.042
3	3			0.188	0.15	0.038
4	2.5			0.185	0.15	0.035
5	2			0.181	0.15	0.031
6	1.5			0.175	0.15	0.025
7	1			0.171	0.15	0.021
8	0.5			0.168	0.15	0.018

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m^3/h)	Qr (m^3/h)	Cd
1	0.047	6.50	4.19	0.6447
2	0.042	5.49	3.56	0.6491
3	0.038	4.72	3.09	0.6536
4	0.035	4.18	2.75	0.6577
5	0.031	3.48	2.31	0.6644
6	0.025	2.52	1.71	0.6787
7	0.021	1.94	1.34	0.6926
8	0.018	1.54	1.09	0.7069

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla.
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 29.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, CON CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	1.5 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.06	0.196	0.15	0.046
2	3.5			0.192	0.15	0.042
3	3			0.189	0.15	0.039
4	2.5			0.185	0.15	0.035
5	2			0.181	0.15	0.031
6	1.5			0.176	0.15	0.026
7	1			0.169	0.15	0.019
8	0.5			0.162	0.15	0.012

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.046	6.29	4.06	0.6455
2	0.042	5.49	3.56	0.6491
3	0.039	4.91	3.20	0.6524
4	0.035	4.18	2,75	0.6577
5	0.031	3.48	2.31	0.6644
6	0.026	2,67	1.81	0.6758
7	0.019	1.67	1.17	0.7017
8	0.012	0.84	0.63	0.7549

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160,52 y una regla.
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 30.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, CON CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	2 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m^3/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.06	0.197	0.15	0.047
2	3.5			0.193	0.15	0.043
3	3			0.189	0.15	0.039
4	2.5			0.185	0.15	0.035
5	2			0.181	0.15	0.031
6	1.5			0.176	0.15	0.026
7	1			0.171	0.15	0.021
8	0.5			0.168	0.15	0.018

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m^3/h)	Qr (m^3/h)	Cd
1	0.047	6.50	4.19	0.6447
2	0.043	5.69	3.69	0.6481
3	0.039	4.91	3.20	0.6524
4	0.035	4.18	2.75	0.6577
5	0.031	3.48	2.31	0.6644
6	0.026	2.67	1.81	0.6758
7	0.021	1.94	1.34	0.6926
8	0.018	1.54	1.09	0.7069

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 31.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, CON CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	2.5 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m^3/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.06	0.196	0.15	0.046
2	3.5			0.192	0.15	0.042
3	3			0.189	0.15	0.039
4	2.5			0.186	0.15	0.036
5	2			0.183	0.15	0.033
6	1.5			0.178	0.15	0.028
7	1			0.174	0.15	0.024
8	0.5			0.167	0.15	0.017

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m^3/h)	Qr (m^3/h)	Cd
1	0.046	6.29	4.06	0.6455
2	0.042	5.49	3.56	0.6491
3	0.039	4.91	3.20	0.6524
4	0.036	4.36	2.86	0.6562
5	0.033	3.82	2.53	0.6608
6	0.028	2.99	2.00	0.6708
7	0.024	2.37	1.62	0.6817
8	0.017	1.41	1.01	0.7127

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla.
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 32.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 3% en el canal de ensayo para vertedero rectangular con contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, CON CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	3 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m^3/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.06	0.199	0.15	0.049
2	3.5			0.195	0.15	0.045
3	3			0.191	0.15	0.041
4	2.5			0.188	0.15	0.038
5	2			0.183	0.15	0.033
6	1.5			0.179	0.15	0.029
7	1			0.174	0.15	0.024
8	0.5			0.171	0.15	0.021

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m^3/h)	Qr (m^3/h)	Cd
1	0.049	6.92	4.45	0.6432
2	0.045	6.09	3.94	0.6463
3	0.041	5.30	3.44	0.6501
4	0.038	4.72	3.09	0.6536
5	0.033	3.82	2.53	0.6608
6	0.029	3.15	2.11	0.6685
7	0.024	2.37	1.62	0.6817
8	0.021	1.94	1.34	0.6926

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 33.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, SIN CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	1 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.086	0.199	0.15	0.049
2	3.5			0.195	0.15	0.045
3	3			0.191	0.15	0.041
4	2.5			0.188	0.15	0.038
5	2			0.183	0.15	0.033
6	1.5			0.179	0.15	0.029
7	1			0.174	0.15	0.024
8	0.5			0.17	0.15	0.02

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.049	9.92	6.41	0.6462
2	0.045	8.73	5.63	0.6449
3	0.041	7.59	4.89	0.6439
4	0.038	6.77	4.36	0.6434
5	0.033	5.48	3.52	0.6431
6	0.029	4.51	2.91	0.6434
7	0.024	3.40	2.19	0.6451
8	0.02	2.59	1.68	0.6479

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 34.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 1.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, SIN CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	1.5 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.086	0.181	0.15	0.031
2	3,5			0.169	0.15	0.019
3	3			0.166	0.15	0.016
4	2,5			0.163	0.15	0.013
5	2			0.16	0.15	0.01
6	1,5			0.158	0.15	0.008
7	1			0.155	0.15	0.005
8	0,5			0.153	0.15	0.003

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.031	4.99	3.21	0.6432
2	0.019	2.39	1.55	0.6489
3	0.016	1.85	1.21	0.6530
4	0.013	1.36	0.89	0.6592
5	0.01	0.91	0.61	0.6693
6	0.008	0.65	0.44	0.6799
7	0.005	0.32	0.23	0.7086
8	0.003	0.15	0.11	0.7488

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla.
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 35.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, SIN CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	2 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.086	0.171	0.15	0.021
2	3.5			0.168	0.15	0.018
3	3			0.166	0.15	0.016
4	2.5			0.164	0.15	0.014
5	2			0.162	0.15	0.012
6	1.5			0.158	0.15	0.008
7	1			0.154	0.15	0.004
8	0.5			0.152	0.15	0.002

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.021	2.78	1.80	0.6471
2	0.018	2.21	1.44	0.6501
3	0.016	1.85	1.21	0.6530
4	0.014	1.51	0.99	0.6568
5	0.012	1.20	0.80	0.6620
6	0.008	0.65	0.44	0.6790
7	0.004	0.23	0.17	0.7251
8	0.002	0.08	0.06	0.7859

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64

Figura 36.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 2.5% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, SIN CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	2.5 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.086	0.168	0.15	0.018
2	3.5			0.166	0.15	0.016
3	3			0.164	0.15	0.014
4	2.5			0.162	0.15	0.012
5	2			0.159	0.15	0.009
6	1.5			0.156	0.15	0.006
7	1			0.152	0.15	0.002
8	0.5			0.151	0.15	0.001

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.018	2.21	1.44	0.6501
2	0.016	1.85	1.21	0.6530
3	0.014	1.51	0.99	0.6568
4	0.012	1.20	0.80	0.6620
5	0.009	0.78	0.53	0.6741
6	0.006	0.42	0.30	0.6964
7	0.002	0.08	0.06	0.7859
8	0.001	0.03	0.02	0.8516

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.

Figura 37.

Datos tomados del laboratorio para una pendiente de 3% en el canal de ensayo para vertedero rectangular sin contracción lateral.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ESTRUCTURA E HIDRAULICA

ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE GASTO EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA EN EL CANAL DE ENSAYO		
FECHA:	27/09/2022	**RESPONSABLE:**	ROSITA KATHERINE ROJAS MORÓN, EDUARDO A. JUNIOR CAJAS CAMPOS
EQUIPO:	HM. 160.30 JUEGO DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA, 4 TIPOS		
VERTEDERO:	VERTEDERO DE MEDICIÓN RECTANGULAR, SIN CONTRACCIÓN LATERAL		
POSICIÓN DE LA PRESA:	1.890 mt	**PENDIENTE:**	3 %

RECOLECCIÓN DE DATOS

Ensayo N°	Q (m³/h)	B (m)	bw (cm)	h0 (cm)	hw (cm)	h (cm)
1	4	0.086	0.086	0.168	0.15	0.018
2	3.5			0.164	0.15	0.014
3	3			0.161	0.15	0.011
4	2.5			0.159	0.15	0.009
5	2			0.156	0.15	0.006
6	1.5			0.153	0.15	0.003
7	1			0.152	0.15	0.002
8	0.5			0.151	0.15	0.001

RESULTADOS

Ensayo N°	h (cm)	Qt (m³/h)	Qr (m³/h)	Cd
1	0.018	2.21	1.44	0.6501
2	0.014	1.51	0.99	0.6568
3	0.011	1.05	0.70	0.6654
4	0.009	0.78	0.53	0.6741
5	0.006	0.42	0.30	0.6964
6	0.003	0.15	0.11	0.7488
7	0.002	0.08	0.06	0.7859
8	0.001	0.03	0.02	0.8516

OBSERVACIONES

Se midió el nivel de agua con el equipo HM 160.52 y una regla
Se intentó medir las velocidades con el equipo HM 160.64.