



“UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN CON UMBRALES DE GAVIONES CONTINUOS Y DENTADOS DE LA POZA DISIPADORA EN EL COMPORTAMIENTO DEL RESALTO HIDRÁULICO EN DIFERENTES CAUDALES

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL

FLORES ANTONIO NATALY LILIBET

Asesor: Mtro. Ing. DEPAZ BLÁCIDO RICHARD ALBERTO

Huaraz – Ancash – Perú

2023





**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	317

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 313

En la ciudad de Huaraz, al (a los) 16 día (s) del mes de ENERO del DOS MIL VEINTICUATRO, siendo las 18:00 horas, se reunieron el Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Ing. RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO
 PRIMER MIEMBRO : Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA
 SEGUNDO MIEMBRO : Ing. JULIO CESAR CORAL JAMANCA

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

NATALY LILIBET FLORES ANTONIO

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

"INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN CON UMBRALES DE GAVIONES CONTINUOS Y DENTADOS DE LA POZA DISIPADORA EN EL COMPORTAMIENTO DEL RESALTO HIDRÁULICO EN DIFERENTES CAUDALES".

desarrollada bajo el asesoramiento de:

ASESOR : Mag. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLÁCIDO
 CO - ASESOR :

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

APROBADO

Siendo las 19:10 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PRESIDENTE
 Ing. RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO

PRIMER MIEMBRO
 Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA

SEGUNDO MIEMBRO
 Ing. JULIO CESAR CORAL JAMANCA

ASESOR
 Mag. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLÁCIDO

CO - ASESOR

SUSTENTANTE
 NATALY LILIBET FLORES ANTONIO

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

Influencia de la configuración con umbrales de gaviones continuos y dentados de la poza disipadora en el comportamiento del resalto hidráulico en diferentes caudales

Presentado por: Flores Antonio Nataly Lilibet

con DNI N°: 70896590

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de :09%..... de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 04/02/2024



FIRMA

Apellidos y Nombres: Depaz Blácido Richard Alberto

DNI N°: 31671951

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

DEDICATORIA

A mis padres, Agripina Antonio y Rolo Flores, a quienes dedico cada uno de mis logros, gracias a sus enseñanzas, apoyo, fortaleza, amor y a ser un ejemplo de perseverancia.

A mis hijas, Eimhy Dayana y Aythana Valentina, gracias por ser mi fuente de inspiración y esa recarga de energía en las diferentes etapas de este proceso

A mi compañero de vida, Edinson Diestra, por ser la fuerza y el norte que necesito en mis momentos de desespero.

A mis hermanos, Axel y Bryan, por siempre esperar lo mejor de mí, por ser el motivo de salir vencedora de mis más grandes batallas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta, y acompañarme en cada etapa de mi vida,

Al Ing. Richard Alberto Depaz Blácido por el apoyo incondicional en este largo y arduo viaje académico. Su dedicación y orientación fueron fundamentales en cada paso de mi investigación. Su paciencia y claridad al explicar conceptos complejos no solo facilitaron mi comprensión si no también fortalecieron mi confianza. Gracias por ser más que un asesor; gracias por ser un mentor inspirador. La culminación de este proyecto no solo representa mi logro académico, si no también es el resultado de una colaboración invaluable. Gracias por su guía, mentoría y amabilidad a lo largo de este viaje.

A mi papá, Rolo Flores, gracias por tu apoyo incondicional desde que empecé esta etapa, siempre presente con tus mil ideas y mil aportes para poder llegar a concluir todo este proceso, desempeñaste un papel fundamental en esta investigación y en toda mi vida, sin tu ayuda, sin tu paciencia y sin tu amor incondicional, este logro no hubiera sido alcanzado, eres el pilar sobre el cual vengo construyendo un hermoso camino. Gracias mi héroe.

A mi mamita Agripina Antonio, por ser mi ejemplo de lucha y fortaleza. Tu inquebrantable determinación y valentía ante los desafíos han sido una inspiración constante en mi vida, Siempre has salido adelante logrando todo lo que te has propuesto, y eso me llena de orgullo. En los momentos más difíciles tu amor y tu apoyo han sido mi mayor sostén. Gracias por estar siempre presente durante este proceso, por alentarme en cada paso y enseñarme el verdadero significado de la perseverancia. Te amo mamá.

A Edinson Diestra, por tu respaldo invaluable durante cada fase de esta investigación, por ser mi guía constante, el complemento esencial que necesité en los momentos de mayor incertidumbre. Gracias por el apoyo y la claridad en mis momentos de dudas. A pesar de las diferentes formas que tenemos de abordar los desafíos siempre estuviste ahí para ayudarme. Tu constancia y compromiso han sido fundamentales para alcanzar este objetivo. Un peldaño más, juntos.

A Javier Pachas, por brindarme conocimientos e ideas al iniciar este proceso, por siempre estar presto a aclarar mis dudas con mucha paciencia y confianza.

A mis jurados, por brindarme apoyo y guiarme con todas sus recomendaciones para culminar de manera favorable esta investigación.

CONTENIDO

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Importancia y Justificación de la Investigación	2
1.4. Delimitación del Estudio	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo General.....	3
1.5.2. Objetivos Específicos	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de Investigación	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales	7
2.2. Bases Teóricas	8
2.2.1. Disipación de Energía.....	8
2.2.1.1 Funciones de Disipadores de Energía.....	8
2.2.2. Resalto Hidráulico	8
2.2.2.1 Aplicaciones.	8
2.2.2.2 Características Generales del Salto Hidráulico	9
2.2.2.2.1 Pérdida de	9
2.2.2.2.2 Energía en el Salto.	9
2.2.2.2.3 Eficiencia. Rodríguez (2008).....	10
2.2.2.2.4 Altura del Resalto.	10
2.2.2.2.5 Posición del Salto.....	11
2.2.3. Ecuación General del Resalto Hidráulico.....	12
2.2.3.1 Longitud del Resalto.....	13
2.2.4. Tipos de Disipador de Energía	14

2.2.4.1	Salto de Esquí.	14
2.2.4.2	Disipador con Bloques de Impacto o con Umbrales.	14
2.2.4.3	Disipador con Umbral Continuo y Discontinuo (Dentado).....	15
2.2.4.4	Estanques Amortiguadores.....	16
2.2.4.4.1	Estanques Para Número de Froude Menor de 1,7.	16
2.2.4.4.2	Estanques Para Número de Froude Entre 1,7y 2,5.	16
2.2.4.4.3	Estanques Para Número de Froude Entre 2,5 y 4,5.	16
2.2.4.4.4	Estanques Para Número de Froude Mayor de 4,5.	16
2.2.5.	El Resalto Hidráulico como Disipador de Energía.....	17
2.2.6.	Gaviones	18
2.2.6.1	Tipos de Gaviones	18
Maccaferri (2008) define los tipos de gaviones de la siguiente manera:.....		18
2.2.6.1.1	Tipo Caja.....	18
2.2.6.1.2	Tipo Saco	18
2.2.6.1.3	Tipo Colchón	19
2.2.6.2	Ventajas de los Gaviones.....	19
2.2.6.2.1	Flexibilidad	19
2.2.6.2.2	Permeabilidad	20
2.2.6.3	Durabilidad	20
2.2.6.4	Economía.....	21
2.2.6.5	Versatilidad.....	21
2.3.	Definición de Términos	21
2.4.	Hipótesis	22
2.4.1.	Hipótesis General.....	22
2.5.	Variables.....	22
2.5.1.	Definición Conceptual de Variables.....	22
2.5.1.1	Variable Independiente.....	22

2.5.1.2	Variable Dependiente	22
2.5.2.	Operacionalización de Variables	23
III.	METODOLOGÍA.....	24
3.1.	Tipo de Investigación	24
3.1.1.	Según el Enfoque de la Investigación.....	24
3.1.2.	Según en nivel de la Investigación	24
3.1.3.	Diseño de Investigación.....	24
3.2.	Población y Muestra	25
3.3.	Técnicas e Instrumento(s) de Recolección de Datos	25
3.3.1.	Técnicas	25
3.3.1.1	Observación.....	25
3.3.2.	Instrumentos de Recolección de Datos.....	27
3.4.	Descripción y Procesamiento de Análisis	27
IV.	RESULTADOS.....	40
4.1.	Resultados.....	40
4.2.	Análisis o discusión de resultados	105
4.2.1.	Análisis de Resultados según Caudales y configuraciones	105
4.2.2.	Relación entre la Disipación de Energía y Caudales	107
4.2.2.1	Análisis y Discusión de la Energía Especifica Contra el Caudal Q1	107
4.2.2.1	Análisis y Discusión de la Energía Especifica Contra el Caudal Q2	108
4.2.2.2	Análisis y Discusión de la Energía Especifica Contra el Caudal Q3	108
4.2.2.3	Análisis y Discusión de la Energía Especifica Contra el Caudal Q4	109
4.2.2.4	Análisis y Discusión de la Energía Especifica Contra el Caudal Q5.....	110
4.2.3.	Análisis y Discusión de la Energía Especifica Contra los Caudales Q ₁ , Q ₂ , Q ₃ , Q ₄ , Q ₅	111
V.	CONCLUSIONES.....	113
VI.	RECOMENDACIONES.....	114

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	115
VIII. ANEXOS.....	118
Anexo 01. Protocolo del sistema de medición de datos.....	118
Anexo 02. Protocolo para la construcción de gaviones a escala.....	121
Anexo 03. Protocolo de construcción del modelo.....	124
Anexo 4. Matriz de Consistencia.....	127
Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables.....	128

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 <i>Resalto hidráulico</i>	9
Figura 2 <i>Curvas características de resaltos hidráulicos en canales rectangulares horizontales</i>	11
Figura 3 <i>Resalto Claro</i>	11
Figura 4 <i>Resalto barrido</i>	12
Figura 5 <i>Resalto Ahogado</i>	12
Figura 6 <i>Longitud del salto hidráulico</i>	13
Figura 7 <i>Represa Ralco - Chile</i>	14
Figura 8 <i>Bloques de Impacto</i>	14
Figura 9 <i>Disipador con umbral continuo</i>	15
Figura 10 <i>Disipador con umbral dentado</i>	15
Figura 11 <i>Estanque disipador Tipo IV</i>	16
Figura 12 <i>Estanque disipador Tipo III</i>	17
Figura 13 <i>Estanque disipador Tipo II</i>	17
Figura 14 <i>Gavión tipo caja</i>	18
Figura 15 <i>Gavión tipo saco</i>	18
Figura 16 <i>Gavión tipo colchón</i>	19
Figura 17 <i>Flexibilidad de los muros de gaviones</i>	19
Figura 18 <i>Permeabilidad de los muros de gaviones</i>	20
Figura 19 <i>Recubrimiento del alambre de la malla de gaviones</i>	20
Figura 20 <i>Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil – UNASAM</i>	25

Figura 21	<i>Configuraciones de gaviones</i>	26
Figura 22	<i>Organigrama de la elaboración del modelo escalonado</i>	27
Figura 23	<i>Vista en Planta, Perfil y 3D del canal escalado (Configuración N°03)</i>	28
Figura 24	<i>Instalación del canal escalonado</i>	28
Figura 25	<i>Elaboración de los gaviones – Configuración N°01</i>	29
Figura 26	<i>Gaviones a escala</i>	30
Figura 27	<i>Distancia Xb</i>	31
Figura 28	<i>Ubicación de las cámaras fotográficas</i>	31
Figura 29	<i>Ubicación de las cámaras en el laboratorio</i>	32
Figura 30	<i>Flujograma del manejo del canal</i>	33
Figura 31	<i>Encendido y funcionamiento del modelo hidráulico</i>	34
Figura 32	<i>Toma de datos</i>	35
Figura 33	<i>Modelo hidráulico Configuración N°01</i>	36
Figura 34	<i>Modelo hidráulico Configuración N°02</i>	37
Figura 35	<i>Modelo hidráulico Configuración N°03</i>	38
Figura 36	<i>Modelo hidráulico Configuración N°04</i>	39
Figura 37	<i>Configuración Patrón - Caudal 1</i>	40
Figura 38	<i>Configuración N°01 Xb= 0.00 cm - Caudal 1</i>	41
Figura 39	<i>Configuración N°01 – Caudal 1 – Xb=2.50 cm</i>	42
Figura 40	<i>Configuración N°01 – Caudal 1 – Xb=5.00 cm</i>	43
Figura 41	<i>Configuración N°02 – Caudal 1 – Xb=0.00 cm</i>	44
Figura 42	<i>Configuración N°02 – Caudal 1 – Xb=2.50 cm</i>	45
Figura 43	<i>Configuración N°02 – Caudal 1 – Xb=5.00 cm</i>	46
Figura 44	<i>Configuración N°03 – Caudal 1 – Xb=0.00 cm</i>	47
Figura 45	<i>Configuración N°03 – Caudal 1 – Xb=2.50 cm</i>	48
Figura 46	<i>Configuración N°03 – Caudal 1 – Xb=5.00 cm</i>	49
Figura 47	<i>Configuración N°04 – Caudal 1 – Xb=0.00 cm</i>	50
Figura 48	<i>Configuración N°04 – Caudal 1 – Xb=2.50 cm</i>	51
Figura 49	<i>Configuración N°04 – Caudal 1 – Xb=5.00 cm</i>	52
Figura 50	<i>Configuración Patrón - Caudal 2</i>	53
Figura 51	<i>Configuración N°01 – Caudal 2 – Xb=0.00 cm</i>	54
Figura 52	<i>Configuración N°01 – Caudal 2 – Xb=2.50 cm</i>	55
Figura 53	<i>Configuración N°01 – Caudal 2 – Xb=5.00 cm</i>	56
Figura 54	<i>Configuración N°02 – Caudal 2 – Xb=0.00 cm</i>	57

Figura 55 Configuración N°02 – Caudal 2 – $X_b=2.50$ cm	58
Figura 56 Configuración N°02 – Caudal 2 – $X_b=5.00$ cm	59
Figura 57 Configuración N°03 – Caudal 2 – $X_b=0.00$ cm	60
Figura 58 Configuración N°03 – Caudal 2 – $X_b=2.50$ cm	61
Figura 59 Configuración N°03 – Caudal 2 – $X_b=5.00$ cm	62
Figura 60 Configuración N°04 – Caudal 2 – $X_b=0.00$ cm	63
Figura 61 Configuración N°04 – Caudal 2 – $X_b=2.50$ cm	64
Figura 62 Configuración N°04 – Caudal 2 – $X_b=5.00$ cm	65
Figura 63 Configuración Patrón - Caudal 3	66
Figura 64 Configuración N°01 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm	67
Figura 65 Configuración N°01 – Caudal 3 – $X_b=2.50$ cm	68
Figura 66 Configuración N°01 – Caudal 3 – $X_b=5.00$ cm	69
Figura 67 Configuración N°02 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm	70
Figura 68 Configuración N°02 – Caudal 3 – $X_b=2.50$ cm	71
Figura 69 Configuración N°02 – Caudal 3 – $X_b=5.00$ cm	72
Figura 70 Configuración N°03 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm	73
Figura 71 Configuración N°03 – Caudal 3 – $X_b=2.50$ cm	74
Figura 72 Configuración N°03 – Caudal 3 – $X_b=5.00$ cm	75
Figura 73 Configuración N°04 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm	76
Figura 74 Configuración N°04 – Caudal 3 – $X_b=2.50$ cm	77
Figura 75 Configuración N°04 – Caudal 3 – $X_b=5.00$ cm	78
Figura 76 Configuración Patrón - Caudal 4	79
Figura 77 Configuración N°01 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm	80
Figura 78 Configuración N°01 – Caudal 4 – $X_b=2.50$ cm	81
Figura 79 Configuración N°01 – Caudal 4 – $X_b=5.00$ cm	82
Figura 80 Configuración N°02 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm	83
Figura 81 Configuración N°02 – Caudal 4 – $X_b=2.50$ cm	84
Figura 82 Configuración N°02 – Caudal 4 – $X_b=5.00$ cm	85
Figura 83 Configuración N°03 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm	86
Figura 84 Configuración N°03 – Caudal 4 – $X_b=2.50$ cm	87
Figura 85 Configuración N°03 – Caudal 4 – $X_b=5.00$ cm	88
Figura 86 Configuración N°04 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm	89
Figura 87 Configuración N°04 – Caudal 4 – $X_b=2.50$ cm	90
Figura 88 Configuración N°04 – Caudal 4 – $X_b=5.00$ cm	91

Figura 89 Configuración Patrón - Caudal 5	92
Figura 90 Configuración N°1 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm	93
Figura 91 Configuración N°01 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm	94
Figura 92 Configuración N°01 – Caudal 5 – $X_b=5.00$ cm	95
Figura 93 Configuración N°2 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm	96
Figura 94 Configuración N°02 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm	97
Figura 95 Configuración N°02 – Caudal 5 – $X_b=5.00$ cm	98
Figura 96 Configuración N°3 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm	99
Figura 97 Configuración N°03 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm	100
Figura 98 Configuración N°03 – Caudal 5 – $X_b=5.00$ cm	101
Figura 99 Configuración N°04 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm	102
Figura 100 Configuración N°04 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm.....	103
Figura 101 Configuración N°04 – Caudal 5 – $X_b=5.00$ cm.....	104
Figura 102 Relación de la energía específica contra el Caudal Q1	108
Figura 103 Relación de la energía específica contra el Caudal Q2.....	108
Figura 104 Relación de la energía específica contra el Caudal Q3	109
Figura 105 Relación de la energía específica contra el Caudal Q4.....	109
Figura 105 Relación de la energía específica contra el Caudal Q ₅	110
Figura 107 Relación de la energía específica contra los Caudales Q ₁ , Q ₂ , Q ₃ , Q ₄ y Q ₅	111
Figura 108 Relación de la energía específica máxima según los Caudales Q ₁ , Q ₂ , Q ₃ , Q ₄ y Q ₅ en contraste al modelo patrón.....	112
Figura 103 Longitud del salto hidráulico	118
Figura 104 Resalto Claro	119
Figura 105 Resalto barrido	119
Figura 106 Resalto Ahogado	119
Figura 107 Dimensiones del gavión	122
Figura 108 Diafragmas interiores en unidad de gaviones	122
Figura 109 Arreglo de las configuraciones de gaviones	124
Figura 110 Dimensiones del Barraje tipo Creager.	125
Figura 111 Dimensiones de la poza disipadora – Vista en planta	125
Figura 112 Dimensiones de la poza disipadora – Vista en elevación.....	125
Figura 113 Dimensiones de la poza disipadora – 3D	125

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 <i>Relación F1 Vs Ly2</i>	13
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables</i>	23
Tabla 3 <i>Total de observaciones</i>	26
Tabla 4 <i>Caudales de ensayo</i>	31
Tabla 5 <i>Tabla de datos - Caudal N°01</i>	105
Tabla 6 <i>Tabla de datos - Caudal N°02</i>	105
Tabla 7 <i>Tabla de datos - Caudal N°03</i>	106
Tabla 8 <i>Tabla de datos - Caudal N°04</i>	106
Tabla 9 <i>Tabla de datos - Caudal N°05</i>	107
Tabla 10 <i>Instrumento de observación para la toma de datos de los tirantes y la longitud del resalto hidráulico.</i>	120

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el comportamiento del resalto hidráulico mediante un modelo físico a escala reducida en un barraje tipo Creager, se tuvo como objetivo determinar la influencia de los bloques de impacto de gaviones en el comportamiento del resalto hidráulico, para lo cual se estableció un modelo patrón (C_p) en el cual las condiciones de la poza disipadora se mantuvieron estables (no se utilizaron bloques de impacto), este modelo fue contrastado con el análisis del comportamiento de una configuración continua (C_1) y tres configuraciones dentadas (C_2 , C_3 y C_4), estas configuraciones tuvieron casos particulares variando la distancia medida entre el pie de barraje y el inicio de los gaviones (X_b), estas distancias variaron entre $X_b=0.00\text{cm}$, $X_b=2.50\text{cm}$ y $X_b=5.00\text{cm}$, al mismo tiempo se realizó la variación de caudales (Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 y Q_5) y se analizó el comportamiento de la energía específica, esta investigación se limitó a trabajar sin el efecto del transporte de sedimentos, para lo cual se tamizó y separó el material que podía generar este fenómeno.

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, en el canal de pendiente variable, haciendo un total de 325 ensayos, la investigación fue de tipo cuantitativa, explicativa y según el diseño de investigación fue experimental pura debido a que se manipulo la variable independiente para realizar el análisis y contrastación de la hipótesis.

Luego de realizado los ensayos de manera general se obtuvo que la Configuración N°04 con $X_b=0.00\text{ cm}$ analizada en el Caudal Q_2 obtuvo la mayor disipación de energía, con un $\Delta E = 0.4803$, de manera independiente para Q_1 ($0.0005\text{ m}^3/\text{s} - 0.0010\text{ m}^3/\text{s}$), la configuración N°04 con $X_b= 0.00\text{ cm}$ obtuvo el mejor comportamiento con un $\Delta E = 0.2590$, para Q_2 ($0.0013\text{ m}^3/\text{s} - 0.0018\text{ m}^3/\text{s}$), la configuración N°04 con $X_b= 0.00\text{ cm}$ obtuvo el mejor comportamiento con un $\Delta E = 0.4803$, para Q_3 ($0.0030\text{ m}^3/\text{s} - 0.0035\text{ m}^3/\text{s}$), la configuración N°03 con $X_b= 2.50\text{ cm}$ obtuvo el mejor comportamiento con un $\Delta E = 0.4803$, para Q_4 ($0.0040\text{ m}^3/\text{s} - 0.0045\text{ m}^3/\text{s}$), la configuración N°01 con $X_b= 5.00\text{ cm}$ obtuvo el mejor comportamiento con un $\Delta E = 0.3260$ y finalmente para Q_5 ($0.0055\text{ m}^3/\text{s} - 0.0060\text{ m}^3/\text{s}$), la configuración N°01 con $X_b= 5.00\text{ cm}$ obtuvo el mejor comportamiento con un $\Delta E = 0.2557$.

Palabras clave. Resalto hidráulico, bloques de impacto de gaviones, Caudales.

ABSTRACT

In this research, the behavior of the hydraulic head was evaluated by means of a reduced scale physical model in a Creager type busbar. The objective was to determine the influence of the gabion impact blocks on the behavior of the hydraulic head, for which a standard model (Cp) was established in which the conditions of the dissipating pool were kept stable (no impact blocks were used), This model was contrasted with the analysis of the behavior of a continuous configuration (C1) and three notched configurations (C2, C3 and C4), these configurations had particular cases varying the distance measured between the foot of the bar and the beginning of the gabions (Xb), these distances varied between $X_b=0.00\text{cm}$, $X_b=2.50\text{cm}$ and $X_b=5.00\text{cm}$, at the same time the variation of flow rates (Q1, Q2, Q3, Q4 and Q5) was performed and the behavior of the specific energy was analyzed, this research was limited to work without the effect of sediment transport, for which the material that could generate this phenomenon was sieved and separated.

This research was carried out in the Fluid Mechanics and Hydraulics laboratory of the Faculty of Civil Engineering of the National University Santiago Antunez de Mayolo, in the variable slope channel, making a total of 325 tests. The research was quantitative, explanatory and according to the research design it was purely experimental because the independent variable was manipulated to perform the analysis and contrast of the hypothesis.

After the tests were carried out, in general, it was obtained that Configuration N°04 with $X_b=0.00\text{ cm}$ analyzed in the Q₂ Flow obtained the highest energy dissipation. The highest energy dissipation, with a $\Delta E = 0.4803$, independently for Q₁ ($0.0005\text{ m}^3/\text{s} - 0.0010\text{ m}^3/\text{s}$), configuration N°04 with $X_b= 0.00\text{ cm}$ obtained the best performance with a $\Delta E = 0.2590$, for Q₂ ($0.0013\text{ m}^3/\text{s} - 0.0018\text{ m}^3/\text{s}$), configuration N°04 with $X_b= 0.00\text{ cm}$ obtained the best performance with a $\Delta E = 0.4803$, for Q₃ ($0.0030\text{ m}^3/\text{s} - 0.0035\text{ m}^3/\text{s}$), configuration N°03 with $X_b= 2.50\text{ cm}$ obtained the best performance with a $\Delta E = 0.4803$, for Q₄ ($0.0040\text{ m}^3/\text{s} - 0.0045\text{ m}^3/\text{s}$), configuration N°01 with $X_b= 5.00\text{ cm}$ obtained the best performance with a $\Delta E = 0.3260$ and finally for Q₅ ($0.0055\text{ m}^3/\text{s} - 0.0060\text{ m}^3/\text{s}$), configuration N°01 with $X_b= 5.00\text{ cm}$ obtained the best performance with a $\Delta E = 0.2557$.

Keywords. *Hydraulic lift, gabion impact blocks, Flow rates.*

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

Muchos fenómenos que se producen en el ámbito de la hidráulica son tan complicados que en su tratamiento no se puede aplicar íntegramente los métodos matemáticos, ya que son modelos idealizados que asumen simplificaciones importantes que en un diseño hidráulico deben de ser valorados pues al tener en cuenta dichas consideraciones, causan efectos o fallas en el diseño, instalación u operación.

Macián Pérez et al. (2017) indican que el resalto hidráulico tiene múltiples usos en ingeniería hidráulica, lo que lo convierte en un fenómeno muy complicado de estudiar, las inmensas variaciones turbulentas, la intensidad del ingreso de aire y la pérdida masiva de energía que producen son las causantes de la complejidad del resalto hidráulico, y pese a los grandes saltos en la modelización numérica, estos factores siempre tienen limitaciones en los modelos que se proponen, haciendo que la modelización física sea crucial a la hora de estudiar este fenómeno, ya que permite examinar la estructura, propiedades e interacciones entre todos los eventos que tienen lugar durante su desarrollo.

En un proyecto de modelación paramétrica de resaltos hidráulicos Márquez (2006) menciona que para números de Froude bajos, el valor experimental de la longitud de salto tiene diferencias pequeñas con respecto a los valores teóricos, lo cual tiene una variación mayor cuando los valores de Froude aumentan, Asimismo, para el caso de resalto libre estabilizado a 14 cm de la compuerta, la relación de los tirantes conjugados se sitúa por debajo de la ecuación de Bélanger y ligeramente más en consonancia con la ecuación teórica de Rajaratnam. Del mismo modo, la excelente concordancia entre los valores experimentales y teóricos quedó demostrada por la relación y_2/y_1 . Esta discrepancia puede explicarse por el hecho de que, en el caso de flujos totalmente desarrollados, la relación de tirantes conjugados es menor debido a que, al inicio del resalto, la energía disminuye como consecuencia del efecto de la curva de remanso, aumentando la pérdida de energía a medida que la curva se hace más desarrollada.

Es por ello la importancia de realizar investigaciones donde se analicen condiciones reales, y se estudie a detalle los fenómenos que pueden ocurrir en el análisis del resalto hidráulico y el impacto que este ocasionará.

Rios (2014) en su proyecto afirma que un río tiene un tirante y una velocidad natural, pero cuando se colocan presas o embalses se aumenta la carga energética y se presentan cambios en sus características, cuando el flujo del agua corre por un vertedero, túnel de

descarga u otros aumenta la energía cinética y por consiguiente tiene un gran poder destructivo, debido a las velocidades y presiones altas, lo cual genera erosiones e incluso en las mismas estructuras hidráulicas, lo cual las pone en riesgo, es por ellos que se utilizan mecanismos como disipadores de energía, para lograr establecer las condiciones naturales.

Tras el análisis de las consecuencias que genera el aumento de energía en las estructuras hidráulicas se ve como gran alternativa estudiar los disipadores de energía, y proponer una configuración dentro de las pozas disipadoras.

Shariq et al. (2022) mencionan que las presas de gaviones ceden el paso del flujo agua a través de las gravas debido a su porosidad. Además, la disponibilidad de cantos rodados hace que sea una solución aceptable porque son rentables, ecológicas e hidráulicas. En consecuencia, proporcionan una solución a la suspensión de partículas y a la sedimentación porque las dichas partículas pueden trasladarse a través del cuerpo poroso. Como plantea Abraham et al. (2021), los gaviones, son estructuras elásticas y ecológicas que presentan resistencia estructural al asentamiento heterogéneo de los cimientos y pueden ser una alternativa eficaz a las estructuras hidráulicas y rocosas tradicionales para la restauración de ríos. Los gaviones pueden facilitar el proceso de construcción.

Bajo lo mencionado sobre los beneficios del uso de gaviones para esta investigación se ve como una alternativa utilizar configuraciones de bloques de impacto a base de gaviones ya que sus características son muy favorables para el comportamiento hidráulico pues llegan a soportar grandes cargas de compresión gracias a su flexibilidad, y la deformación que sufren no afecta su resistencia

Con este estudio se busca analizar el comportamiento y sus características de la energía específica al implementar gaviones en las pozas disipadoras.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo influyen las configuraciones con bloques de impacto de gaviones de la poza disipadora en el comportamiento del resalto hidráulico en diferentes caudales?

1.3. Importancia y Justificación de la Investigación

El resalto hidráulico es un fenómeno presente en varias obras hidráulicas, sobre todo cuando se hace uso de presas o embalses, lo cual genera un aumento de energía cinética dando como resultado una gran fuerza destructiva que ocasiona erosión y disminuye el tiempo de vida de la estructura, por lo que el objetivo principal en las obras hidráulicas es disipar la energía producida, para este fin se usan las pozas disipadoras con variedad de configuraciones en ella, dicha energía no solo genera daños, si no también cambios en las características del resalto por lo que su estudio y las técnicas de modelación para analizar su

comportamiento son sujetos a experimentación y no se tiene un comportamiento estandarizado, a partir de ello se pretende proporcionar información respecto al comportamiento del resalto y se propone una nueva configuración dentro de la poza disipadora colocando configuraciones de bloques de impacto, tras las características obtenidas y el análisis adecuado se determinará la fuerza de impacto en los bloques y se establecerá un rango de aplicación, esta propuesta puede ser considerada en diversas obras hidráulicas, como por ejemplo en las áreas naturales protegidas que cuentan con una normativa que nos exige implementar nuevos métodos constructivos con resultados óptimos.

Desde el punto de vista académico esta investigación brindará grandes aportes, ya impulsará a la investigación desarrollada en el laboratorio de Mecánica de fluidos e Hidráulica de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, de esta forma se busca impulsar la investigación en la rama de hidráulica, fomentando un antecedente para futuras investigaciones.

1.4. Delimitación del Estudio

En el análisis de la investigación se limitó a trabajar sin el efecto del transporte de sedimentos, para ello el material granular de fondo se tamizó y separó la muestra que podría generar este efecto.

Dentro de los límites de la investigación se considerará un rango de aplicación que dependerá directamente de la fuerza de impacto que puedan soportar los gaviones.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la configuración continua y dentada en la energía del resalto hidráulico en diferentes caudales.

1.5.2. Objetivos Específicos

Realizar un modelo físico a escala.

Determinar el comportamiento del resalto hidráulico para un modelo patrón con diferentes caudales.

Determinar el comportamiento del resalto hidráulico para las configuraciones con bloques de impacto de gaviones continuos y dentados con diferentes caudales.

Determinar la fuerza específica del agua generada sobre los gaviones en el resalto hidráulico aplicando diferentes caudales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Daneshfaraz et al. (2021) identificaron una solución sostenible para los vertederos que se aplicarían en canales de riego y drenaje. Se realizaron 120 experimentos en un canal horizontal de sección rectangular con paredes de plexiglás y con una longitud, anchura y altura de 5, 0,3 y 0,45 m, respectivamente. La pendiente se fijó en cero para todos los experimentos. El caudal en el canal se generó con dos bombas con un caudal máximo de descarga de 7,5 l/s. La cesta de gaviones, rellena de grava, se fabricó a partir de varillas de acero rapadas con una lámina de rejilla con una abertura inferior al tamaño del material de relleno. La altura era de 0,15 y 0,20 m y los ángulos de 26,56, 33,7 y 45°. Se utilizó grava redonda natural con una porosidad del 50% y diámetros medios $d_{50} = 0,032$ m como material de relleno del vertedero de gaviones. El vertedero se instaló 1,5 m aguas abajo del tanque de entrada. La comparación entre los vertederos sólidos y de gaviones mostró que la pérdida relativa de energía y la profundidad relativa aguas abajo aumentan un 82% y un 50%, respectivamente. En todos los casos, el número de Froude aguas abajo del vertedero con gaviones se reduce de 4,17-8,52 a 1,28-2,64 comparado con el vertedero sólido (en los tres ángulos de la caída inclinada en un 64% en promedio). Debido a la disminución de la pérdida relativa de energía del vertedero de gaviones (82% en promedio) debido al complejo comportamiento de la corriente de flujo de infiltración a través y sobre flujo pasa el área de gaviones, es obvio que esta estructura puede estabilizar el salto hidráulico en los cuencos amortiguadores. En estos aspectos, los vertederos de gaviones podrían ser una estructura con un impacto negativo mínimo en el medio acuático respecto a las gotas impermeables de reciente construcción. (pp. 3451 – 3458)

Fathi et al. (2018) estudiaron el rendimiento hidráulico y el comportamiento del flujo alrededor y dentro del cuerpo poroso de presas de gaviones triangulares y de cresta estrecha con diferentes pendientes laterales (presas trapezoidales). La investigación se realizó en un canal de laboratorio de 0,3 m de anchura, 0,5 m de altura y 10 m de longitud. Un modelo rectangular de presa de gaviones con 0,3 m de longitud de cresta, 0,16 m de altura y 0,15 m de anchura de cresta se colocó en el canal a una distancia de 4 m de la entrada del canal. Se utilizaron tres tamaños de partículas diferentes para investigar el efecto de la porosidad y el diámetro de las partículas en el rendimiento hídrico de la presa. Se realizaron 26 experimentos de laboratorio con tres porosidades de vertedero diferentes. La distribución de

los diámetros de las partículas era uniforme con σ igual a 1,27, 1,11 y 1,07 para diámetros medios iguales a 34, 23 y 19 mm respectivamente. Además, el número de Reynolds era suficientemente elevado en todos los experimentos, por lo que el régimen de flujo podía considerarse totalmente turbulento. La disminución del diámetro medio de las partículas puede resultar en la reducción del coeficiente de descarga (C_d), a través de la descarga de la carga de agua y la pérdida de energía del flujo sobre los modelos de hasta 27%, 34% y 8%. La pendiente aguas arriba de los vertederos triangulares y la pendiente aguas abajo de los vertederos de gaviones de cresta ancha tienen una influencia significativa en el aprovechamiento de los vertederos de gaviones. (pp. 93 – 94)

Shariq et al. (2020) evaluaron la precisión de las relaciones existentes entre el gradiente hidráulico y la celeridad del flujo y también proponer una ecuación de descarga para los vertederos de gaviones en condiciones de flujo continuo. La metodología se ejecutó en el laboratorio de hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Indio de Tecnología Roor-kee, India. La longitud, anchura y profundidad del canal eran de 9,6 m, 0,5 m y 0,6 m, respectivamente. Se instaló una presa de gaviones con una medida de 4,8 m aguas arriba del canal. Las tres filas de gaviones se fabricaron con varillas de acero de forma cuadrada de 30 cm de longitud y 50 cm de anchura. Todas las caras de la jaula de gaviones se cubrieron con una malla regular de 2,5 mm de diámetro, cada lado midió 4 cm y con una distancia diagonal de 3 cm y 7 cm. Los experimentos se realizaron para tres alturas diferentes, es decir, 22.5 cm, 32.5 cm y 42.5 cm de presas de gaviones. El diámetro medio de los cantos rodados utilizados en el vertedero de gaviones fue 41,62, 47,43 y 57,0 mm. El análisis de sensibilidad revela que la descarga a través del vertedero de gaviones es más sensible al diámetro de los cantos rodados y a la profundidad aguas arriba en comparación con la profundidad aguas abajo del vertedero de gaviones. La variación de la descarga con el diámetro de los cantos rodados y la profundidad aguas arriba indica claramente que la descarga a través de la presa de gaviones aumenta con el incremento del diámetro de los cantos rodados y la profundidad aguas arriba. (pp. 1 - 7).

Al-Fawzy et al. (2020a) investigaron la energía disipada del flujo en la forma escalonada de un vertedero de gaviones con tres pasos. Las pruebas se ejecutaron en el laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Babilonia (Iraq). El canal basculante tiene unas dimensiones de 10 m de largo, 0,3 m de ancho y 0,5 m de alto. Los modelos físicos utilizados tienen longitudes totales de 0,72, 0,84, 0,96, 1,08 y 1,20 m, y se denominan Stepped Gabion Weir, y tomaron las siguientes nomenclaturas SGWA, SGWB, SGWC, SGWD y SGWE, respectivamente. Todos los

modelos físicos tienen sección transversal constante, anchura de 0,3 m y altura máxima de escalón de 0,4 m en el lado de aguas arriba, y escalones de diferentes alturas y longitudes. Las muestras de grava usadas como material de relleno para los modelos físicos fueron cinco muestras de grava monosized con diámetros medios de 11.75 mm, 16.5 mm, 22 mm, 31.25 mm, y 43.75 mm, y numeradas como Número de Muestra de Grava, GS1, GS2, GS3, GS4, y GS5, respectivamente. En total, se realizaron 175 pruebas de funcionamiento con valores de descarga variables de 0.7 a 15.0 litros por segundo. Los valores de porosidad que se calcularon para este estudio fueron 48.75%, 51.63%, 52.31%, 52.56% y 53.55% respectivamente. La energía disipada del caudal aumenta al aumentar la descarga. El aumento de la relación entre la longitud del tercer escalón del vertedero y su longitud total disminuye la energía disipada del flujo, de forma general. La disipación de energía aumenta al disminuir el diámetro equivalente de la muestra de grava utilizada. La porosidad tiene una ligera proporción inversa sobre la energía de flujo disipada. (pp. 1 – 8)

Al-Fawzy et al. (2020b) investigaron el efecto de la distancia del salto hidráulico sobre los parámetros de representación de disipación de energía. Se realizaron un total de 188 pruebas operativas y 25 experimentos de laboratorio utilizando un canal de laboratorio de 10 m. de largo, 0.3 m. de ancho y 0.5 m. de alto. En la prueba de la presa de gaviones, se utilizó como material de relleno grava de cantera natural monograno con diámetros medios equivalentes de 11.75 mm, 16.50 mm, 22.00 mm, 31.25 mm y 43.75 mm. La presa de gaviones tenía cinco longitudes distintas: 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 y 1.2 metros. Los niveles de descarga de la operación variaban entre 0.7 y 15 l/s. Para producir grupos adimensionales, el conjunto de datos se correlacionó utilizando el Teorema Pi de Buckingham y, a continuación, se sometió a un análisis dimensional. Los resultados del análisis demostraron una relación inversa entre el diámetro de la grava de la muestra y la distancia del salto hidráulico y la descarga. La longitud de salto hidráulico es directamente proporcional con el parámetro de disipación de energía sugerido e inversamente proporcional con la longitud de la presa de gaviones para las descargas indicadas. La distancia del salto hidráulico es directamente proporcional a la descarga. El efecto de la gradación de las muestras de grava y de las longitudes de las presas de gaviones sobre la distancia del salto hidráulico es insignificante para valores pequeños de caudal. La distancia del salto hidráulico es inversamente proporcional al diámetro equivalente de la grava utilizada. Para un mismo diámetro de muestra de grava y un mismo caudal, la medida del salto hidráulico tiene una razón inversa a la longitud de la presa de gaviones. (pp. 1 – 11)

Plazas & Acuña (2018) evaluaron mediante un modelo física a escala, el potencial de pérdida de energía y modificación del patrón del caudal en el río Fucha, entre presas de gaviones escalonadas y presas de hormigón de caída libre. Esta investigación se realizó en el laboratorio de hidráulica de longitud 4.00 m, ancho 0.5 m y altura 0.50 m, $Q_m = 4.88$ l/min. Los vertederos escalonados de gaviones presentaron velocidades más bajas para caudales de 3,89 m³/s y 7,38 m³/s. Con la excepción de las áreas situadas aguas abajo de las presas y cercanas de los recorridos del río, la velocidad de ambos tipos de estructuras de disipación es inferior a la velocidad no erosionable. Por esta razón, es aconsejable revestir el lecho del río en la base de la estructura con una escollera, y la colocación de estas estructuras favorece la reducción de las velocidades en los recorridos, es decir, en las presas situadas aguas abajo de cada recorrido.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Terrones (2015) determinó la pérdida de energía hidráulica de forma experimental en distintos prototipos de pozos disipadores. Se realizó un conjunto de pruebas en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte bajo seis condiciones de flujo distintas, obteniéndose 6 datos experimentales por cuenca. Las cuencas investigadas pertenecen a una de las cuatro categorías clasificadas por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos: tipo I, II, III o IV. El principal medio de disipación de energía en estas cuencas es la formación de rebases hidráulicos, además de bloques de impacto, soleras de salida y bloques deflectores. La poza disipadora de tipo II que tiene un caudal de 0.00978 m³/s obtuvo un 31.18% como porcentaje de disipación y la poza disipadora de tipo IV con un caudal "Q" de 0.00562 m³/s resultó tener el índice de disipación más elevado, del 61.70%.

Coaguila (2016) se llevaron a cabo experimentos donde se modificaron los parámetros con el objetivo de identificar cuál de ellos resultaba más efectivo en términos hidráulicos, Este estudio evaluó las pérdidas de energía causadas por la fricción y la turbulencia en los vertederos de presas con perfil cimacio y con trampolines como construcción final. Se utilizó un canal de 6.60 m de largo, 0.40 m de ancho y 0.70 m a 0.20 m de alto, un conjunto de tuberías a base de bombas y un perfil superior de 0,30 m de ancho y 0,40 m de alto constituían el sistema de recirculación de flujo construido para los ensayos. Con la piscina de inmersión colocada, la disipación de energía estuvo entre 77% al 91%. No es posible identificar qué combinación de características da lugar a la mayor longitud

alcanzada, sin embargo, si se puede determinar la altura máxima, la cual se obtuvo con un ángulo de 45° y la existencia de deflectores.

Moscoso (2018) Cuantificaron y midieron experimentalmente las pérdidas de energía que se pueden conseguir con el dissipador de energía tipo salto esquí, lo que permite determinar las características que proporcionan la máxima eficiencia. Se realizaron varios procedimientos para diseñar este tipo de dissipador, así como la construcción de una maqueta a escala 1/100 de la estructura del aliviadero que incluye un salto de esquí y una estructura final y de aliviadero tipo WES. Se realizaron pruebas utilizando diferentes caudales de funcionamiento, ángulos de salida de los cucharones y radios de curvatura de los cucharones. La disipación de energía en las zonas de análisis oscila entre el 95% y el 98%. Cuando el flujo se dispersa en el aire se pierde energía y cuando el flujo impacta en el canal. Por consiguiente, la elección de construir una piscina de inmersión dependerá de las características geológicas del cauce en la zona de contacto de la corriente en chorro.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Disipación de Energía

2.2.1.1 Funciones de Dissipadores de Energía. Pardo & Alegre (2012) mencionan que, si el agua se vertiera directamente en la presa vertedora, provocaría una erosión importante que podría amenazar la integridad del propio aliviadero, así como del terraplén de la presa. El agua liberada sobre una presa o un aliviadero acumula una considerable energía cinética en su extremo debido al desnivel entre los extremos de la presa y el aliviadero. Este desnivel representa la conversión de la energía potencial almacenada en el nivel del embalse en energía cinética cuando el flujo alcanza los niveles de descarga. Para evitar una erosión importante, los dissipadores de energía, que se instalan como elemento esencial de los aliviaderos, están diseñados para disminuir la elevada energía cinética antes mencionada.

2.2.2. Resalto Hidráulico

Bureau of Reclamation (1987) afirma que el resalto hidráulico es un aumento abrupto del nivel del agua que puede producirse en un canal abierto cuando se detiene el agua que circula rápidamente, tal como se observa en la figura 1.

2.2.2.1 Aplicaciones. Rodríguez (2008) señala que existen varios usos para el salto hidráulico en el ámbito del flujo en canal abierto, entre ellos:

Facilita la disipación de energía mediante el flujo sobre distintas estructuras hidráulicas como presas, vertederos, diques y similares, con el fin de disminuir la erosión en las áreas aguas debajo de dichas estructuras.

La preservación de niveles elevados de agua en los sistemas de abastecimiento de agua.

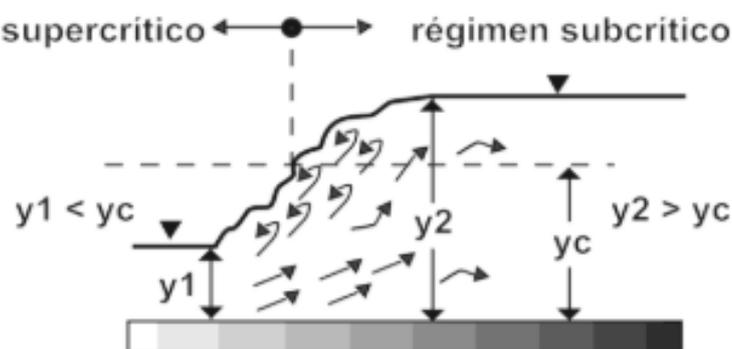
Al impedir que el flujo retroceda contra una compuerta, se descarga más flujo, aumentando la carga y la descarga efectiva, así como reduciendo la alta presión bajo las estructuras al aumentar el flujo de agua sobre el revestimiento de defensa de la estructura.

En el tratamiento del agua, aireación del flujo y decloración.

Eliminación de bolsas de aire en canales circulares con flujo de canal abierto.

Mantenimiento de un nivel de flujo elevado en los canales de riego aguas abajo del canal de medición u otra red de distribución de agua, así como la recuperación de la altura del nivel del agua.

Figura 1
Resalto hidráulico



Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales*, de Máximo, 2007, p.180.

2.2.2.2 Características Generales del Salto Hidráulico

2.2.2.2.1 Pérdida de Energía en el Salto. Rocha (2007) indica que la fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$hf = \left(y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right) - \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (1)$$

Tras unos pequeños ajustes, la expresión aplicada a un canal rectangular da como resultado:

$$\Delta E = h_f = E_1 - E_2 = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2} \quad (2)$$

2.2.2.2.3 Eficiencia. Rodríguez (2008) indica que la eficiencia se define como la diferencia porcentual entre la energía específica en la zona anterior y posterior del salto.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{(8F_1^2 + 1)^{\frac{3}{2}} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2(2 + F_1^2)} \quad (3)$$

2.2.2.2.4 Altura del Resalto. La altura del resalto, o $h_j = y_2 - y_1$, es el contraste entre los tirantes anterior y posterior al resalto. h_j/E_1 es la profundidad inicial relativa, y y_2/E_1 es la profundidad posterior relativa. Cada término se expresa como una dependencia con relación a la energía específica inicial. Puede comprobarse que las relaciones mencionadas son funciones adimensionales de F_1 . (Ven te Chow, 2004, p. 388)

$$\frac{h_j}{E_1} = \frac{\sqrt{1 + 8F_1^2} - 3}{F_1^2 + 2} \quad (4)$$

La figura 2 muestra un conjunto de curvas características que pueden obtenerse trazando la pérdida relativa, la eficiencia, la altura y los tirantes relativos inicial y secuencial de un salto hidráulico en un conducto rectangular horizontal frente a F_1 . Todas estas funciones son función de F_1 . Tomando nota de estas curvas, observe las siguientes características:

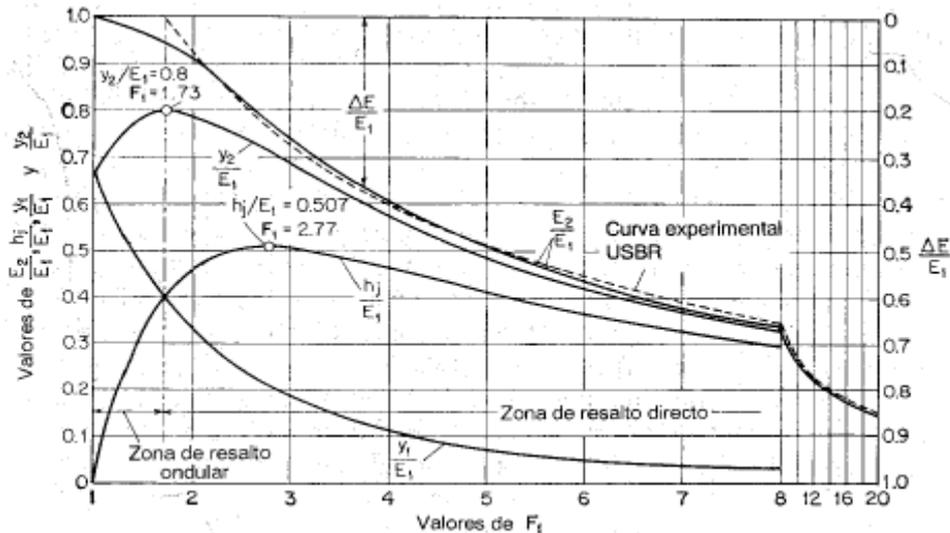
- Cuando $F_1 = 2.77$ se produce h_j/E_1 igual a 0.507 que es la máxima altura relativa.
- Cuando $F_1 = 1.73$ se genera y_2/E_1 igual a 0.8, siendo esta la máxima profundidad. Cuando se presenta este número de Froude se ha demostrado a través de experimentación que ocurre la transición de un resalto ondulante.
- Todas las relaciones indicadas se vuelven graduales cuando F_1 incrementa los cambios.

Gracias a las curvas características, el proyectista tendrá un amplio conocimiento del espectro de circunstancias de funcionamiento de la estructura. Por ejemplo, estas curvas ilustraran claramente el fenómeno del resalto para diferentes diseños de compuertas, con una altura específica por debajo de la cual se encuentra una compuerta deslizante con un

resalto. El estudio mencionado abarca tanto los canales horizontales rectangulares como los no rectangulares. (Ven te Chow, 2004, p. 389)

Figura 2

Curvas características de resaltos hidráulicos en canales rectangulares horizontales



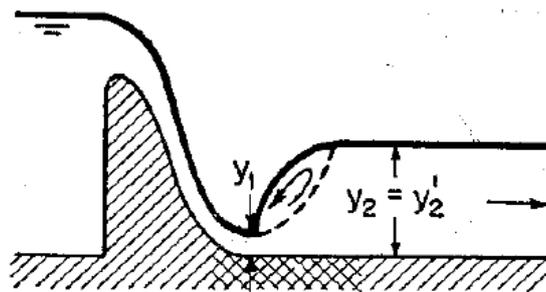
Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2007, p.389.

2.2.2.2.5 Posición del Salto. Máximo (2007) proporciona un método viable para localizar el resalto hidráulico durante el procedimiento siguiente:

Caso 1: Si $y_2 = y_2'$ se le denominará resalto claro (Figura 3) este comienza justo en el punto donde cambia la pendiente.

Figura 3

Resalto Claro

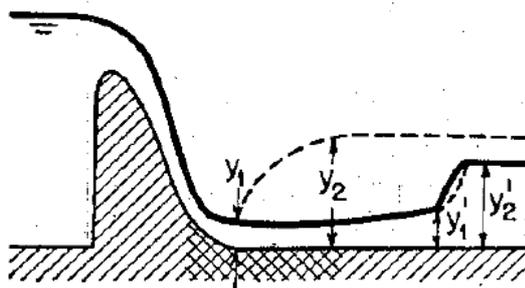


Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2004, p.396

Este es el caso perfecto para los casos de socavación. Sin embargo, una crítica importante a este modelo es que el resalto puede desplazarse aguas abajo de su ubicación proyectada debido a una mínima discrepancia dentro de los valores asumidos y reales de los coeficientes hidráulicos pertinentes. En consecuencia, siempre es necesario un mecanismo que regule su posición. (Ven te Chow, 2004, p. 396-397)

Caso 2: Si $y_2 > y_n$ encontramos a un resalto barrido (Figura 4) y este se ubica en el tramo de menor pendiente. (Máximo, 2007, p.227)

Figura 4
Resalto barrido



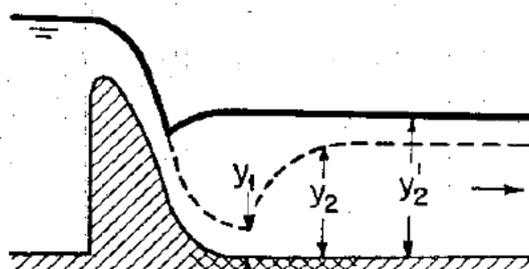
Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2004, p.396

En el caso de que exista un lecho con cantos rodados sueltos, se producirá un salto rechazado, el cual se ubica fuera de poza disipadora, causando una erosión severa, por lo que esta situación debe evitarse en el diseño siempre que sea factible. Emplear algún dispositivo de control en el lecho del canal aumentará el nivel del agua en la salida y asegurará que se evite la erosión en el área de la poza de disipación. (Ven te Chow, 2004, p. 397)

Caso 3: Si $y_2 < y_n$ el resalto es ahogado (

Figura 5) y se coloca en el tramo de mayor pendiente. (Máximo, 2007, p.227).

Figura 5
Resalto Ahogado



Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2004, p.396

Dado que el resalto sumergido puede ajustarse fácilmente, éste es el escenario más seguro para el diseño. Lamentablemente, el diseño carece de eficiencia, ya que la disipación de energía será mínima. (Ven te Chow, 2004, p. 397)

2.2.3. Ecuación General del Resalto Hidráulico

Bureau of Reclamation (1987) indica que se calcula haciendo corresponder el aumento de velocidad con las fuerzas externas que intervienen en el flujo del agua. La fórmula general de esta relación es:

$$v_i^2 = g \frac{a_2 \bar{y}_2 - a_1 \bar{y}_1}{a_1 \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)} \quad (5)$$

v_i =velocidad antes del resalto

a_1 y a_2 = áreas antes y despues del resalto.

y_1 e y_2 = tirantes que inicia en la superficie del flujo del agua hasta el centro de gravedad de las secciones transversales.

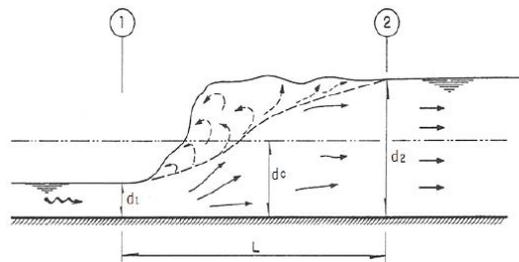
La fórmula general en términos de caudal es:

$$v_i^2 = g \frac{a_2 \bar{y}_2 - a_1 \bar{y}_1}{a_1 \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)} \quad (6)$$

2.2.3.1 Longitud del Resalto. Debido a los problemas prácticos derivados de la variabilidad general del resalto y el conflicto de identificar con precisión las partes inicial y final del salto, aún no se ha desarrollado un método fiable para calcular su longitud. Su definición es la longitud de tiempo medida entre la parte inicial y el segmento descendente justo antes de que termine la zona turbulenta. (Rodríguez, 2008, p.288)

Figura 6

Longitud del salto hidráulico



Nota: Tomado de *Hidráulica II*, de Rodríguez, 2008, p.288

Según el U.S Bureau of Reclamation, indica que la siguiente tabla puede utilizarse en un canal rectangular para determinar la longitud L del resalto:

Tabla 1

Relación F_1 vs L/y_2

F_1	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10
L/y_2	4.0	4.35	4.85	5.28	5.55	5.8	6.0	6.1	6.12	6.1

Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales*, de Máximo, 2007, p.223

Donde:

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gy_1}} = \text{número de Froude en la sección supercrítica}$$

2.2.4. Tipos de Disipador de Energía

2.2.4.1 Salto de Esquí. Villamarin (2013) describe que en estos disipadores se emplean rampas o trampolines para dirigir el chorro de agua hacia una de las zonas de descarga, que se encuentra separada de la plataforma principal de la estructura. Dado que parte de la energía producida por el chorro disminuye en el aire durante el lanzamiento, parte de ella debe liberarse en la zona de caída, a salvo de la base de la presa.

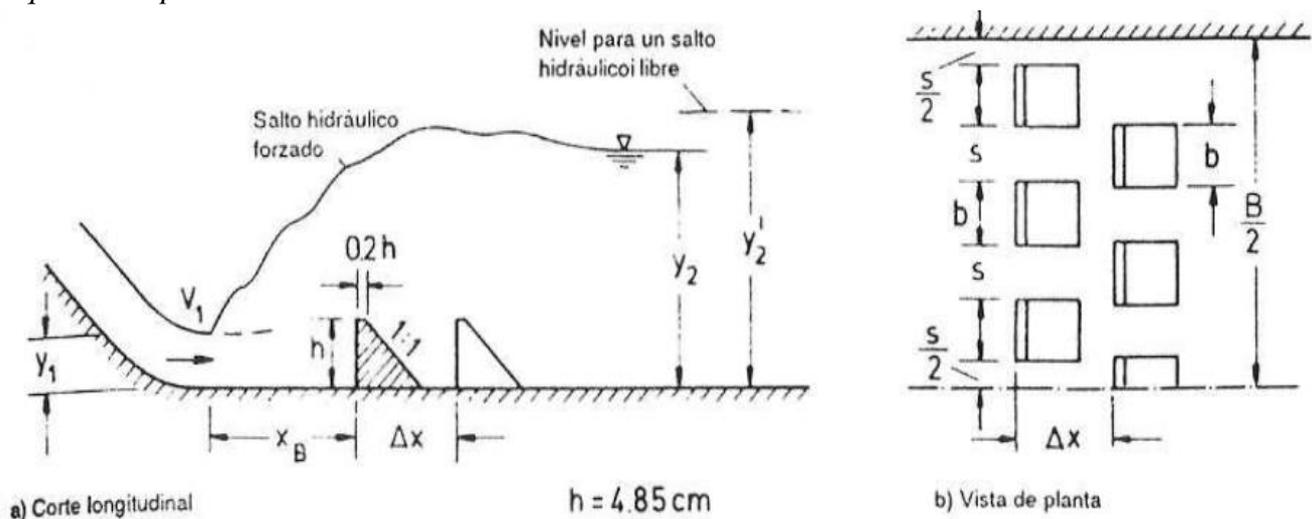
Figura 7
Represa Ralco - Chile



Nota: Tomado de *Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía*, de Villamarin, 2013, p.29.

2.2.4.2 Disipador con Bloques de Impacto o con Umbrales. Villamarin (2013) explica que en este caso se emplea bloques o dados para regular y estabilizar el resalto hidráulico manteniéndose en los límites de la poza o cuenco disipador; pero, en este caso, el resalto es tan variable que no se puede diseñar una estructura con un valor fijo.

Figura 8
Bloques de Impacto

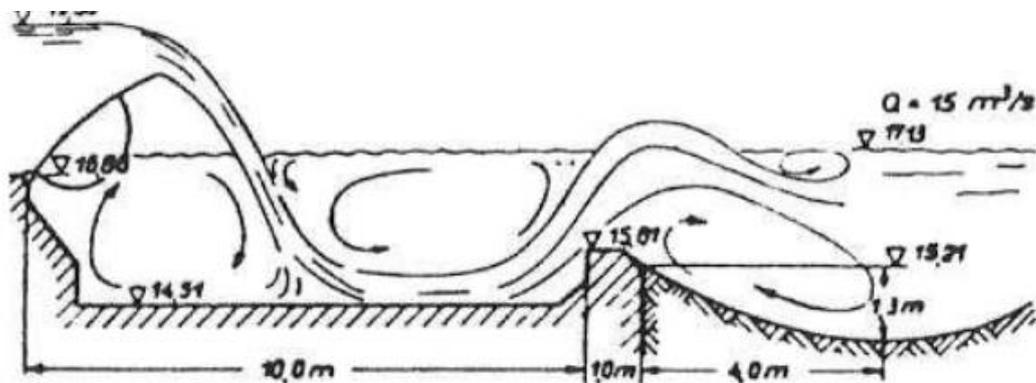


Nota: Tomado de *Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía*, de Villamarin, 2013, p.30.

2.2.4.3 Disipador con Umbral Continuo y Discontinuo (Dentado) Villamarin (2013) señaló que la finalidad los bloques es generar turbulencias que se producen aguas abajo de los umbrales, de manera que existe un peligro significativo de erosión en este lugar y es crucial salvaguardar el fondo del canal. La socavación en la punta puede evitarse haciendo que el material del fondo se desplace al extremo de la estructura debido a la orientación del resalto. Las mayores cuencas de socavación se producirán inevitablemente a mayores velocidades de flujo, razón por la cual los estudios han indicado que es preferible un umbral dentado.

Figura 9

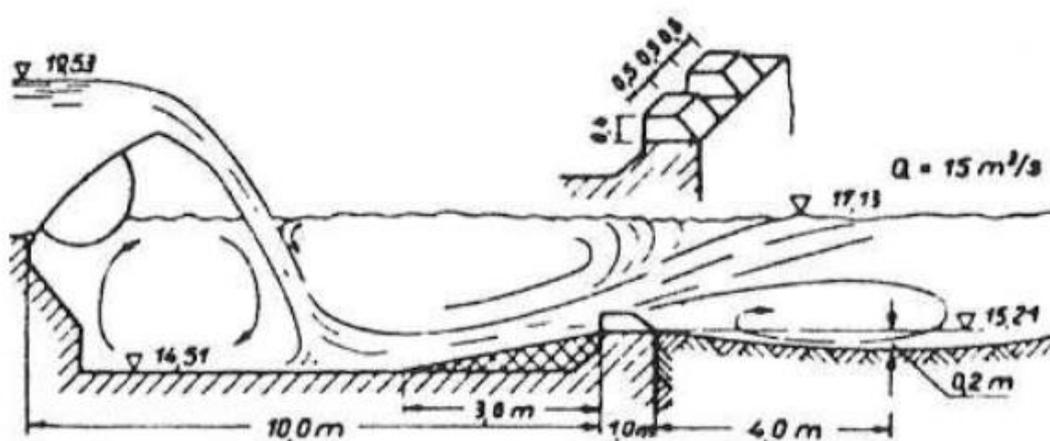
Disipador con umbral continuo



Nota: Tomado de *Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía*, de Villamarin, 2013, p.30.

Figura 10

Disipador con umbral dentado



Nota: Tomado de *Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía*, de Villamarin, 2013, p.32.

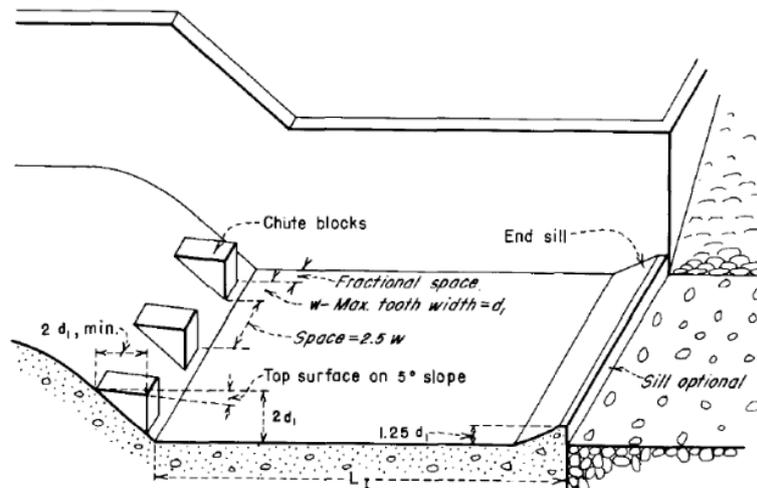
2.2.4.4 Estanques Amortiguadores. Bureau of Reclamation (1987) conceptualiza que el número de Froude es el principal determinante de las características del resalto hidráulico.

2.2.4.4.1 Estanques Para Número de Froude Menor de 1,7. Dado que la altura conjugada es aproximadamente un 40% superior a la altura crítica y la velocidad en el punto de salida es aproximadamente un 30% inferior a la velocidad crítica, no se ve como necesidad utilizar un cuenco amortiguador, deflectores u otras formas de disipación.

2.2.4.4.2 Estanques Para Número de Froude Entre 1,7y 2,5. No es necesario utilizar amortiguadores ni umbrales; basta con que la cuenca sea lo bastante larga para sostener el caudal mientras se desacelera.

2.2.4.4.3 Estanques Para Número de Froude Entre 2,5 y 4,5. Dado que no se genera ni se desarrolla una altura hidráulica real, se dice que tienen un régimen transitorio. El pozo disipador más eficaz para el rango del número de Froude especificados se ha designado como tipo IV basándose en estudios ejecutados por el Bureau of Reclamation (Figura 5).

Figura 11
Estanque disipador Tipo IV

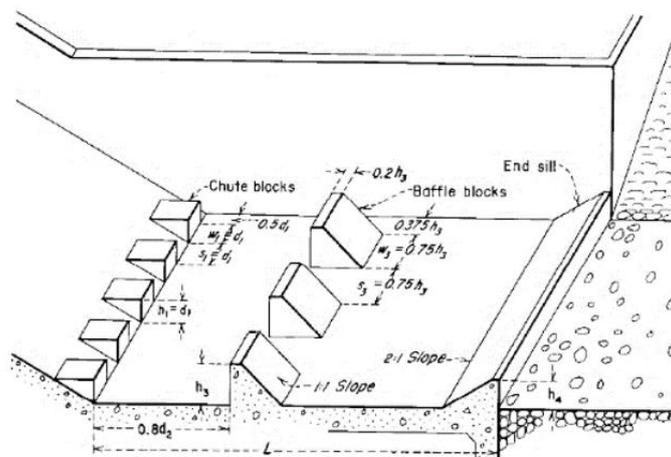


Nota: Tomado de *Diseño de Presas Pequeñas*, de Bureau of Reclamation, 1987, p. 470.

2.2.4.4.4 Estanques Para Número de Froude Mayor de 4,5. Se desarrolla un indudable resalto hidráulico que cambia conforme al número de Froude. La duración del resalto se acorta gracias a la estabilización y pérdida de la energía del agua que proporcionan componentes como dados, umbrales y bloques.

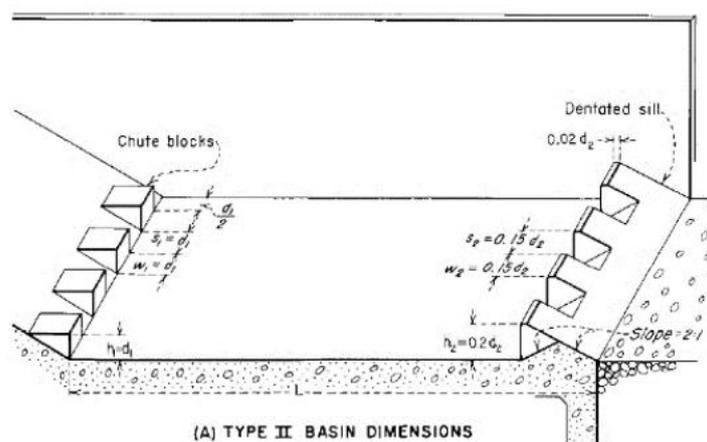
Estas configuraciones se ven en las figuras 12 y 13, respectivamente. La poza disipadora de tipo II se utiliza para velocidades de entrada superiores a 18 m/s y el cuenco amortiguador de tipo III para velocidades de entrada que no superen los 18 m/s.

Figura 12
Estanque disipador Tipo III



Nota: Tomado de *Diseño de Presas Pequeñas*, de Bureau of Reclamation, 1987, p. 471.

Figura 13
Estanque disipador Tipo II



Nota: Tomado de *Diseño de Presas Pequeñas*, de Bureau of Reclamation, 1987, p. 472.

2.2.5. *El Resalto Hidráulico como Disipador de Energía*

Villamarin, (2013) define que un intervalo conocido como cuenca de disipación o cuenca amortiguadora, con un fondo revestido para evitar la socavación, es frecuentemente donde se contiene parcial o totalmente el salto hidráulico utilizado para la pérdida de energía. En realidad, el pozo amortiguador muy pocas veces se construye para incluir la longitud del salto en su totalidad, ya que resultaría extremadamente caro. Por ende, con frecuencia se colocan bloques de impacto para regular el resalto dentro de la poza. El objetivo fundamental de este control es minimizar el tamaño y el gasto de la poza de disipación reduciendo el rango en el que se producirá el resalto.

2.2.6. Gaviones

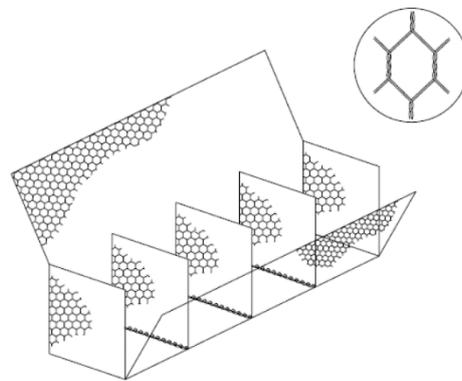
Bianchini Ingeniero S.A (2015) explica que a lo largo del tiempo se han dado los siguientes usos a los gaviones: construcción de presas, canalización de ríos, muros de contención, revestimiento de canales y otros tipos de defensas fluviales.

2.2.6.1 Tipos de Gaviones

Maccaferri (2008) define los tipos de gaviones de la siguiente manera:

2.2.6.1.1 Tipo Caja. Las cajas están dispuestas en forma de paralelepípedo, y el montaje, el llenado y la flexibilidad de las piezas se ven facilitados porque ñas cajas internas están divididas a través de diafragmas espaciados cada metro. La aleación GalFan se aplica al acero bajo en carbono para crear la malla.

Figura 14
Gavión tipo caja



Nota: Tomado de *Gaviones y Otras Soluciones en Malla Hexagonal a Doble Torsión. Necesidades y Soluciones*, de Maccaferri, 2008, p.23

2.2.6.1.2 Tipo Saco Consiste en un solo componente de malla con un alambre robusto que se inserta en diferentes direcciones para asegurarla. Este tipo de gavión está diseñado para ser ensamblado rápidamente levantándolo con maquinaria y rellenándolo.

Figura 15
Gavión tipo saco



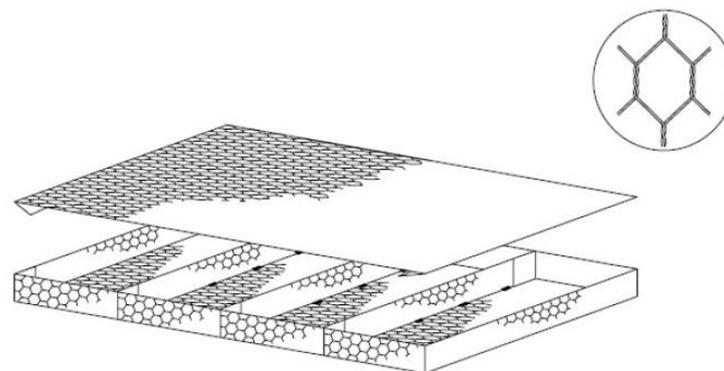
Nota: Tomado de *Gaviones y Otras Soluciones en Malla Hexagonal a Doble Torsión. Necesidades y Soluciones*, de Maccaferri, 2008, p.24

2.2.6.1.3 Tipo Colchón Se utilizan para cubrir estructuras de disipación y prevención de la erosión en los ríos. Las dimensiones son de 3 a 6 m de longitud, 2 m de anchura y de 17 a 30 cm de espesor.

Además, se suelen utilizar de tres a cinco diafragmas, dependiendo de las especificaciones del proyecto y de la estructura. Construidas con acero con mínimo contenido en carbono y recubiertas con una combinación de GalFan, las mallas pueden protegerse aún más contra la exposición extrema a la corrosión aplicándoles un recubrimiento plastificado adicional.

Figura 16

Gavión tipo colchón



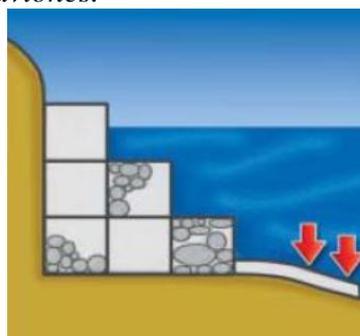
Nota: Tomado de *Gaviones y Otras Soluciones en Malla Hexagonal a Doble Torsión. Necesidades y Soluciones*, de Maccaferri, 2008, p.24

2.2.6.2 Ventajas de los Gaviones Las ventajas de los gaviones definidas por Prodac (2004) son las siguientes:

2.2.6.2.1 Flexibilidad Mantienen su integridad estructural y su eficacia mientras permiten asentamientos y deformaciones. Esta característica es crucial para los proyectos que deben soportar importantes empujes del terreno y, al mismo tiempo, están construidos sobre suelos inestables o sujetos a una erosión significativa, ya que evita el colapso abrupto y permite medidas de recuperación eficaces.

Figura 17

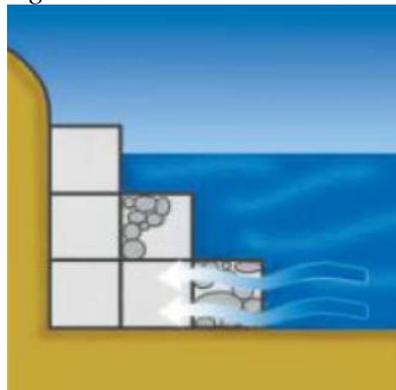
Flexibilidad de los muros de gaviones.



Nota: Tomado de *Pirka Soft Versión 1.0. Manual de Usuario y Referencia Técnica.*, de Prodac, 2004, p.5

2.2.6.2.2 Permeabilidad Al estar compuestos de trozos de roca y malla, los gaviones son construcciones extremadamente permeables que impiden la acumulación de presiones hidrostáticas. Además, sirven como drenes que dejan escapar el agua de percolación.

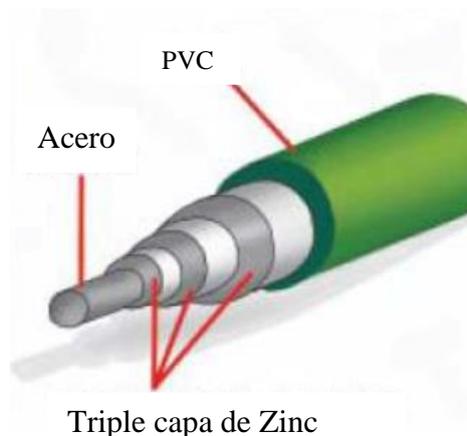
Figura 18
Permeabilidad de los muros de gaviones



Nota: Tomado de *Pirka Soft Versión 1.0. Manual de Usuario y Referencia Técnica.*, de Prodac, 2004, p.6

2.2.6.3 Durabilidad Las construcciones de gaviones pueden soportar las fuerzas de tracción y los empujes generados por el suelo y las cargas adyacentes gracias a su malla de acero, su propio peso y su diseño monolítico. La triple capa de zinc, conocida comúnmente como “galvanizada pesada” actúa como una barrera protectora contra la corrosión y el desgaste.

Figura 19
Recubrimiento del alambre de la malla de gaviones.



Nota: Tomado de *Pirka Soft Versión 1.0. Manual de Usuario y Referencia Técnica.*, de Prodac, 2004, p.7

2.2.6.4 Economía Los gaviones no requieren mano de obra especializada porque son sencillos de montar. Cizallas, alicates y otros equipos básicos son todo lo que se necesita para lograr un excelente rendimiento de la instalación. Levantar un muro de hormigón armado es entre 1,5 y 2 veces más caro que levantar un muro de gaviones a alturas equivalentes, según datos de la empresa Maccaferri.

2.2.6.5 Versatilidad Debido a los materiales que se utilizan para fabricar gaviones, pueden construirse manual o mecánicamente en cualquier condición meteorológica, incluso en zonas de difícil acceso o donde haya agua. Su construcción es rápida y, una vez montados, rellenos y sellados, están preparados para trabajar. En caso de avería, también pueden repararse rápidamente y construirse por fases.

2.3. Definición de Términos

Numero de Froude, se emplea para entender como los fluidos se comportan en relación con factores como su velocidad, la gravedad y la longitud típica del sistema en el que están presentes.

Energía específica, Es una combinación de la energía cinética y la energía potencial por unidad de masa. Es crucial para el diseño y estudio de sistemas hidráulicos, incluidos canales, tuberías y compuertas, ya que nos informa sobre la energía del flujo y nos ayuda a maximizar la seguridad y eficiencia de los sistemas.

Gaviones, son construcciones metálicas en forma de jaulas o cestas, envasadas con diversos materiales, y construidas en acero inoxidable o hierro galvanizado.

Canal escalado, modelo reducido de un canal hidráulico real, diseñado para simular el comportamiento de una carga de agua a una escala más pequeña, pero conservando las características relevantes del flujo original.

Estanques amortiguadores, es una estructura que mantiene el salto hidráulico en su sitio, garantizando que el dissipador funcione de la forma más eficiente posible.

Modelamiento físico, es un modelo que tiene relación con un modelo matemático o un modelo real.

Vertedero, estructura hidráulica diseñada para que el agua de un depósito fluya libremente o bajo control

Transporte de sedimentos, término usado para describir cómo el agua desplaza partículas sólidas como arena, grava, limo o arcilla.

Bloques de impacto de gaviones, son elementos diseñados para resistir y dispersar la energía cinética del agua al impactar contra ellos, en el caso de esta investigación estarán conformadas por gaviones.

Configuraciones hidráulicas, se refieren a la disposición y diseño de estructuras, dispositivos o sistemas utilizados en ingeniería hidráulica para controlar, dirigir, manipular o gestionar el flujo del agua.

Barraje tipo Creager, es un tipo de estructura utilizada en ingeniería hidráulica para manejar el flujo de agua en ríos, arroyos u otros cuerpos de agua, que tiene como objetivo disipar la energía del flujo del agua al interrumpir su trayectoria y crear turbulencia.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La configuración continua y dentada de los bloques de impacto de gaviones modifica la energía del resalto hidráulico en diferentes caudales.

2.5. Variables

2.5.1. Definición Conceptual de Variables

2.5.1.1 Variable Independiente

Configuración de bloques de impacto de gaviones: El gavión tiene forma de paralelepípedo, con un armazón exterior de malla metálica y un relleno de materiales pétreos que nunca tienen dimensiones menores que los orificios de la malla y preferiblemente no se disuelven en el agua. (Rodas y Urgiles, 2015, p.39)

Indicador

Configuración dentada

Configuración continua

Caudal: La cantidad de agua que transcurre por una superficie en un tiempo determinado se conoce como caudal.

2.5.1.2 Variable Dependiente

Energía del Resalto Hidráulico: Es un fenómeno local que ocurre en el flujo que fluctúa rápidamente y siempre va seguido de un crecimiento brusco del caudal y una disipación de energía. Se produce cuando los regímenes supercríticos (rápido) y subcrítico (lento) cambian bruscamente. (Máximo, 2007, p.179)

Indicador

Posición de salto

Profundidad de flujo
 Longitud del resalto hidráulico
 Fuerza específica

2.5.2. Operacionalización de Variables

Tabla 2
 Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION (COMO SE MEDIRA EL INDICADOR)
Configuraciones de los bloques de impacto de gaviones	Configuración Continua	Instrumento metodológico para la configuración continua y dentada de los bloques de impacto de gaviones
	Configuración dentada	
Caudal		Para el proyecto se analizarán la variación de resultados con 5 caudales
Energía del Resalto Hidráulico	Posición del salto	Instrumento metodológico para determinar la posición del salto
	Tirantes conjugados	Control de los tirantes conjugados según la configuración de los bloques de impacto de gaviones y la variación de caudales
	Longitud del resalto	Control de la variación de la longitud del resalto hidráulico según la configuración de los bloques de impacto de gaviones y la variación de caudales
	Fuerza específica	Instrumento metodológico para determinar la energía

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Según el Enfoque de la Investigación

Valencia et al.(2023) refieren que el objetivo de la investigación cuantitativa es establecer el comportamiento anticipado de la hipótesis mediante el análisis de variables, a su vez indica que esta investigación es planteada con conceptos teóricos y el análisis de la información se obtendrá mediante la observación, la medición y la documentación de mediciones, para determinar la reciprocidad entre las variables.

3.1.2. Según en nivel de la Investigación

El tipo de investigación es explicativa, dado que se define el comportamiento de las variables para alcanzar la comprensión del problema específico, de manera deductiva se realiza una explicación del problema, las causas y efectos.

A su vez se considera explicativa, ya que además de brindar respuestas a la hipótesis, se centra en responder a las causas, por ello consta de cinco etapas, una revisión bibliográfica acerca del tema, la elaboración de los gaviones y el canal, validación de los protocolos, ensayos del modelo patrón y de las configuraciones de bloques de impacto de gaviones y finalmente la contratación de resultados.

Dentro de la primera etapa, se revisó la bibliografía para poder analizar los antecedentes y limitaciones de la investigación y del mismo modo poder plantear protocolos adecuados para los ensayos respectivos, teniendo ya los protocolos se ejecutó la segunda etapa con los ensayos y validación de los protocolos, dentro de los cuales se hizo todas las observaciones necesarias, y se garantizó que el modelo tenga las condiciones de similitud adecuadas para su ensayo, en la tercera etapa se realizaron los ensayos del modelo patrón y también del canal con los bloques de impacto de gaviones correspondientes, con estos análisis se contrastó los resultados y respondió a la hipótesis planteada.

3.1.3. Diseño de Investigación

Esta investigación es considerada experimental pura, Hernández & Fernandez (2014) indican que para considerarse un experimento puro que garantice la validez interna y el control de calidad debe satisfacer dos criterios, el primero es en tener un grupo de comparación, esta es la técnica en la que se manipula la variable independiente, en el caso de esta investigación se manipuló las configuraciones de los bloques de gaviones haciendo variar los caudales. Todas las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil – UNASAM.

Figura 20

Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil – UNASAM.



3.2. Población y Muestra

El concepto de población reconoce a la necesidad de identificar la aplicabilidad de los resultados del estudio. (Monje, 2011, p. 26).

En esencia, la muestra representa un grupo de la población. Temporalmente, consideremos que se trata de un grupo más pequeño de los elementos que conforman el conjunto al que nos referimos como población, basado en sus características. (Hernández et al, 2006, pág. 240)

En este estudio, tanto la población como la muestra estuvieron compuestas por el comportamiento del resalto hidráulico generado por la variación en la disposición de bloques de impacto de gaviones y el muestreo experimental de la investigación estuvo conformada por cuatro configuraciones en la poza disipadora, tres con bloques de impacto de gaviones que fueron colocados de forma dentada y una configuración con bloques continuos y se contrastó con la configuración patrón que no contaba con bloques de impacto.

3.3. Técnicas e Instrumento(s) de Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas

3.3.1.1 Observación

La técnica de investigación empleada consiste en la observación directa, la cual se realizó en el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, el número de observaciones fueron en total 325 tal como se detalla en la Tabla 3, las cuales se agruparon del siguiente modo: Modelo patrón, el cual se realizó sin bloques de impacto, y los modelos de estudio que se conformaron de 4

configuraciones de bloques de impacto de gaviones dichas configuraciones fueron de manera continua y dentada (Figura 21).
Configuraciones de gaviones (Figura 21).

Tabla 3
Total de observaciones

Total de Observaciones					
	Configuración	N° de Caudales	Adaptaciones	N° de observaciones Total	
Q variable (Q1 - Q5)	Configuración Patron Mp	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25	
	Configuración N°1	Xb=0cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=2.5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
	Configuración N°2	Xb=0cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=2.5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
	Configuración N°3	Xb=0cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=2.5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
	Configuración N°4	Xb=0cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=2.5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
		Xb=5cm	5 Caudales (Q1 - Q5)	5 Adaptaciones (A1 - A5)	25
	Total de Observaciones				325

Figura 21
Configuraciones de gaviones



3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

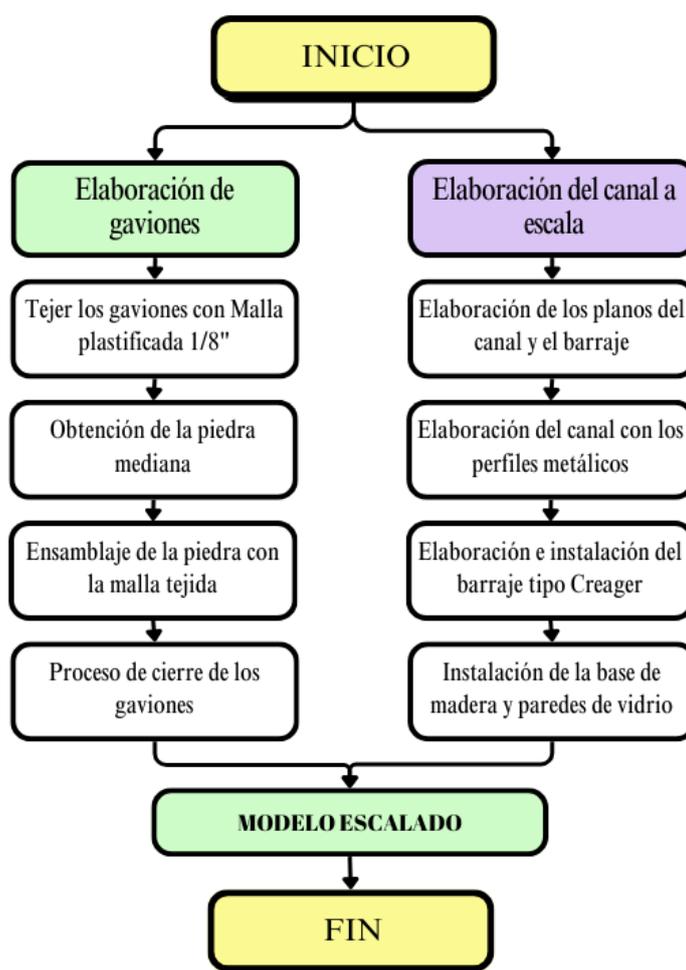
Todas las medidas se tomaron en las diversas configuraciones y se detallaron en el Anexo 01. Protocolo del sistema de medición de datos.

3.4. Descripción y Procesamiento de Análisis

Para poder desarrollar la investigación se realizó una secuencia de procesos el cual tuvo como punto de inicio: Realizar un modelo físico a escala, el cual se explica a detalle en el organigrama de la Figura 22.

Figura 22

Organigrama de la elaboración del modelo escalonado



Para poder realizar el modelo hidráulico a escala, se separaron en dos procesos; en el primero se realizaron los planos del canal con el barraje tipo Creager, en donde se determinó el material, dimensiones y características que hicieron posible su construcción (Figura 23), teniendo en cuenta el Anexo 02. Protocolo de construcción del modelo. El canal de soporte metálico se construyó con paredes de vidrio y con un barraje tipo Creager, el soporte metálico estuvo conformado por ángulos y Tee de $\frac{1}{2}$ "', Luego de armado el soporte metálico se colocó el barraje tipo Creager y ensambló la madera como base del canal,

finalmente se colocó el vidrio, obteniendo como el resultado final el canal escalado, este canal fue colocado en el canal de pendiente variable del Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica. (Figura 24)

Figura 23

Vista en Planta, Perfil y 3D del canal escalado (Configuración N°03)

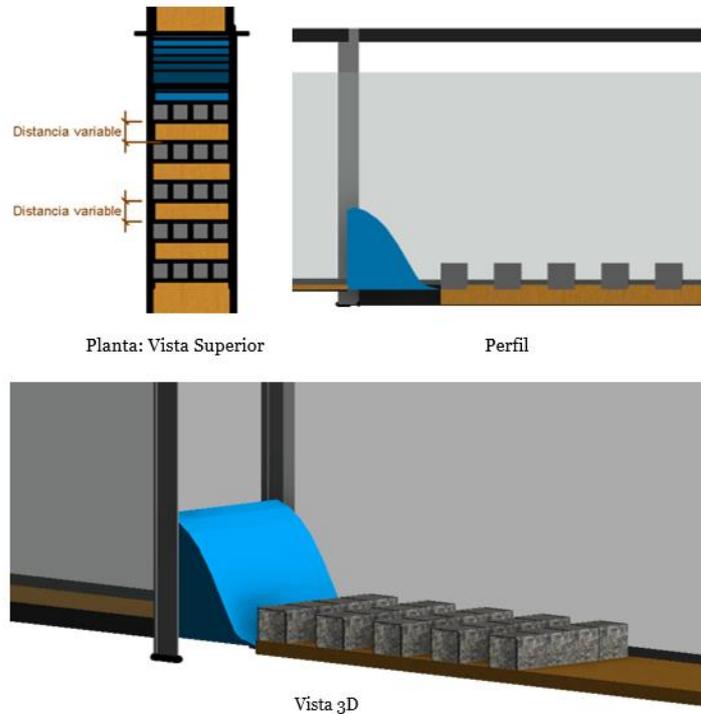


Figura 24

Instalación del canal escalonado



(a)



(b)



(c)



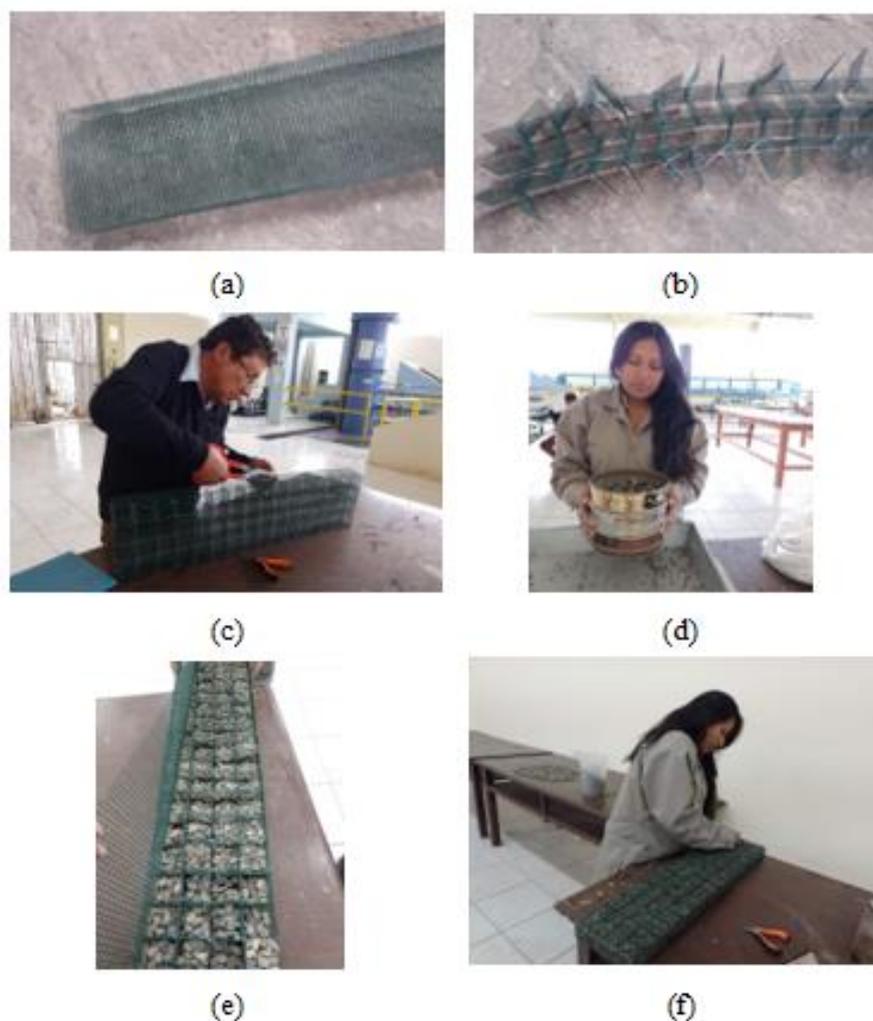
(d)

Nota: (a) Soporte metálico. (b) Instalación del canal escalado al canal de pendiente variable. (c) Pegado de los puntos de contacto del canal escalonado y el canal de pendiente variable. (d) Canal escalonado instalado.

En la elaboración de gaviones, estos se realizaron a escala teniendo en cuenta el Anexo 02. Protocolos para la construcción de gaviones a escala. Se realizó el cuerpo del gavión, las aristas fueron unidas con mucho cuidado y en cada intersección se realizaron nudos con los alambres. Para los bloques de gaviones continuos donde la longitud de los gaviones excede al ancho horizontal se dividió con diafragmas de la misma malla y calibre del cuerpo del gavión, para ello primero se realizó el tejido del diafragma en conjunto y se culminó tejiendo el diafragma al cuerpo del gavión. Alternamente se fue tamizando el material que se usó para el relleno de los gaviones, este llenado se ejecutó en tres capas, finalmente se tejieron las uniones dejando sellado el gavión.

Todo el proceso de la elaboración de la configuración N°01 se detalla en la Figura 25.

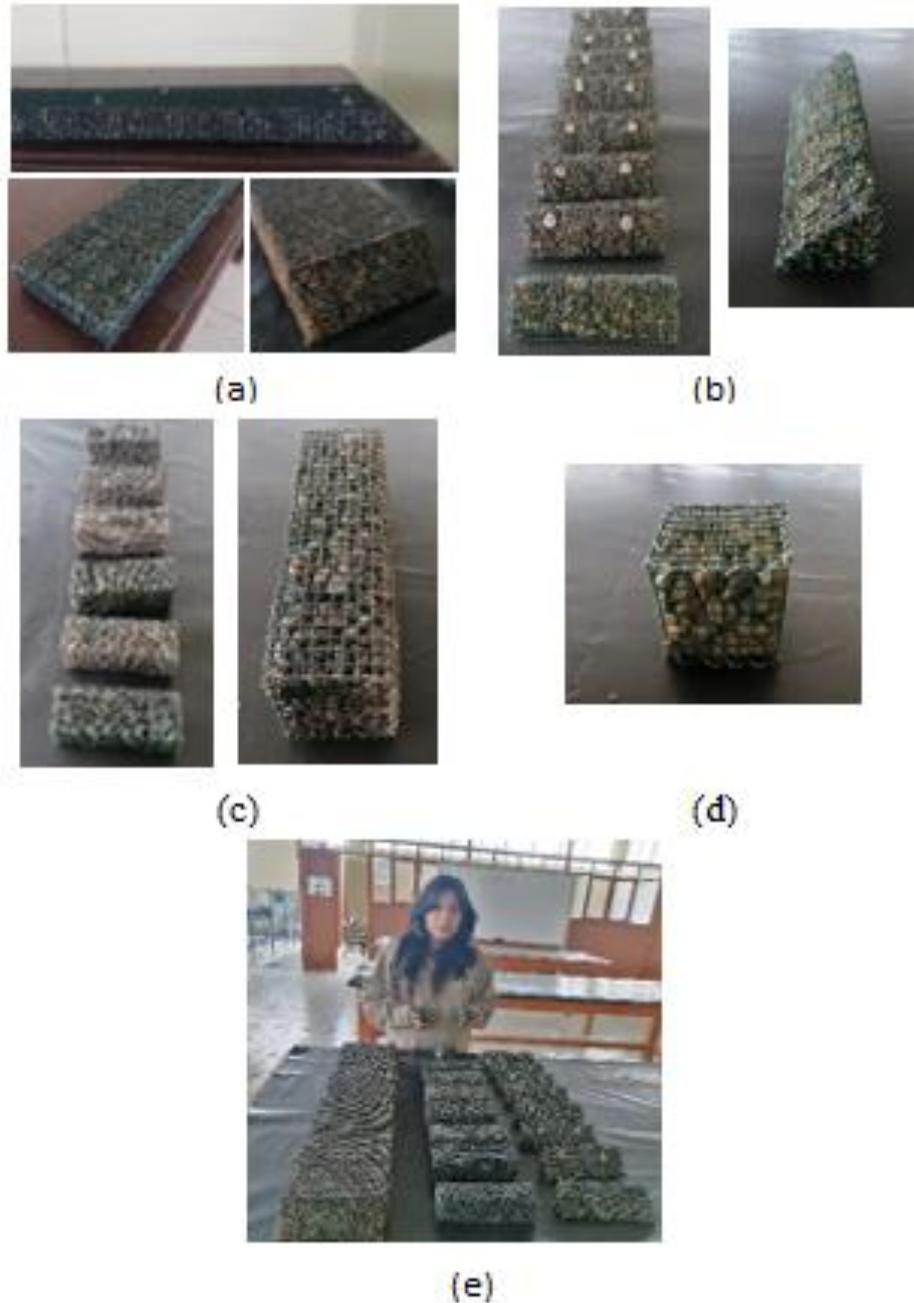
Figura 25
Elaboración de los gaviones – Configuración N°01



Nota: (a) Cuerpo del gavión. (b) Diafragma. (c) Ensamblado del cuerpo del gavión y los difragmas. (d) Tamizado del material granular, (e) Llenado de los gaviones con grava. (f) Tejido final del gavión.

Este proceso se realizó para cada una de las configuraciones, obteniendo como resultado final los cuatro tipos de ensamblaje de los gaviones (Figura 26)

Figura 26
Gaviones a escala



Nota: (a) Gaviones Tipo I. (b) Gaviones Tipo II. (c) Gaviones Tipo III. (d) Gaviones Tipo IV. (e) Todas las configuraciones.

Teniendo el modelo físico se determinó las características del resalto hidráulico para el modelo patrón, tales como la pendiente ($s = 0.50\%$), las distancias entre el barraje hasta el inicio de la configuración de gaviones se asignó como variable X_b (Figura), y se tomó los

siguientes valores $x_b = 0$ cm $x_b = 2.5$ cm y $x_b = 5$ cm y los caudales se determinaron en los rangos que establece la Tabla 4.

Figura 27
Distancia X_b

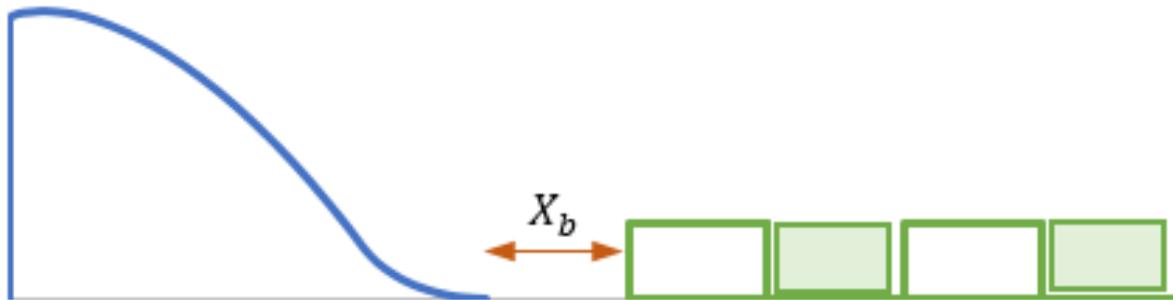


Tabla 4
Caudales de ensayo

CAUDAL	RANGO (M3/S)
Q1	0.0005 - 0.0010
Q2	0.0013 - 0.0018
Q3	0.0030 - 0.0035
Q4	0.0040 - 0.0045
Q5	0.0055 - 0.0060

Luego de ello se instalaron cámaras en puntos estratégicos, como se indica en la Figura 28, estas cámaras nos servirán para poder capturar y analizar el comportamiento del flujo.

Figura 28
Ubicación de las cámaras fotográficas

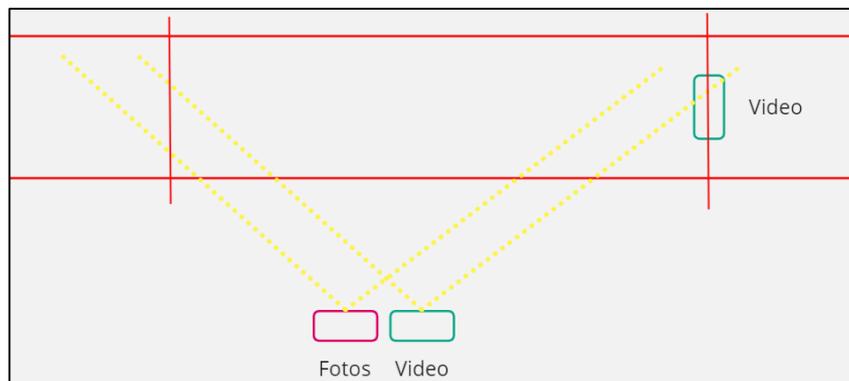
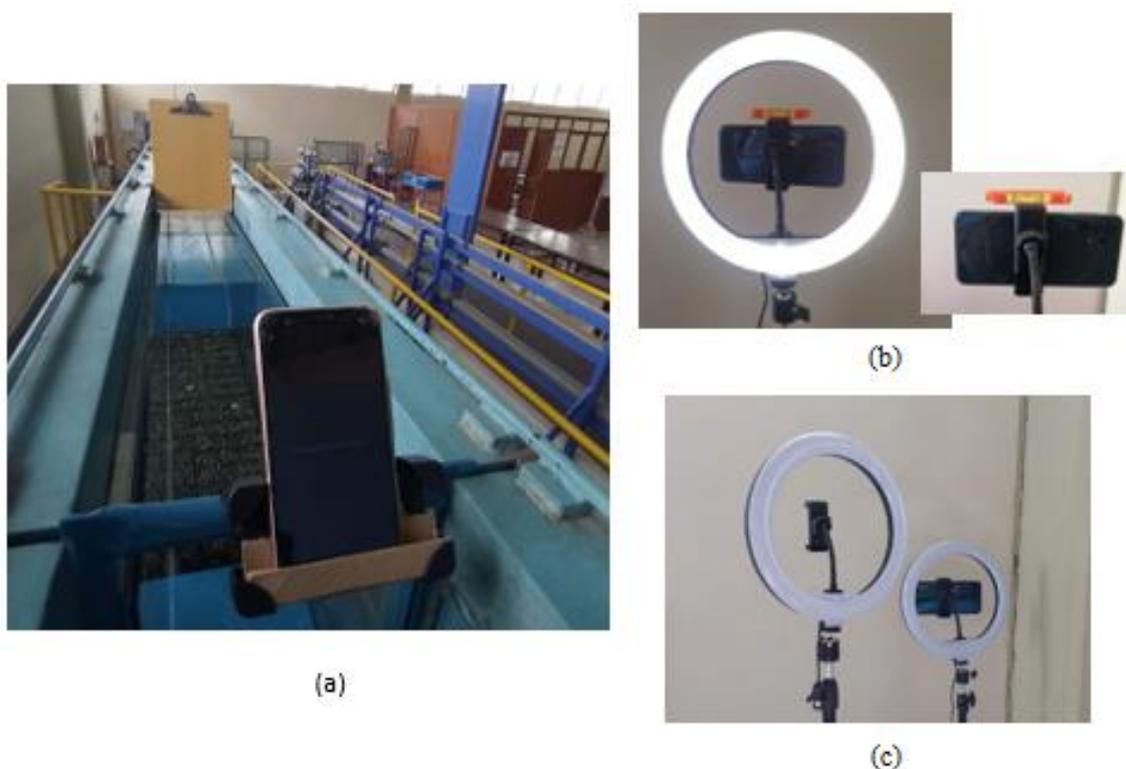


Figura 29

Ubicación de las cámaras en el laboratorio



Nota: (a) Vista superior de la cámara en el canal de pendiente variable. (b) Nivelación de las cámaras frontales. (c) Cámaras frontales

Ya colocadas las cámaras y determinado el caudal se iniciarán los ensayos en el canal de pendiente variable. El funcionamiento desde el encendido del canal hasta la toma de datos se muestra en el flujograma de la Figura 30.

Para el encendido del canal, se llenó previamente la cisterna subterránea de 18m³, luego de ello se cebó la Electrobomba de 25 HP y posteriormente se encendió el tablero de control, esto generó que el flujo se traslade a través de la tubería de impulsión para realizar el llenado del tanque de 8m³, una vez el tanque se llenó, se debe de abrir la válvula compuerta para permitir que el flujo se traslade a través de la tubería de conducción y aducción así llegando al canal de pendiente variable con un caudal determinado, este proceso se calibró para cada uno de los caudales , a través del tablero de control de la electrobomba se podrá variar y establecer la pendiente, luego de establecer todos los parámetros hidráulicos se tomó los datos y fotografías correspondientes, los datos tomados fueron los tirantes con ayuda del Limnómetro, el Caudal se verificó a través del vertedero Triangular. Finalmente, todo ello se anotó en el instrumento de observación que se muestra en Tabla 10. Para los ensayos de cada caudal con su el parámetro xb correspondiente se realizaron 5 adaptaciones.

Figura 30
Flujograma del manejo del canal

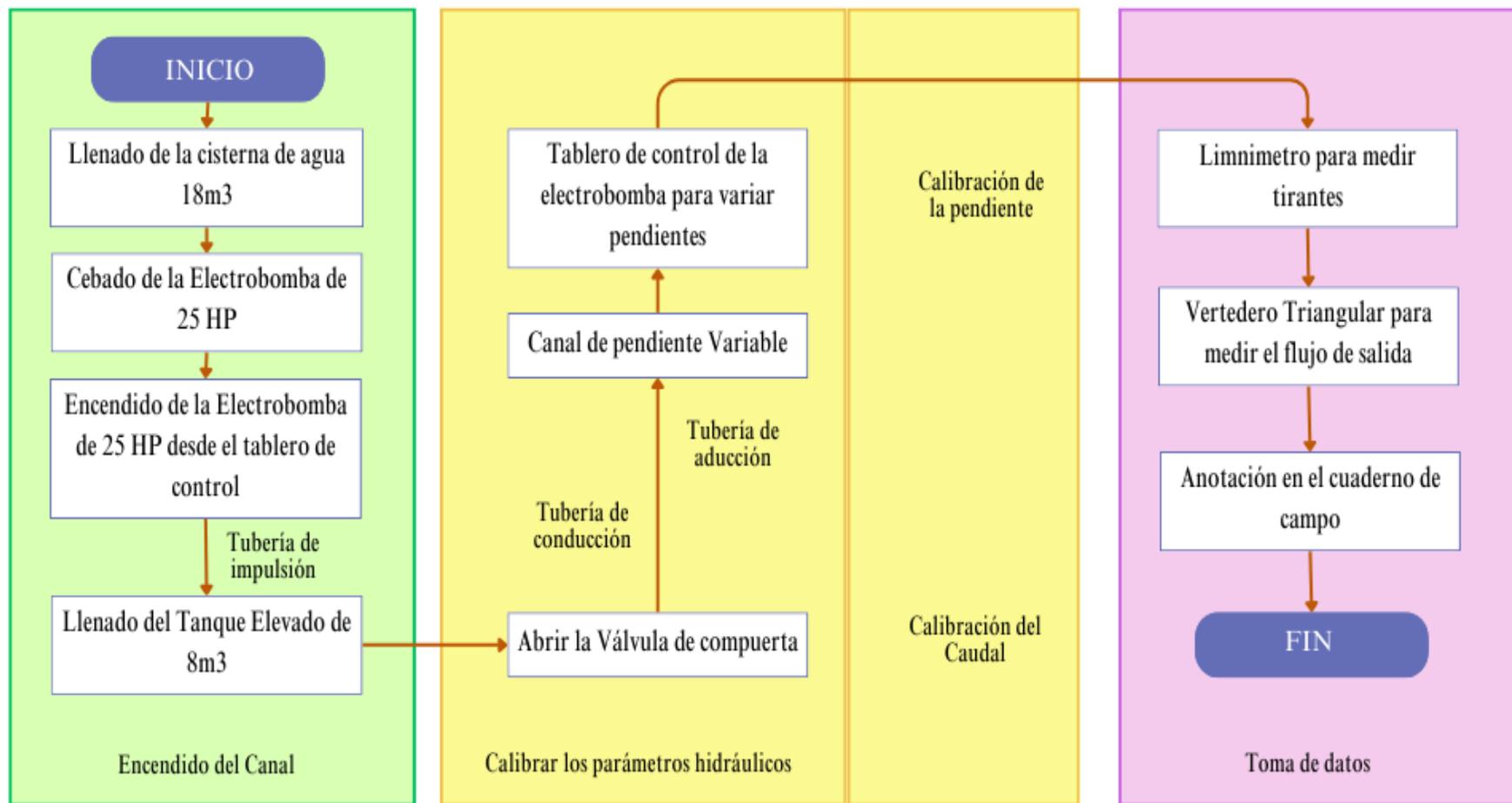


Figura 31
Encendido y funcionamiento del modelo hidráulico



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Nota: (a) Cebado del sistema. (b) Encendido del tablero de control. (c) Encendido del motor de 25HP. (d) Motor de 25 HP. (e) Instalación de los gaviones. (f) Encendido de la válvula compuerta para regular el caudal. (g) Encendido y regulación del tablero de pendientes. (h) Nivelado de la cámara frontal. (i) Verificación de la cámara superior.

Finalmente, con todos los parámetros definidos se realizó la toma de datos (tirantes y caudales).

Figura 32
Toma de datos



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

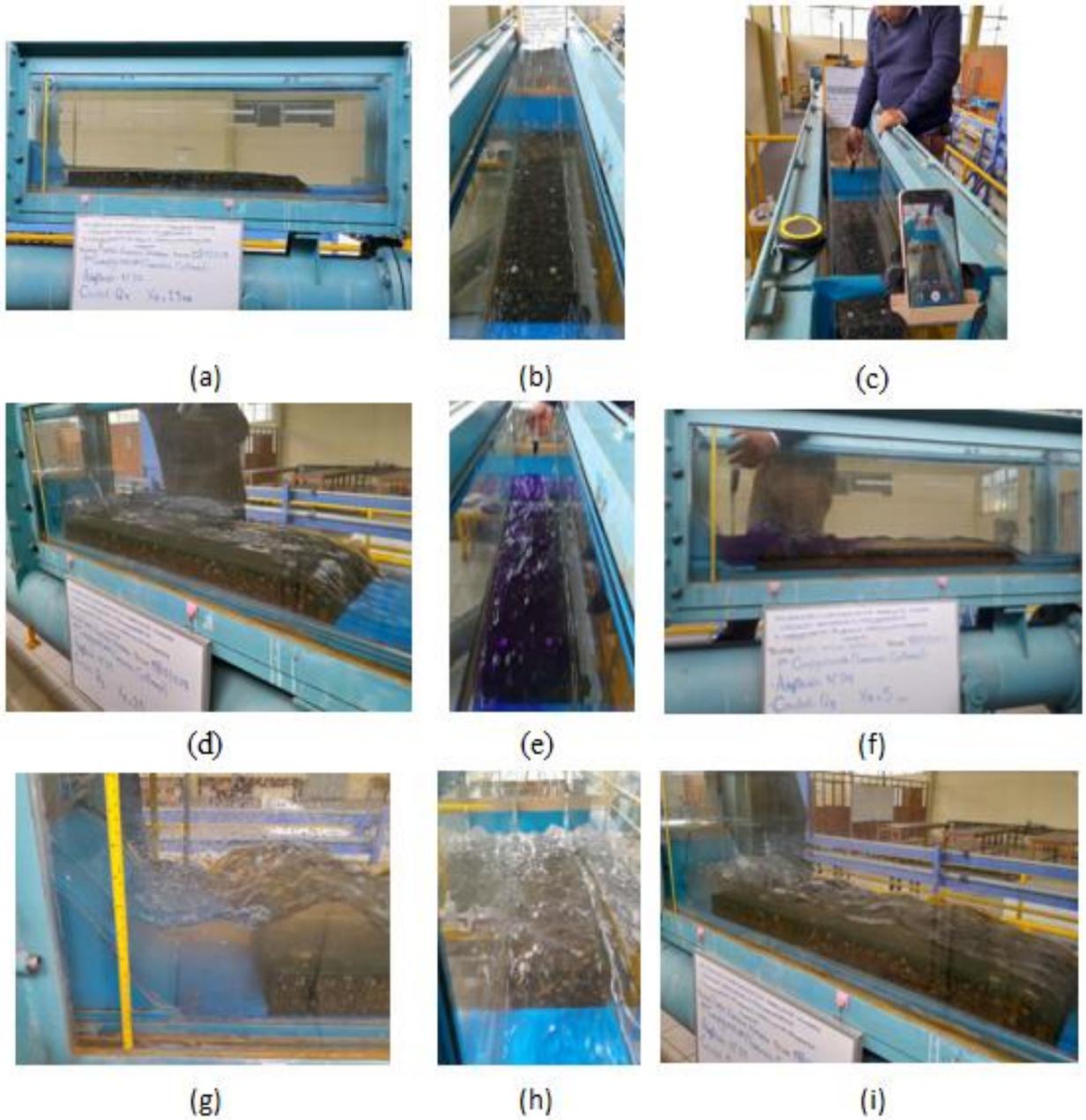


(f)

Nota: (a) y (b) Verificación de los tirantes. (c) Verificación de las medidas del tirante por el asesor. (d) Verificación de la pendiente por el asesor. (e) Indicaciones de parte del asesor. (f) Verificación de tirantes.

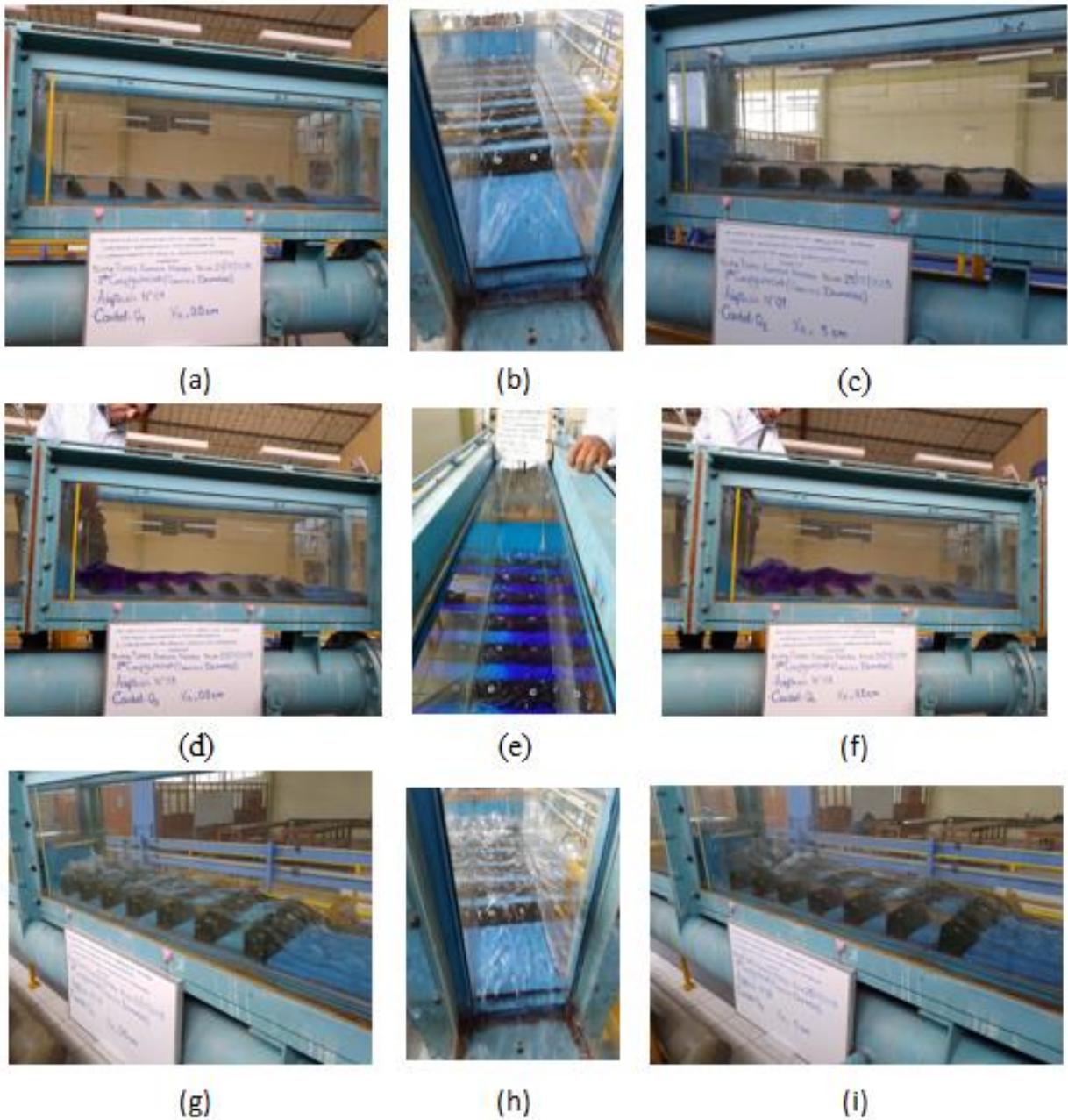
Las imágenes obtenidas de algunas tomas de datos según caudal se presentan en las páginas posteriores.

Figura 33
Modelo hidráulico Configuración N°01



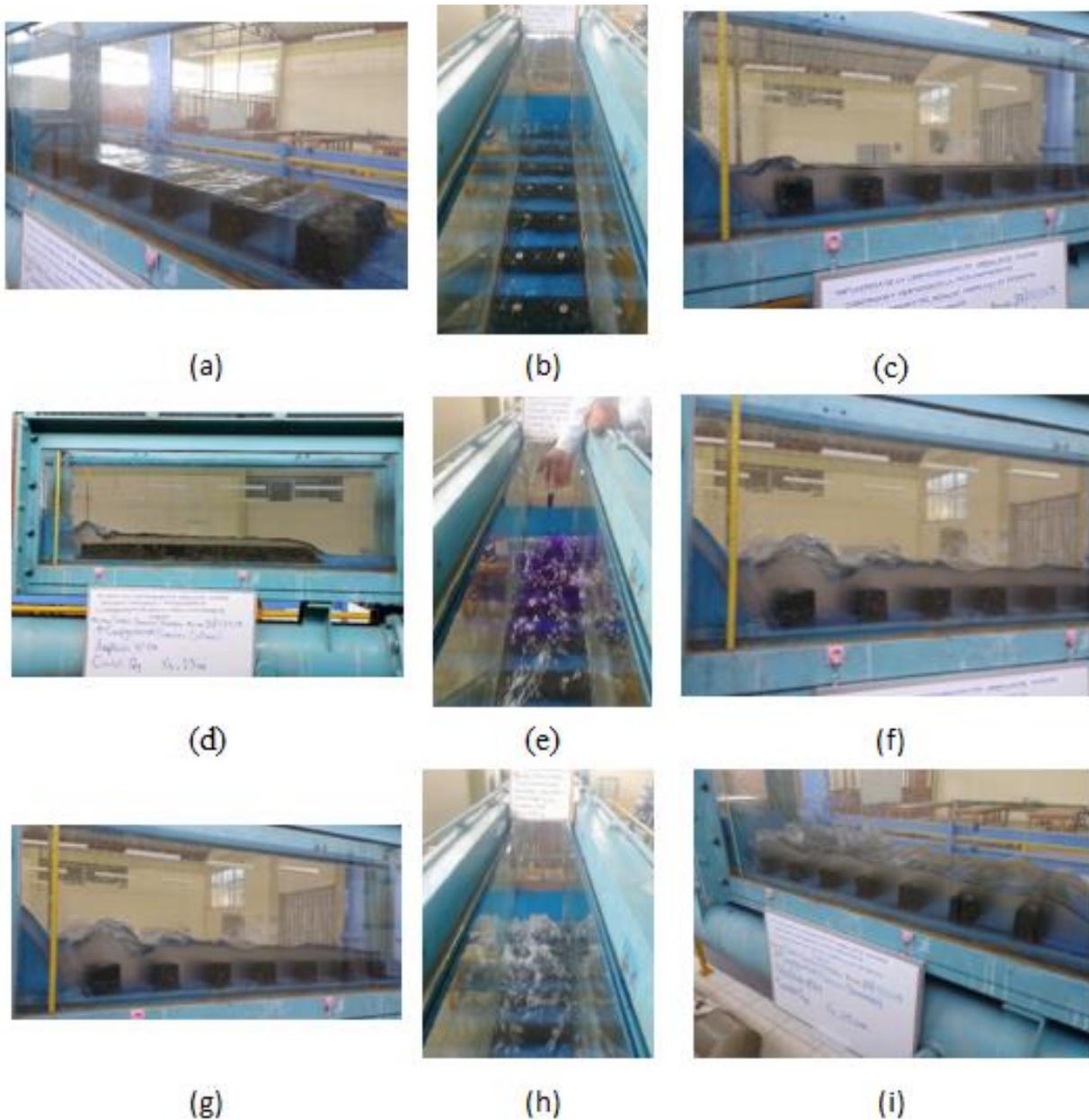
Nota: (a) Vista frontal Caudal Q1. (b) Vista superior Caudal Q2. (c) Vista superior Caudal Q3, (d) Adaptación con Caudal Q3. (e) Vista superior Q3 aplicando Genciana. (f) Aplicación de la Genciana Caudal Q4 Vista frontal. (g) Modelo hidráulico Caudal Q4. (h) Modelo hidráulico Caudal Q5. (i) Caudal Q5.

Figura 34
Modelo hidráulico Configuración N°02



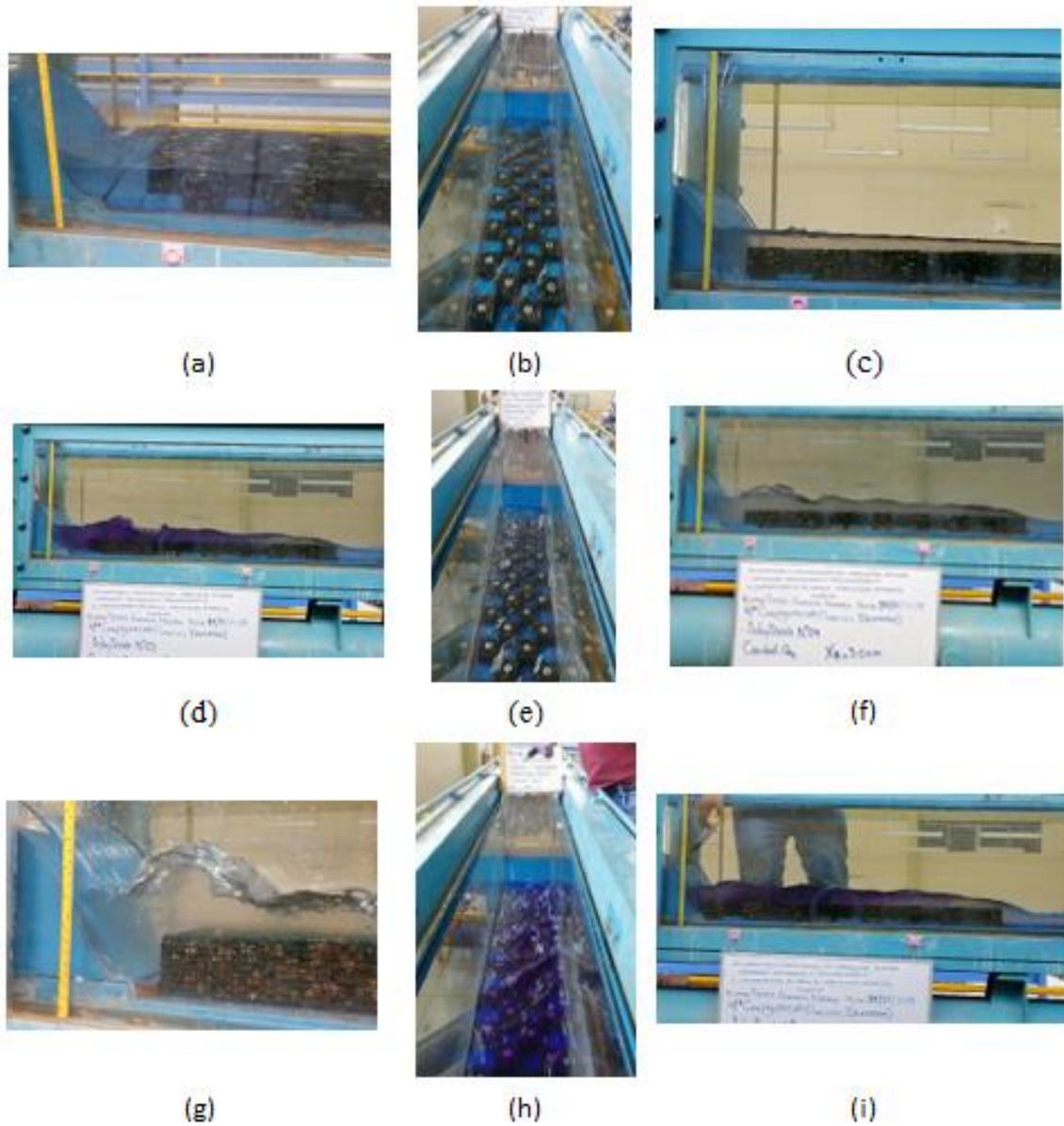
Nota: (a) Vista frontal Caudal Q1. (b) Vista superior Caudal Q2. (c) Vista frontal Caudal Q3, (d) Adaptación con Caudal Q3. (e) Vista superior Q3 aplicando Genciana. (f) Aplicación de la Genciana Caudal Q4 Vista frontal. (g) Modelo hidráulico Caudal Q4. (h) Modelo hidráulico Caudal Q5 Vista superior. (i) Caudal Q5.

Figura 35
Modelo hidráulico Configuración N°03



Nota: (a) Vista frontal Caudal Q1. (b) Vista superior Caudal Q2. (c) Caudal Q3, (d) Adaptación con Caudal Q3. (e) Vista superior Q3 aplicando Genciana. (f) Q4 Vista frontal. (g) Modelo hidráulico Caudal Q4. (h) Modelo hidráulico Caudal Q5 Vista superior. (i) Caudal Q5.

Figura 36
Modelo hidráulico Configuración N°04



Nota: (a) Modelamiento Caudal Q1. (b) Vista superior Caudal Q2. (c) Caudal Q3, (d) Adaptación con Caudal Q3. (e) Vista superior Q3 aplicando Genciana. (f) Q4 Vista frontal. (g) Modelo hidráulico Caudal Q4. (h) Modelo hidráulico Caudal Q5 Vista superior. (i) Caudal Q5.

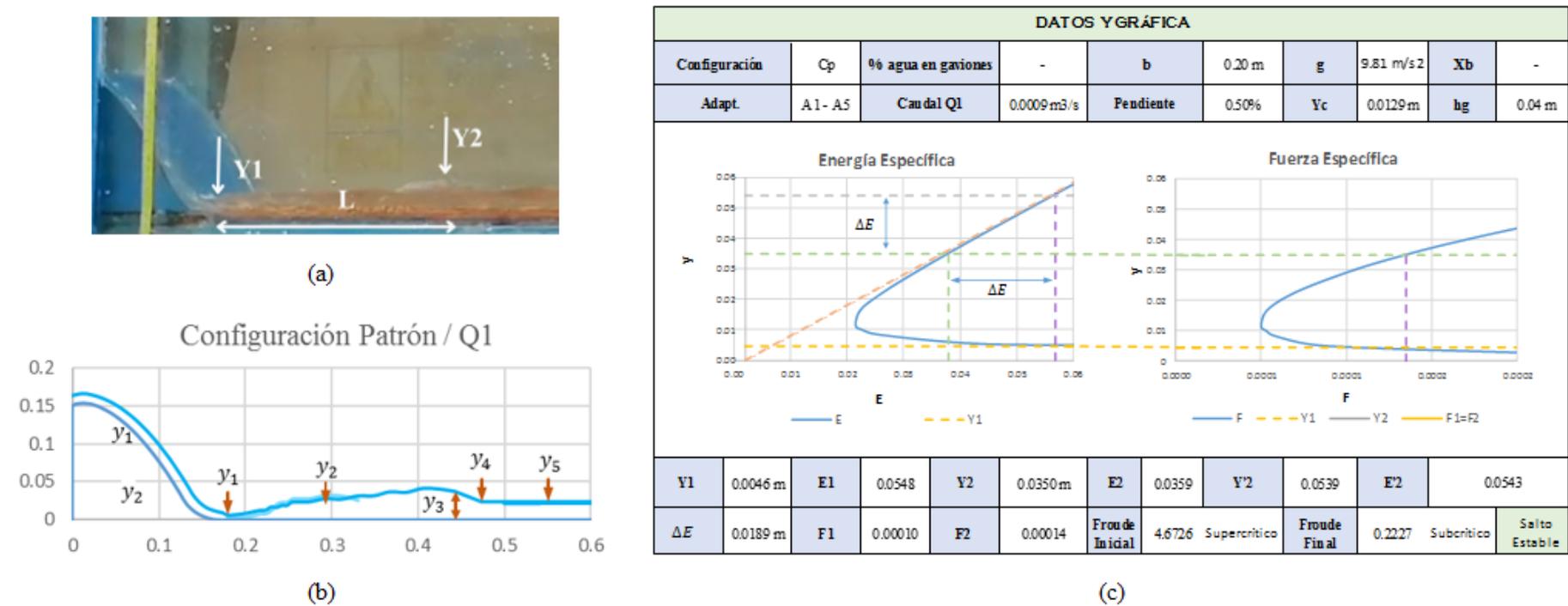
IV. RESULTADOS

4.1. Resultados

El proceso para la obtención de los resultados se encuentra en el Anexo 6.

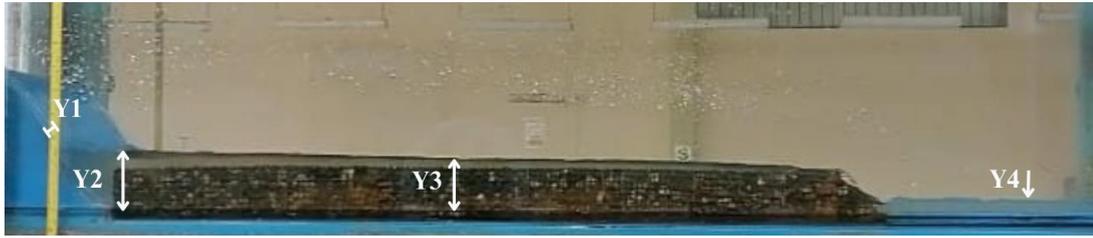
Figura 37

Configuración Patrón - Caudal 1

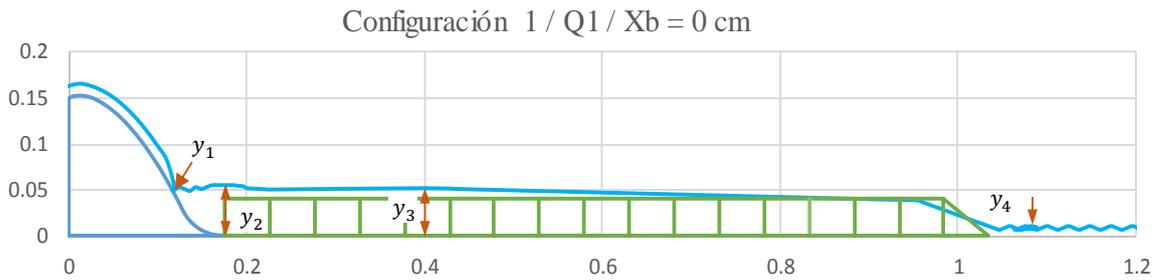


Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Especifica.

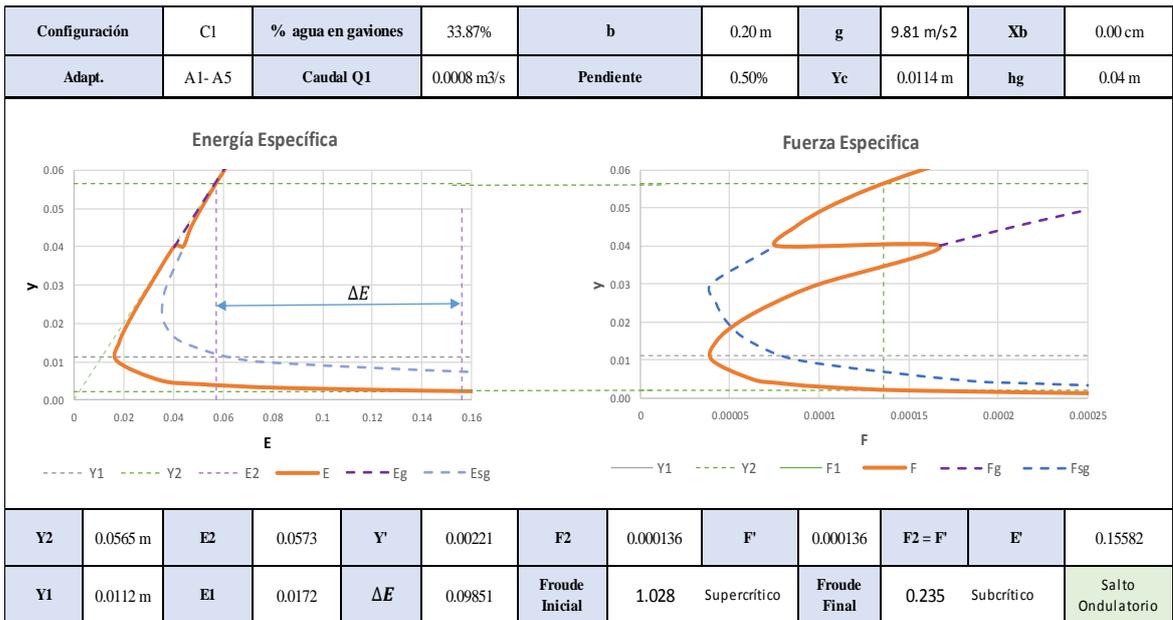
Figura 38
Configuración N°01 $X_b = 0.00 \text{ cm}$ - Caudal 1



(a)



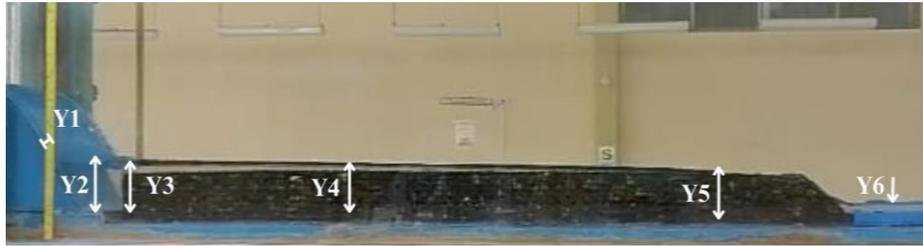
(b)



(c)

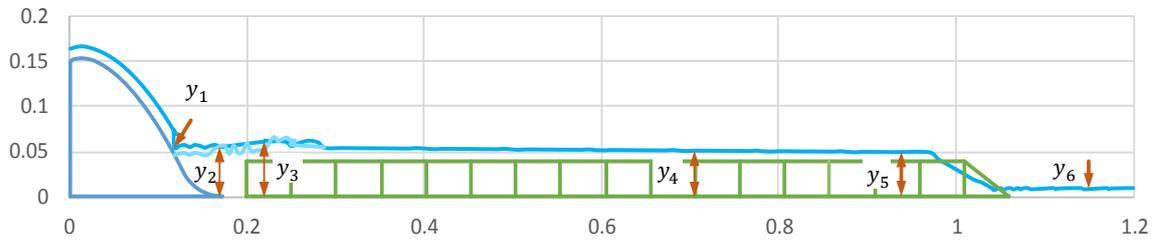
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 39
Configuración N°01 – Caudal 1 – $X_b=2.50\text{ cm}$

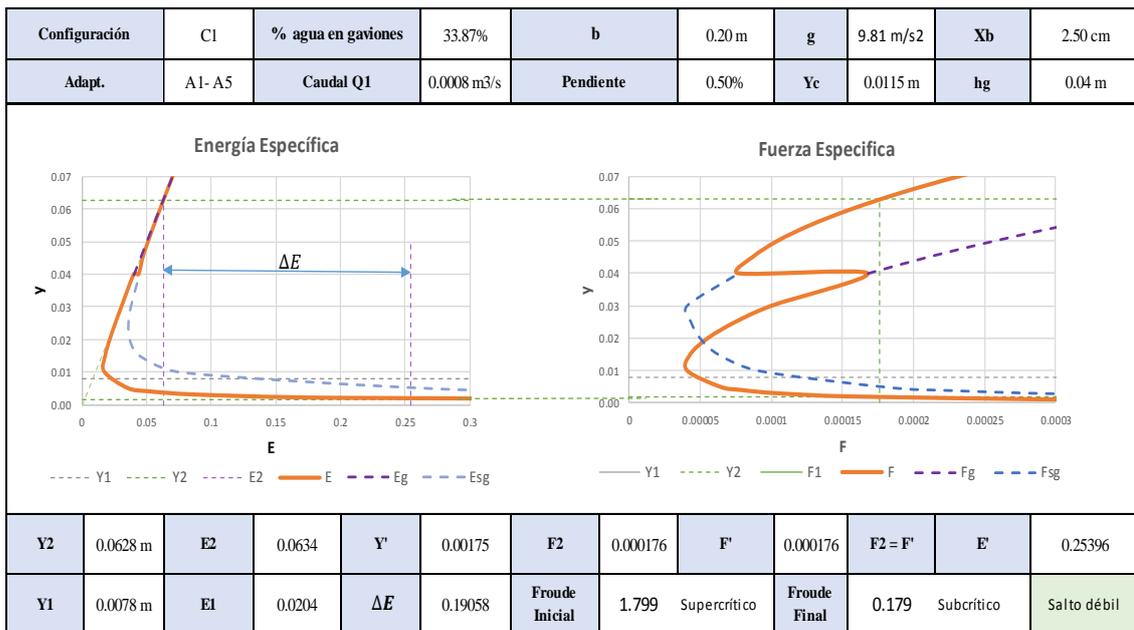


(a)

Configuración 1 / $Q_1 / X_b = 2.5\text{ cm}$



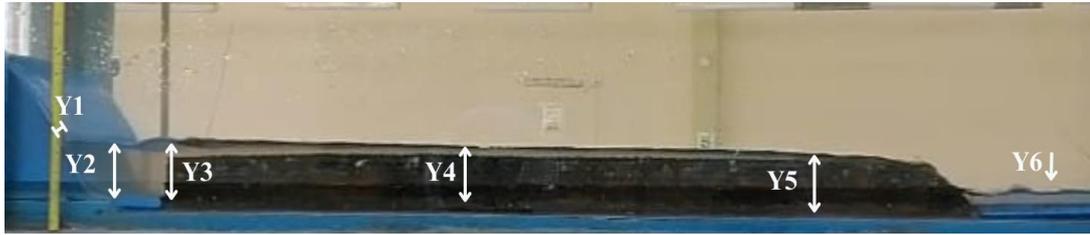
(b)



(c)

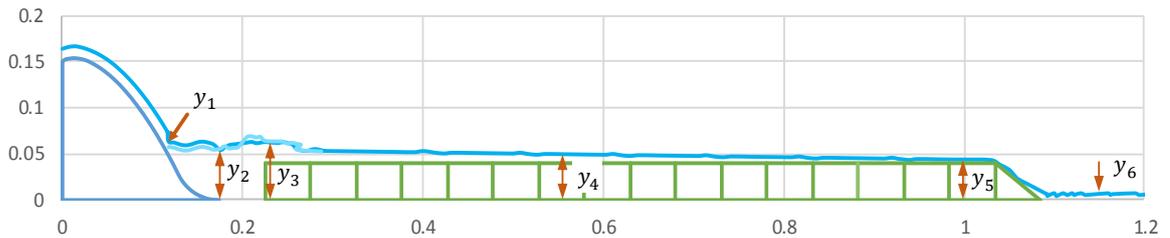
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 40
 Configuración N°01 – Caudal 1 – $X_b=5.00\text{ cm}$

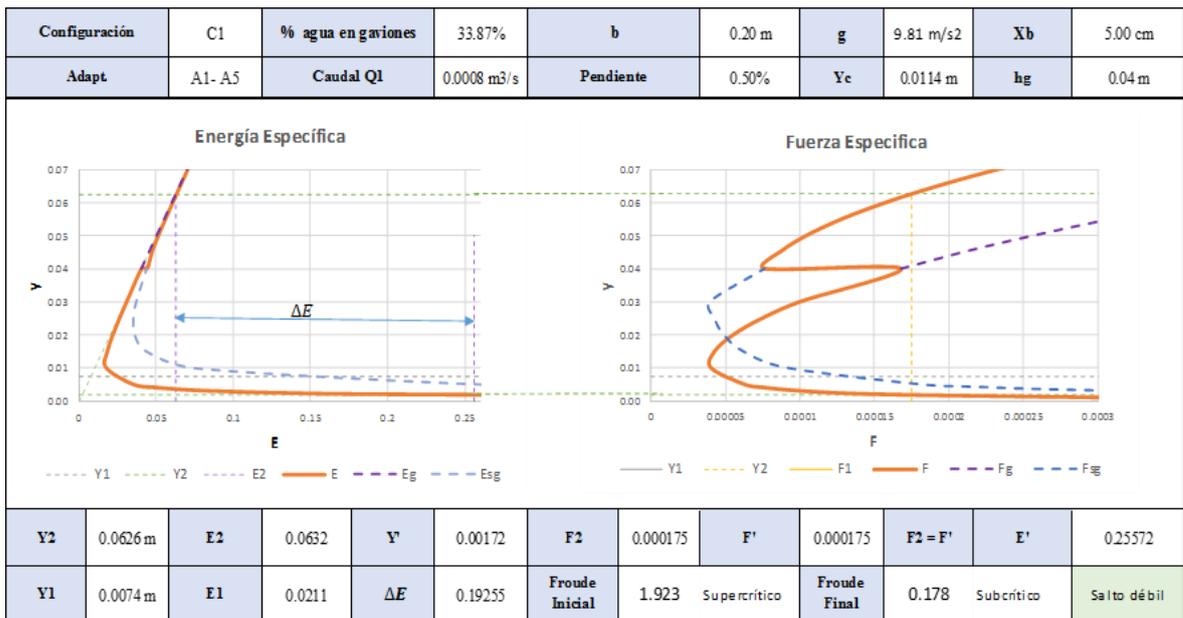


(a)

Configuración 1 / $Q1 / X_b = 5\text{ cm}$



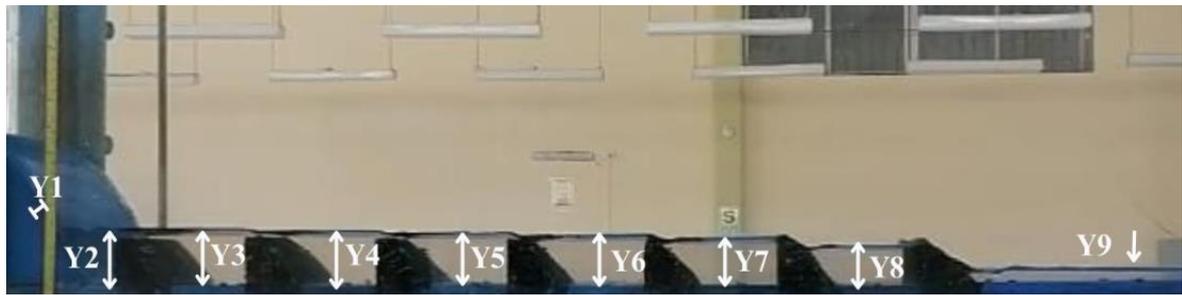
(b)



(c)

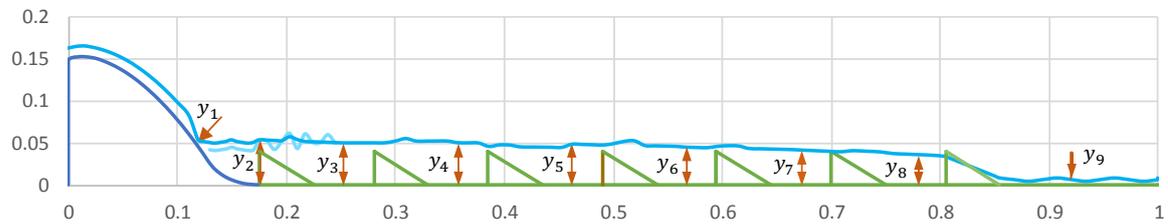
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 41
Configuración N°02 – Caudal 1 – $X_b=0.00\text{ cm}$

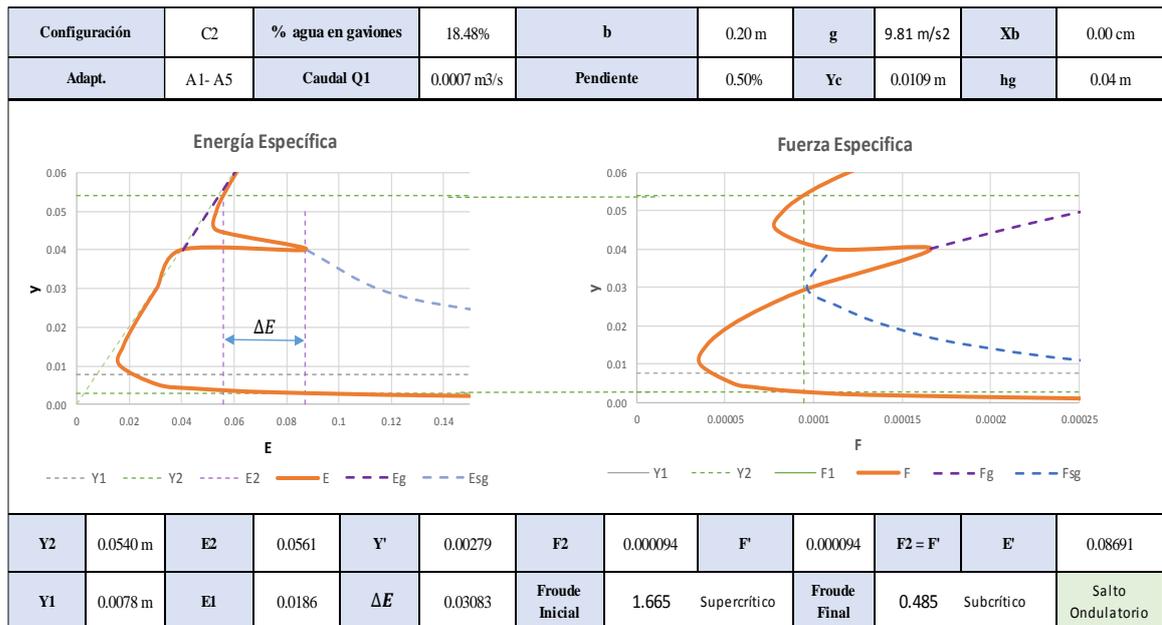


(a)

Configuración 2 / Q1 / $X_b = 0\text{ cm}$



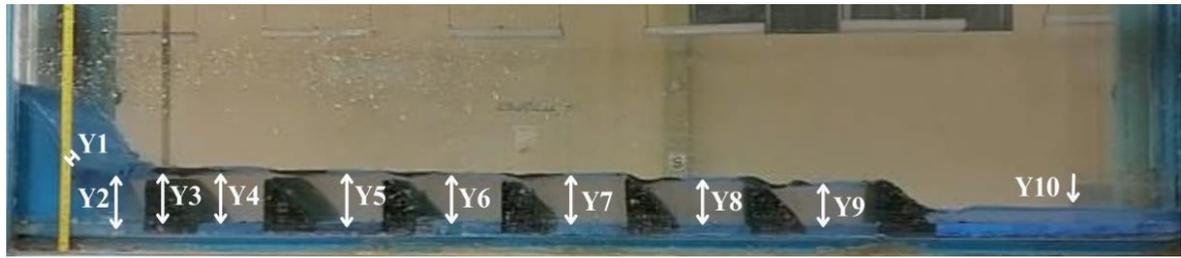
(b)



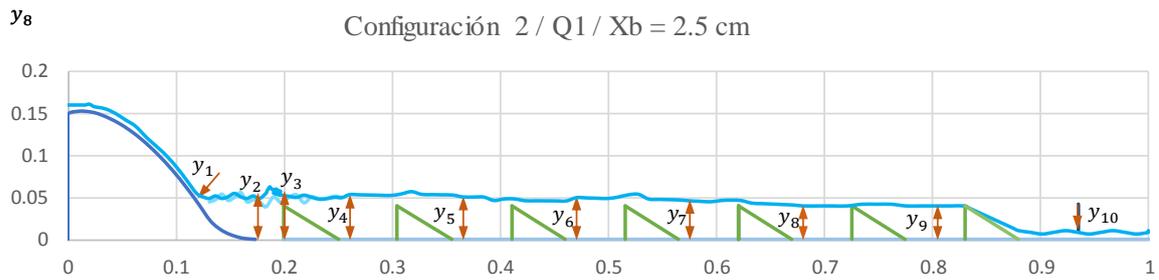
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

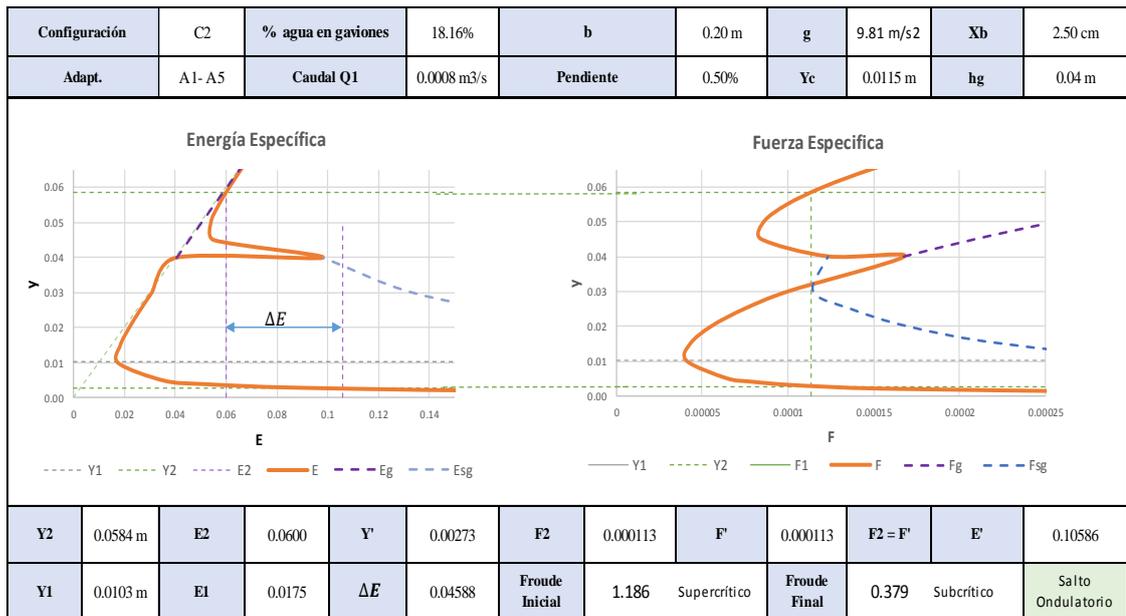
Figura 42
Configuración N°02 – Caudal 1 – $Xb=2.50\text{ cm}$



(a)



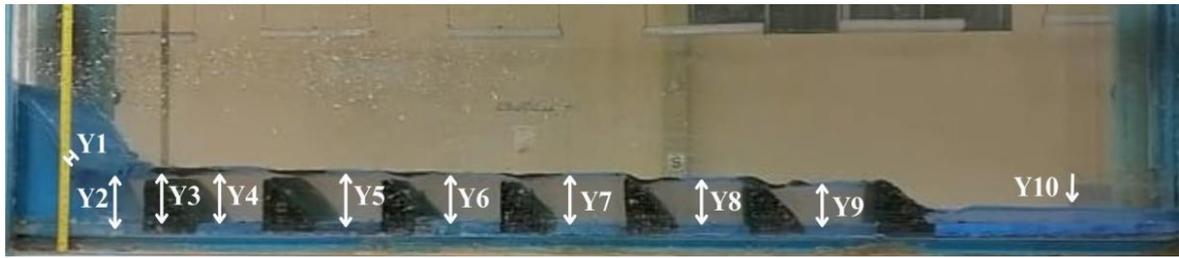
(b)



(c)

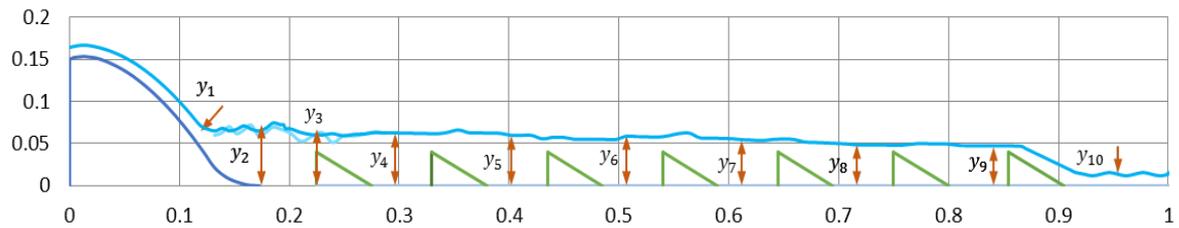
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 43
Configuración N°02 – Caudal 1 – $X_b=5.00\text{ cm}$

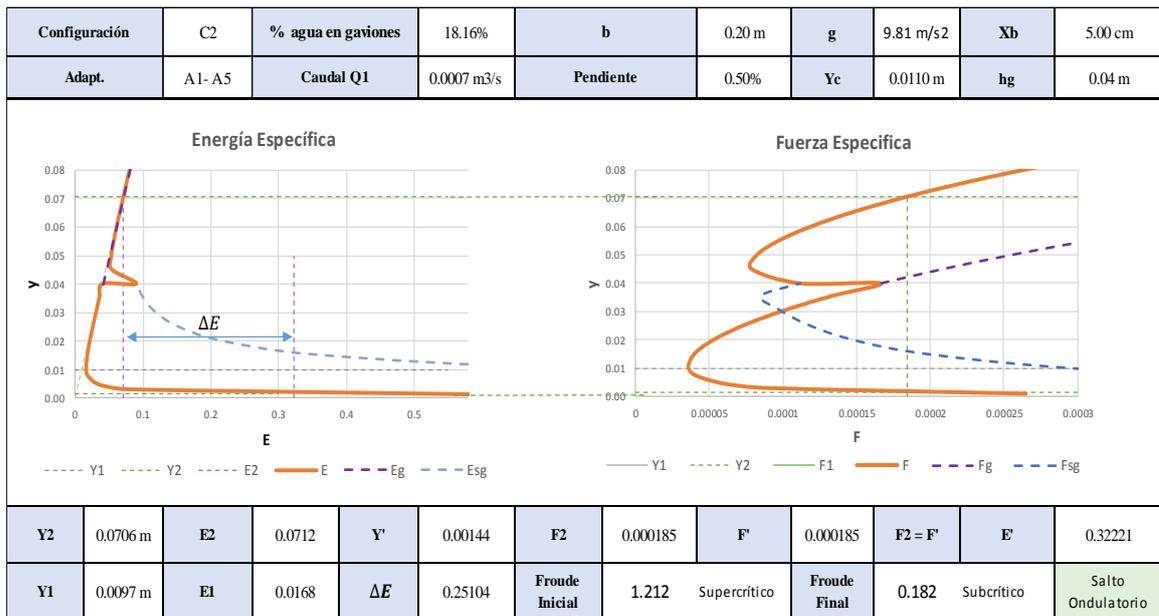


(a)

Configuración 2 / $Q1 / X_b = 5.0\text{ cm}$



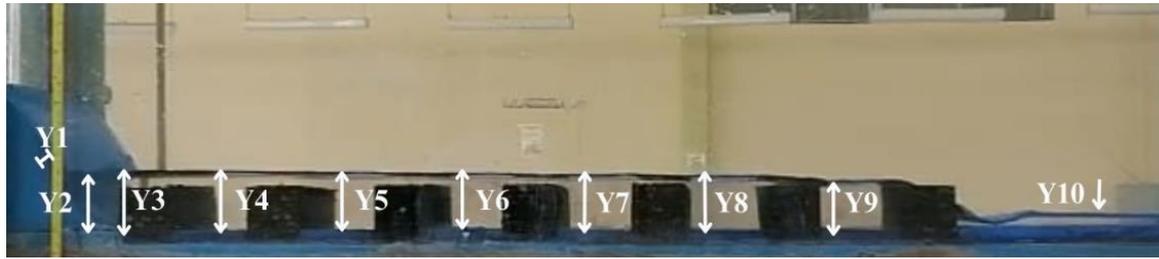
(b)



(c)

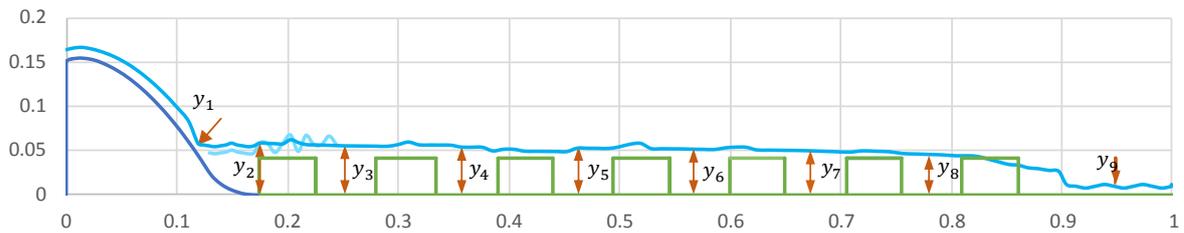
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 44
Configuración N°03 – Caudal 1 – $X_b=0.00\text{ cm}$

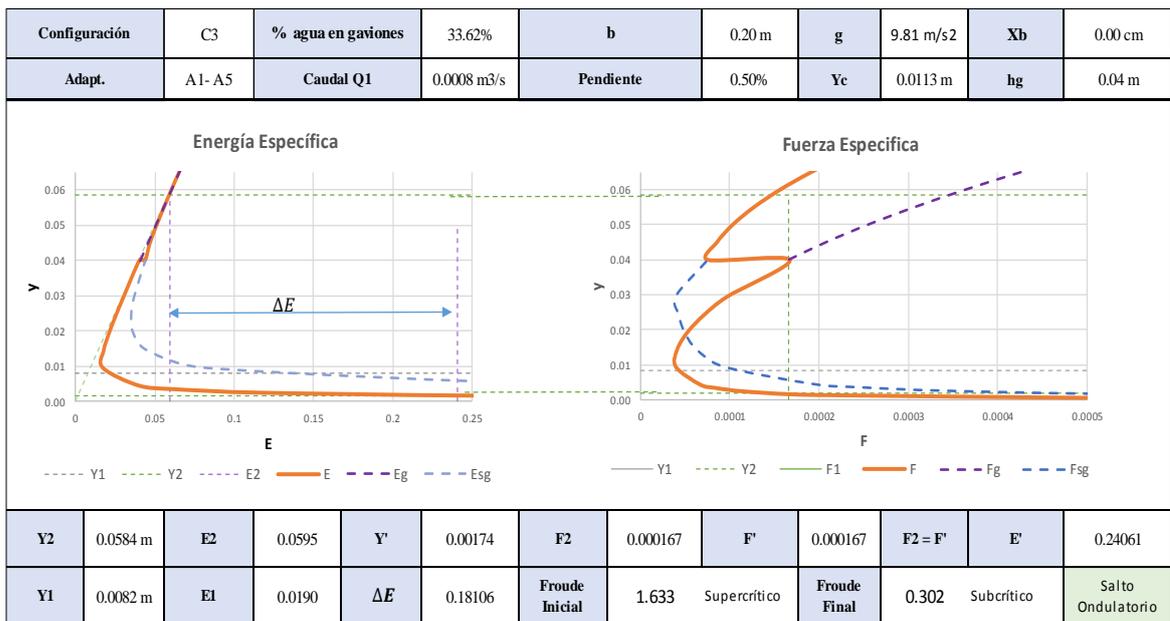


(a)

Configuración 3 / $Q1 / X_b = 0\text{ cm}$



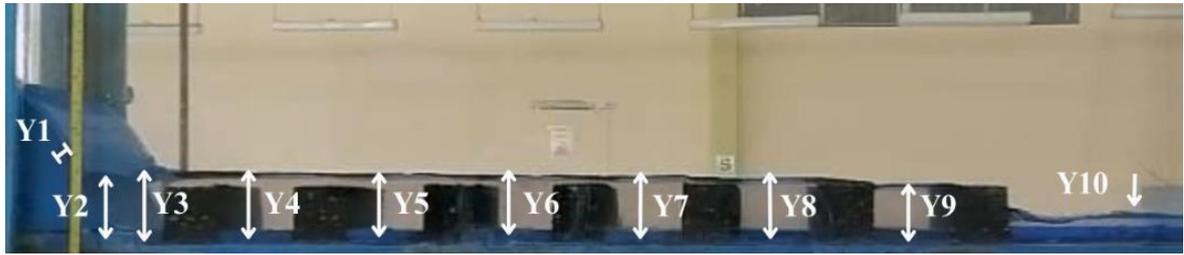
(b)



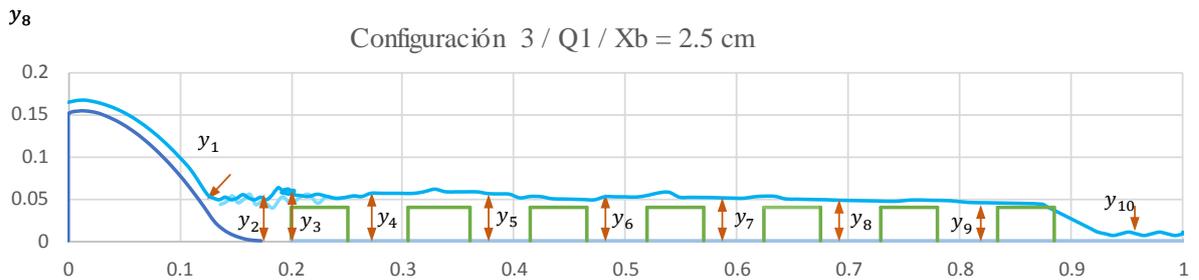
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

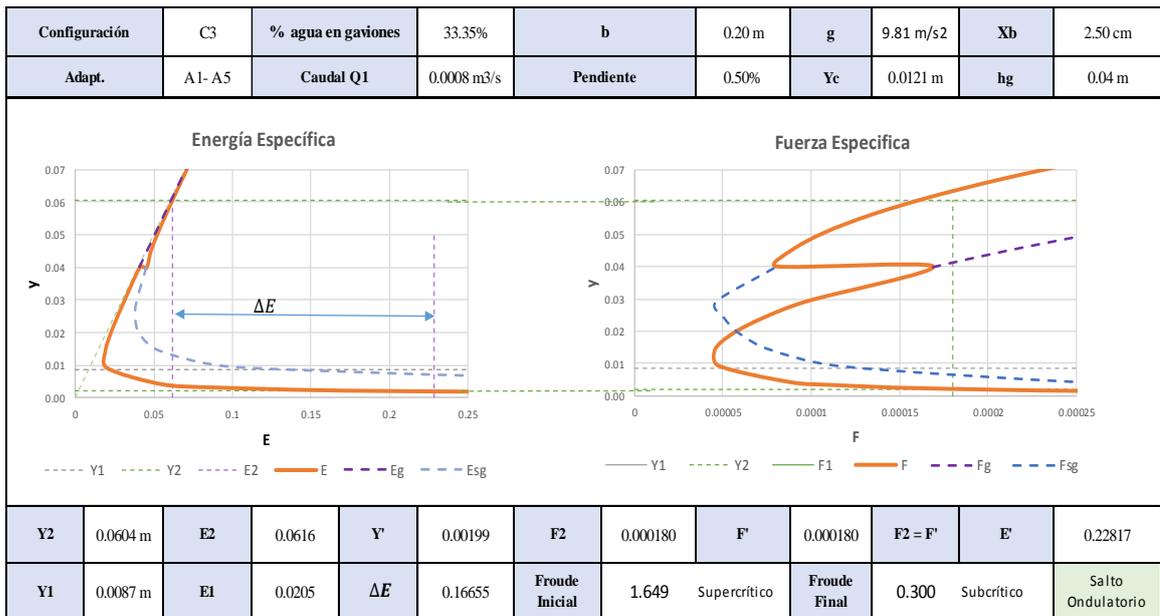
Figura 45
 Configuración N°03 – Caudal 1 – $X_b=2.50\text{ cm}$



(a)



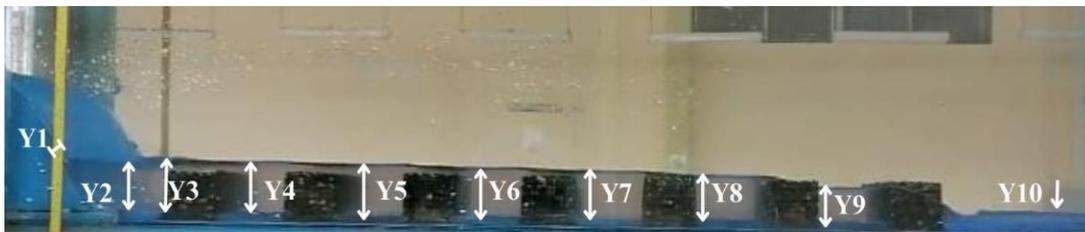
(b)



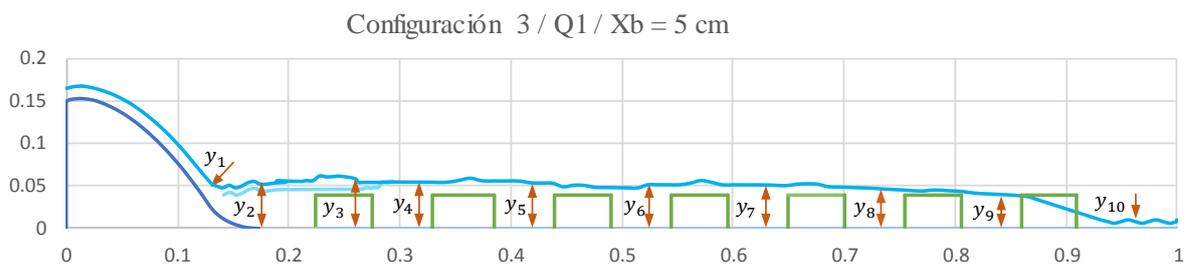
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Especifica.

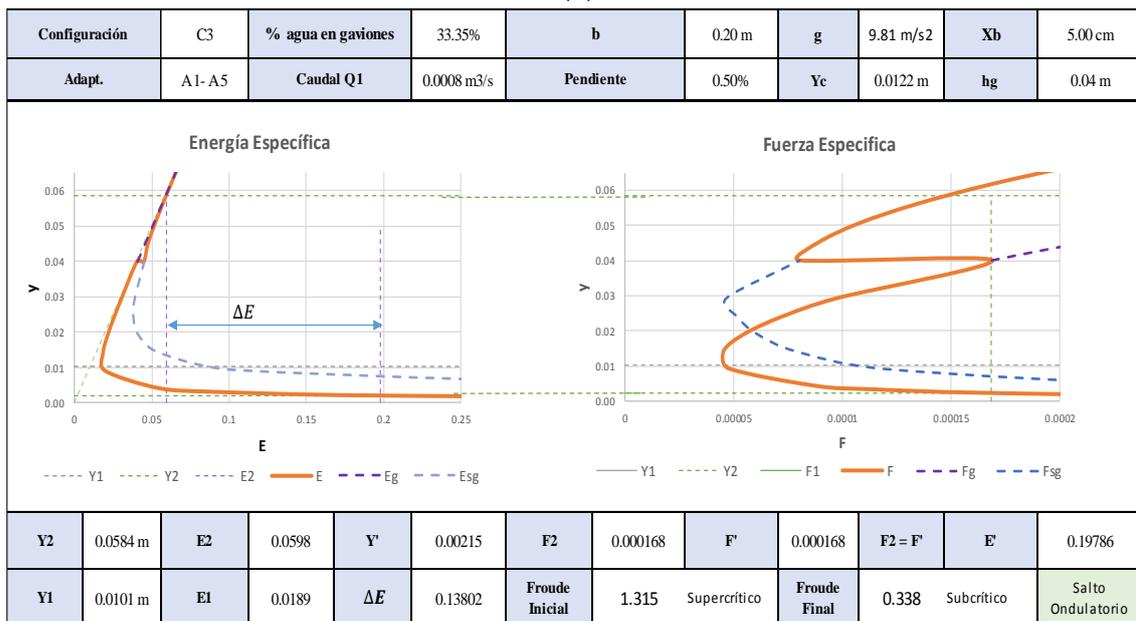
Figura 46
Configuración N°03 – Caudal 1 – $X_b=5.00\text{ cm}$



(a)



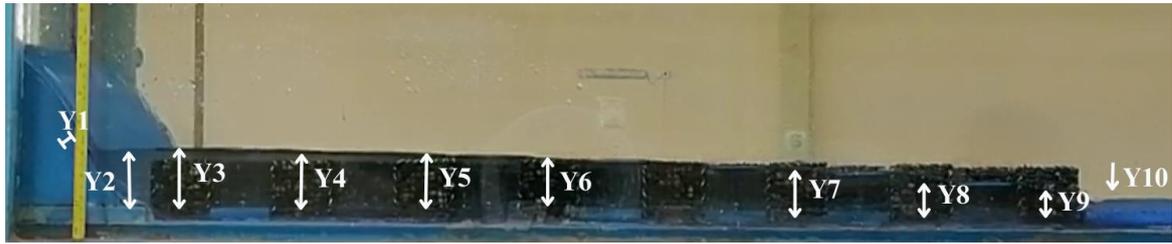
(b)



(c)

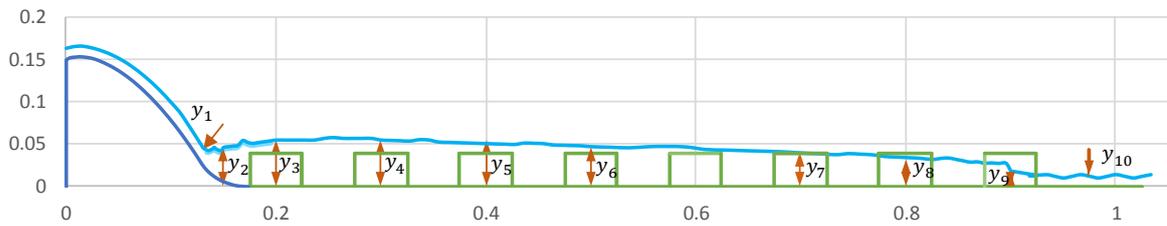
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 47
Configuración N°04 – Caudal 1 – $X_b=0.00\text{ cm}$

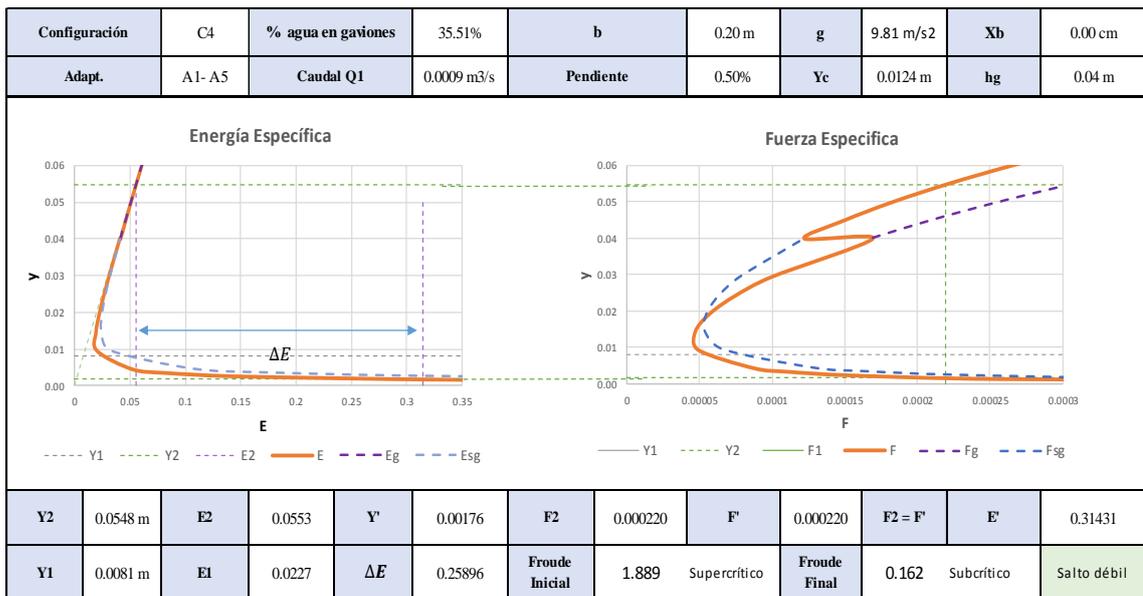


(a)

Configuración 4 / Q1 / $X_b = 0\text{ cm}$



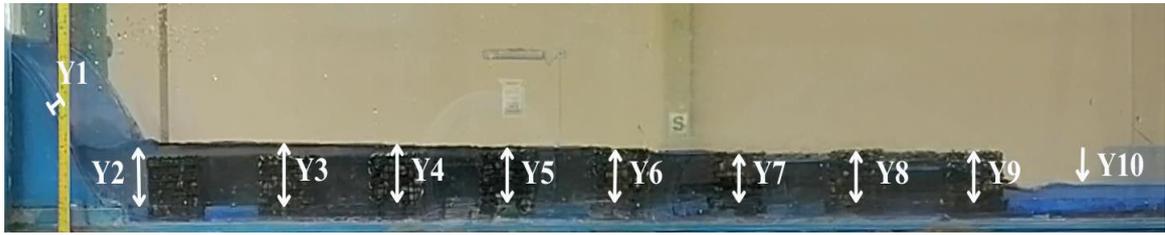
(b)



(c)

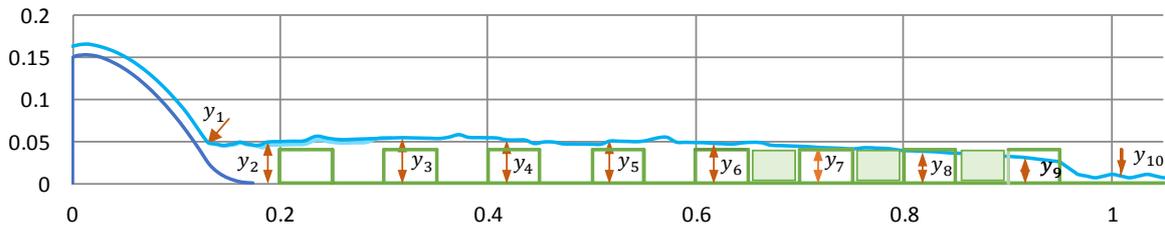
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 48
Configuración N°04 – Caudal 1 – $X_b=2.50$ cm

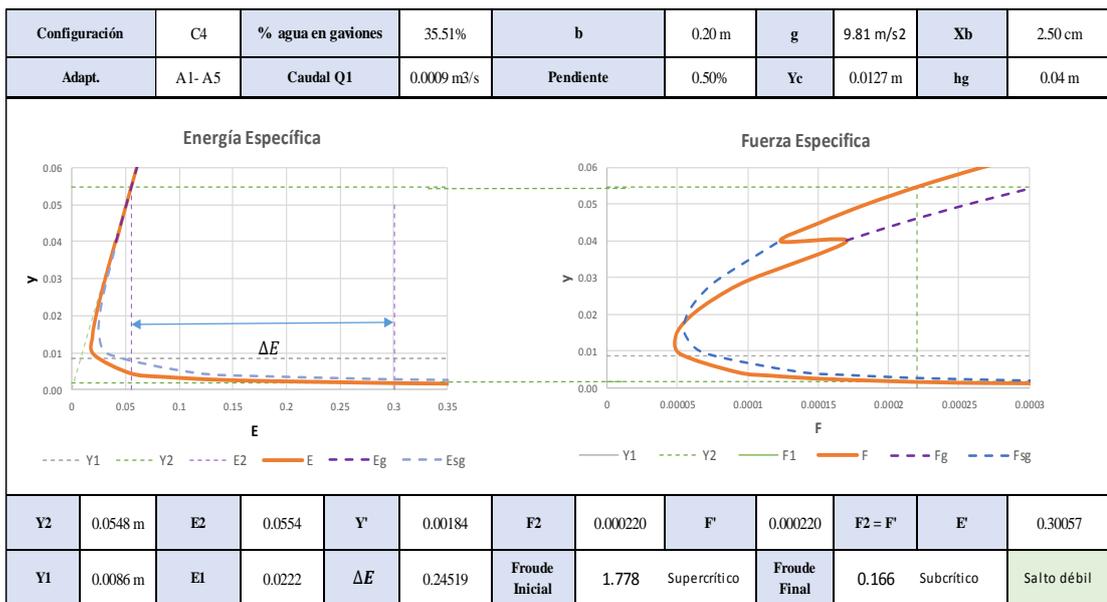


(a)

Configuración 4 / $Q_1 / X_b = 2.5$ cm



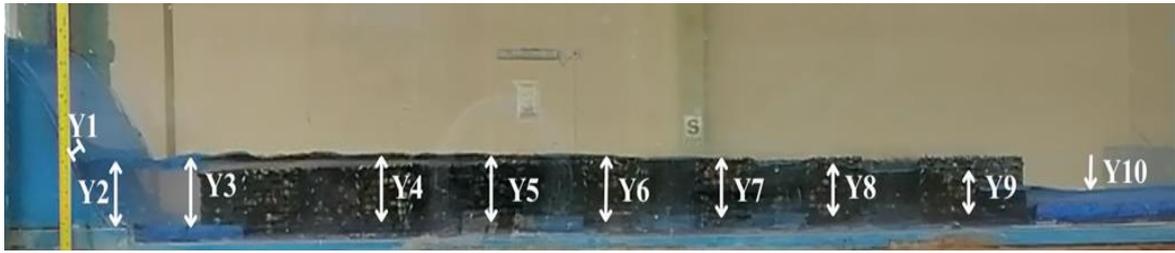
(b)



(c)

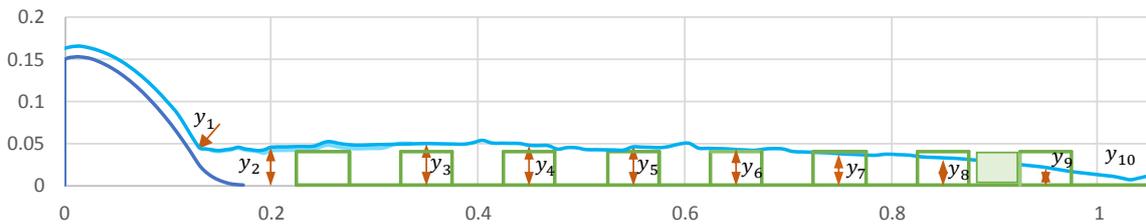
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 49
Configuración N°04 – Caudal 1 – $X_b=5.00\text{ cm}$

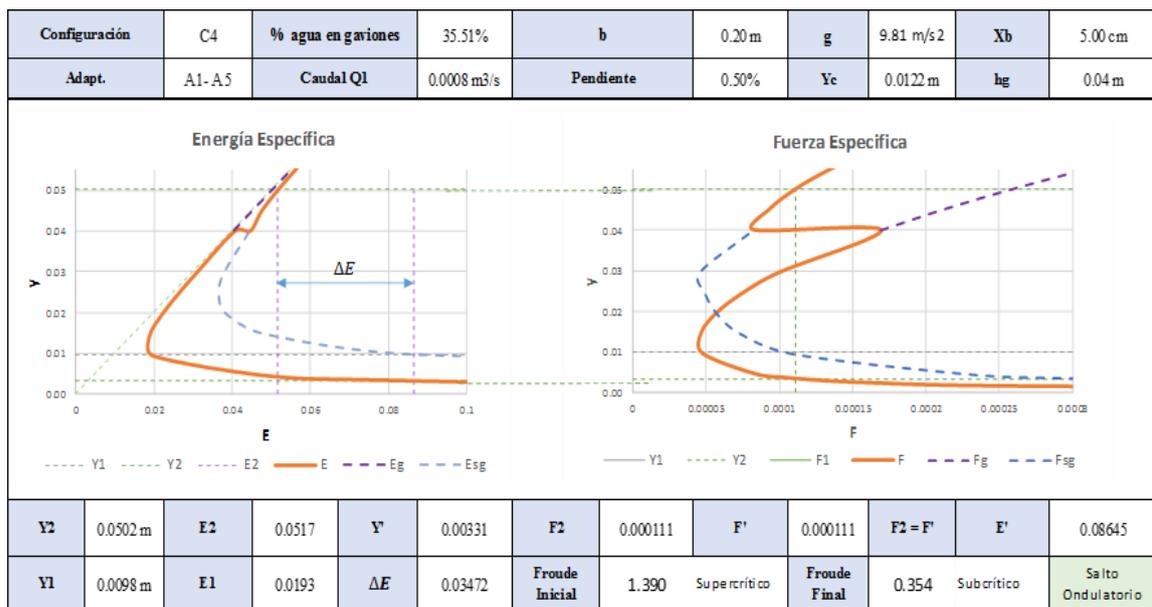


(a)

Configuración 4 / Q1 / $X_b = 5\text{ cm}$



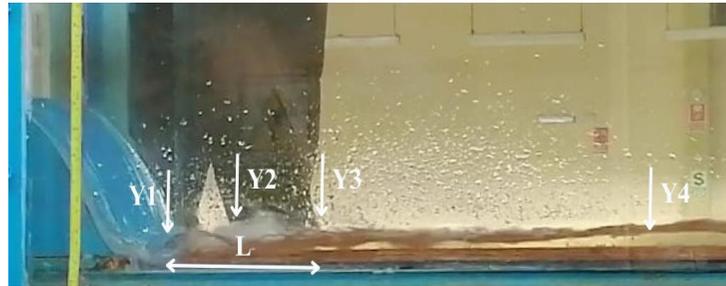
(b)



(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

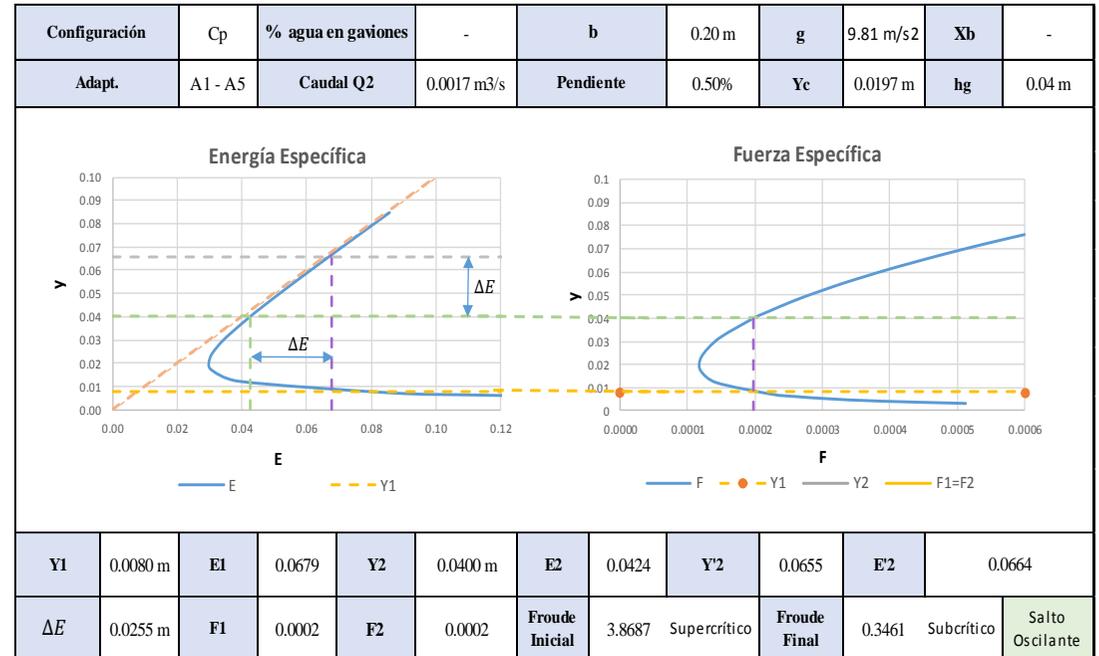
Figura 50
Configuración Patrón - Caudal 2



(a)



(b)



(c)

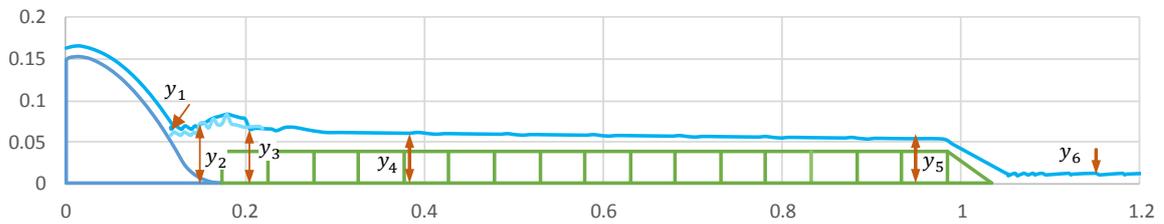
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 51
Configuración N°01 – Caudal 2 – $X_b=0.00$ cm

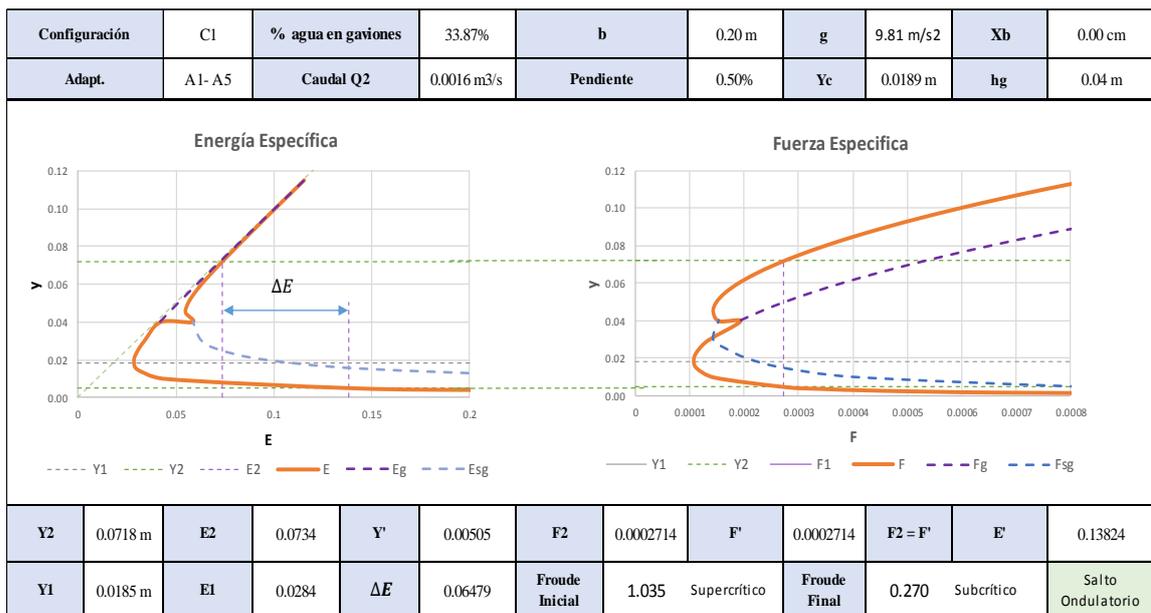


(a)

Configuración 1 / Q2 / $X_b = 0$ cm



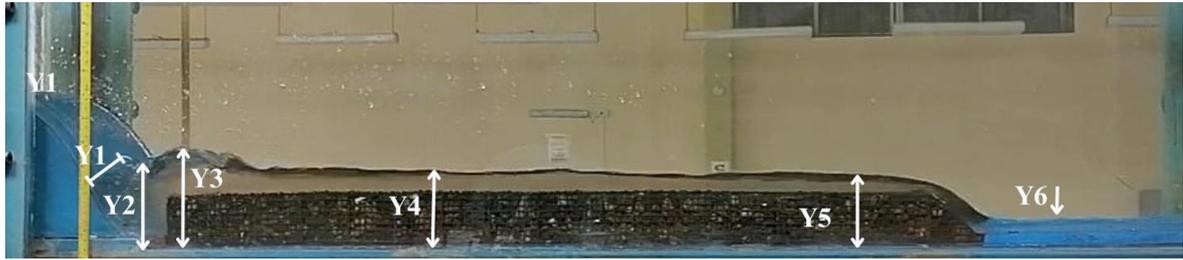
(b)



(c)

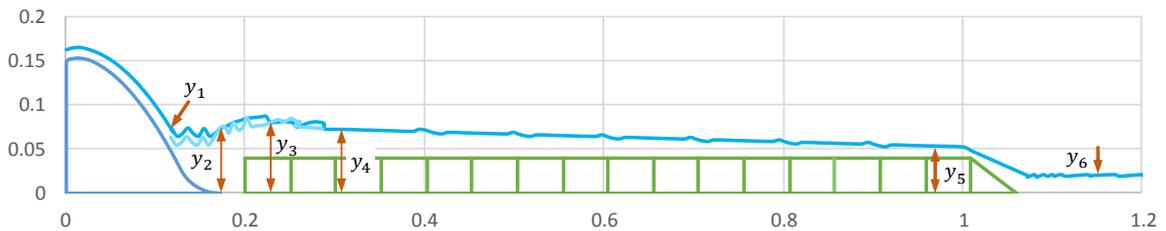
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 52
Configuración N°01 – Caudal 2 – $X_b=2.50\text{ cm}$



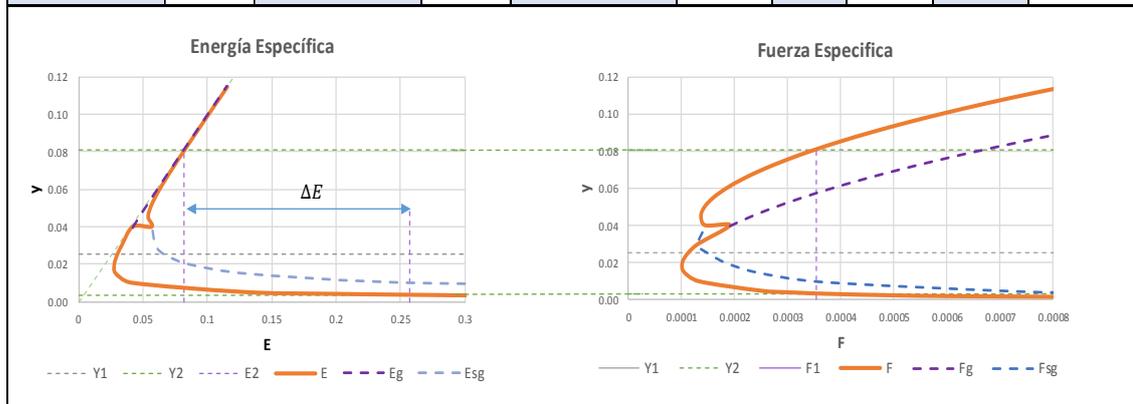
(a)

Configuración 1 / Q2 / $X_b = 2.5\text{ cm}$



(b)

Configuración	C1	% agua en gaviones	33.87%	b	0.20 m	g	9.81 m/s ²	X_b	2.50 cm
Adapt.	A1- A5	Caudal Q2	0.0015 m ³ /s	Pendiente	0.50%	Y_c	0.0183 m	hg	0.04 m



Y2	0.0808 m	E2	0.0818	Y'	0.00347	F2	0.00035	F'	0.00035	F2 = F'	E'	0.25745
Y1	0.0252 m	E1	0.0300	ΔE	0.17561	Froude Inicial	0.618	Subcrítico	Froude Final	0.195	Subcrítico	No se presenta salto

(c)

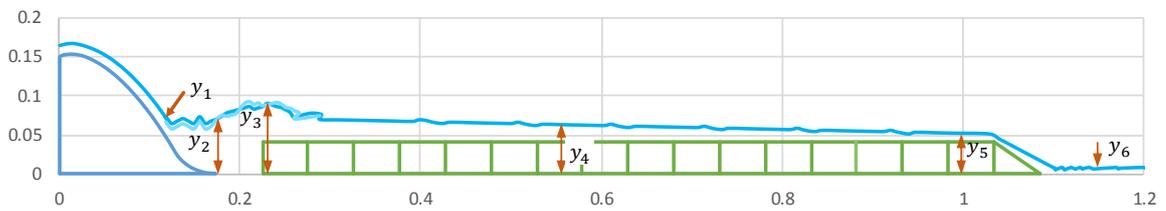
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 53
Configuración N°01 – Caudal 2 – $X_b=5.00\text{ cm}$

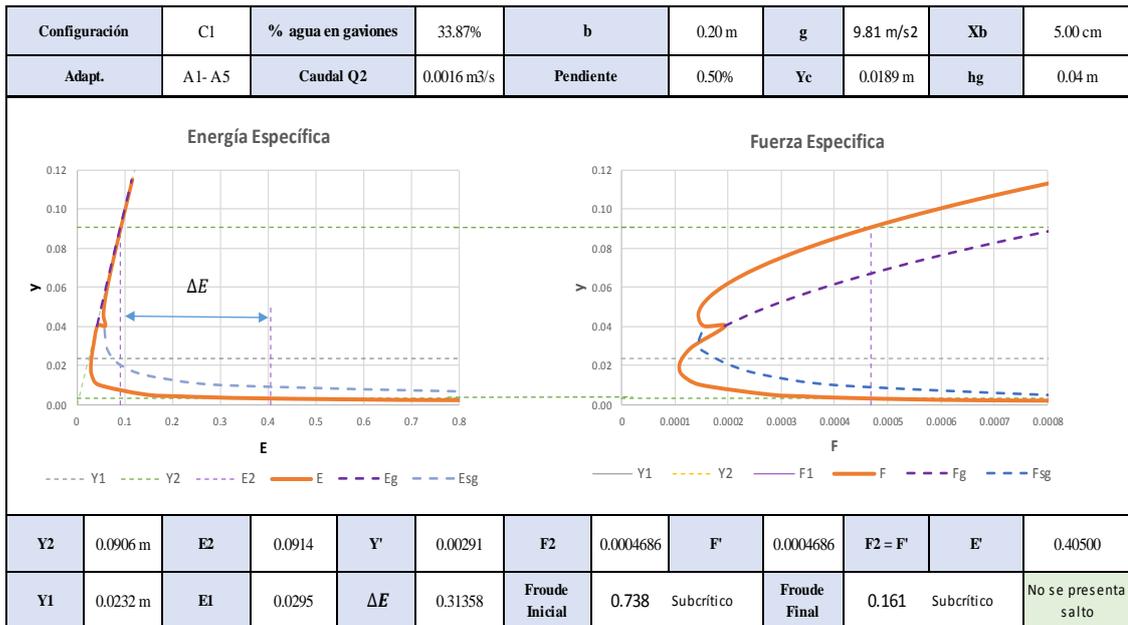


(a)

Configuración 1 / $Q_2 / X_b = 5\text{ cm}$



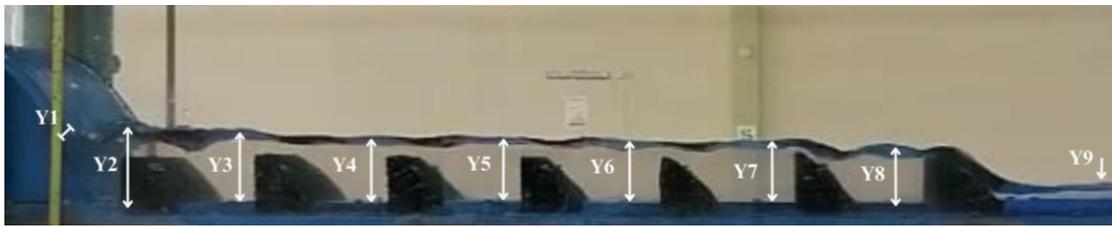
(b)



(c)

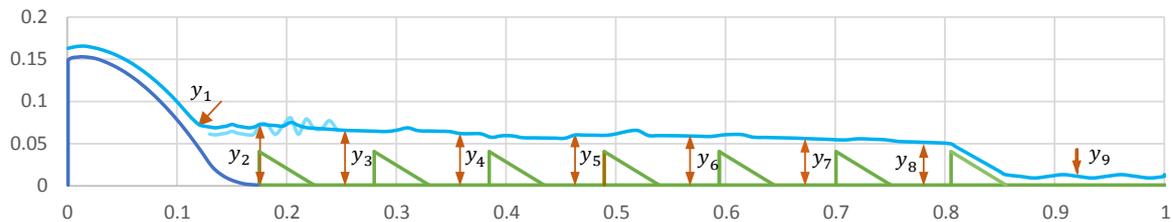
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 54
Configuración N°02 – Caudal 2 – $X_b=0.00\text{ cm}$

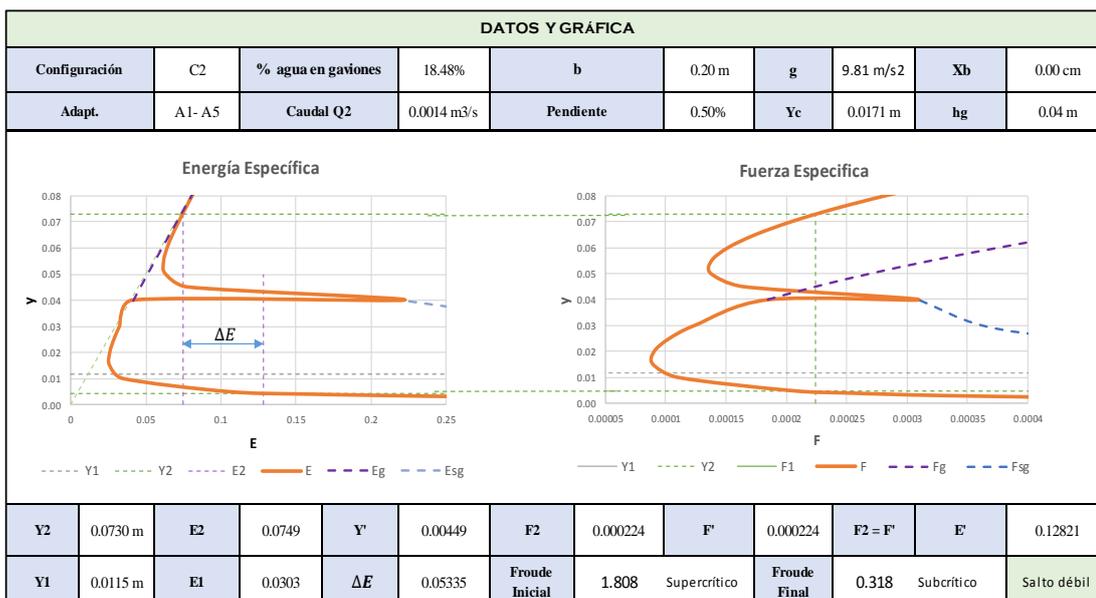


(a)

Configuración 2 / Q2 / $X_b = 0\text{ cm}$



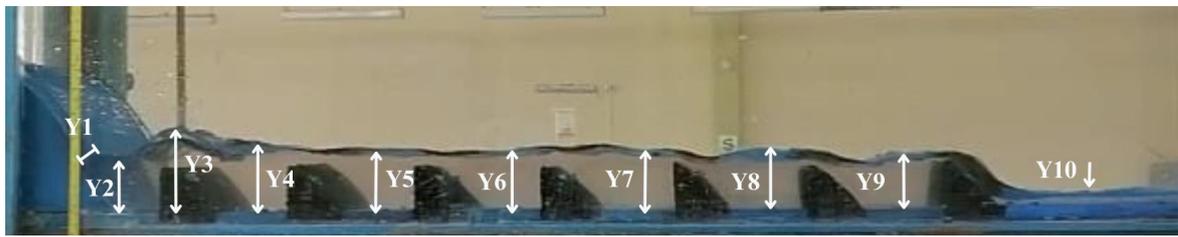
(b)



(c)

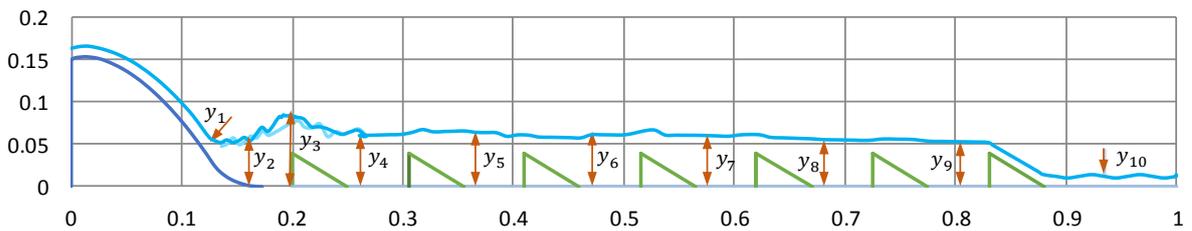
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 55
 Configuración N°02 – Caudal 2 – $X_b=2.50\text{ cm}$

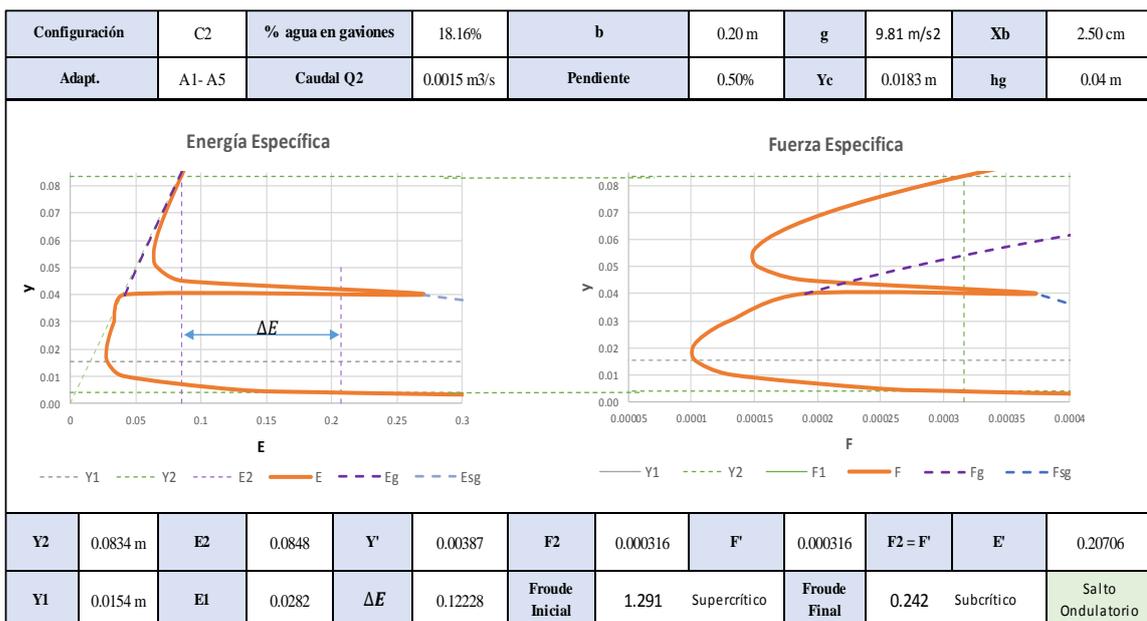


(a)

Configuración 2 / Q2 / $X_b = 2.5\text{ cm}$



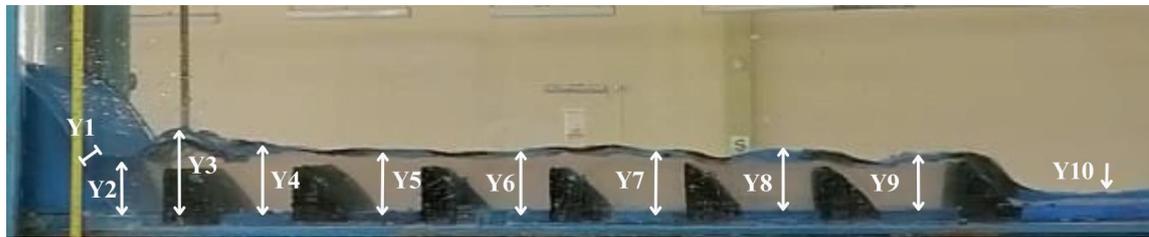
(b)



(c)

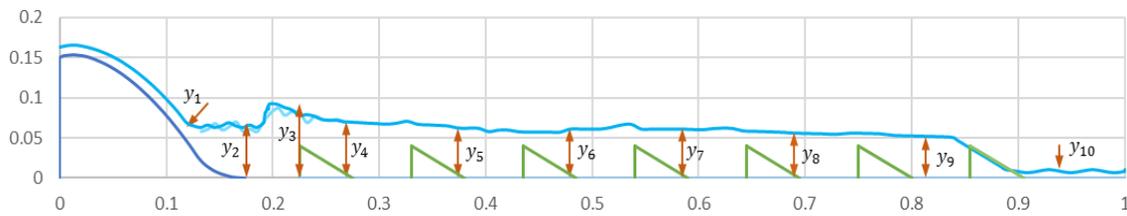
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 56
Configuración N°02 – Caudal 2 – $X_b=5.00\text{ cm}$

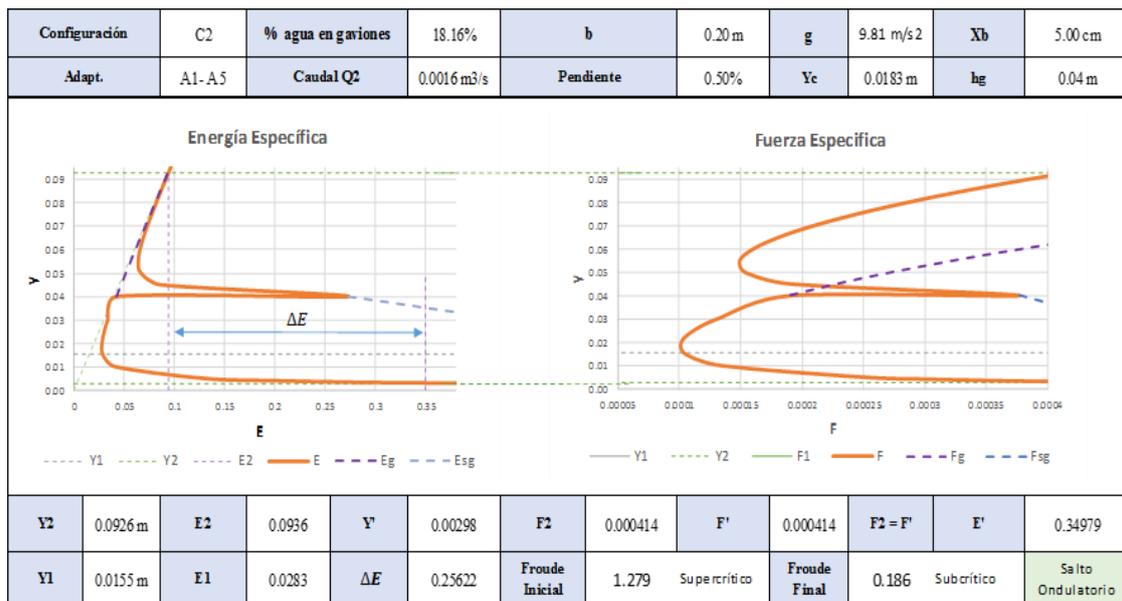


(a)

Configuración 2 / Q2 / $X_b = 5\text{ cm}$



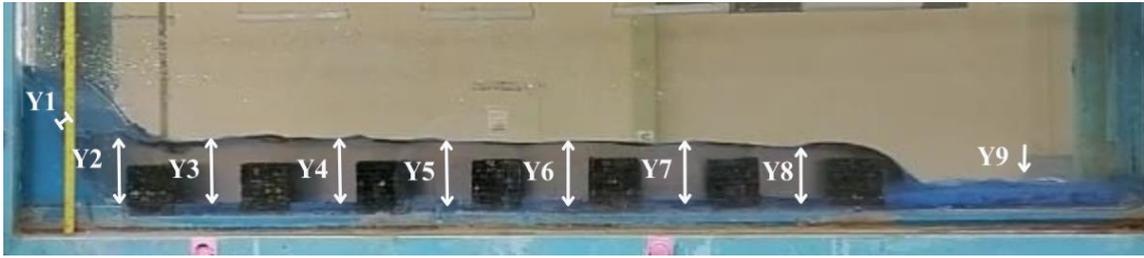
(b)



(c)

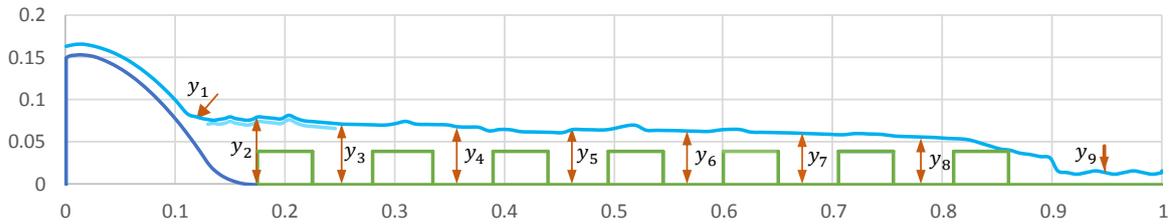
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 57
Configuración N°03 – Caudal 2 – $X_b=0.00\text{ cm}$

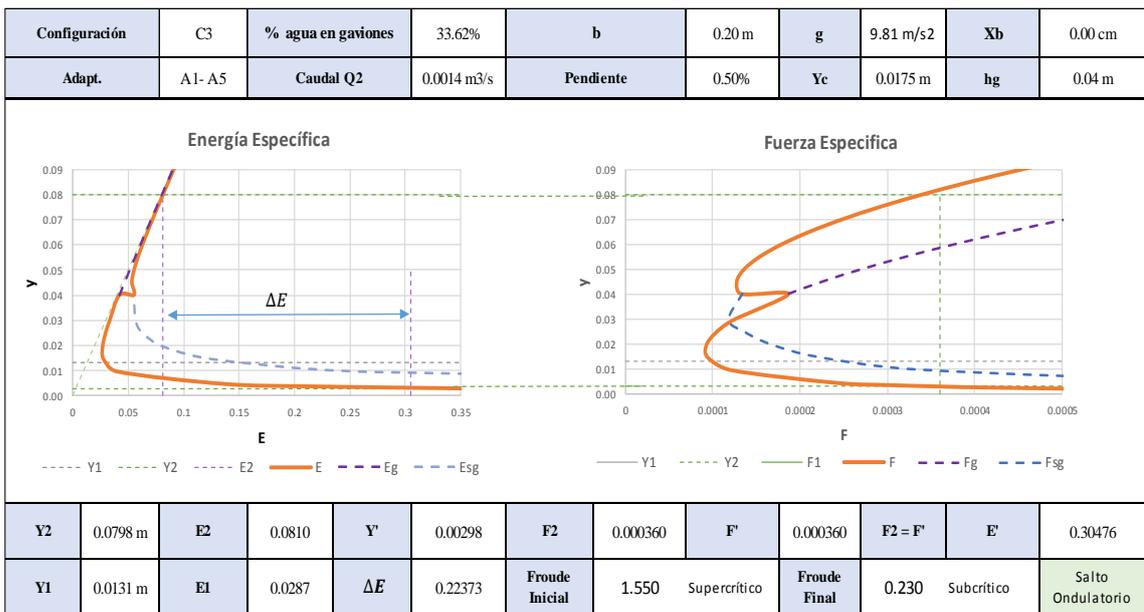


(a)

Configuración 3 / Q2 / $X_b = 0\text{ cm}$



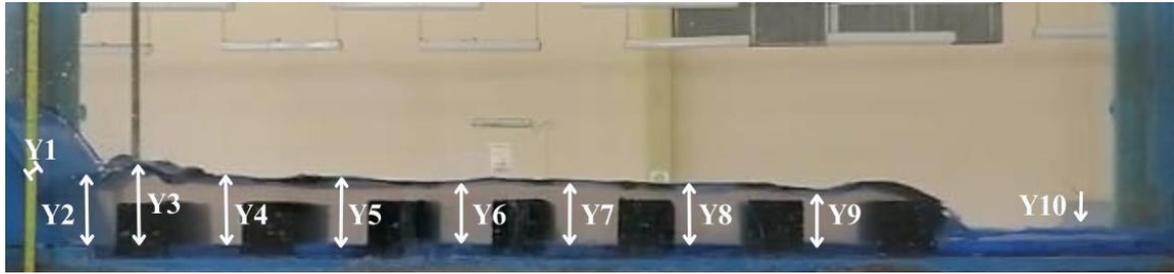
(b)



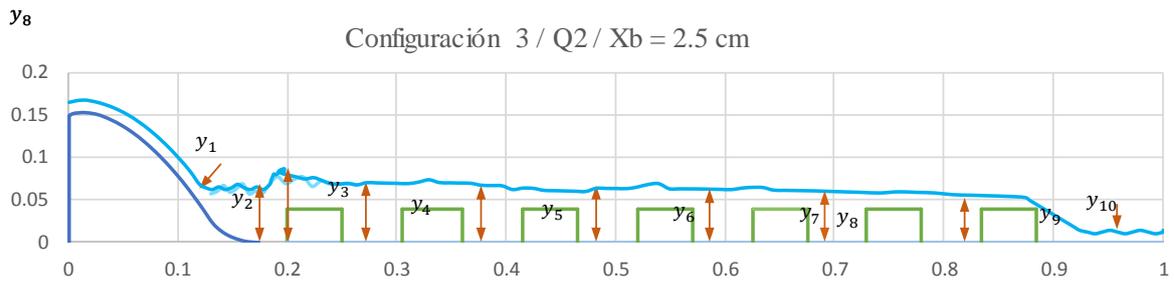
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

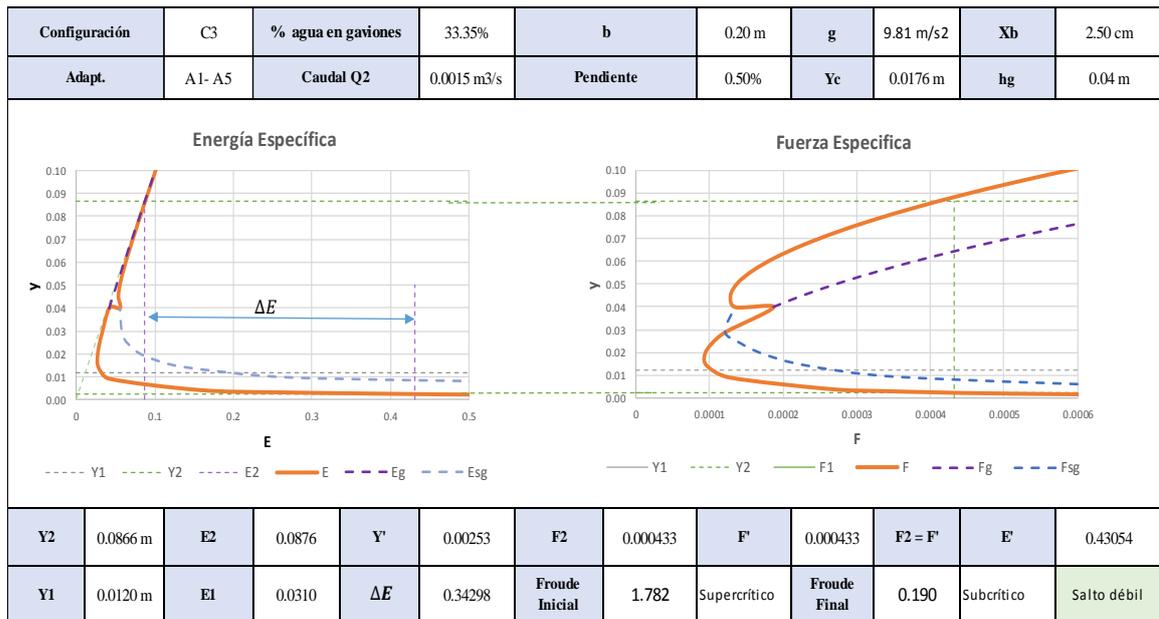
Figura 58
Configuración N°03 – Caudal 2 – $X_b=2.50\text{ cm}$



(a)



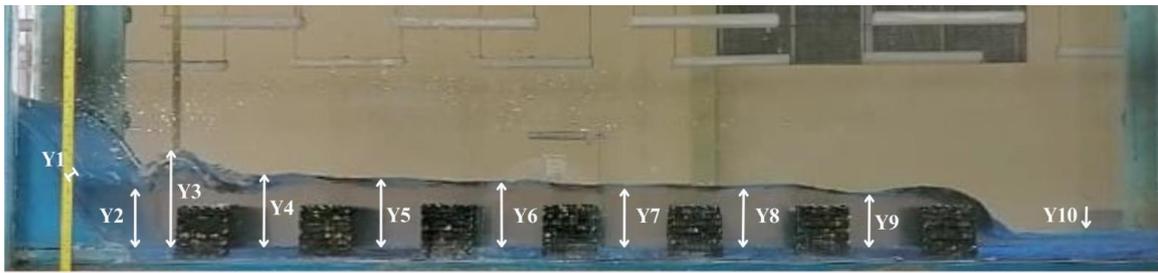
(b)



(c)

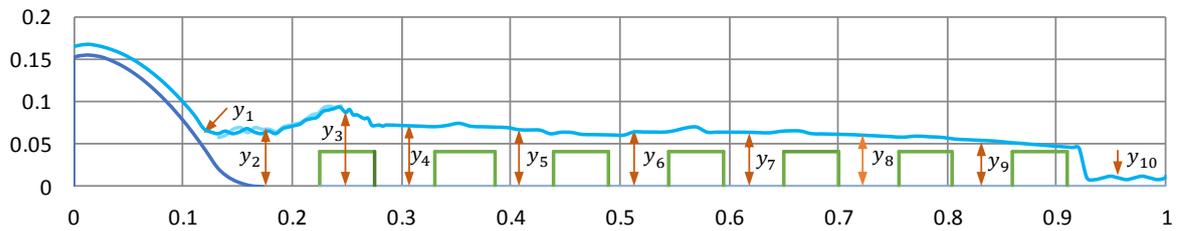
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 59
Configuración N°03 – Caudal 2 – $X_b=5.00\text{ cm}$

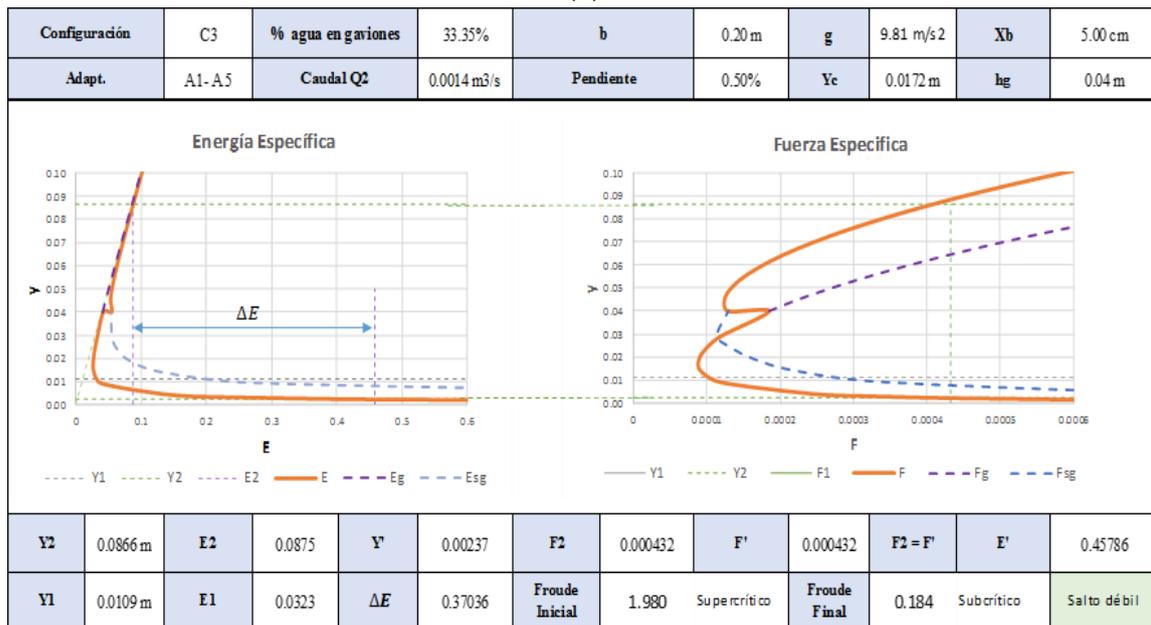


(a)

Configuración 3 / Q2 / $X_b = 5\text{ cm}$



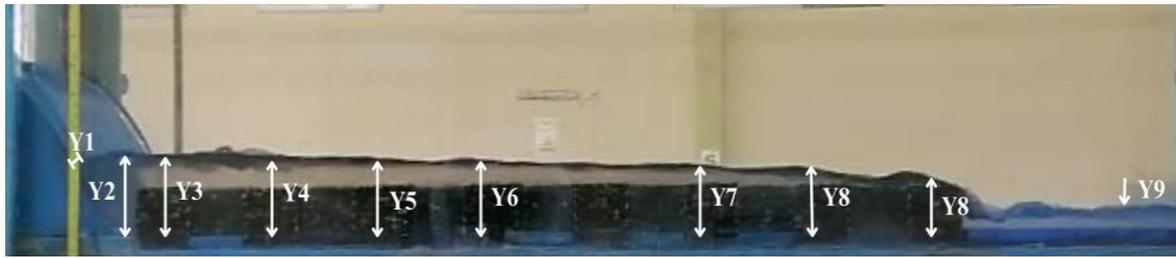
(b)



(c)

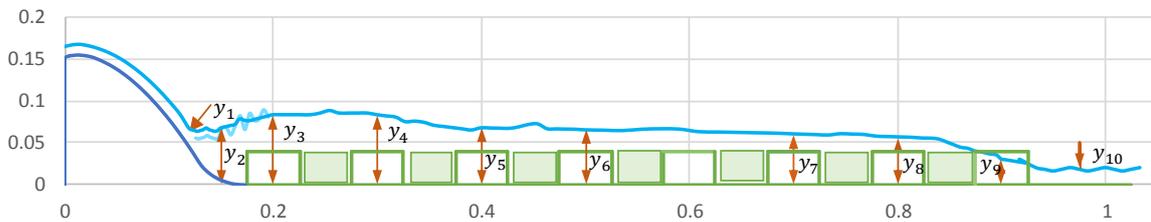
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 60
Configuración N°04 – Caudal 2 – $X_b=0.00$ cm

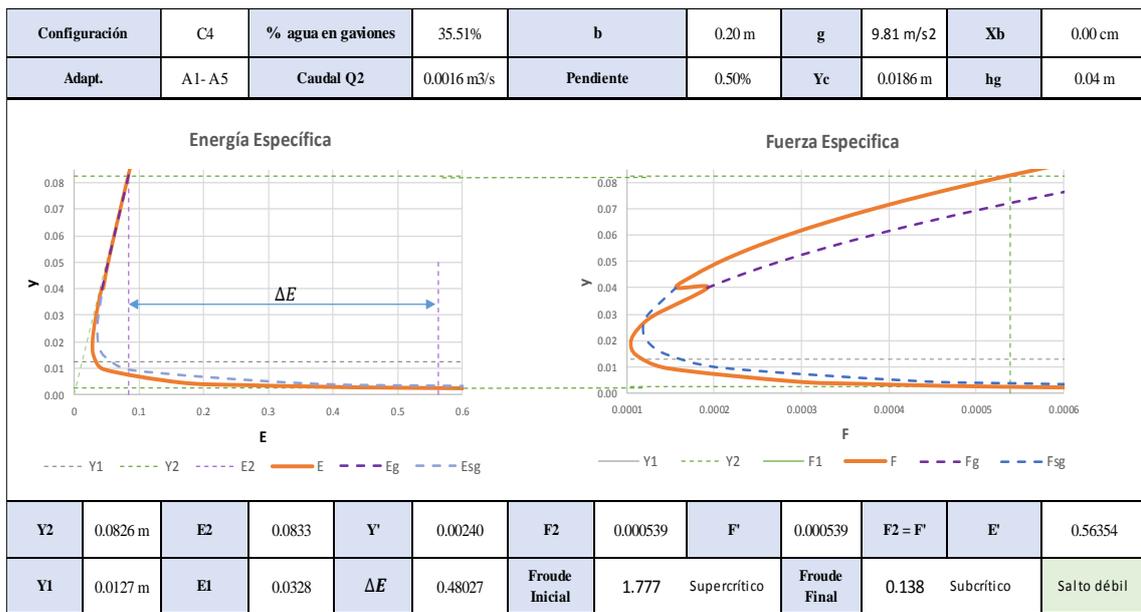


(a)

Configuración 4 / Q2 / $X_b = 0$ cm



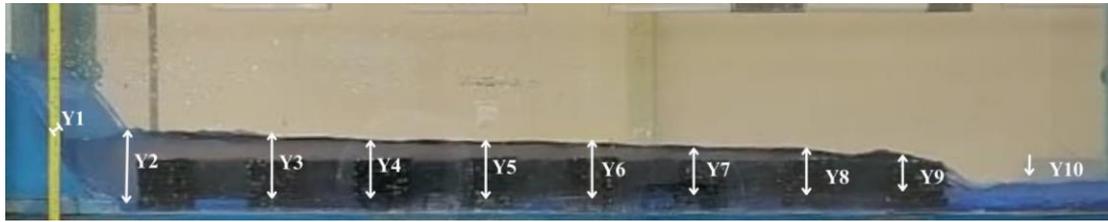
(b)



(c)

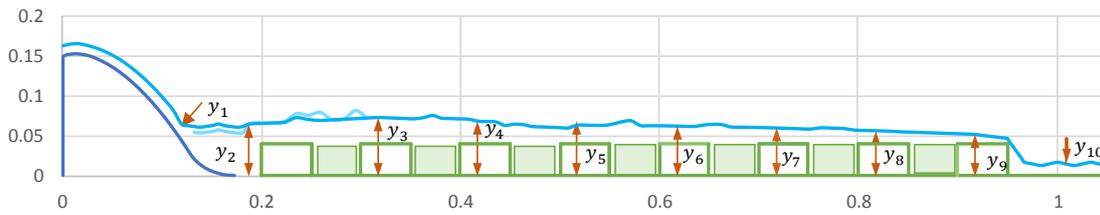
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 61
Configuración N°04 – Caudal 2 – $X_b=2.50$ cm

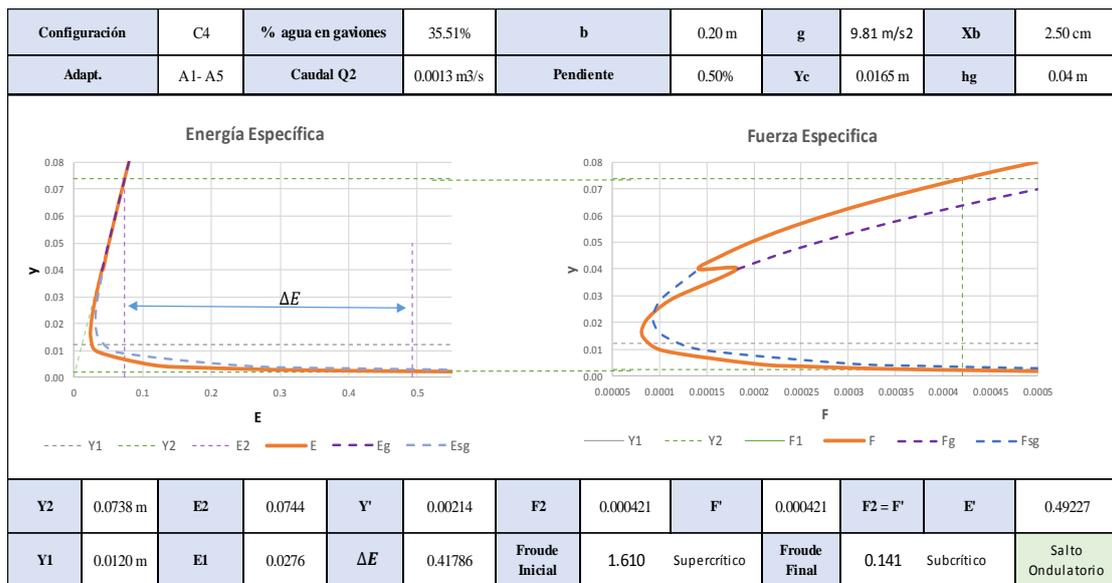


(a)

Configuración 4 / $Q_2 / X_b = 2.50$ cm



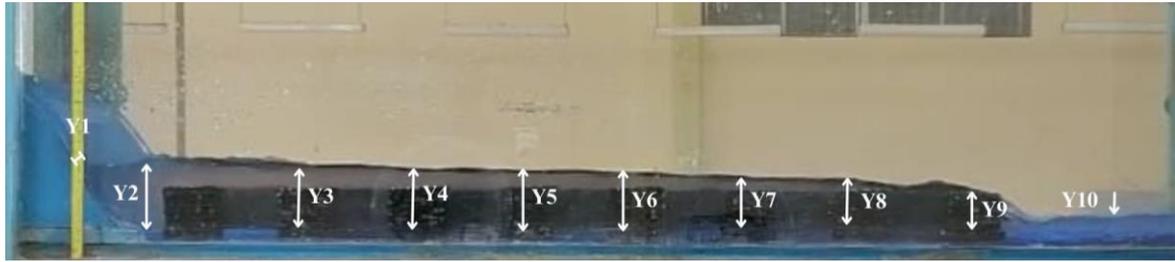
(b)



(c)

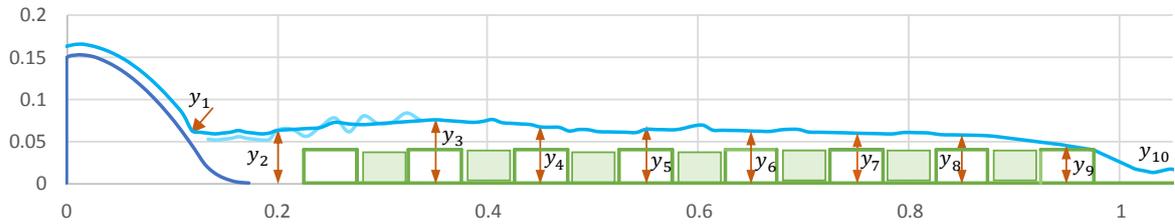
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 62
Configuración N°04 – Caudal 2 – $X_b=5.00\text{ cm}$

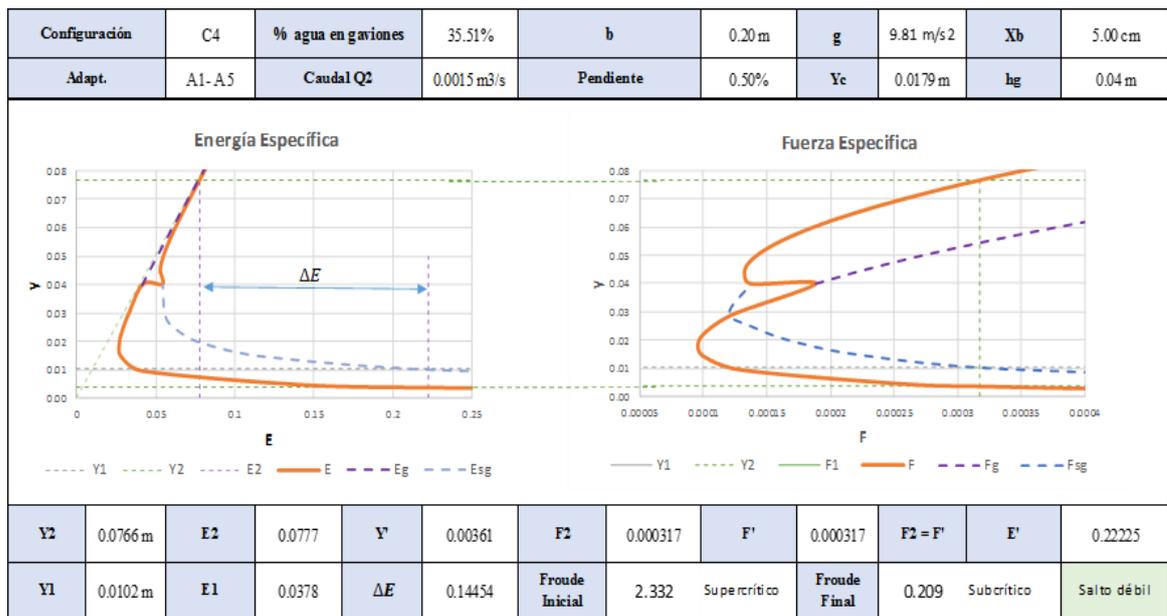


(a)

Configuración 4 / $Q_2 / X_b = 5.00\text{ cm}$



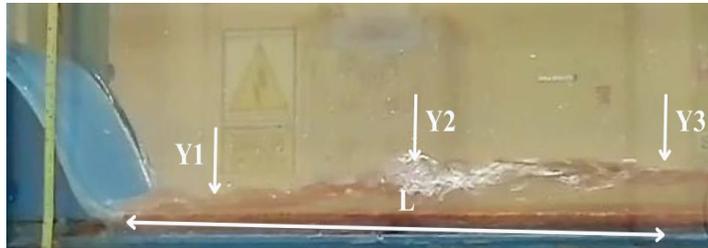
(b)



(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

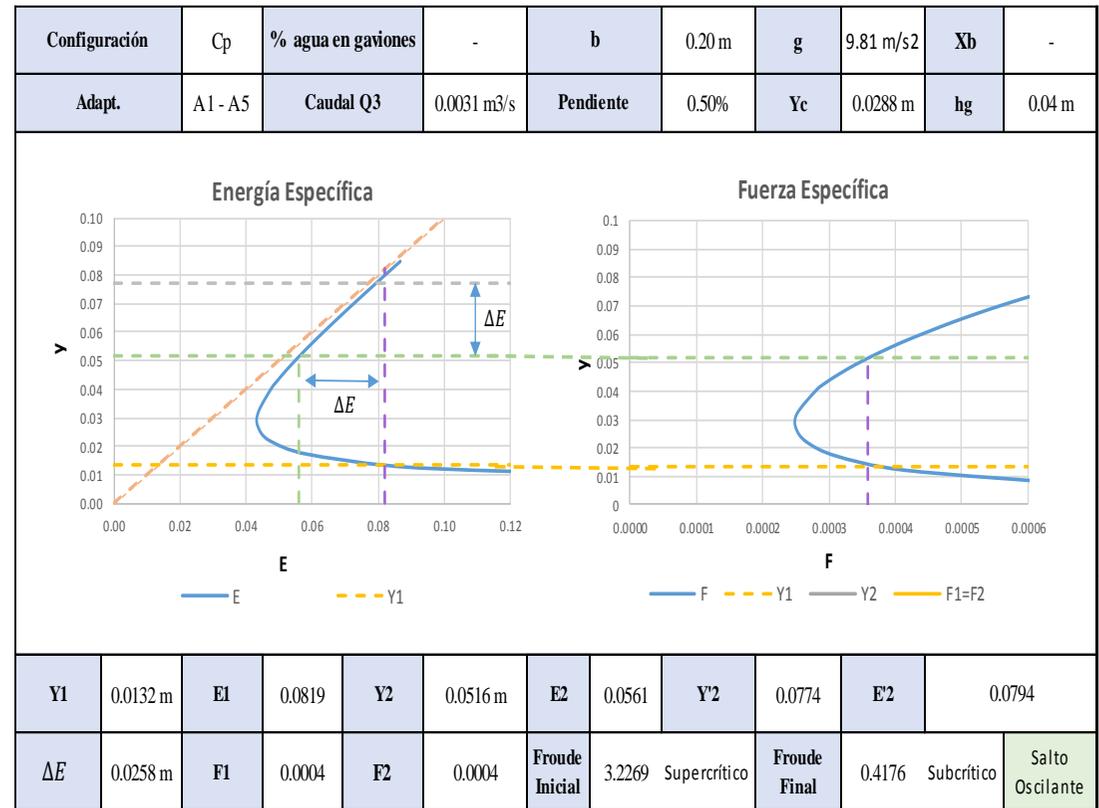
Figura 63
Configuración Patrón - Caudal 3



(a)



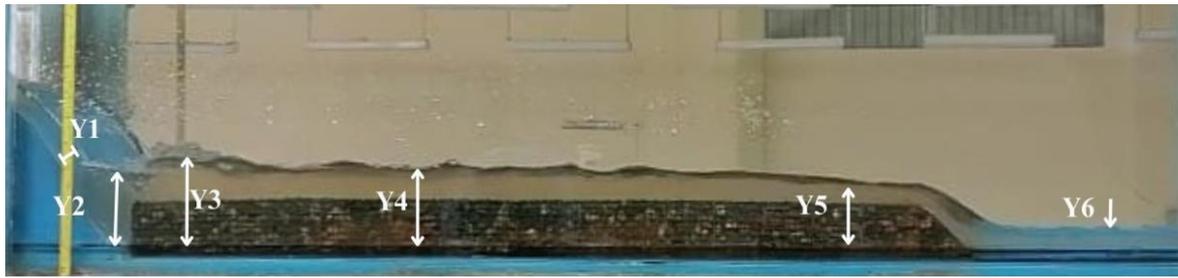
(b)



(c)

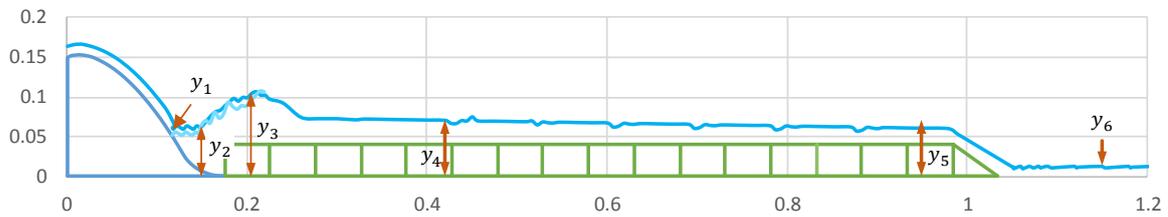
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 64
Configuración N°01 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm

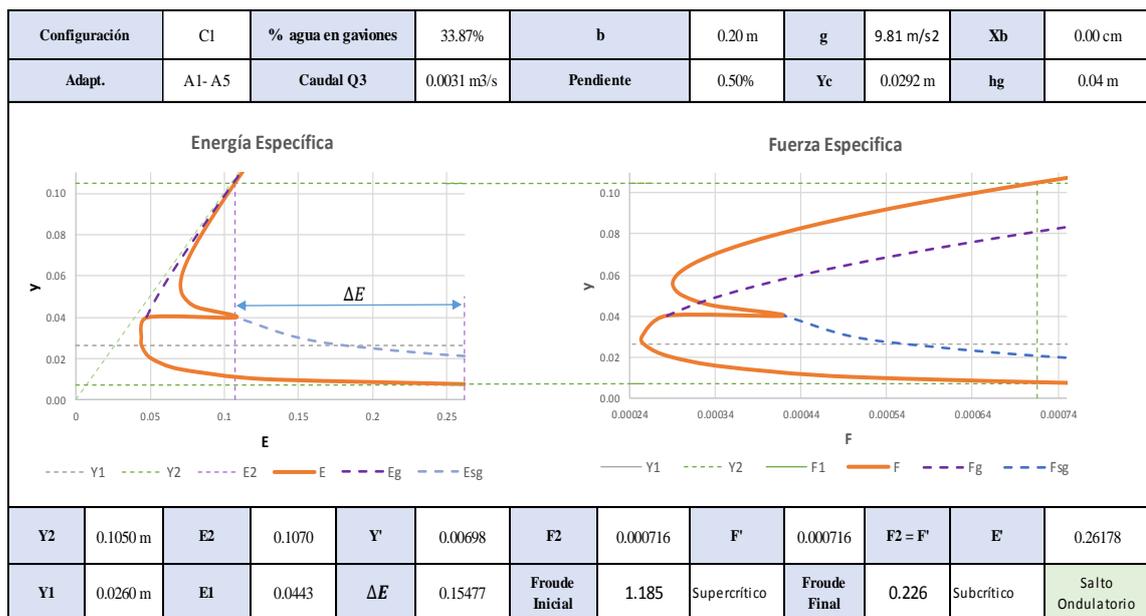


(a)

Configuración 1 / Q3 / $X_b = 0$ cm



(b)



(c)

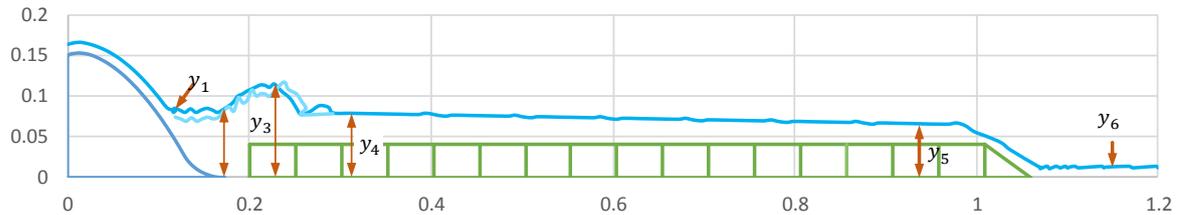
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 65
Configuración N°01 – Caudal 3 – $X_b=2.50$ cm

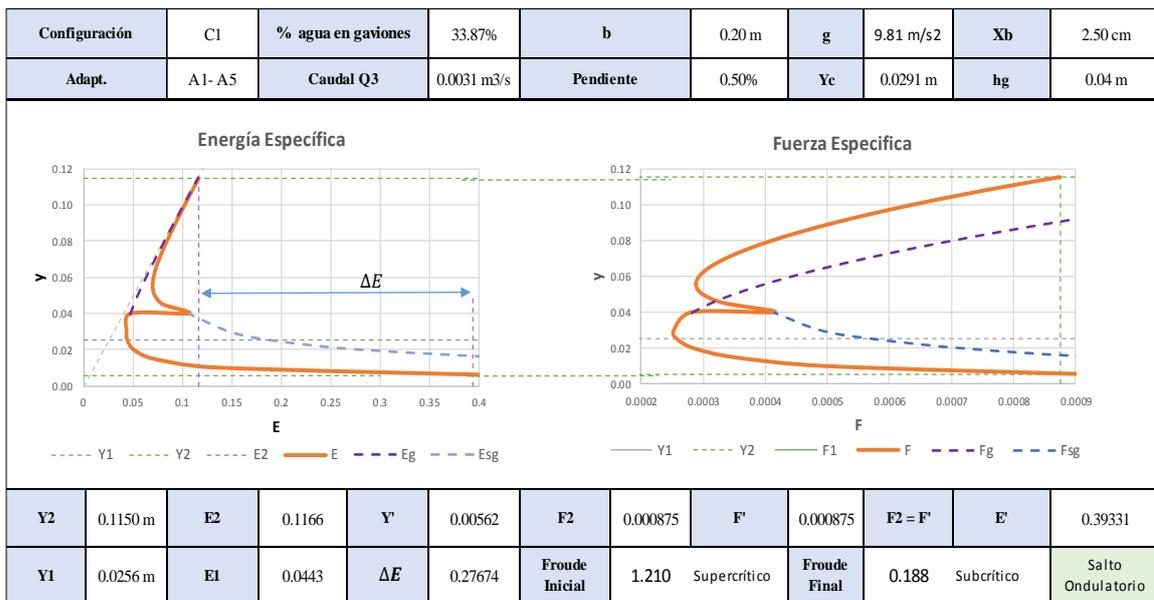


(a)

Configuración 1 / Q3 / $X_b = 2.5$ cm



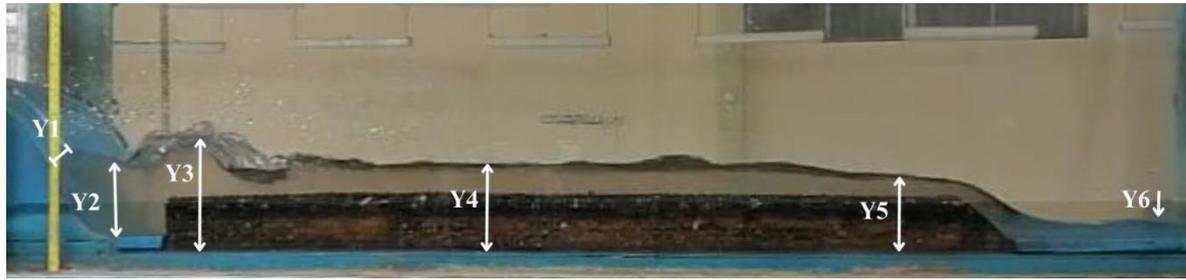
(b)



(c)

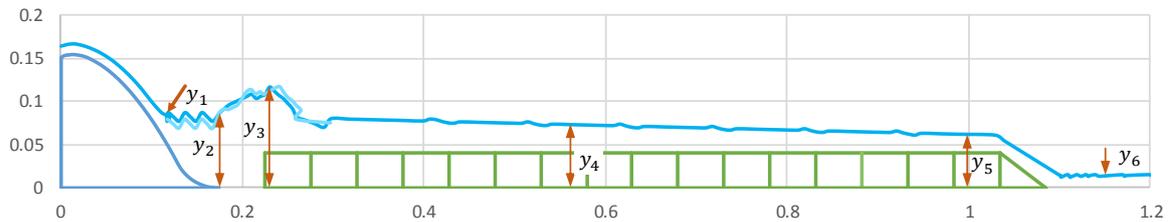
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 66
 Configuración N°01 – Caudal 3 – $X_b=5.00\text{ cm}$

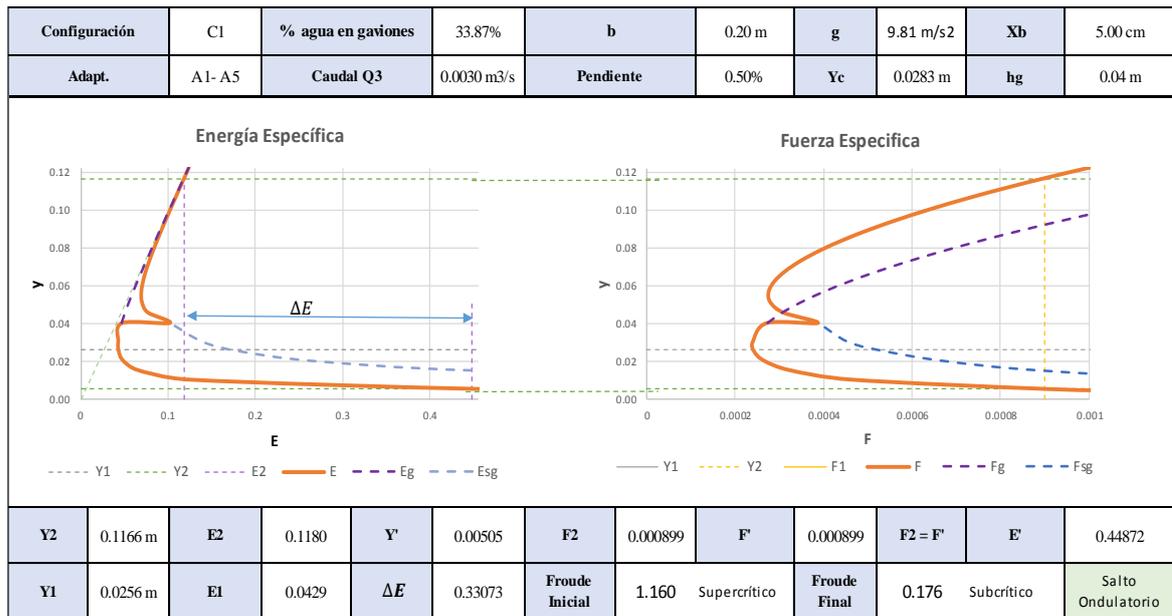


(a)

Configuración 1 / Q3 / $X_b = 5\text{ cm}$



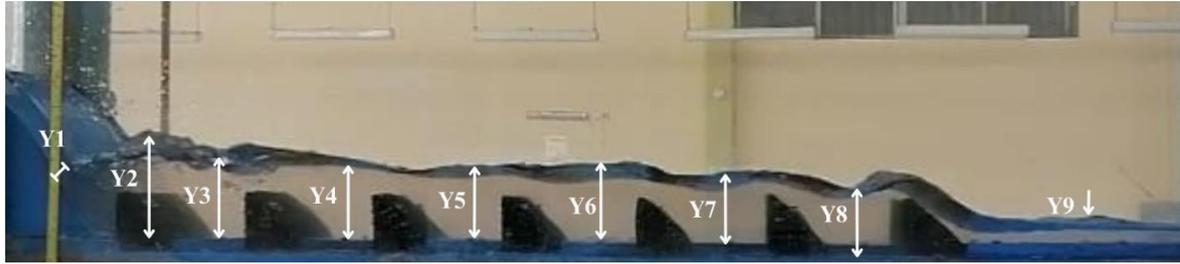
(b)



(c)

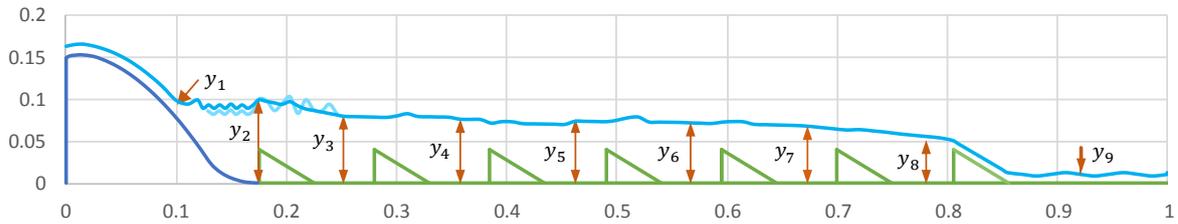
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 67
Configuración N°02 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm

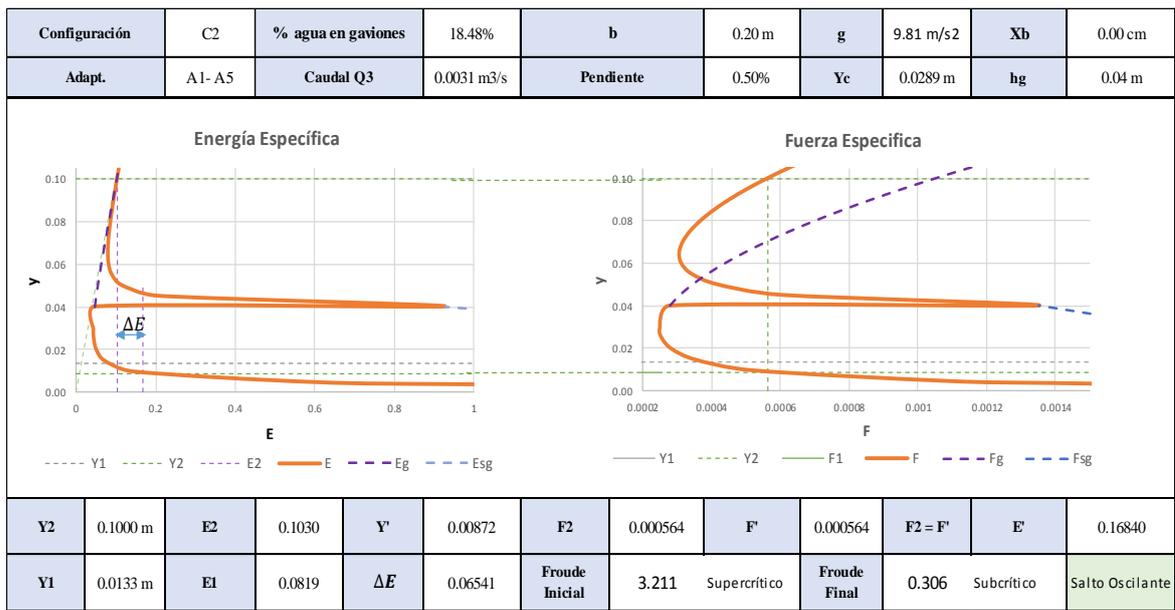


(a)

Configuración 2 / Q3 / $X_b = 0$ cm



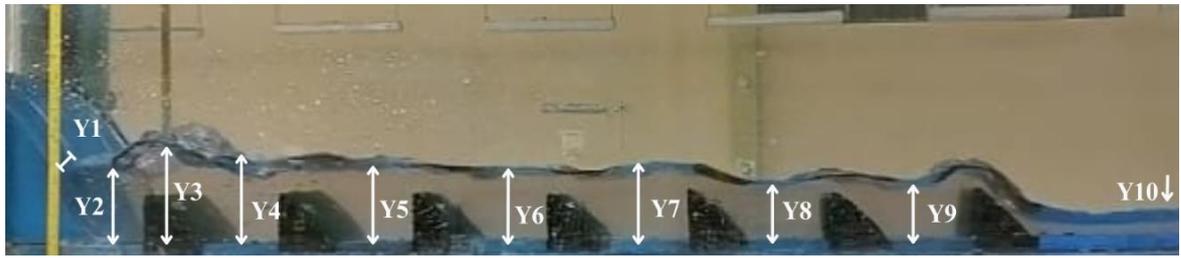
(b)



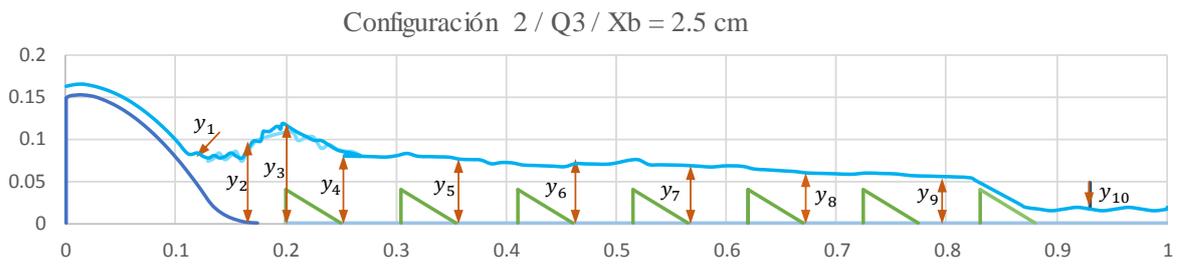
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

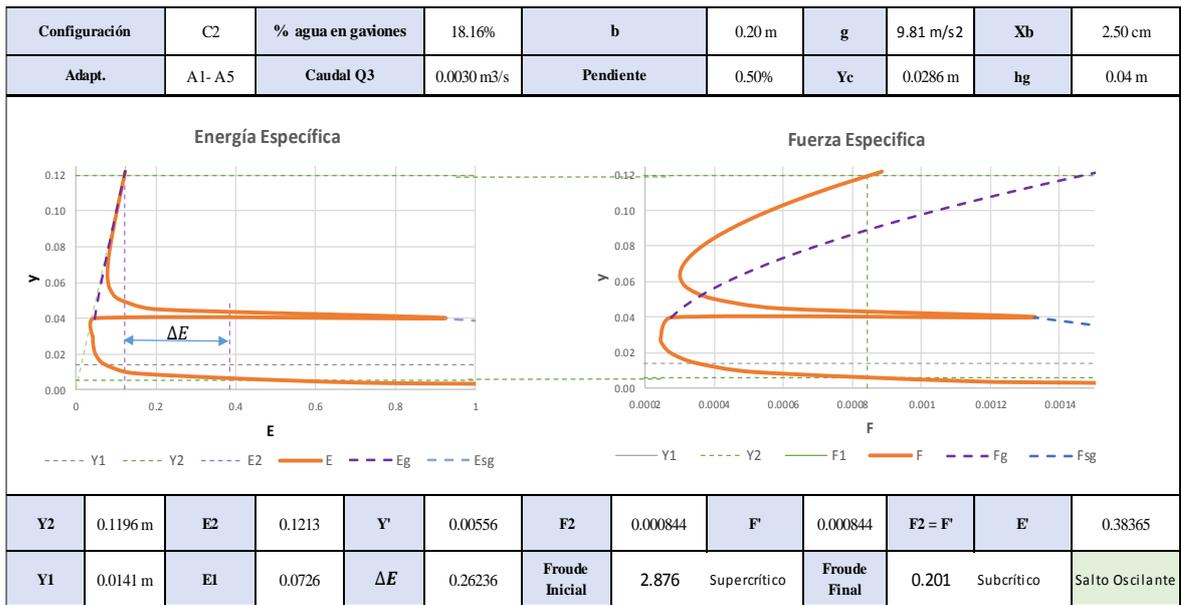
Figura 68
Configuración N°02 – Caudal 3 – $X_b=2.50\text{ cm}$



(a)



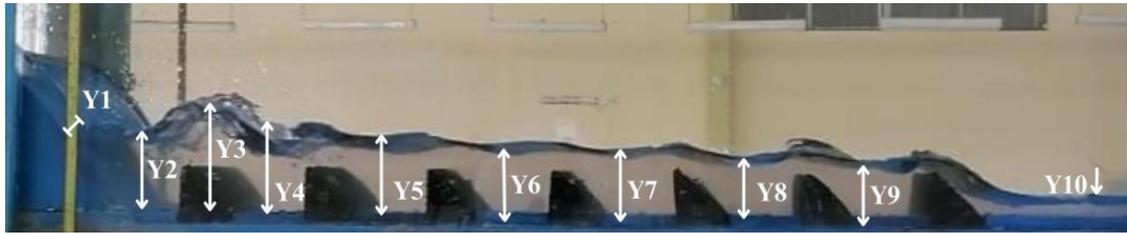
(b)



(c)

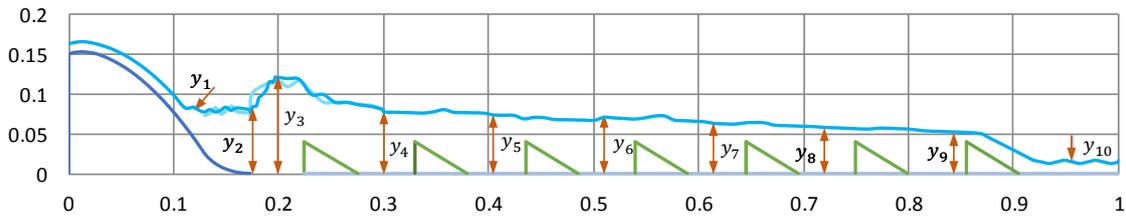
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 69
 Configuración N°02 – Caudal 3 – $X_b=5.00\text{ cm}$

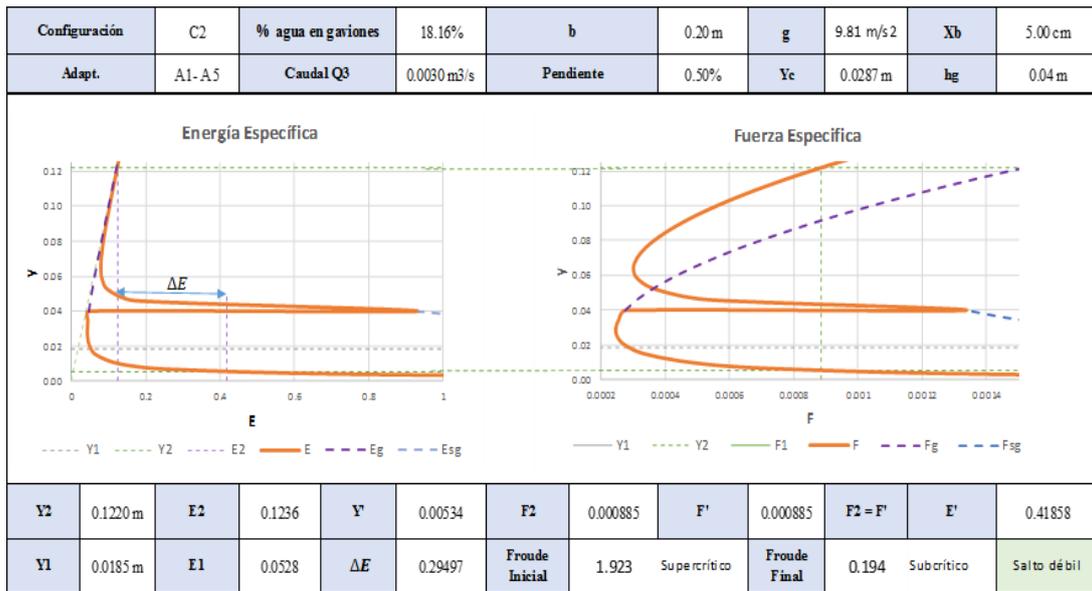


(a)

Configuración 2 / Q3 / $X_b = 5.0\text{ cm}$



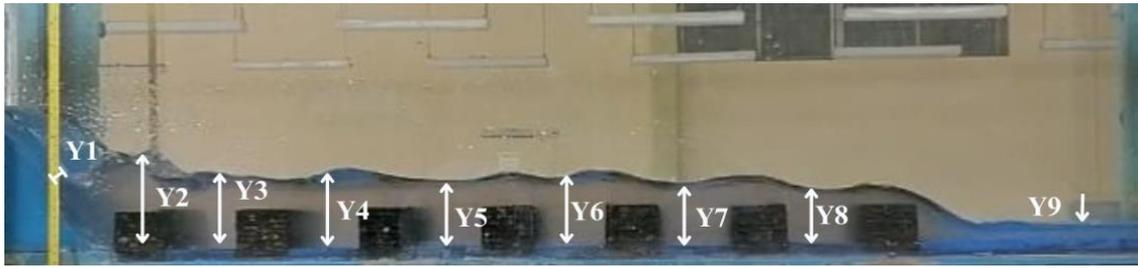
(b)



(c)

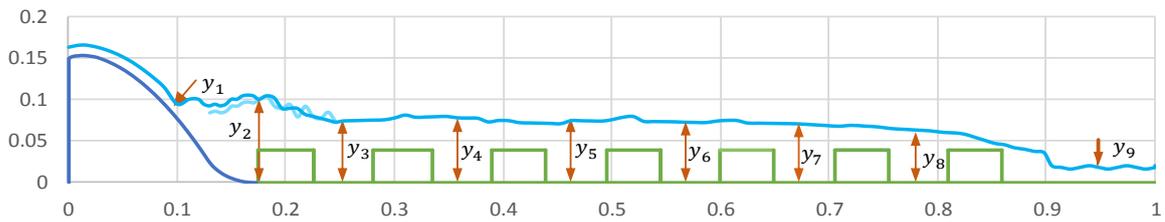
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 70
Configuración N°03 – Caudal 3 – $X_b=0.00\text{ cm}$

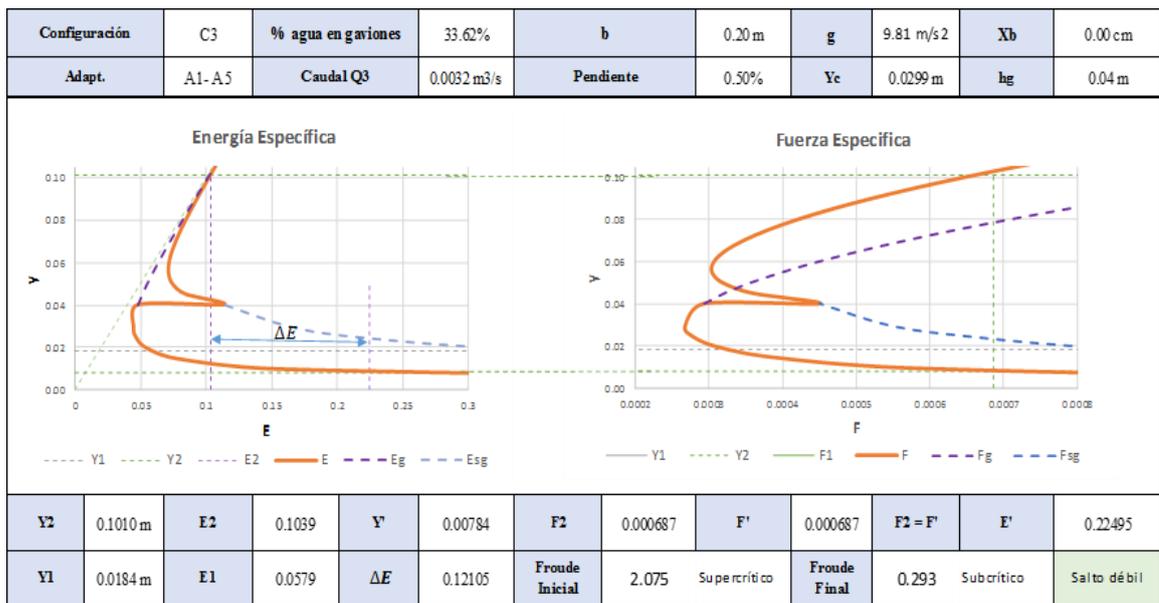


(a)

Configuración 3 / Q3 / $X_b = 0\text{ cm}$



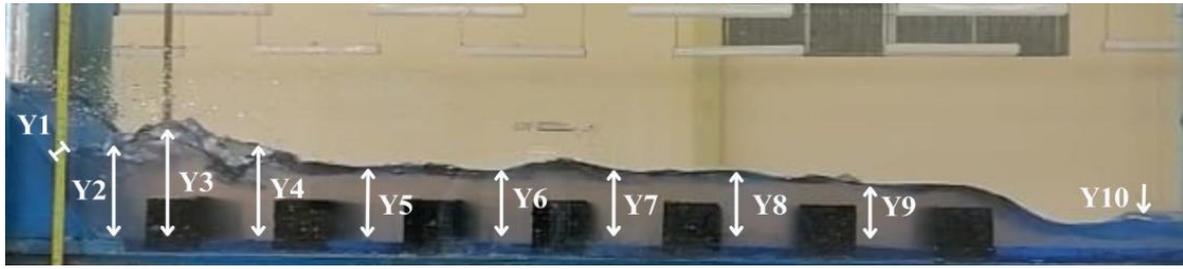
(b)



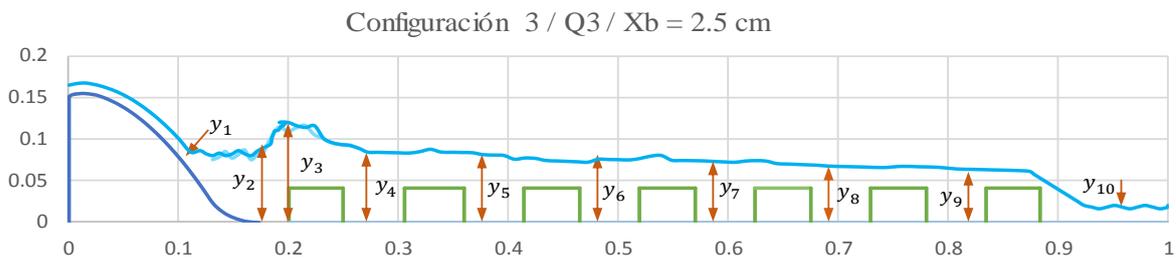
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

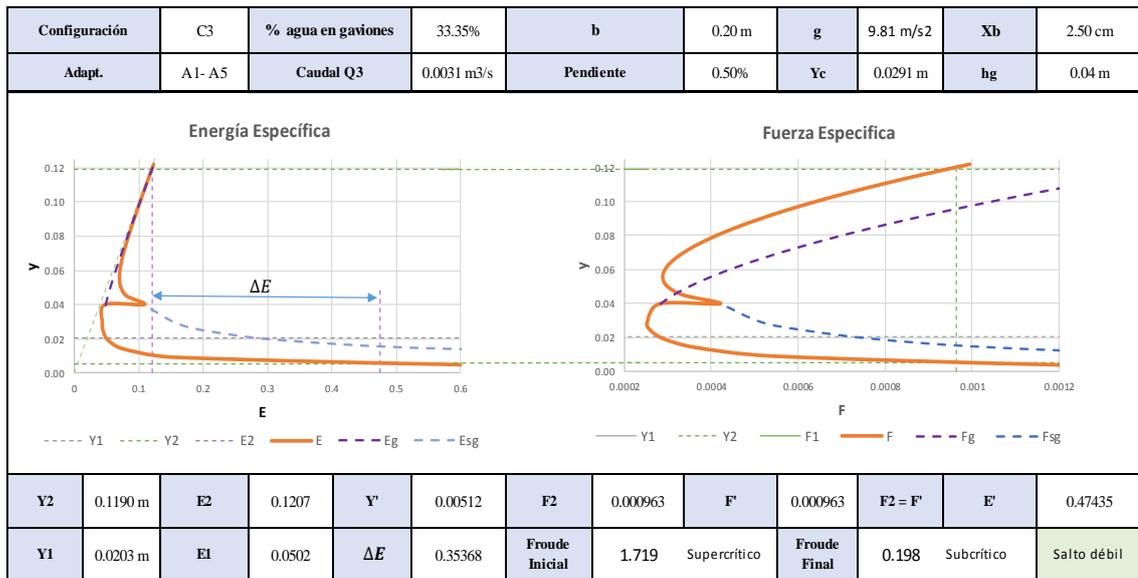
Figura 71
Configuración N°03 – Caudal 3 – $X_b=2.50\text{ cm}$



(a)



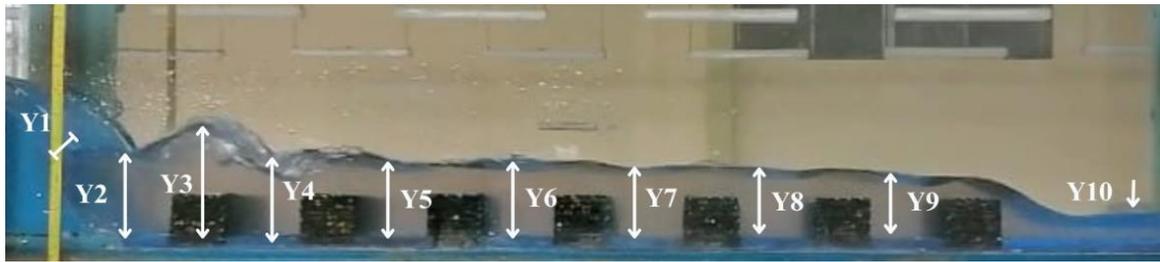
(b)



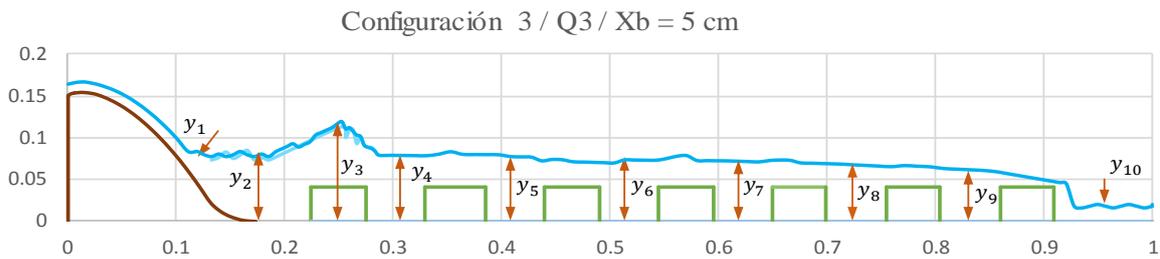
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

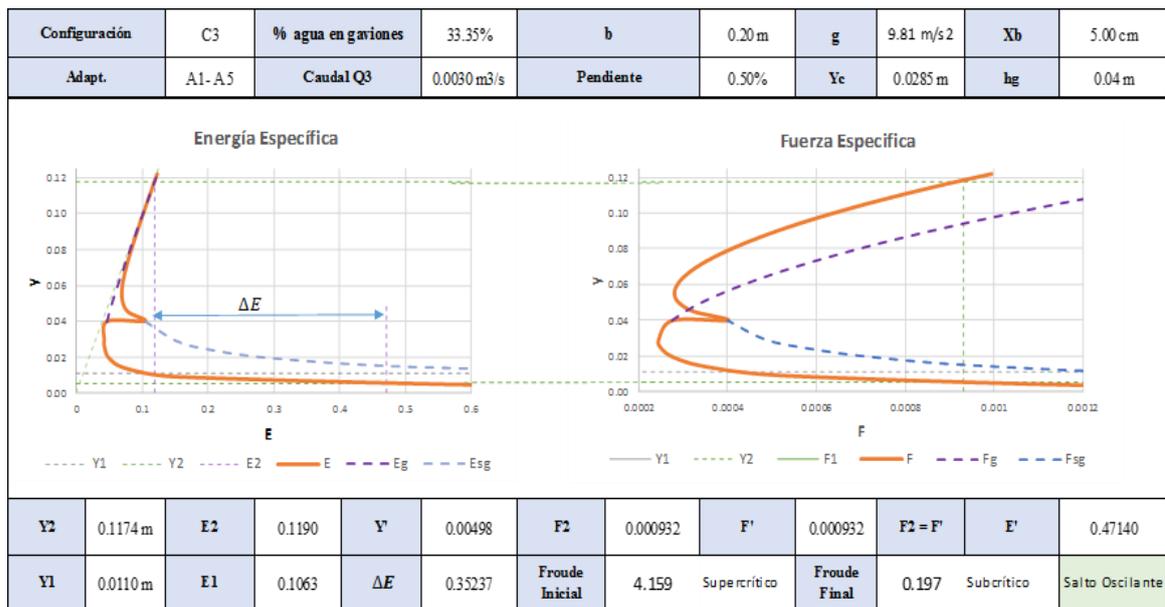
Figura 72
 Configuración N°03 – Caudal 3 – $X_b=5.00\text{ cm}$



(a)



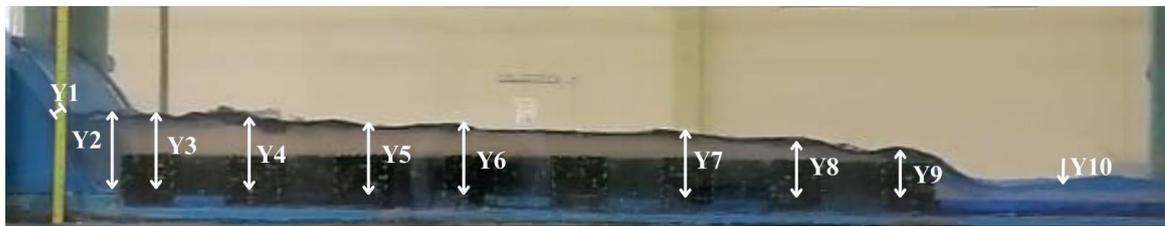
(b)



(c)

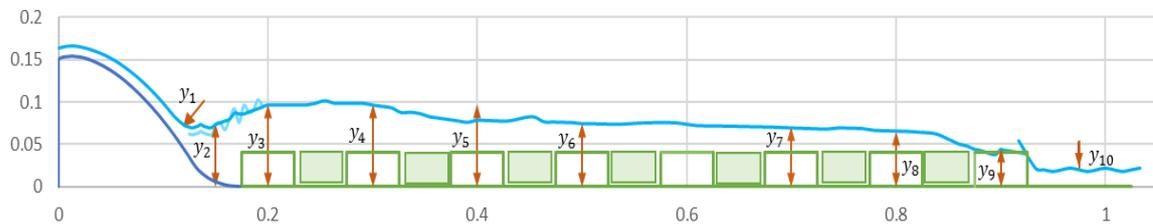
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 73
Configuración N°04 – Caudal 3 – $X_b=0.00$ cm

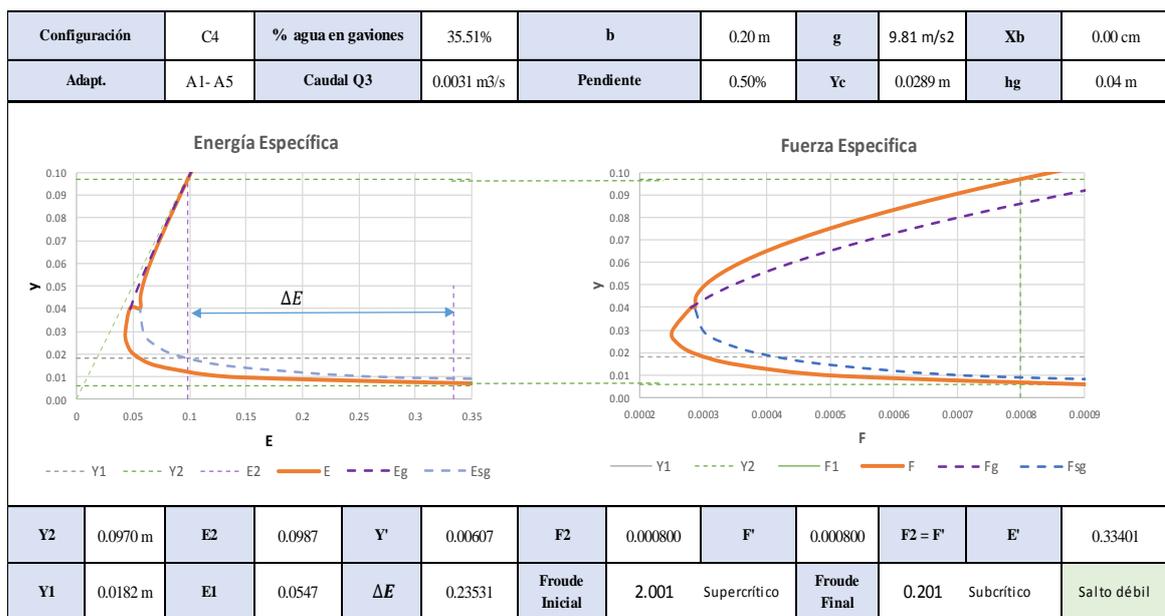


(a)

Configuración 4 / Q3 / $X_b = 0$ cm



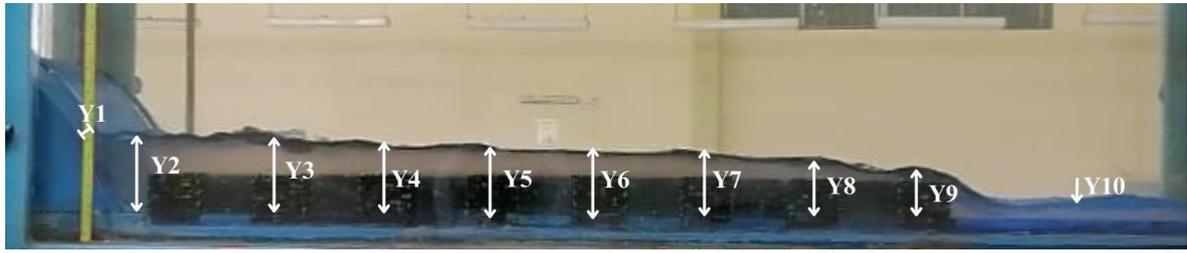
(b)



(c)

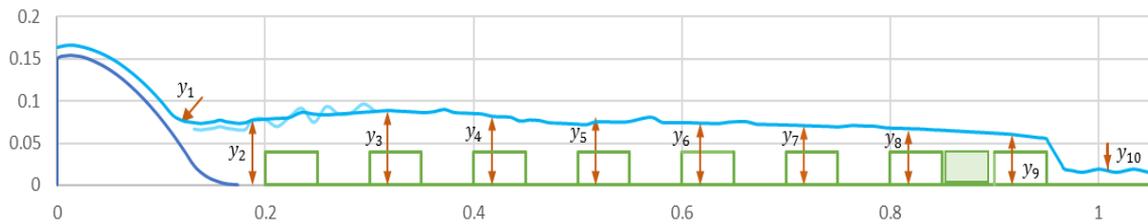
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 74
Configuración N°04 – Caudal 3 – $X_b=2.50$ cm

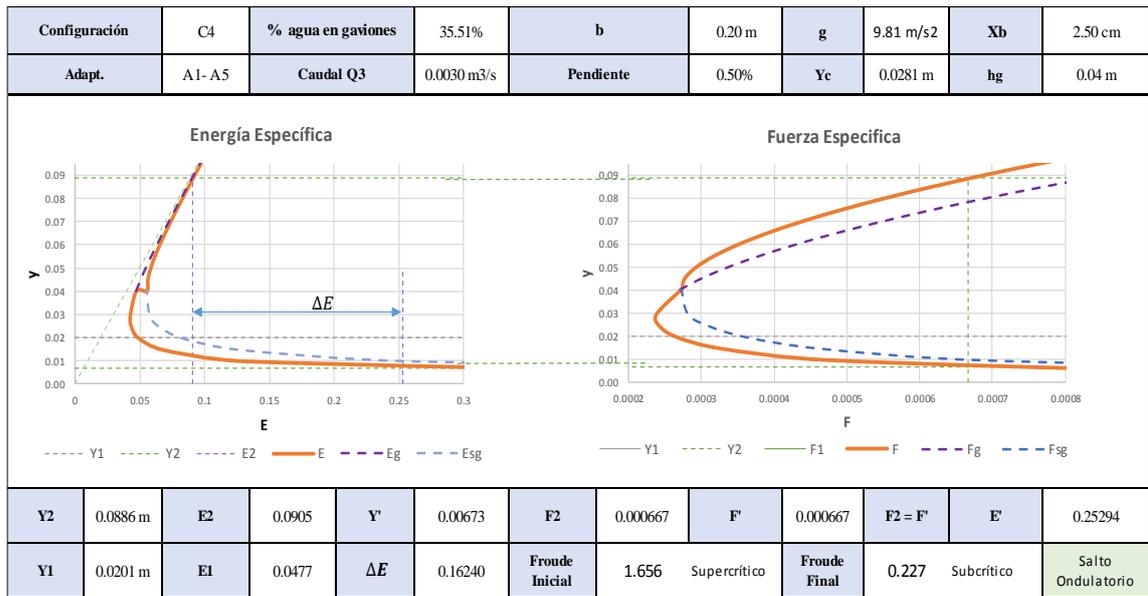


(a)

Configuración 4 / Q3 / $X_b = 2.50$ cm



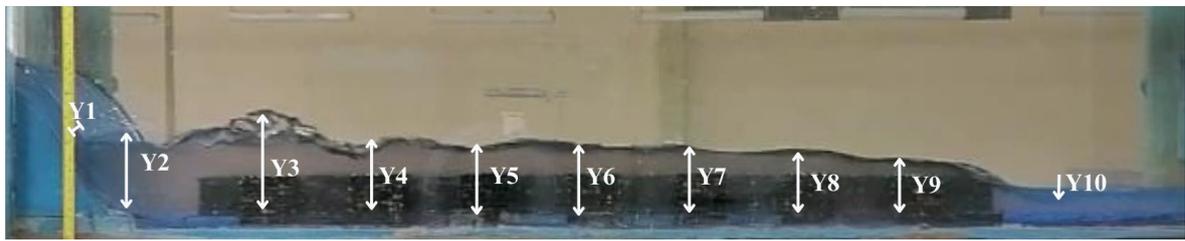
(b)



(c)

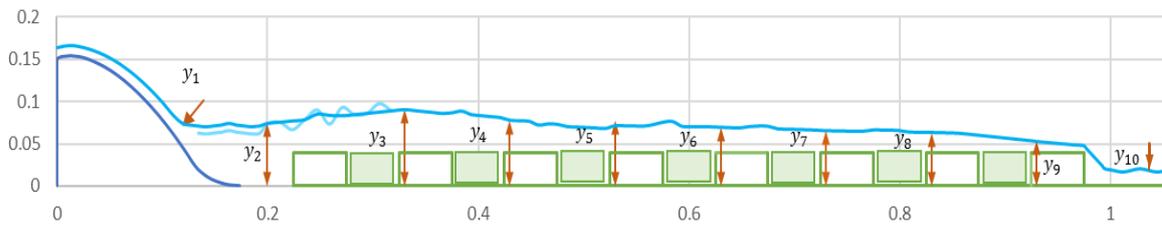
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 75
 Configuración N°04 – Caudal 3 – $X_b=5.00\text{ cm}$

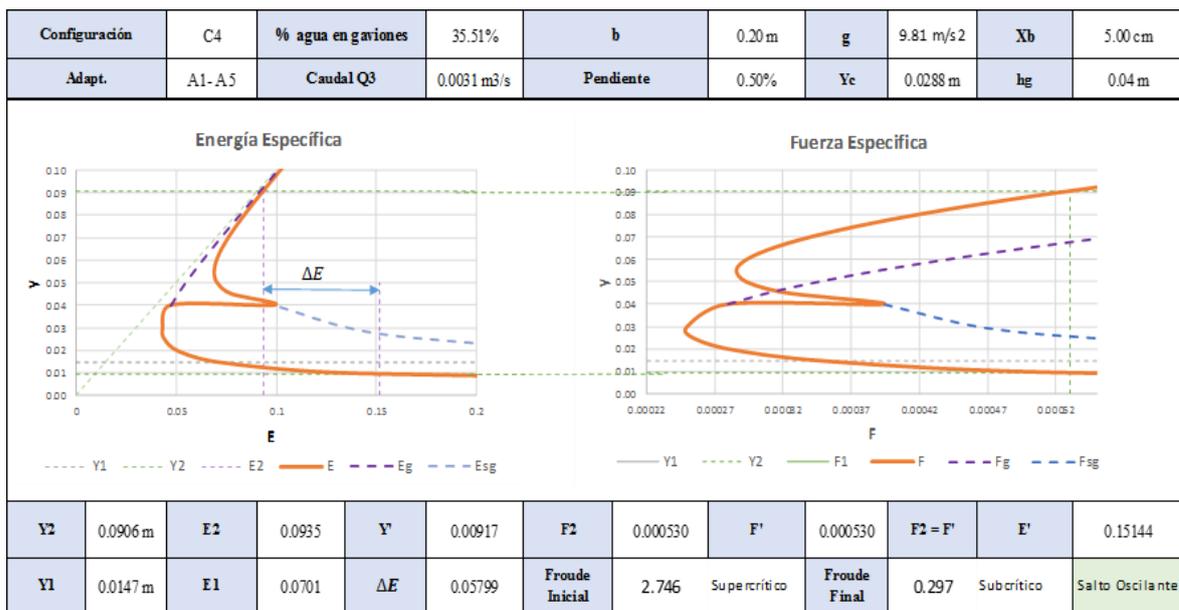


(a)

Configuración 4 / Q3 / $X_b = 5.00\text{ cm}$



(b)

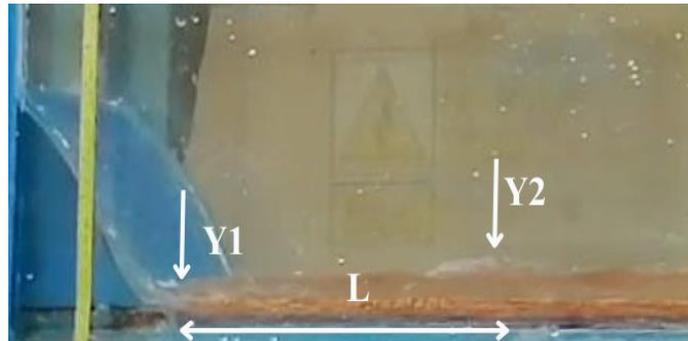


(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

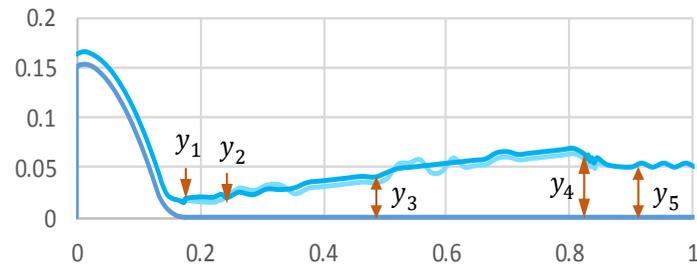
Figura 76

Configuración Patrón - Caudal 4

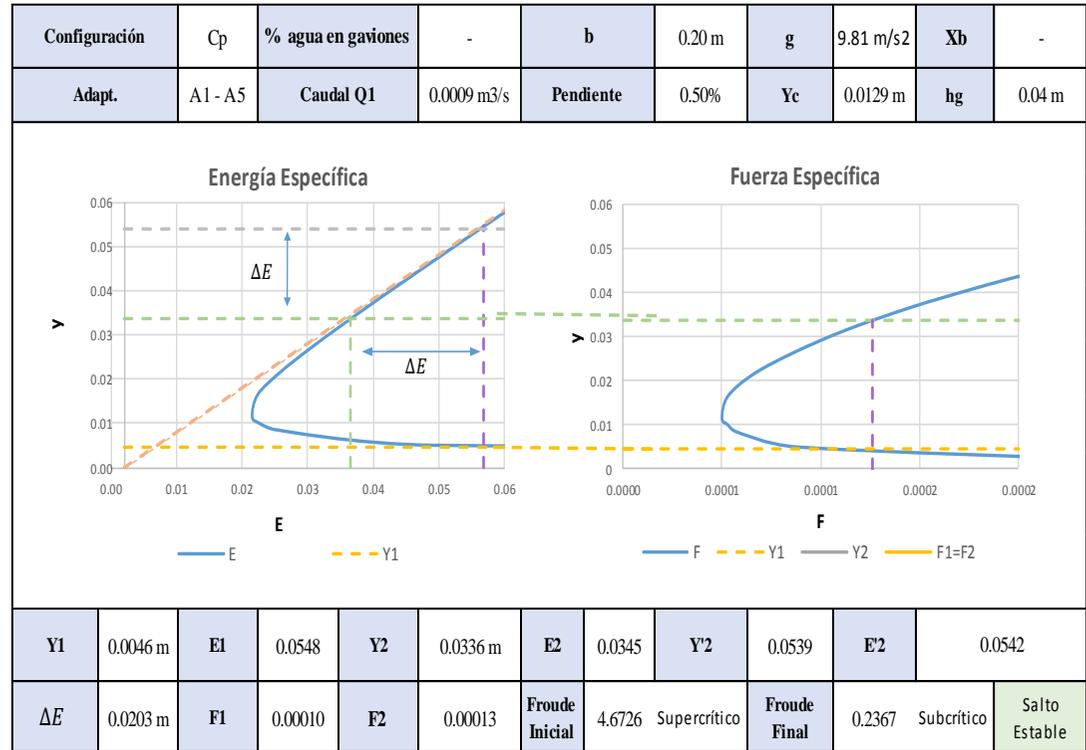


(a)

Configuración Patrón / Q4



(b)

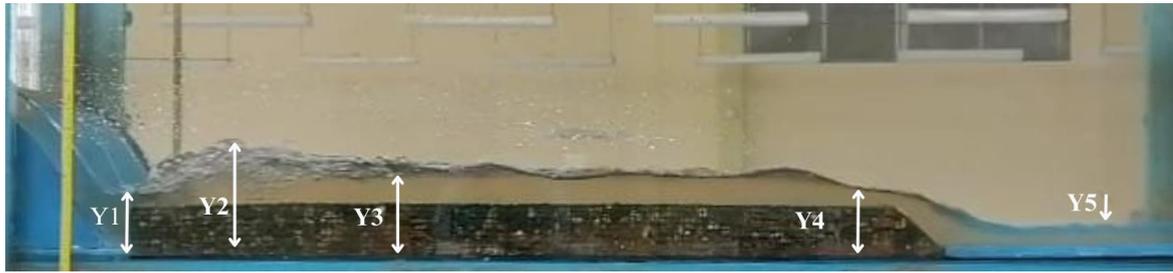


(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel.

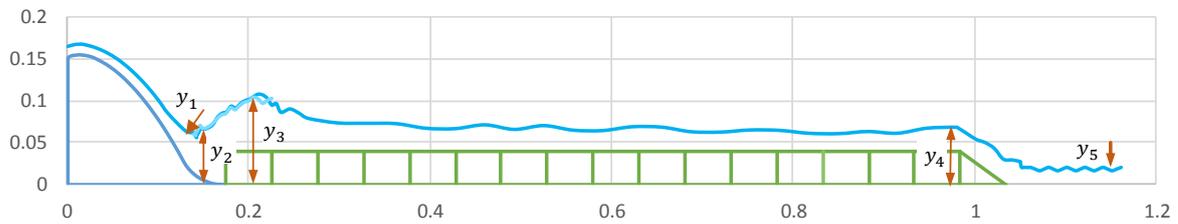
(c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 77
Configuración N°01 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm

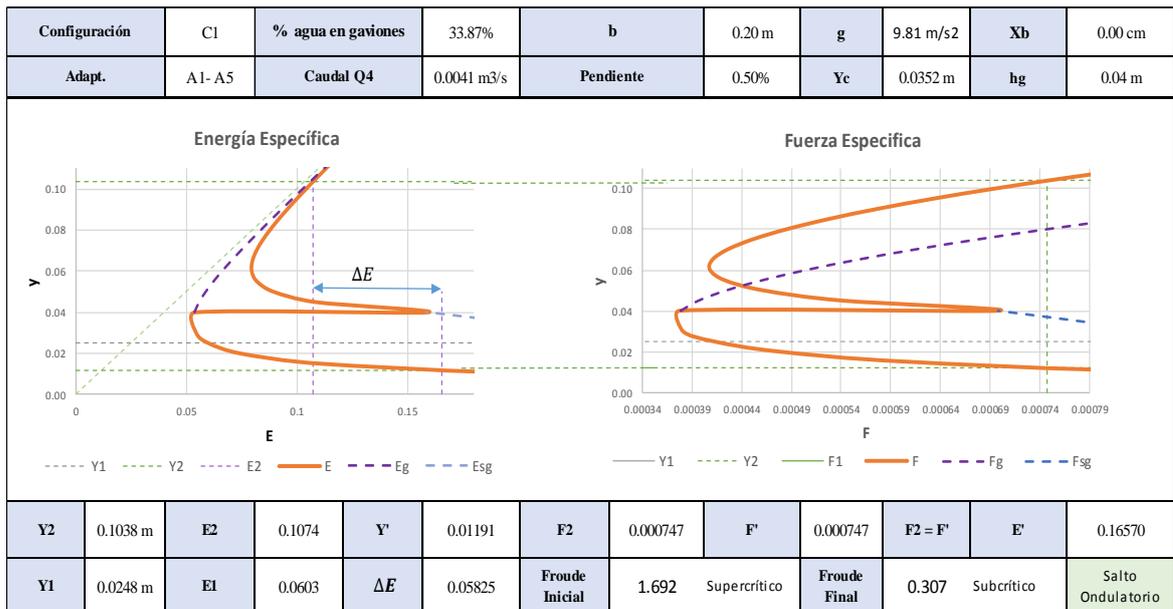


(a)

Configuración 1 / Q4 / $X_b = 0$ cm



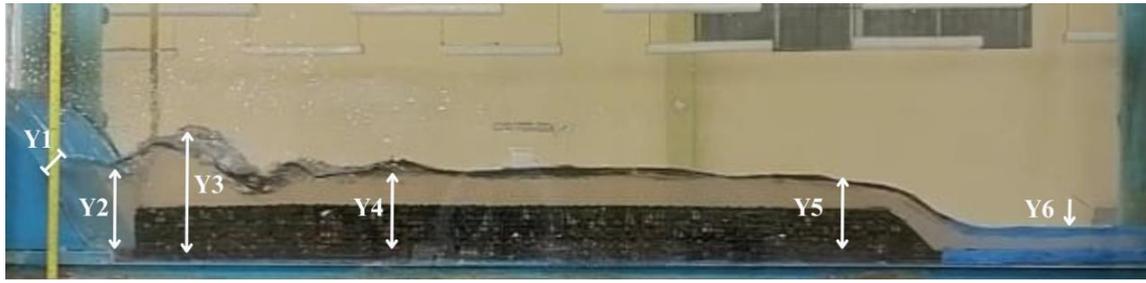
(b)



(c)

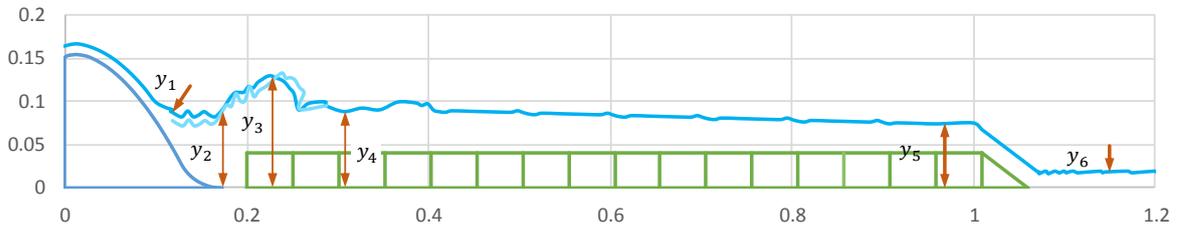
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 78
Configuración N°01 – Caudal 4 – $X_b=2.50\text{ cm}$

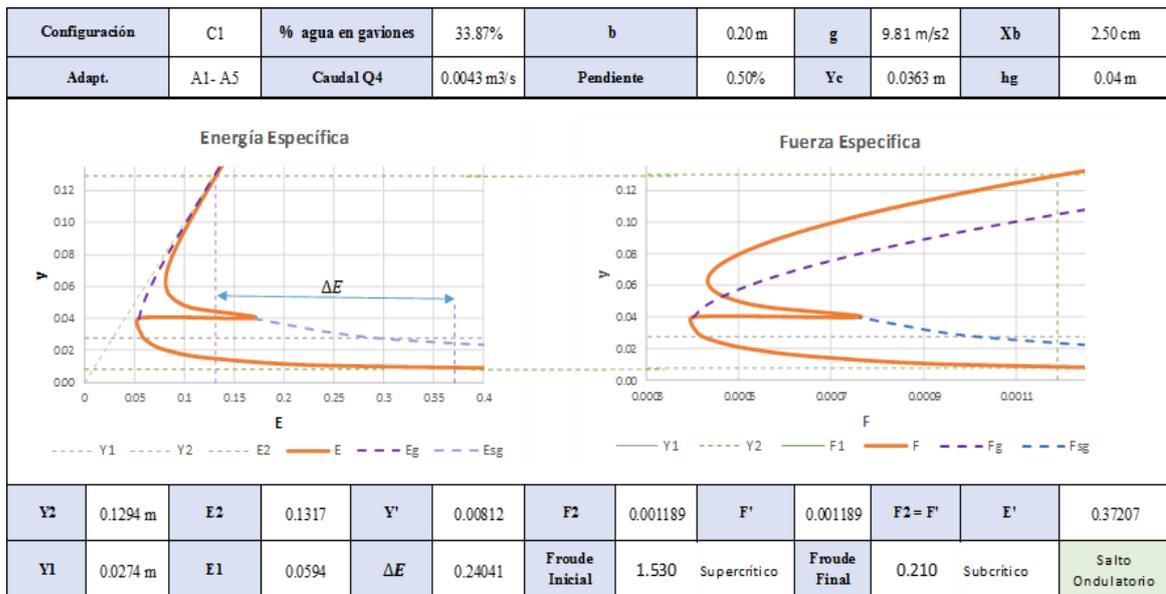


(a)

Configuración 1 / $Q_4 / X_b = 2.5\text{ cm}$



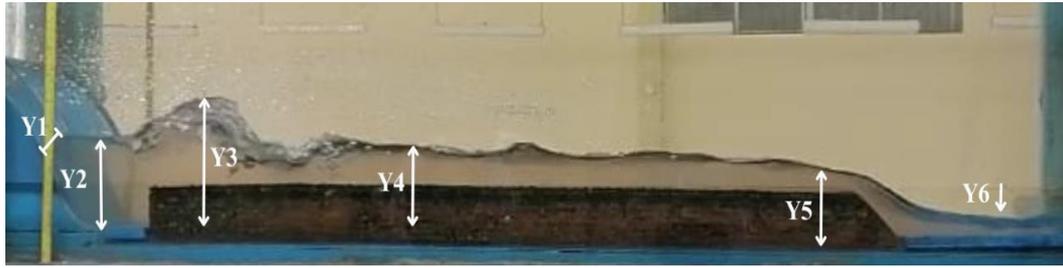
(b)



(c)

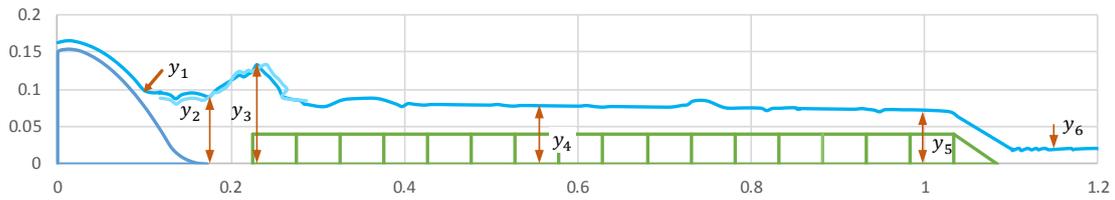
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 79
Configuración N°01 – Caudal 4 – $Xb=5.00\text{ cm}$

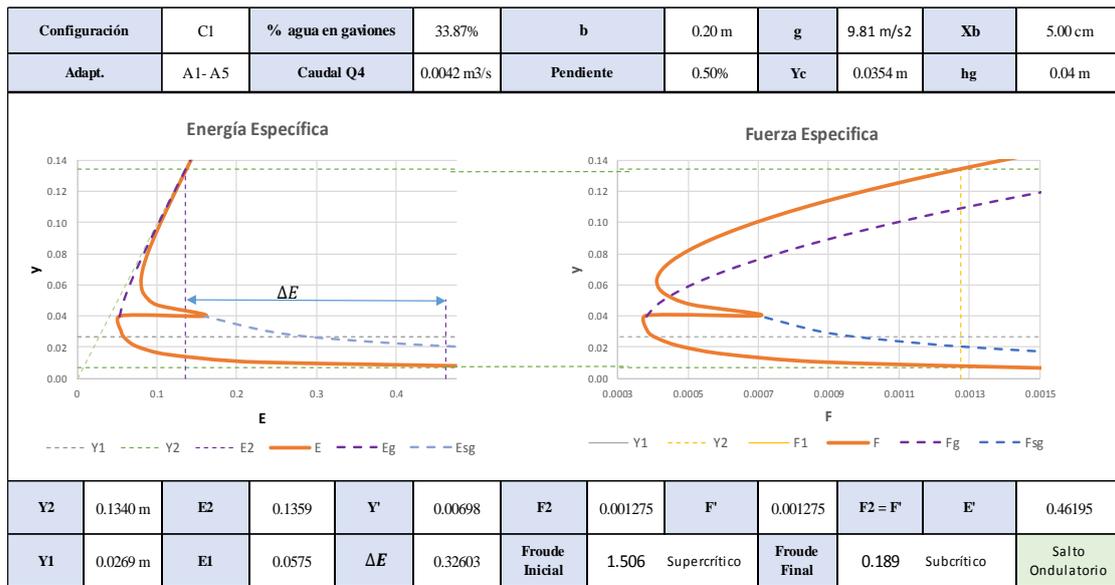


(a)

Configuración 1 / Q4 / $Xb = 5\text{ cm}$



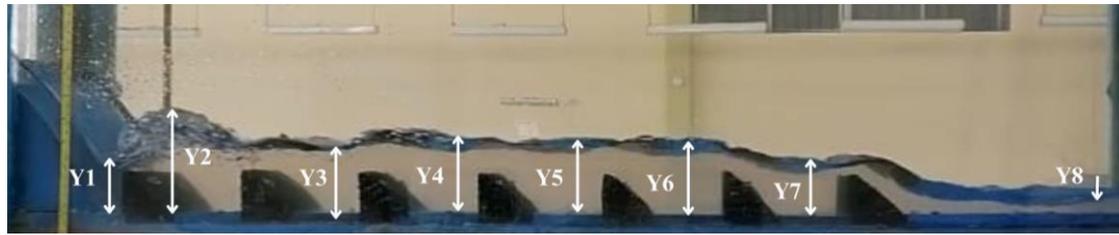
(b)



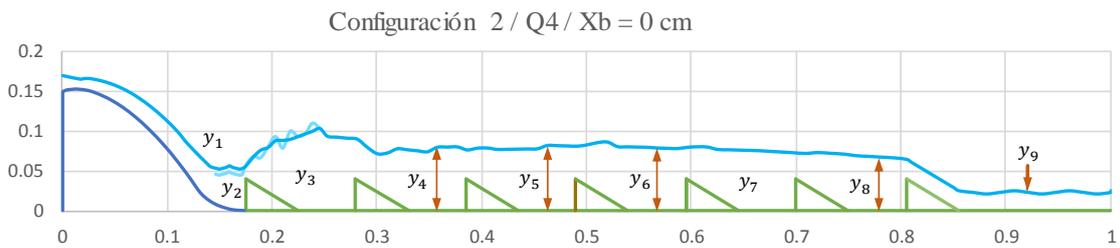
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

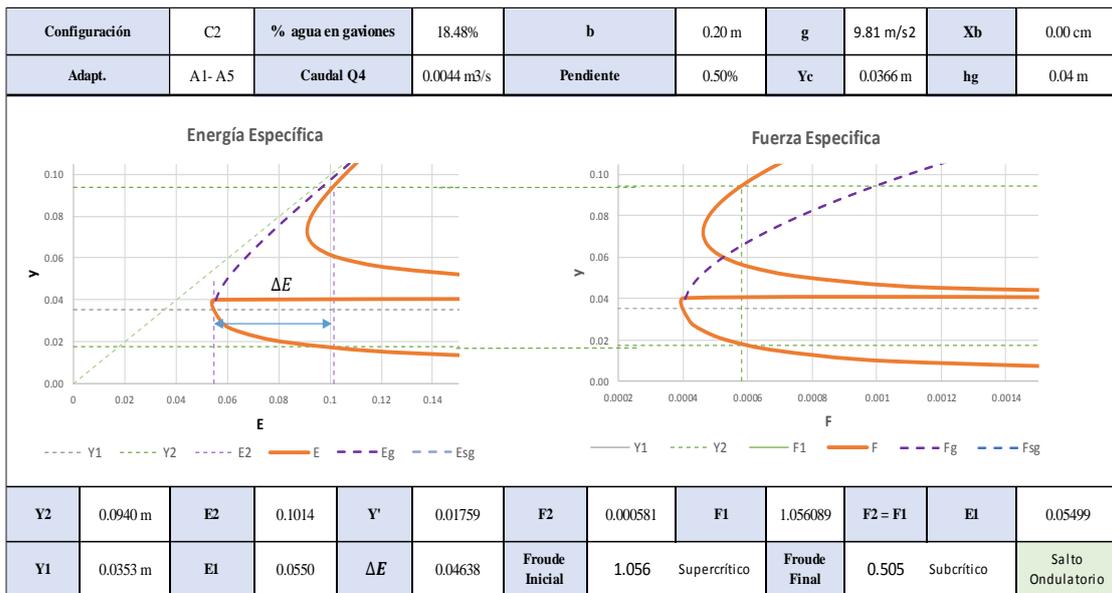
Figura 80
Configuración N°02 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm



(a)



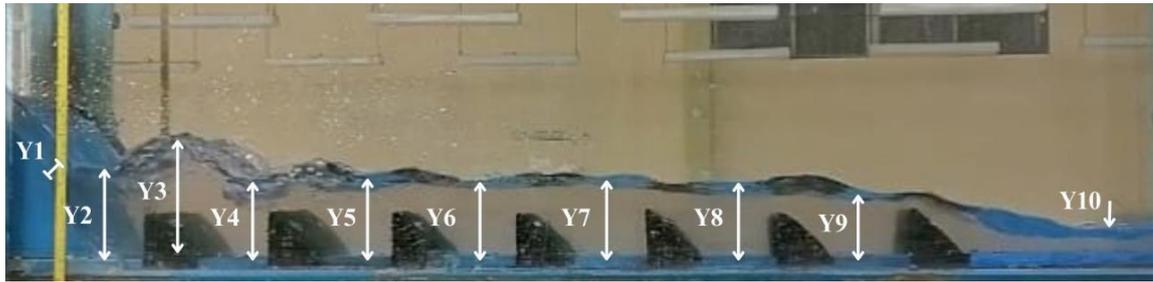
(b)



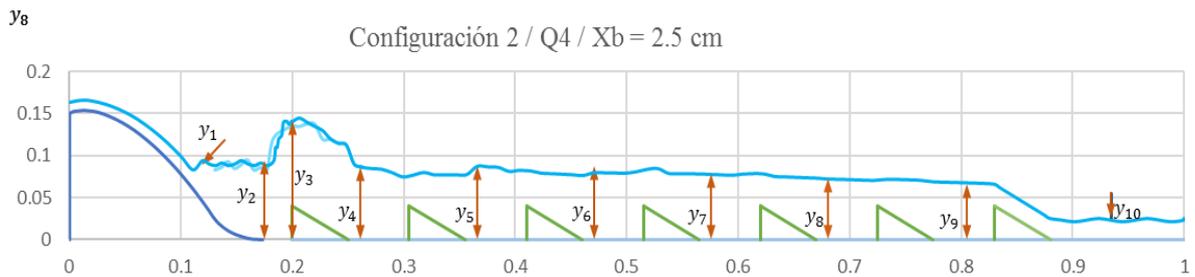
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

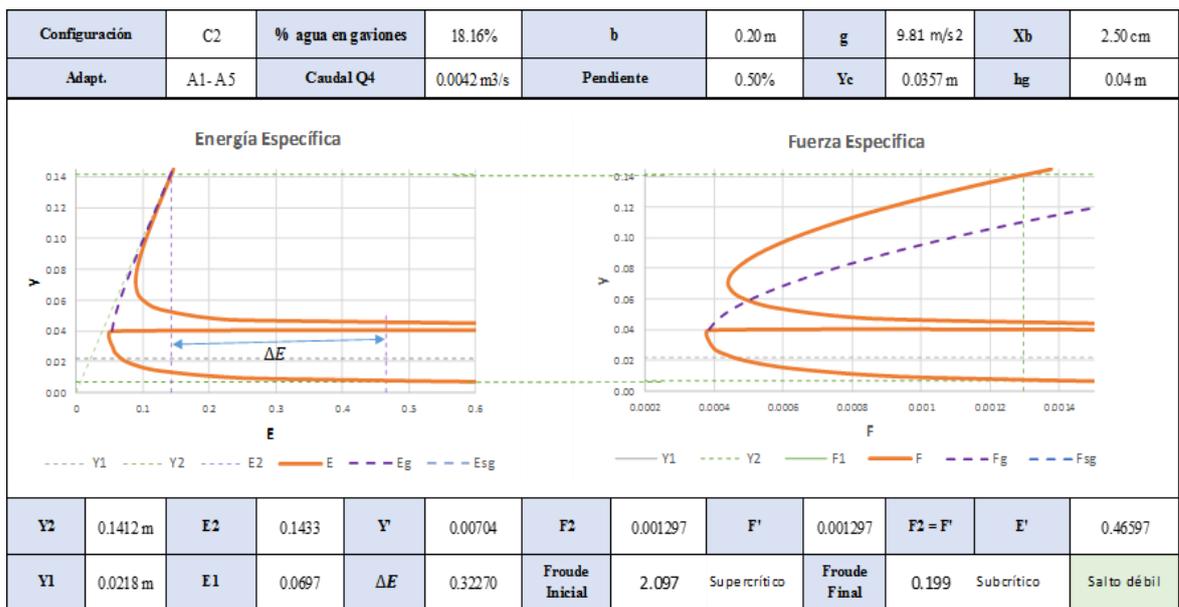
Figura 81
Configuración N°02 – Caudal 4 – $X_b=2.50$ cm



(a)



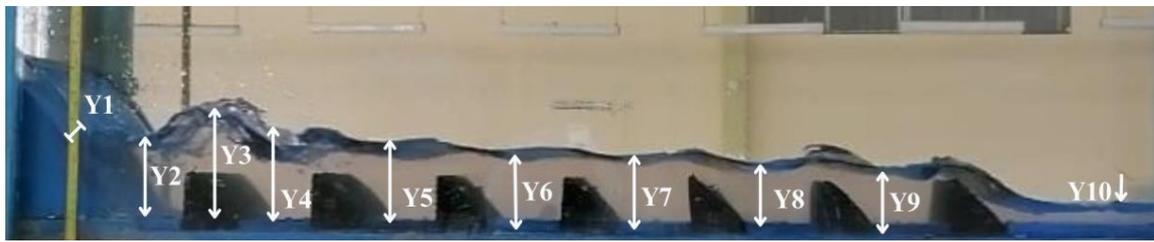
(b)



(c)

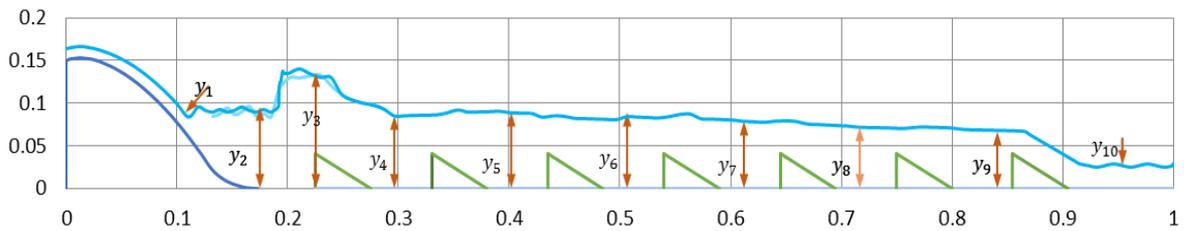
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 82
Configuración N°02 – Caudal 4 – $X_b=5.00\text{ cm}$

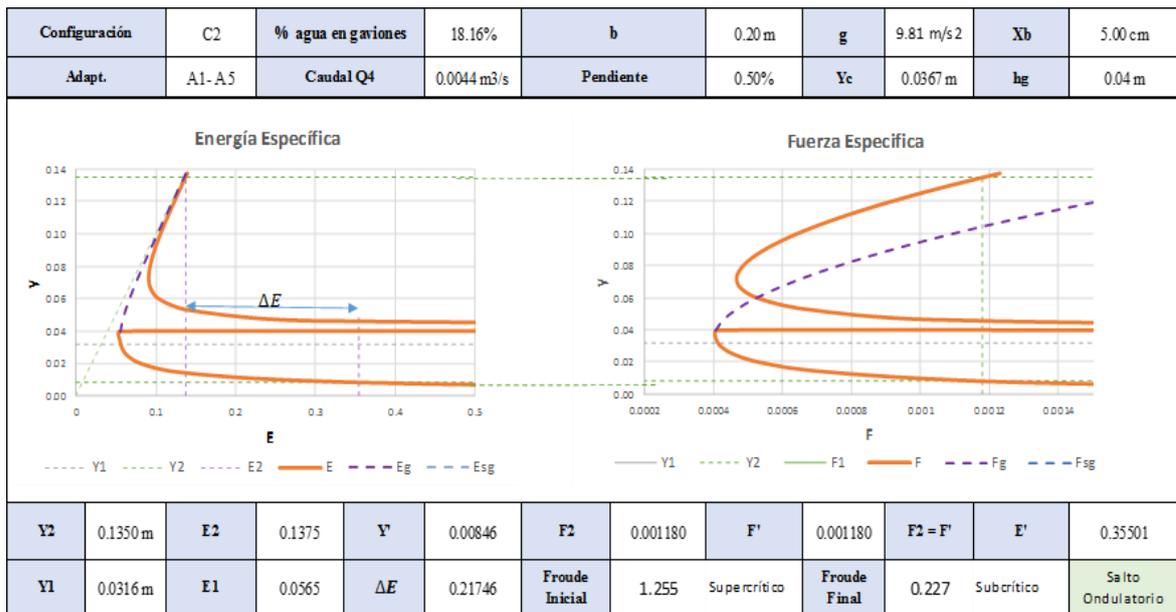


(a)

Configuración 2 / Q4 / $X_b = 5.0\text{ m}$



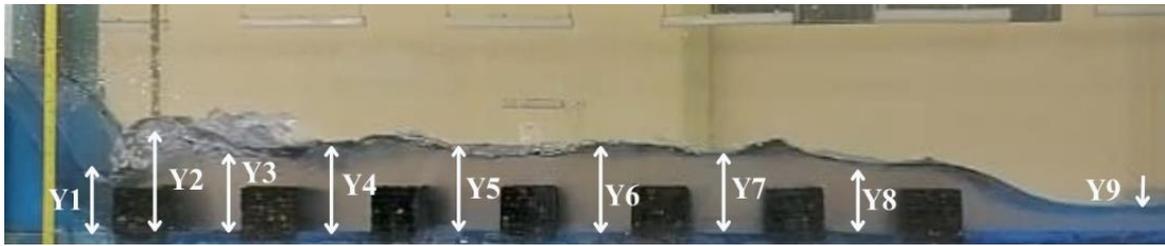
(b)



(c)

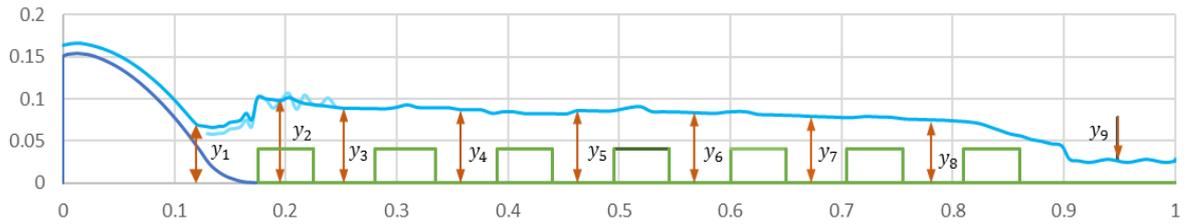
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 83
Configuración N°03 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm

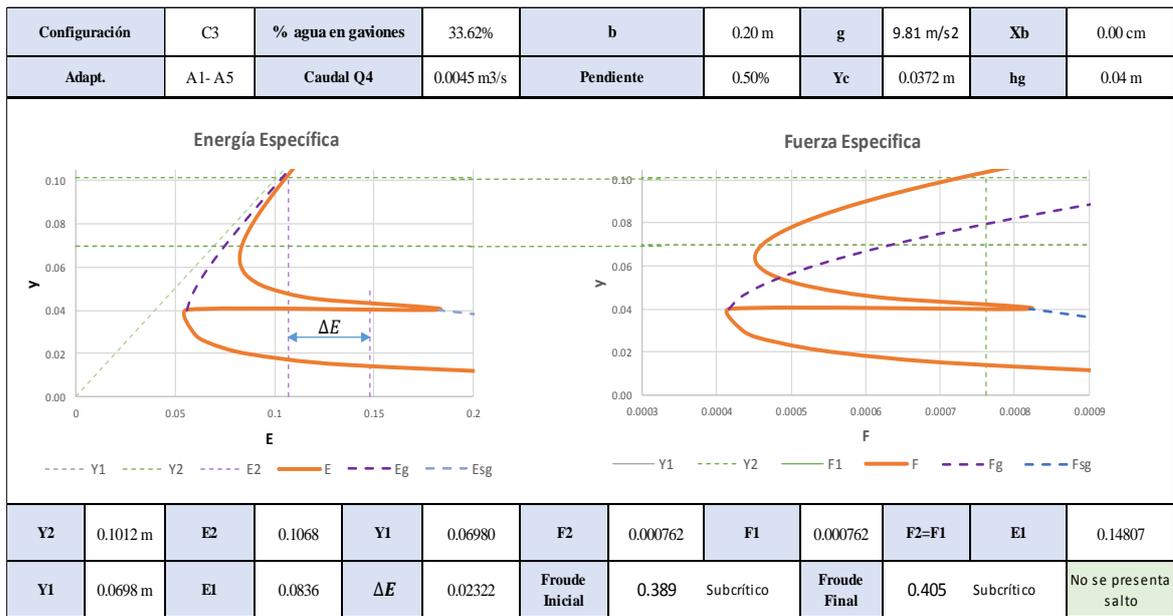


(a)

Configuración 3 / Q4 / $X_b = 0$ cm



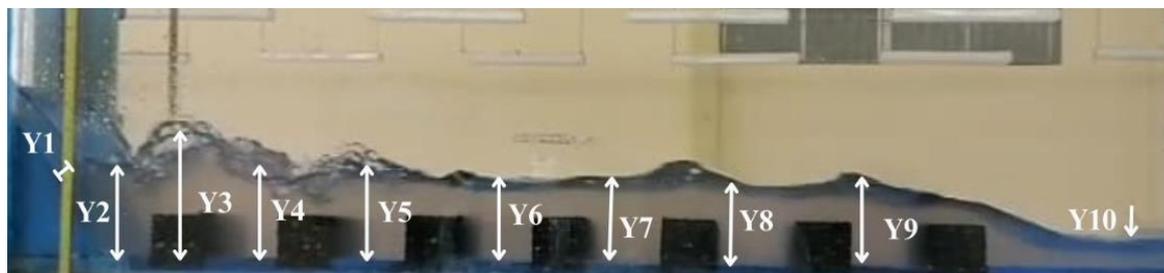
(b)



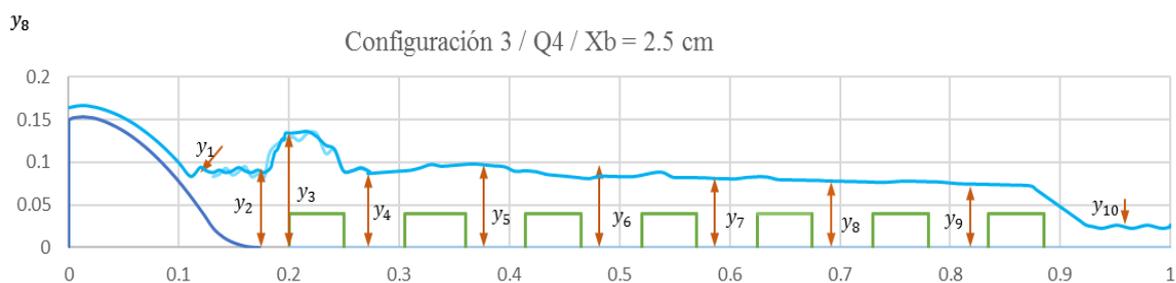
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

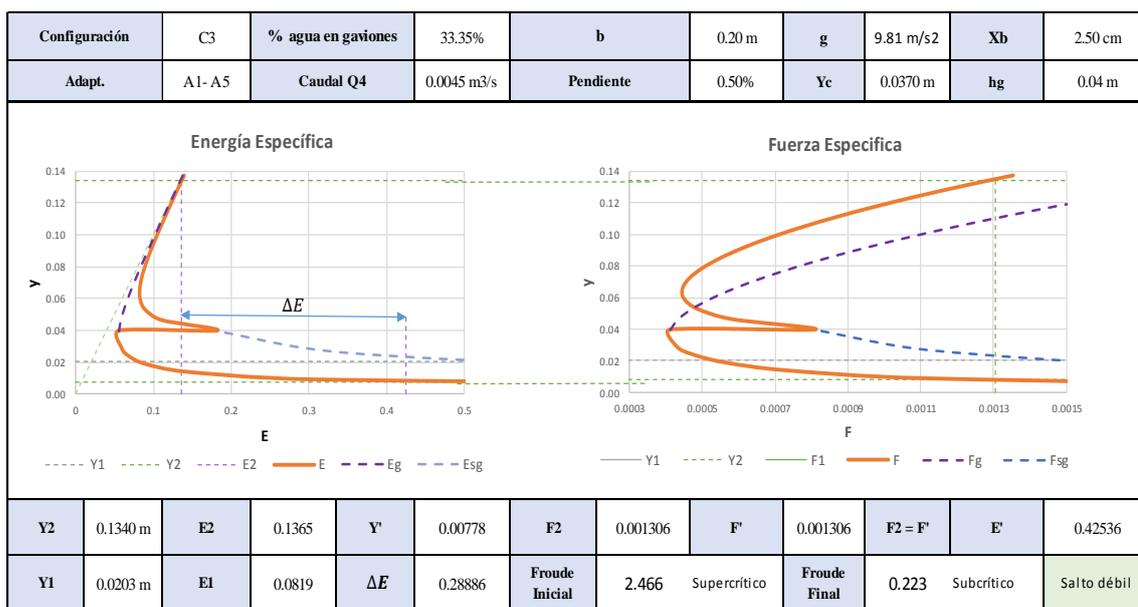
Figura 84
Configuración N°03 – Caudal 4 – $X_b=2.50$ cm



(a)



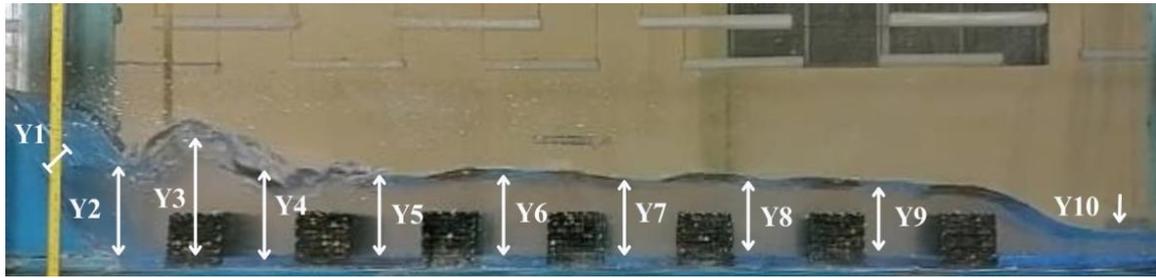
(b)



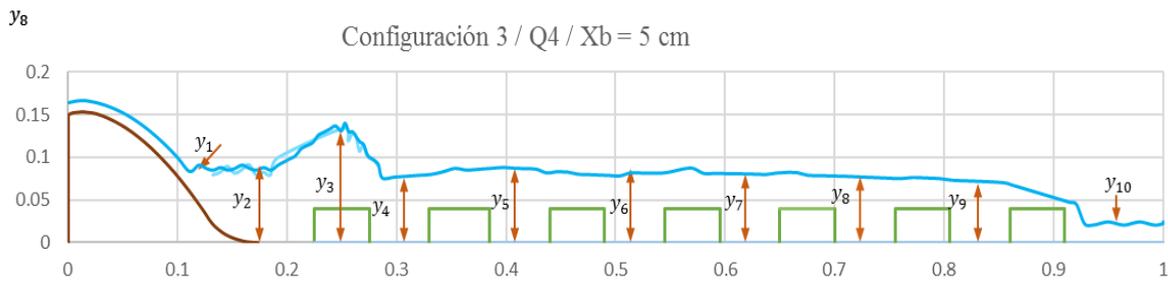
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

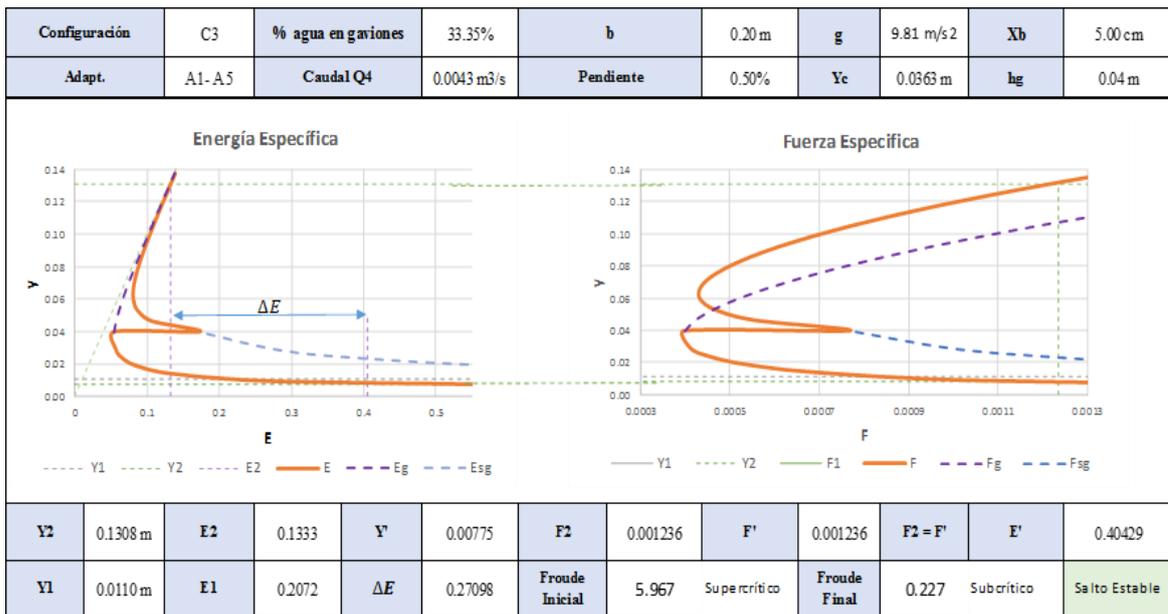
Figura 85
Configuración N°03 – Caudal 4 – $X_b=5.00\text{ cm}$



(a)



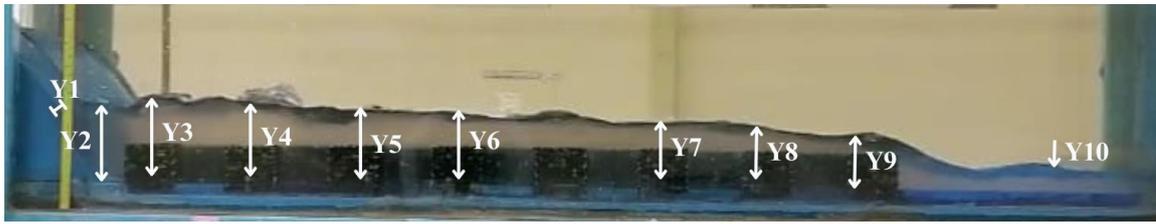
(b)



(c)

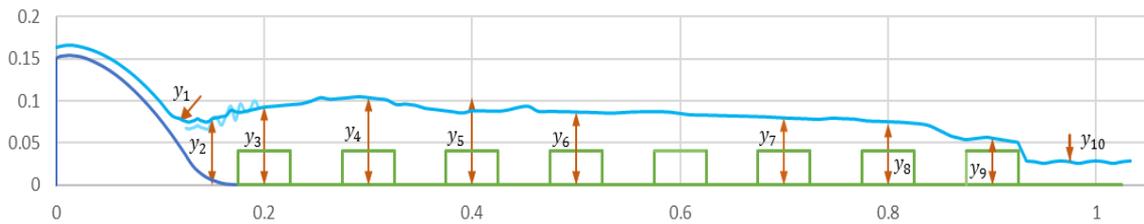
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 86
Configuración N°04 – Caudal 4 – $X_b=0.00$ cm

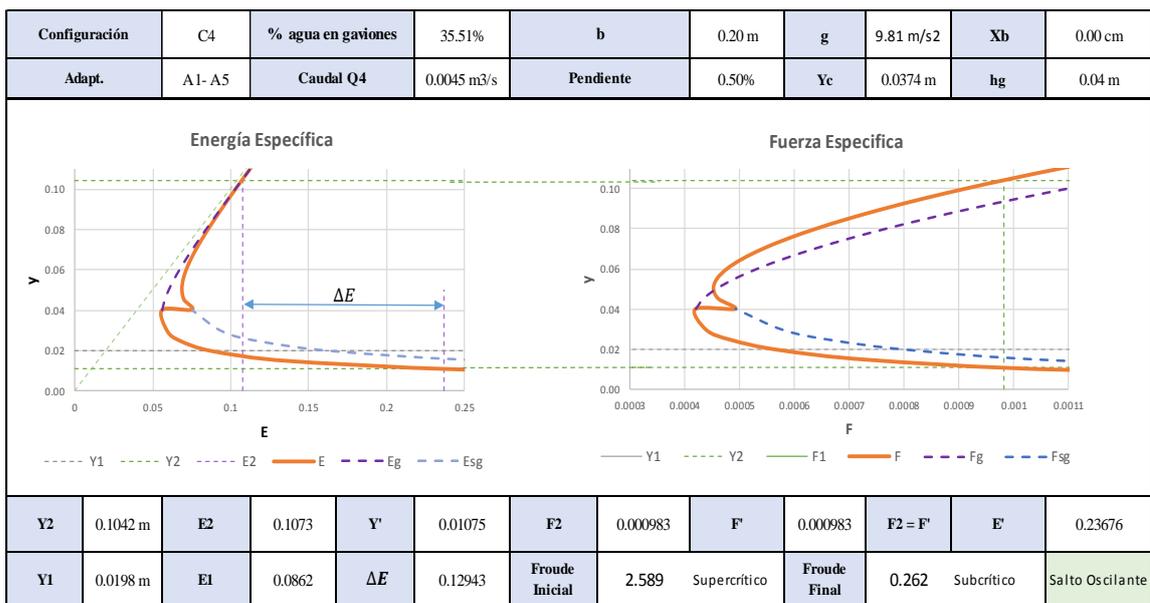


(a)

Configuración 4 / Q4 / $X_b = 0$ cm



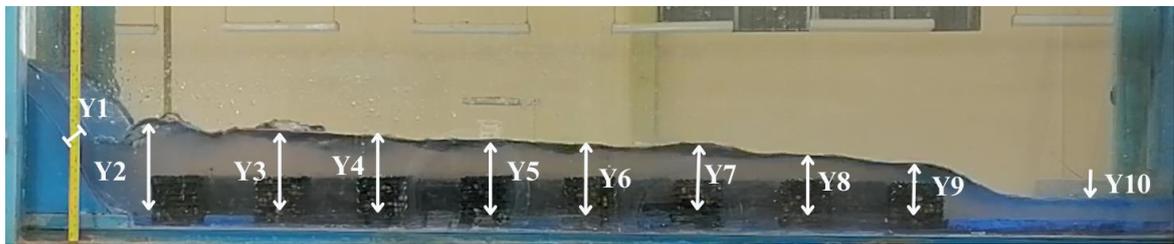
(b)



(c)

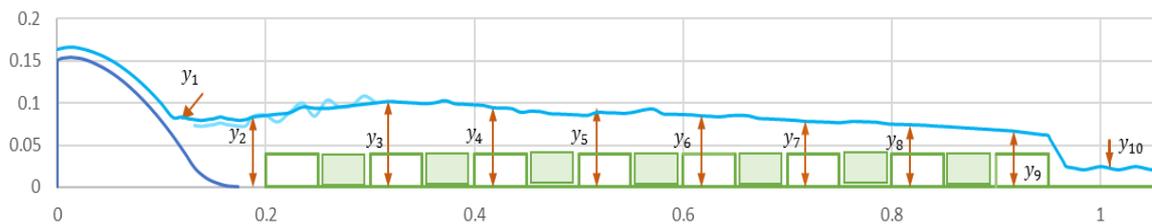
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 87
Configuración N°04 – Caudal 4 – $X_b=2.50\text{ cm}$

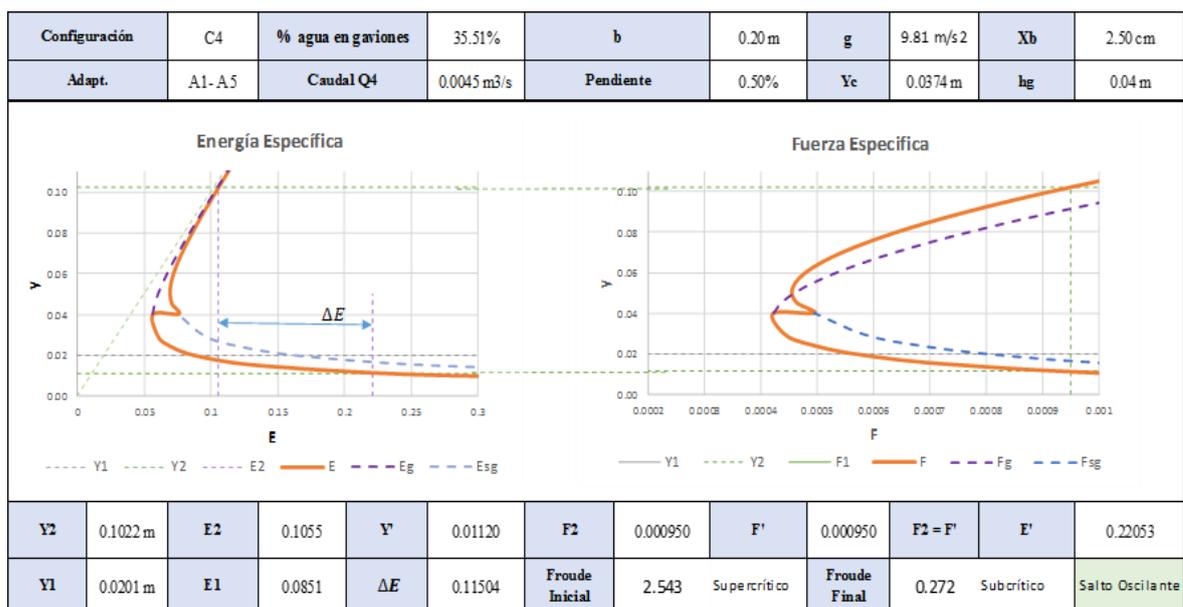


(a)

Configuración 4 / Q4 / $X_b = 2.5\text{ cm}$



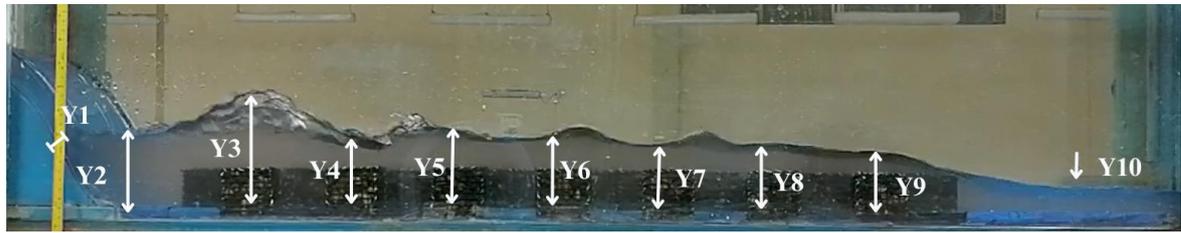
(b)



(c)

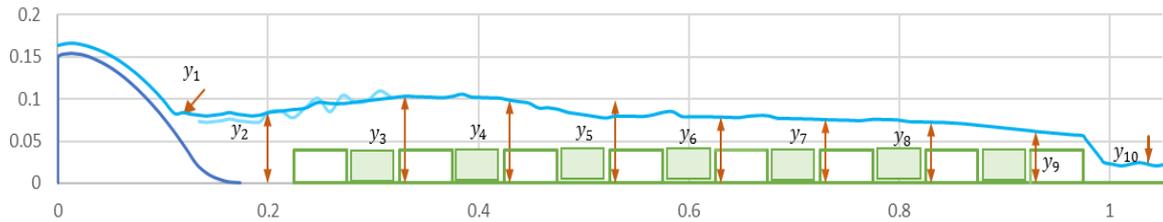
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 88
Configuración N°04 – Caudal 4 – $X_b=5.00\text{ cm}$

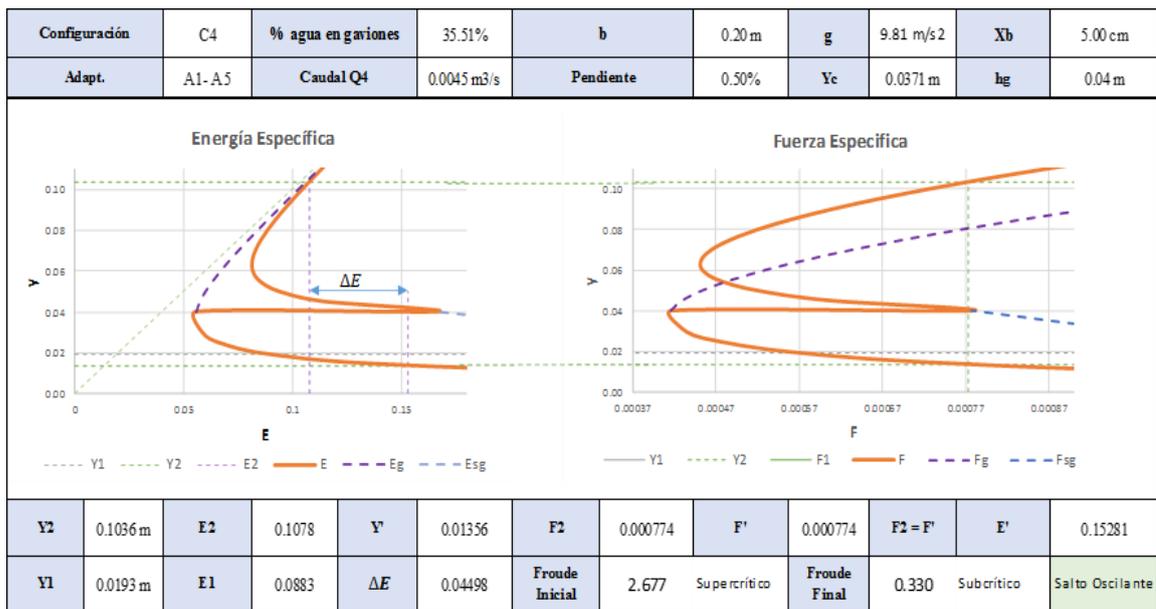


(a)

Configuración 4 / $Q_4 / X_b = 5.00\text{ cm}$



(b)



(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

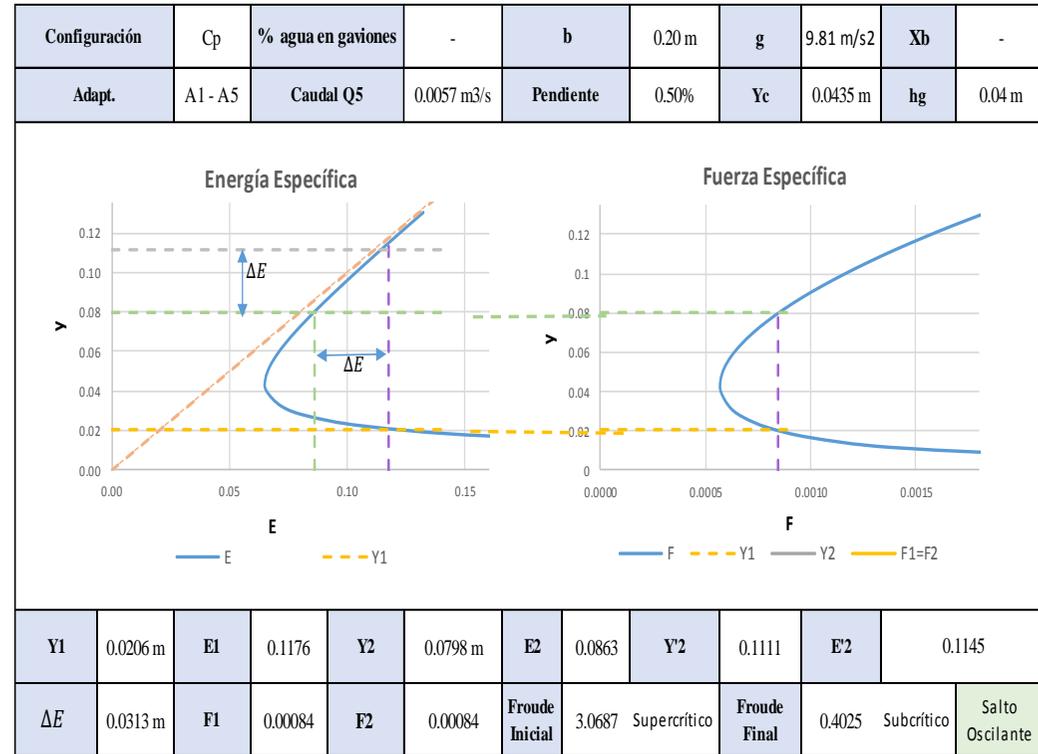
Figura 89
Configuración Patrón - Caudal 5



(a)



(b)

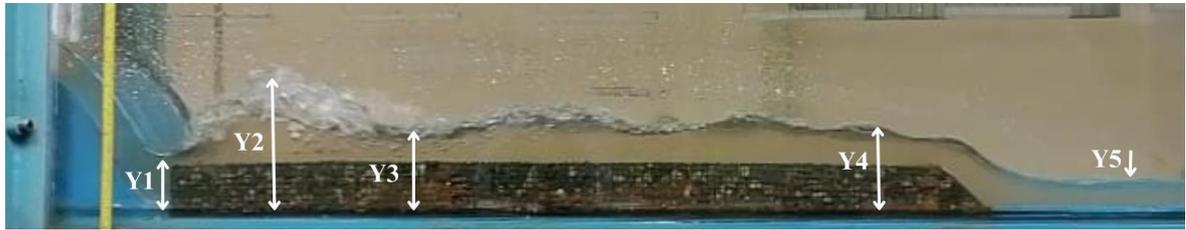


(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

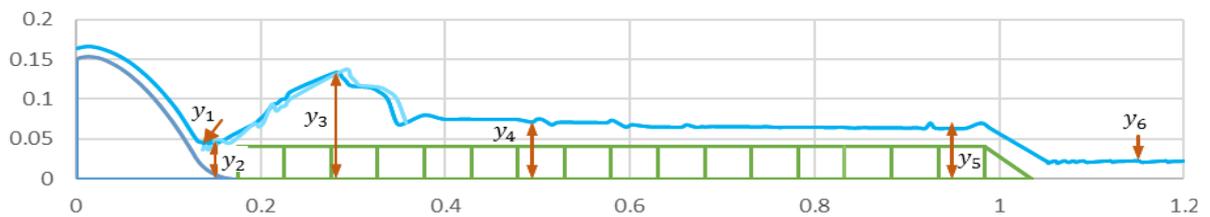
Figura 90

Configuración N°1 – Caudal 5 – $X_b=0.00\text{ cm}$

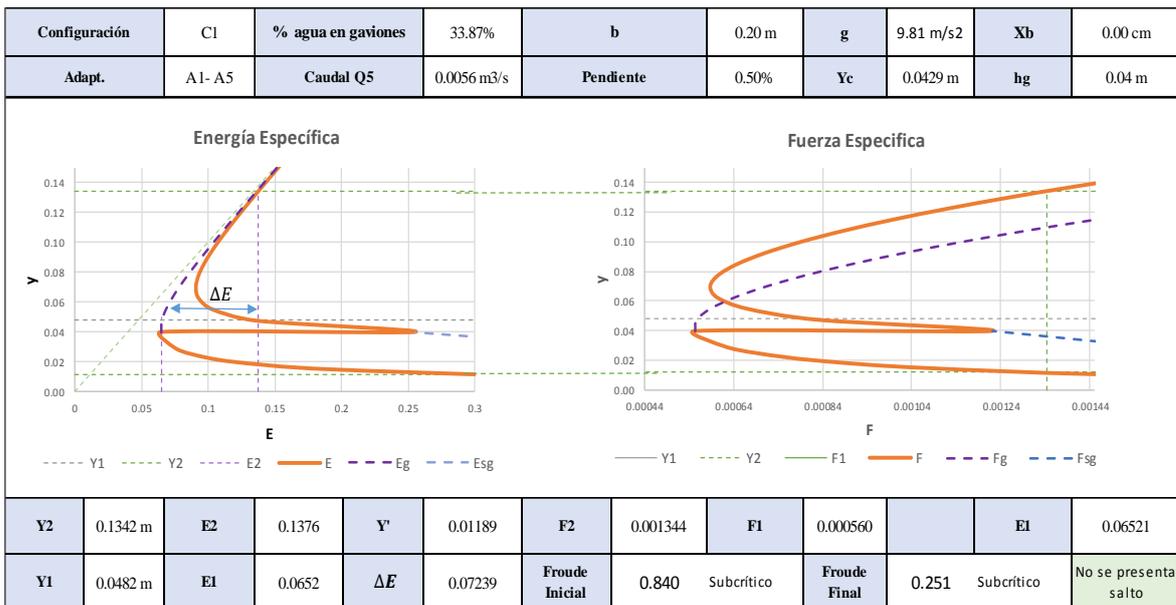


(a)

Configuración 1 / Q_5 / $X_b = 0\text{ cm}$



(b)



(c)

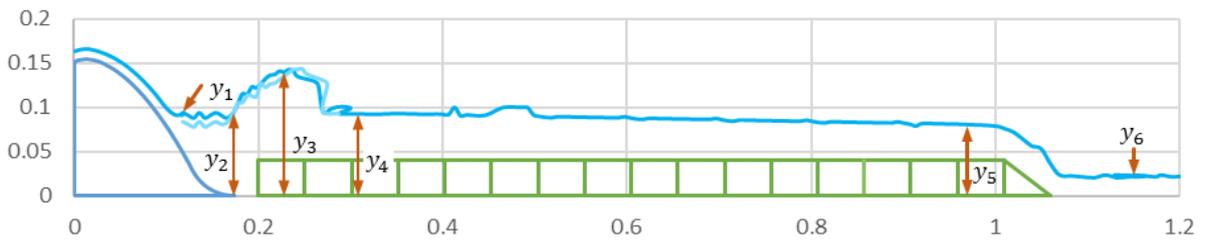
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 91
 Configuración N°01 – Caudal 5 – $X_b=2.50\text{ cm}$

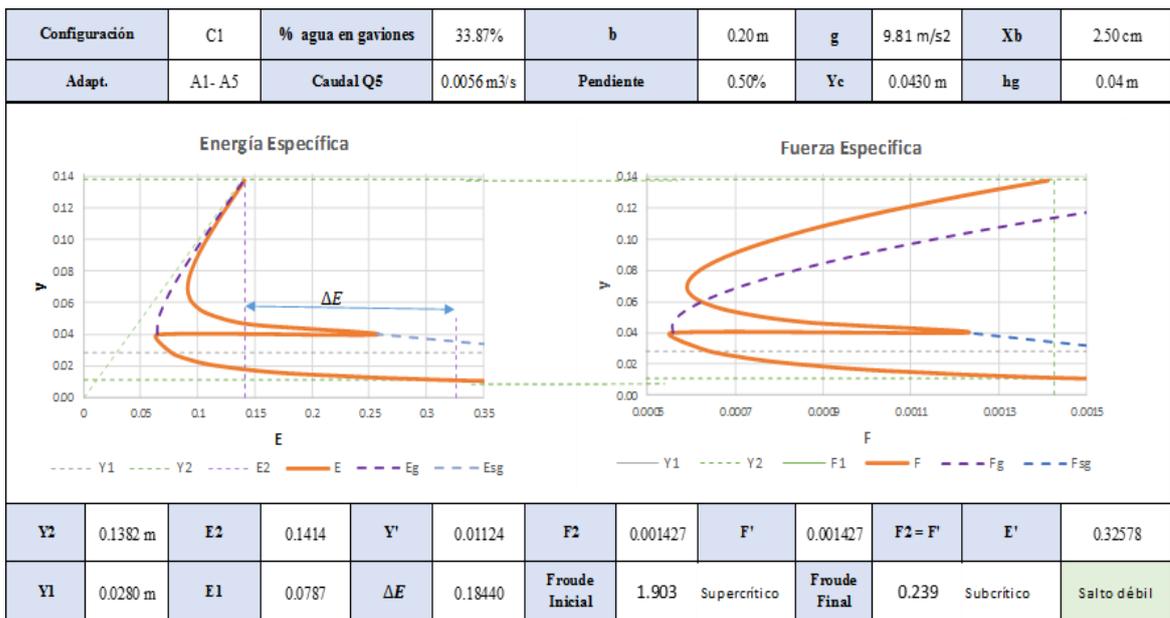


(a)

Configuración 1 / Q5 / $X_b = 2.5\text{ cm}$



(b)



(c)

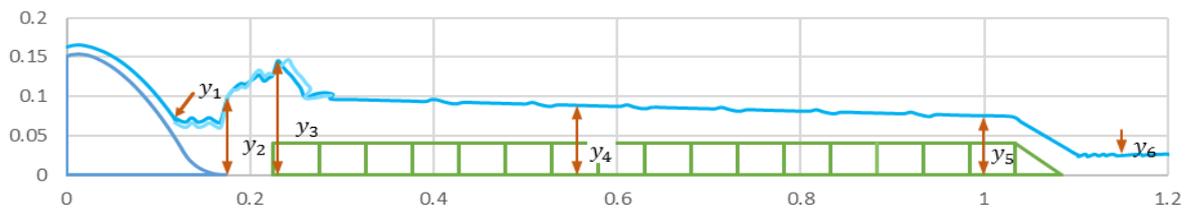
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 92
 Configuración N°01 – Caudal 5 – $X_b=5.00\text{ cm}$

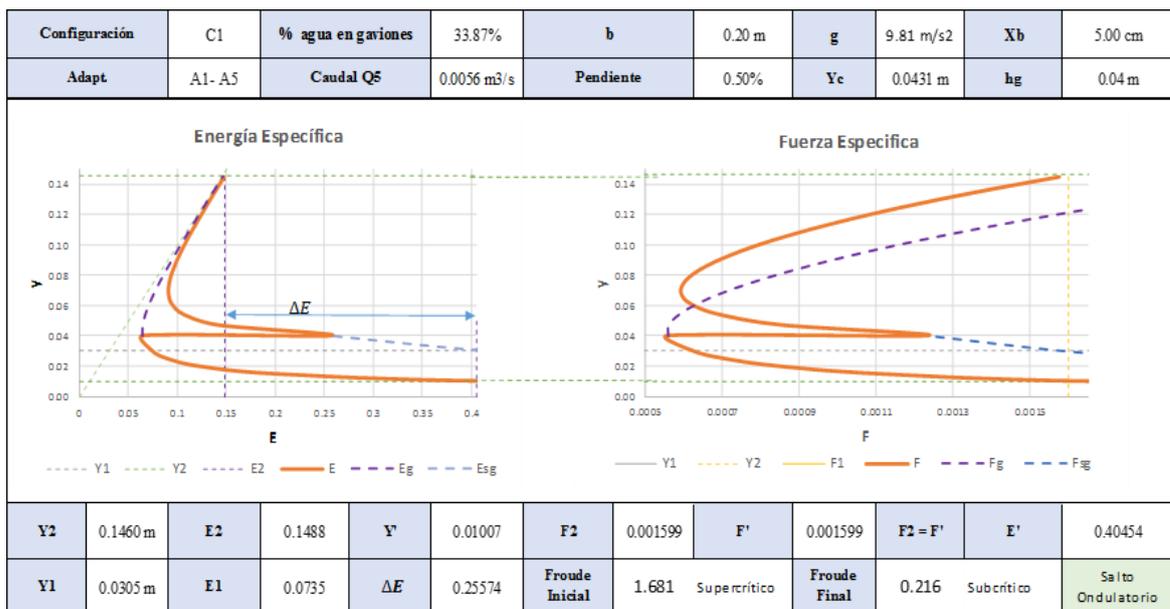


(a)

Configuración 1 / Q5 / $X_b = 5\text{ cm}$



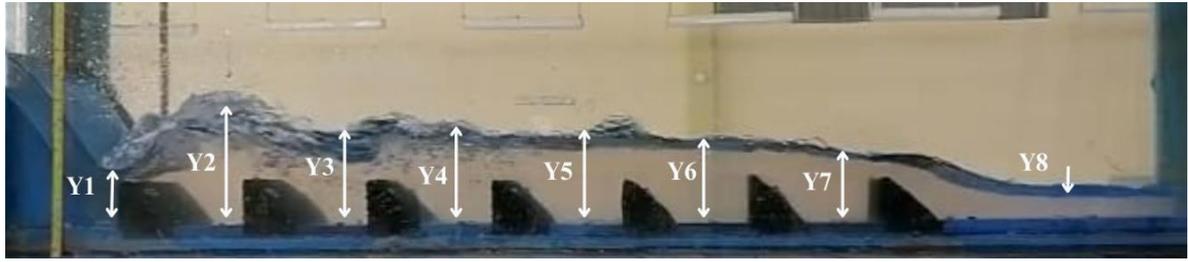
(b)



(c)

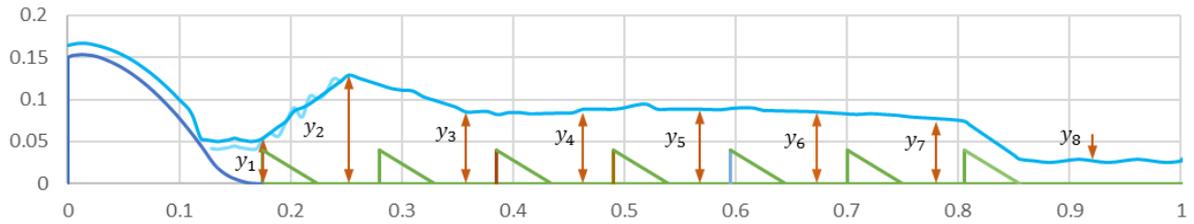
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 93
 Configuración N°2 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm

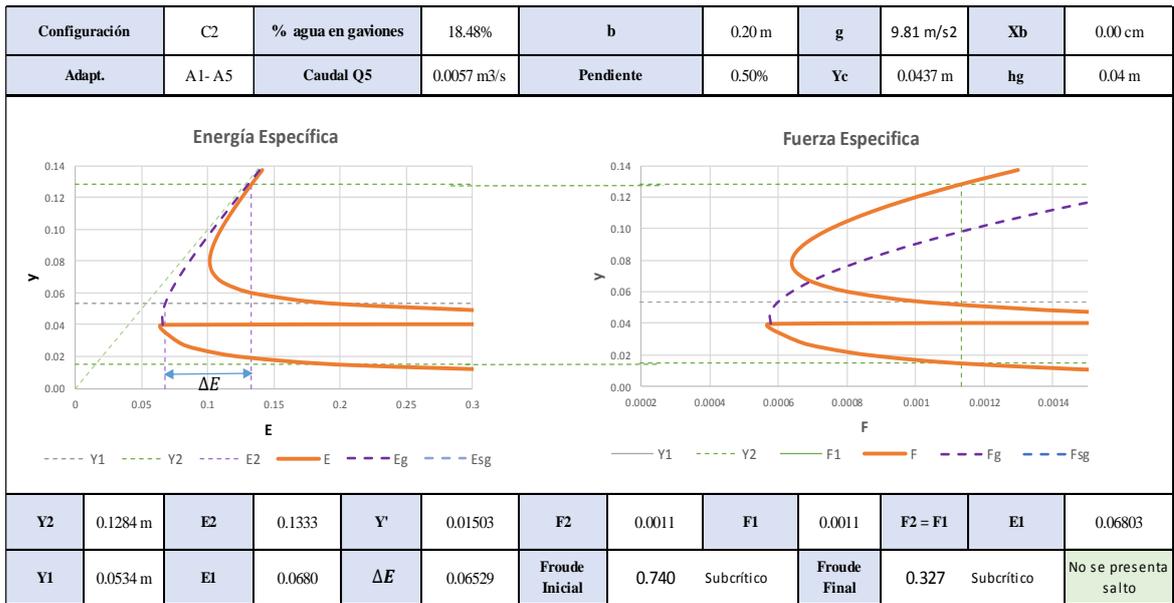


(a)

Configuración 2 / Q5 / $X_b = 0$ cm



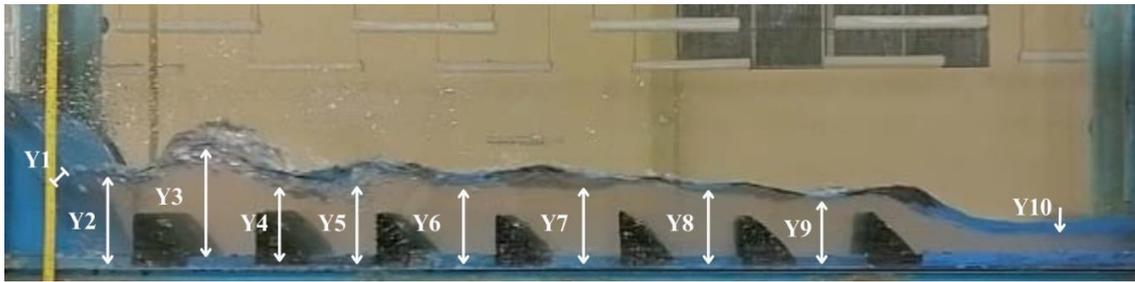
(b)



(c)

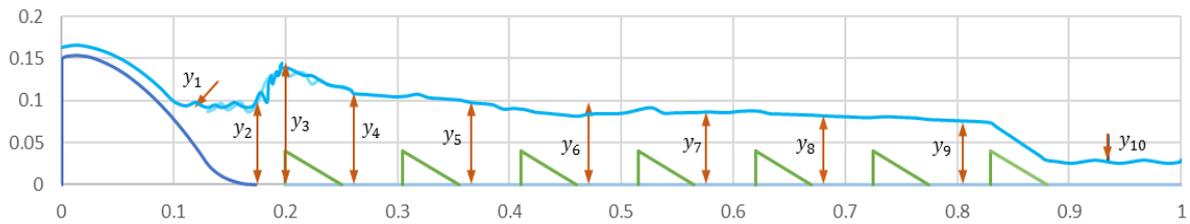
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 94
Configuración N°02 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm

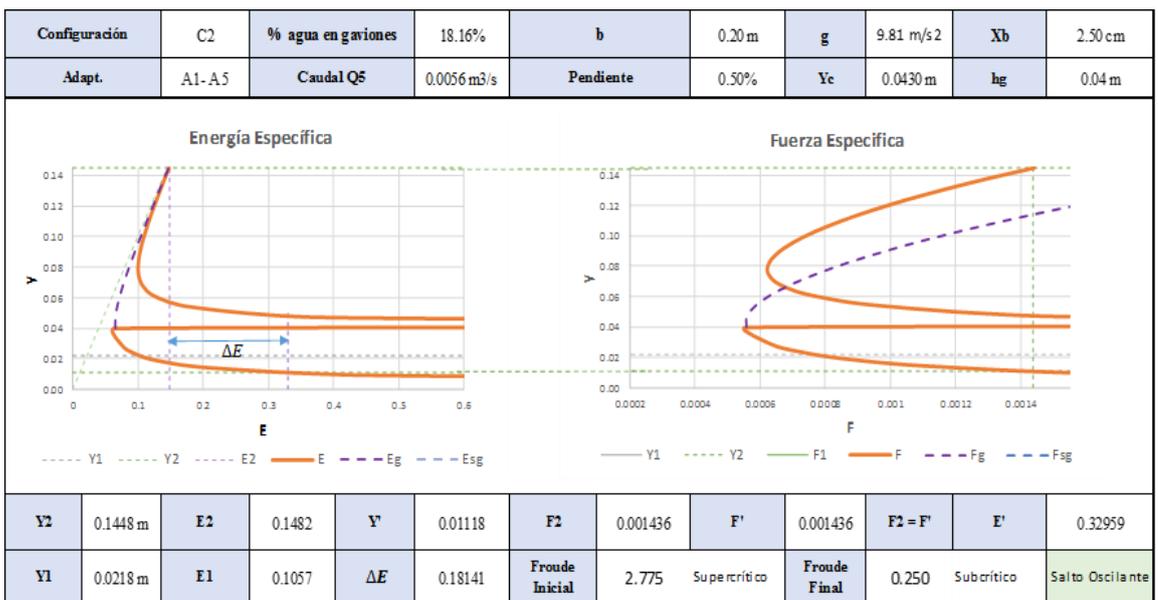


(a)

Configuración 2 / Q5 / $X_b = 2.5$ cm



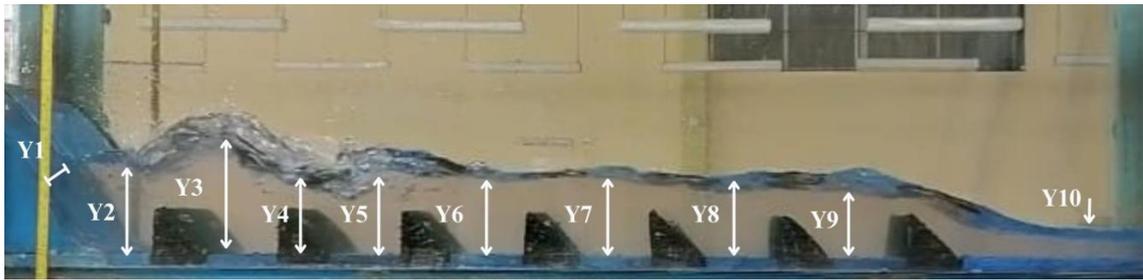
(b)



(c)

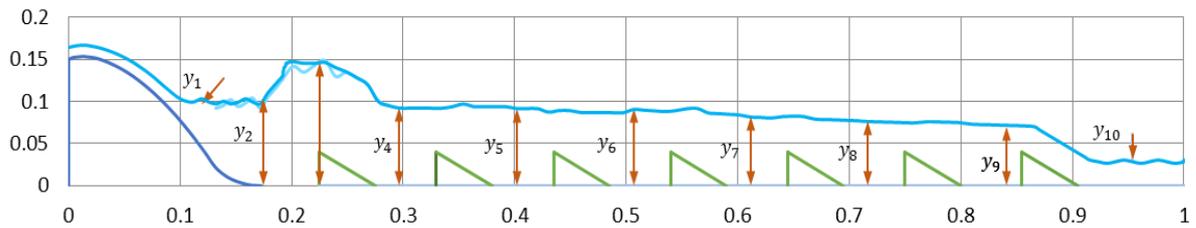
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 95
Configuración N°02 – Caudal 5 – $X_b=5.00\text{ cm}$

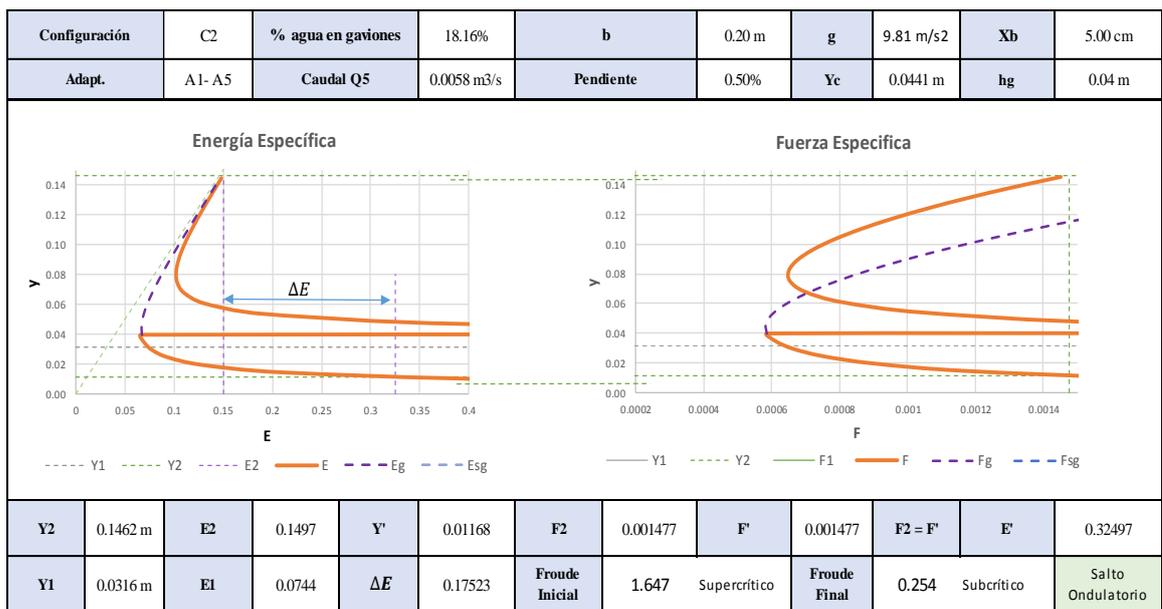


(a)

Configuración 2 / Q5 / $X_b = 5.0\text{ cm}$



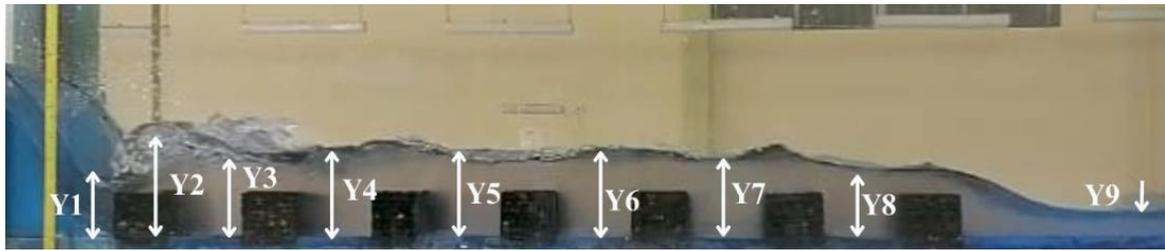
(b)



(c)

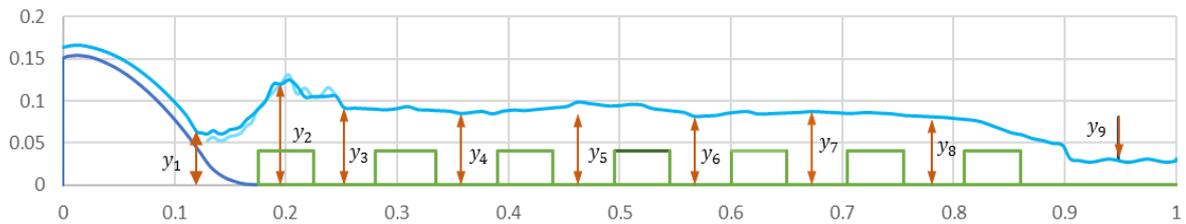
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 96
 Configuración N°3 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm

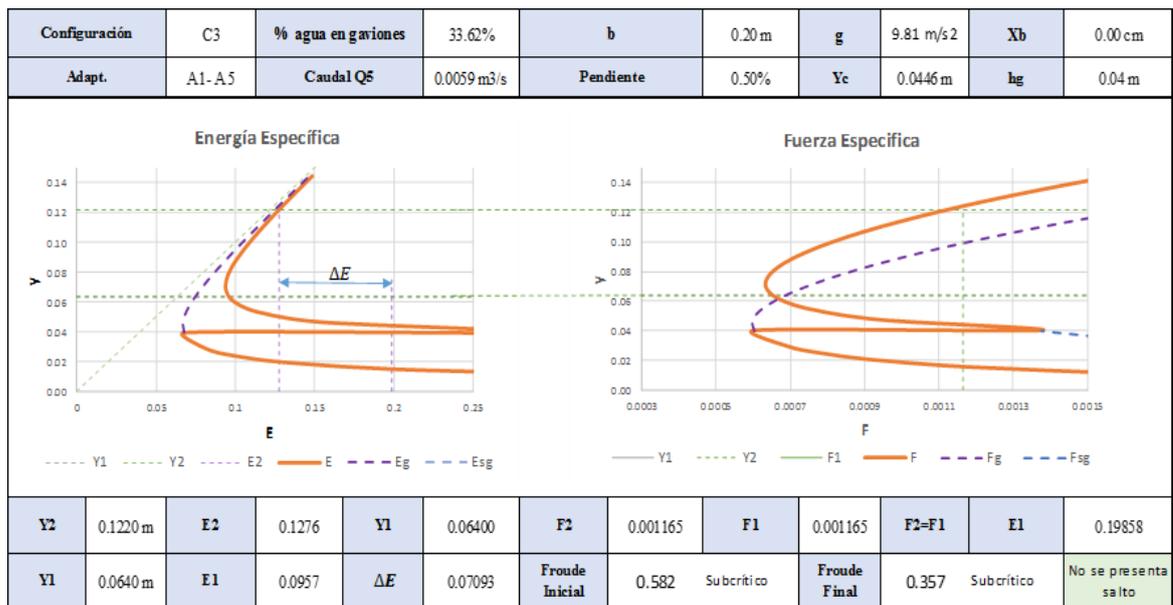


(a)

Configuración 3 / Q5 / $X_b = 0$ cm



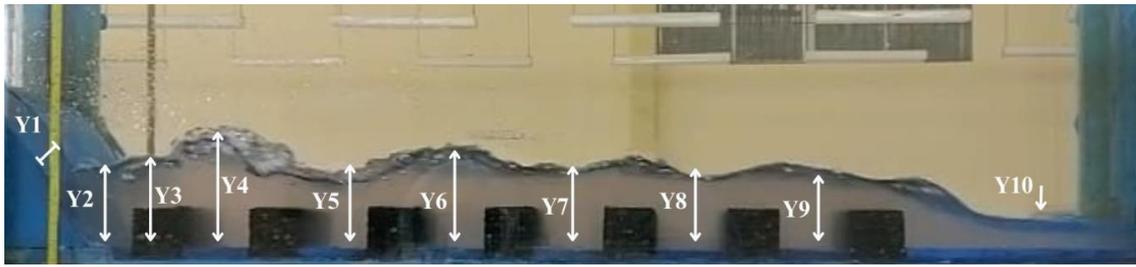
(b)



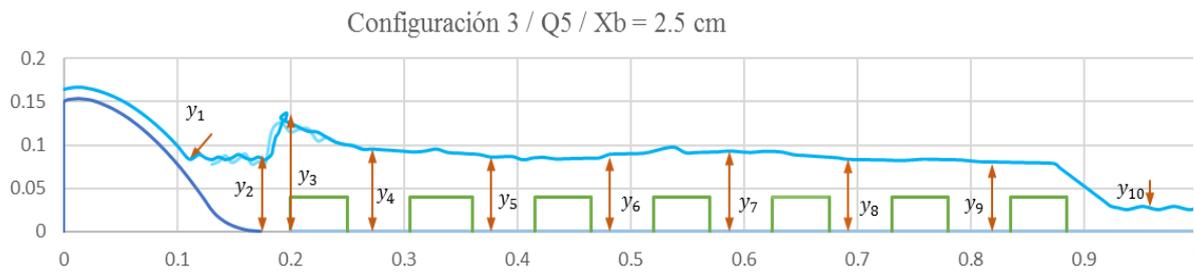
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

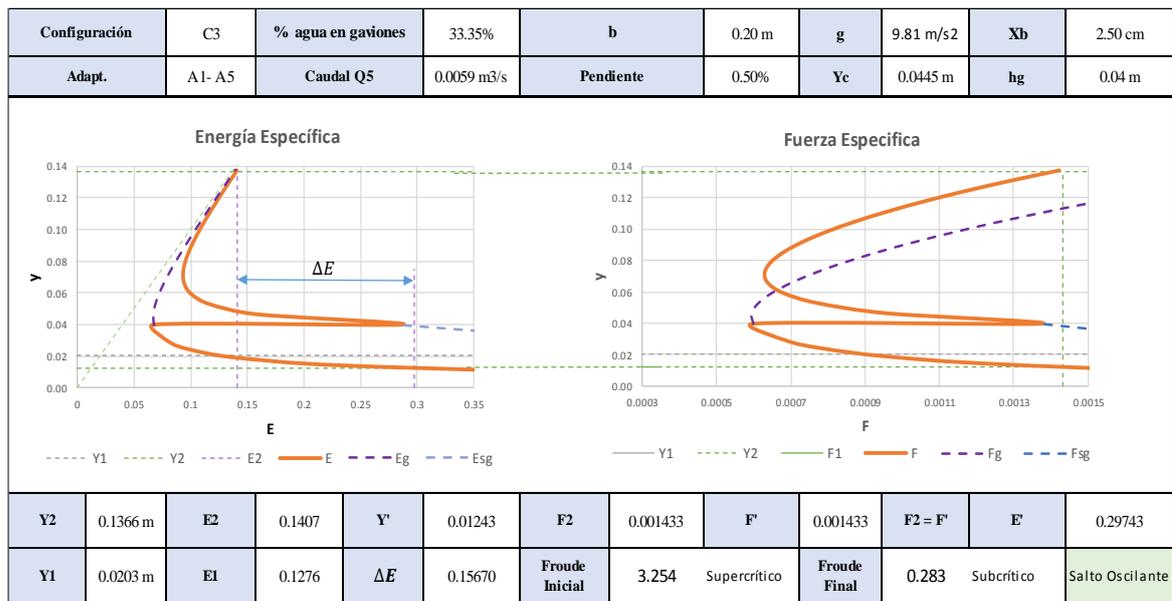
Figura 97
 Configuración N°03 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm



(a)



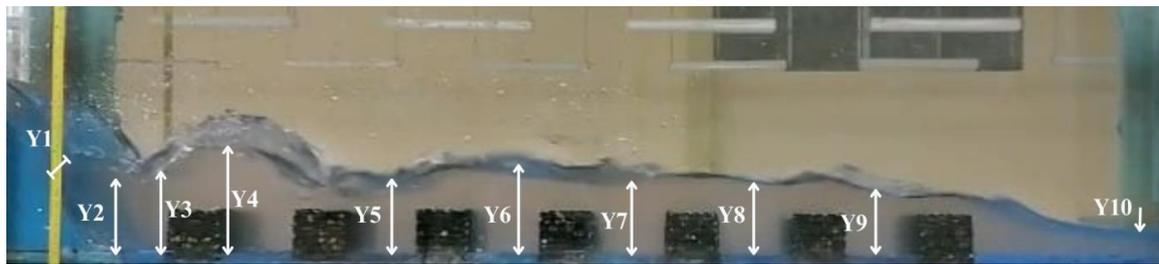
(b)



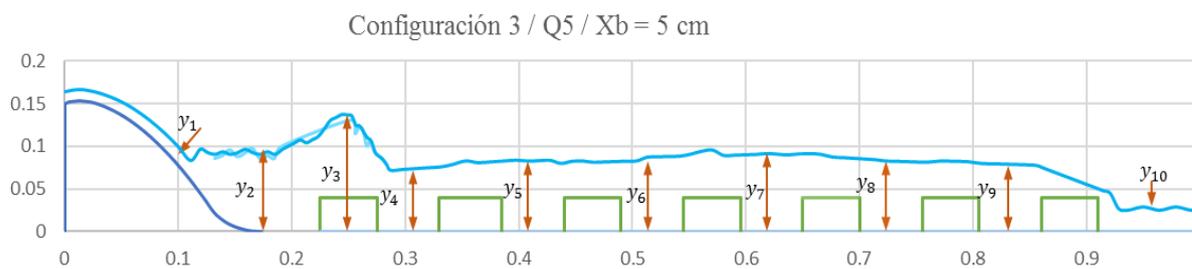
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

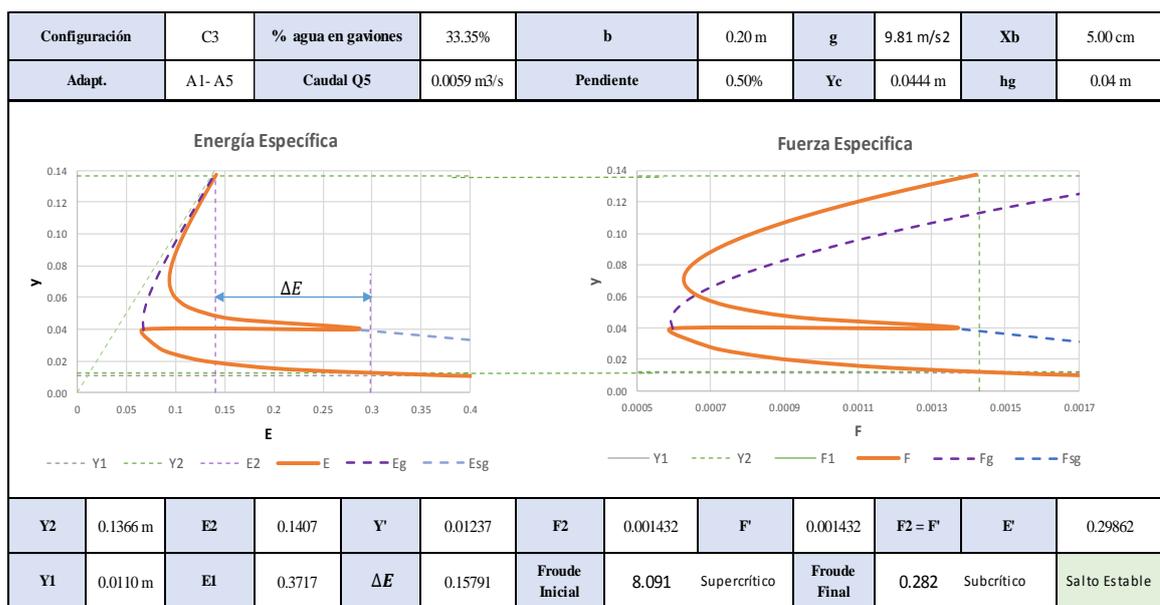
Figura 98
 Configuración N°03 – Caudal 5 – $X_b=5.00\text{ cm}$



(a)



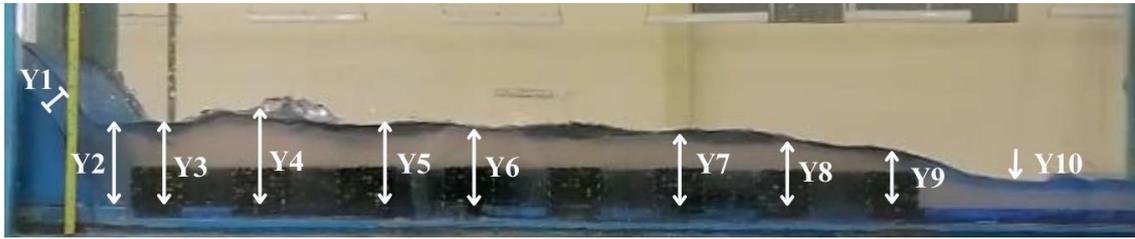
(b)



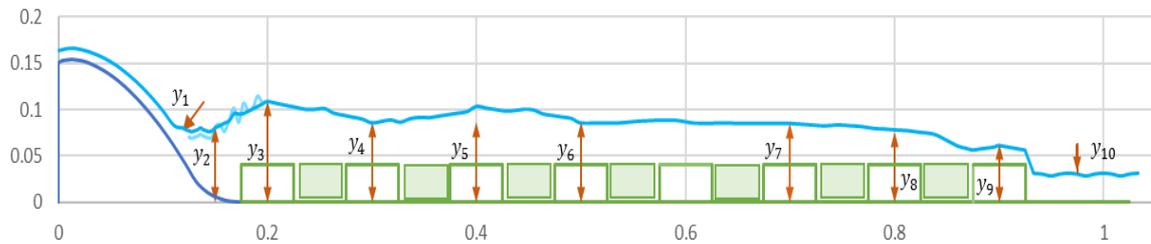
(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

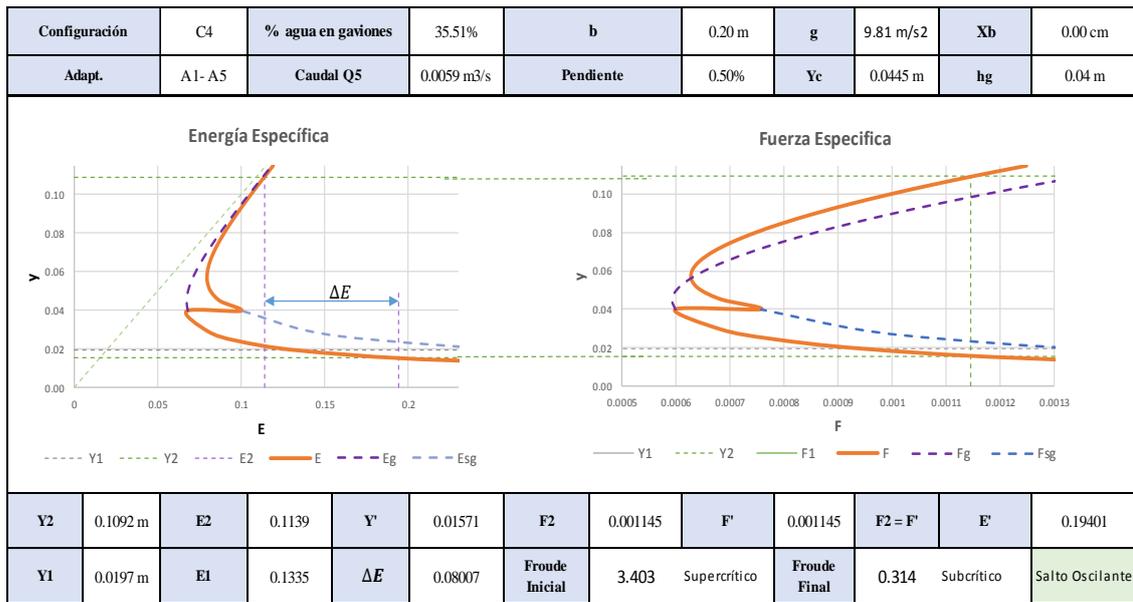
Figura 99
 Configuración N°04 – Caudal 5 – $X_b=0.00$ cm



Configuración 4 / Q5 / $X_b = 0$ cm



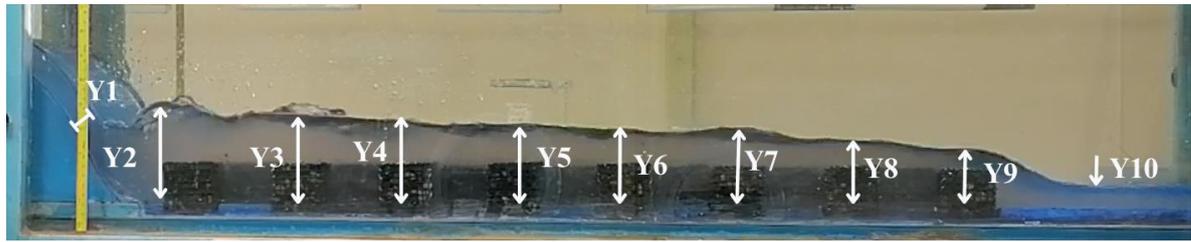
(b)



(c)

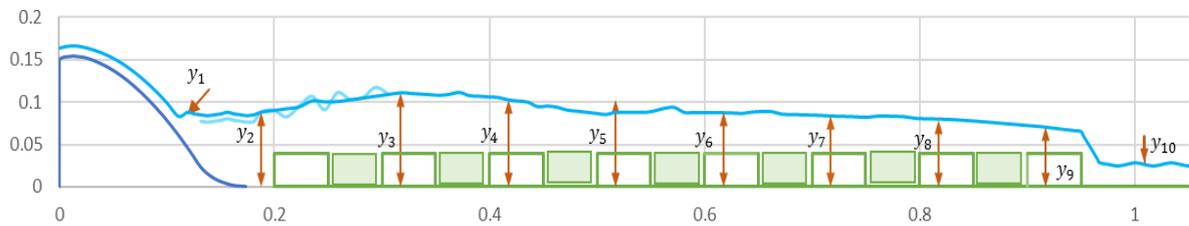
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 100
Configuración N°04 – Caudal 5 – $X_b=2.50$ cm

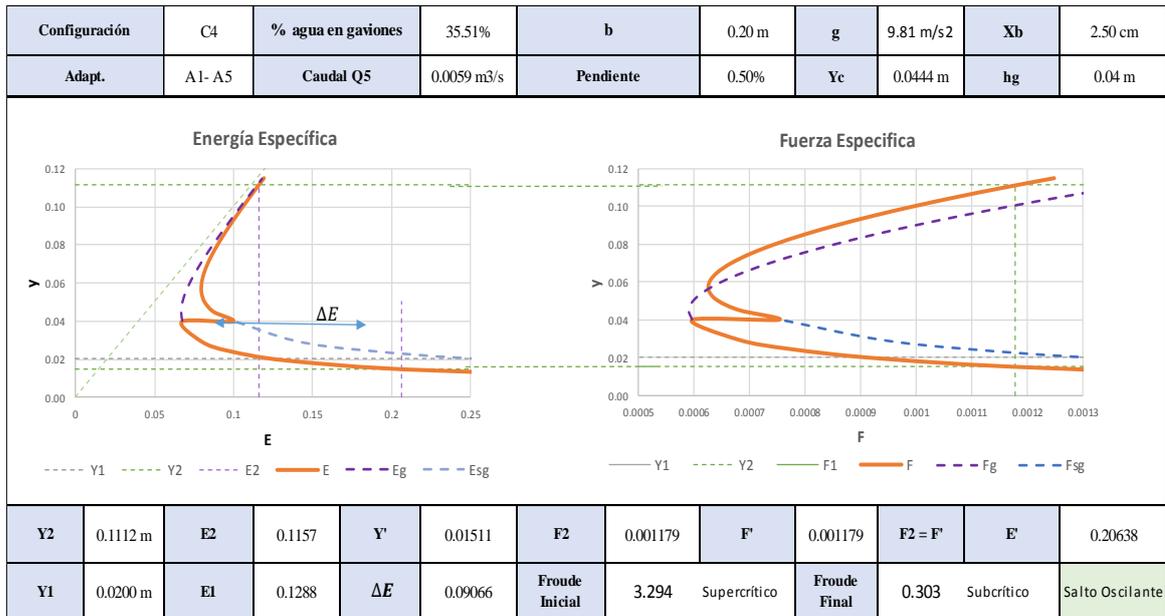


(a)

Configuración 4 / Q5 / $X_b = 2.50$ cm



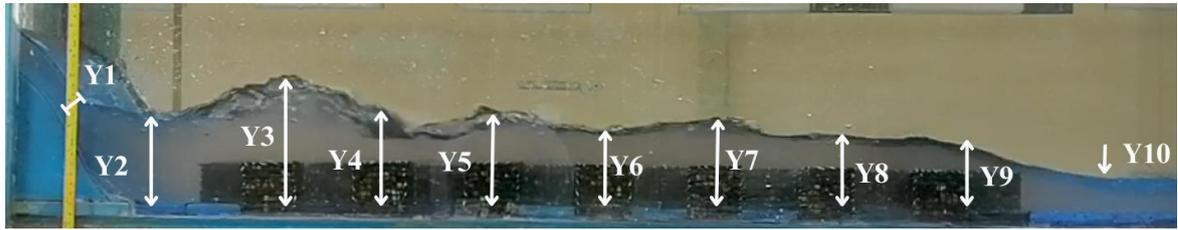
(b)



(c)

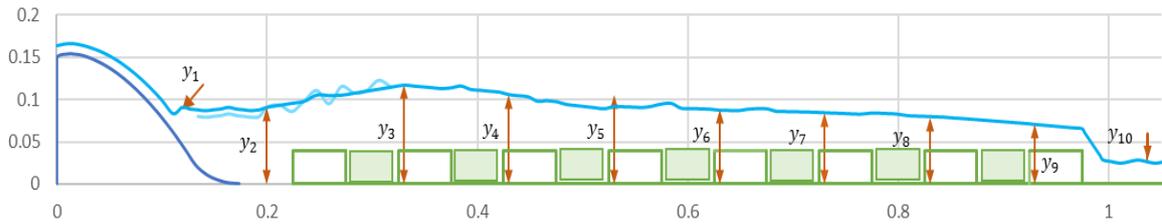
Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

Figura 101
Configuración N°04 – Caudal 5 – $X_b=5.00\text{ cm}$

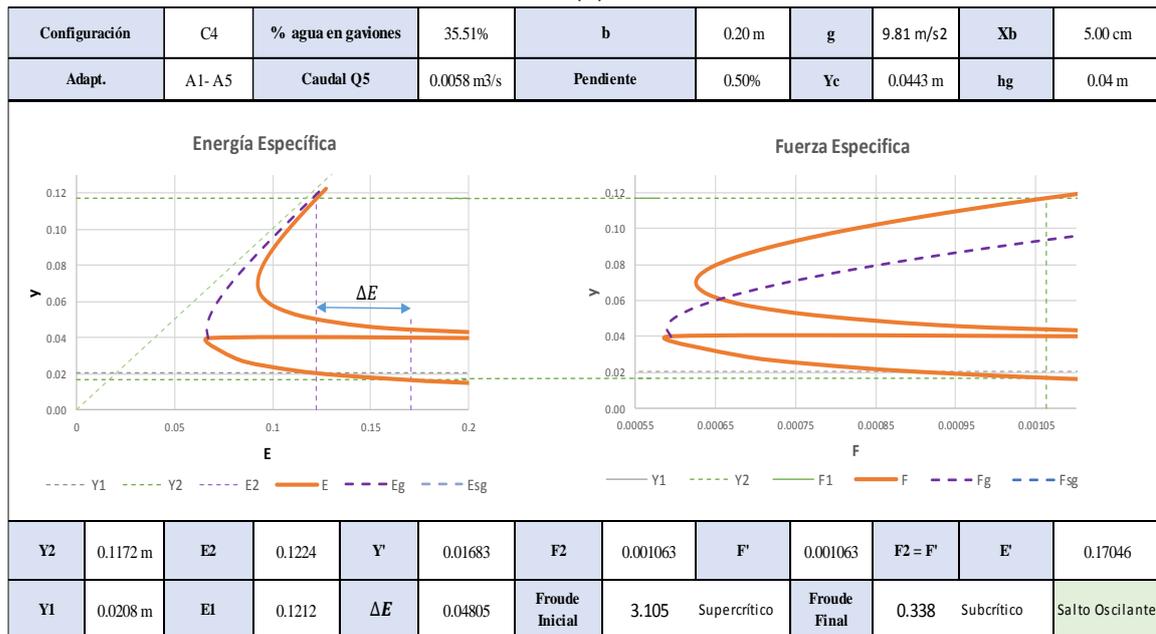


(a)

Configuración 4 / Q5 / $X_b = 2.50\text{ cm}$



(b)



(c)

Nota: (a) Captura tomada al momento del ensayo y procesada con el software Photoshop. (b) Imagen procesada en el software Microsoft Excel. (c) Gráfico Energía vs Fuerza Específica.

4.2. Análisis o discusión de resultados

4.2.1. Análisis de Resultados según Caudales y configuraciones

Tabla 5

Tabla de datos - Caudal N°01

	C. Patron	Configuración N°01			Configuración N°02			Configuración N°03			Configuración N°04			
		Xb=0	Xb=2.5	Xb=5										
Q1	Caudal	0.9132	0.7656	0.7764	0.7670	0.7156	0.7764	0.7210	0.7538	0.8380	0.8410	0.8692	0.8914	0.8450
	ΔE	0.0203	0.0985	0.1906	0.1925	0.0308	0.0459	0.2510	0.1811	0.1666	0.1380	0.2590	0.2452	0.0347
	F1 = F2	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001
	Fr inicial	4.6726	1.0284	1.7992	1.9235	1.6647	1.1857	1.2123	1.6325	1.6485	1.3148	1.8894	1.7781	1.3904
	Fr final	0.2367	0.2349	0.1788	0.1781	0.4852	0.3790	0.1817	0.3022	0.3004	0.3382	0.1618	0.1659	0.3538
	y2	0.0336	0.0565	0.0628	0.0626	0.0540	0.0584	0.0706	0.0584	0.0604	0.0584	0.0548	0.0548	0.0502
	y1	0.0046	0.0112	0.0078	0.0074	0.0078	0.0103	0.0097	0.0082	0.0087	0.0101	0.0081	0.0086	0.0098

Tabla 6

Tabla de datos - Caudal N°02

	C. Patron	Configuración N°01			Configuración N°02			Configuración N°03			Configuración N°04			
		Xb=0	Xb=2.5	Xb=5										
Q2	Caudal	1.7340	1.6316	1.5492	1.6336	1.4000	1.5458	1.5526	1.4488	1.4640	1.4152	1.5932	1.3294	1.4962
	ΔE	0.0255	0.0648	0.1756	0.3136	0.0534	0.1223	0.2562	0.2237	0.3430	0.3704	0.4803	0.4179	0.1445
	F2	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004	0.0003
	Fr inicial	3.8687	1.0351	0.6182	0.7380	1.8075	1.2912	1.2794	1.5496	1.7823	1.9798	1.7771	1.6104	2.3323
	Fr final	0.3461	0.2697	0.1952	0.1605	0.3179	0.2419	0.1859	0.2305	0.1901	0.1838	0.1382	0.1412	0.2086
	y2	0.0400	0.0718	0.0808	0.0906	0.0730	0.0834	0.0926	0.0798	0.0866	0.0866	0.0826	0.0738	0.0766
	y1	0.0080	0.0185	0.0252	0.0232	0.0115	0.0154	0.0155	0.0131	0.0120	0.0109	0.0127	0.0120	0.0102

Tabla 7*Tabla de datos - Caudal N°03*

	C. Patron	Configuración N°01			Configuración N°02			Configuración N°03			Configuración N°04			
		Xb=0	Xb=2.5	Xb=5										
Q3	Caudal	3.0657	3.1200	3.1020	2.9796	3.0852	3.0292	3.0404	3.2342	3.1058	3.0136	3.0784	2.9566	3.0654
	ΔE	0.0258	0.1548	0.2767	0.3307	0.0654	0.2624	0.2950	0.1210	0.3537	0.3524	0.2353	0.1624	0.0580
	F2	0.0004	0.0007	0.0009	0.0009	0.0006	0.0008	0.0009	0.0007	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0005
	Frinicial	3.2269	1.1853	1.2104	1.1599	3.2110	2.8760	1.9227	2.0754	1.7193	4.1586	2.0015	1.6563	2.7457
	Frfinal	0.4176	0.2262	0.1879	0.1757	0.3064	0.2014	0.1937	0.2929	0.1977	0.1974	0.2015	0.2266	0.2966
	y2	0.0516	0.1050	0.1150	0.1166	0.1000	0.1196	0.1220	0.1010	0.1190	0.1174	0.0970	0.0886	0.0906
	y1	0.0132	0.0260	0.0256	0.0256	0.0133	0.0141	0.0185	0.0184	0.0203	0.0110	0.0182	0.0201	0.0147

Tabla 8*Tabla de datos - Caudal N°04*

	C. Patron	Configuración N°01			Configuración N°02			Configuración N°03			Configuración N°04			
		Xb=0	Xb=2.5	Xb=5										
Q4	caudal	4.3775	4.1386	4.3408	4.1702	4.3876	4.2232	4.4120	4.4932	4.4552	4.3244	4.5254	4.5396	4.4820
	ΔE	0.0199	0.0582	0.2404	0.3260	0.0464	0.3227	0.2175	0.0406	0.2889	0.2710	0.1294	0.1150	0.0450
	F	0.0006	0.0007	0.0012	0.0013	0.0006	0.0013	0.0012	0.0008	0.0013	0.0012	0.0010	0.0010	0.0008
	Frinicial	2.7547	1.6917	1.5295	1.5056	1.0561	2.0974	1.2550	1.0797	2.4663	5.9675	2.5890	2.5431	2.6768
	Frfinal	0.4398	0.3071	0.2098	0.1887	0.5062	0.1986	0.2274	0.4057	0.2227	0.2269	0.2619	0.2716	0.3297
	y2	0.0632	0.1038	0.1294	0.1340	0.0940	0.1412	0.1350	0.1012	0.1340	0.1308	0.1042	0.1022	0.1036
	y1	0.0186	0.0248	0.0274	0.0269	0.0353	0.0218	0.0316	0.0353	0.0203	0.0110	0.0198	0.0201	0.0193



Tabla 9*Tabla de datos - Caudal N°05*

	C. Patron	Configuración N°01			Configuración N°02			Configuración N°03			Configuración N°04		
		Xb=0	Xb=2.5	Xb=5									
caudal	5.6835	5.5850	5.5850	5.6024	5.5878	5.5878	5.7916	5.9058	5.8790	5.8630	5.8760	5.8542	5.8436
ΔE	0.0313	0.1524	0.1844	0.2557	0.0716	0.1814	0.1752	0.0702	0.1567	0.1579	0.0801	0.0907	0.0481
F	0.0008	0.0013	0.0014	0.0016	0.0011	0.0014	0.0015	0.0012	0.0014	0.0014	0.0011	0.0012	0.0011
Q5 Frinicial	3.0687	1.5575	1.9029	1.6807	1.7305	2.7752	1.6475	2.2462	3.2545	8.0906	3.4028	3.2942	3.1052
Q5 Frfinal	0.4025	0.2521	0.2387	0.2164	0.3195	0.2498	0.2540	0.3571	0.2828	0.2820	0.3139	0.3032	0.3376
y2	0.0798	0.1342	0.1382	0.1460	0.1284	0.1448	0.1462	0.1220	0.1366	0.1366	0.1092	0.1112	0.1172
y1	0.0206	0.0320	0.0280	0.0305	0.0298	0.0218	0.0316	0.0260	0.0203	0.0110	0.0197	0.0200	0.0208

4.2.2. Relación entre la Disipación de Energía y Caudales

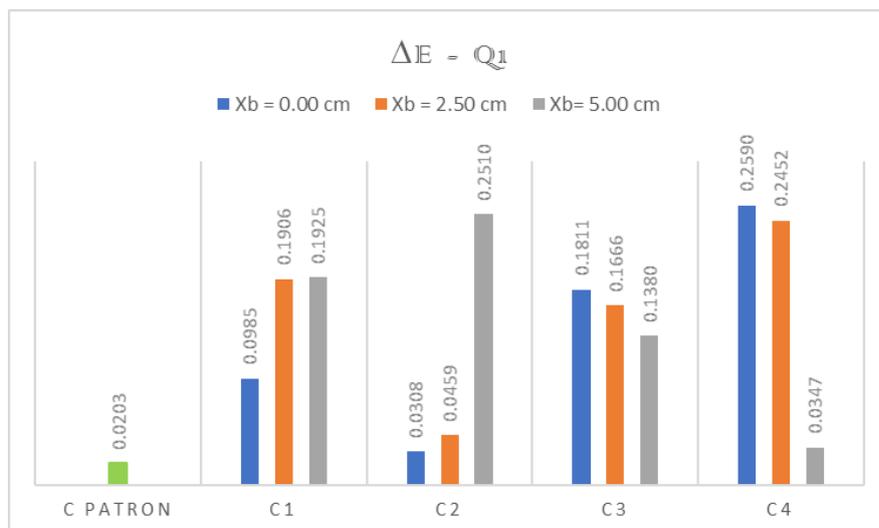
Los datos experimentales recopilados de los 325 laboratorios fueron registrados, analizados y procesados mediante fichas de observación y trabajo en gabinete, permitiendo determinar a partir de ellos, lo siguiente:

4.2.2.1 Análisis y Discusión de la Energía Específica Contra el Caudal Q1

El comportamiento de la energía específica de las diferentes configuraciones (C_1 , C_2 , C_3 y C_4) con las variaciones de X_b ($X_b = 0.00\text{cm}$, $X_b = 2.50\text{cm}$ y $X_b = 5.00\text{cm}$) contra el Caudal Q_1 que se encuentra entre el intervalo de $0.0005 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0010 \text{ m}^3/\text{s}$, nos muestra los resultados en la Figura 102, logrando obtener a la configuración N°04 con $X_b = 0.0 \text{ cm}$, como la que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.2590$.

Figura 102

Relación de la energía específica contra el Caudal Q1

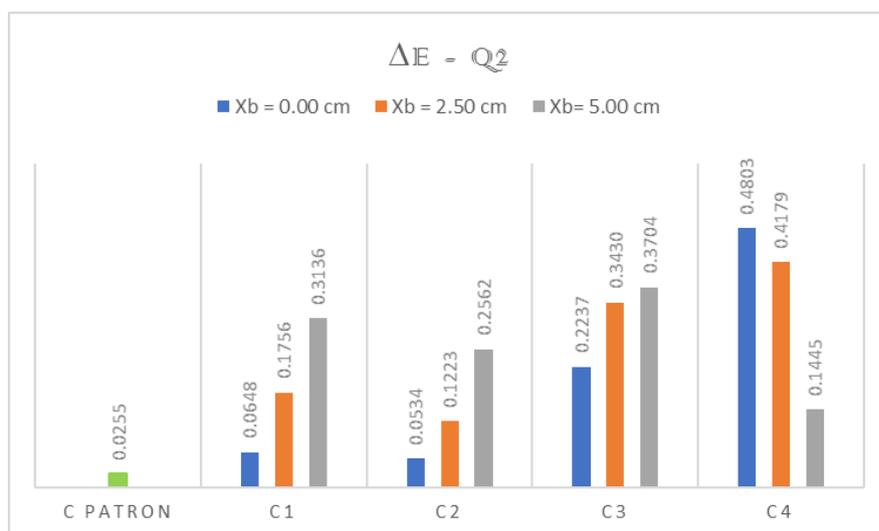


4.2.2.1 Análisis y Discusión de la Energía Específica Contra el Caudal Q2

El comportamiento de la energía específica de las diferentes configuraciones (C1, C2, C3 y C4) con las variaciones de X_b ($X_b = 0.00$ cm, $X_b = 2.50$ cm y $X_b = 5.00$ cm) contra el Caudal Q_2 que se encuentra entre el intervalo de $0.0013 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0018 \text{ m}^3/\text{s}$, nos muestra los resultados en la Figura 103, logrando obtener a la configuración N°04 con $X_b = 0.0$ cm, como la que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.4803$.

Figura 103

Relación de la energía específica contra el Caudal Q2



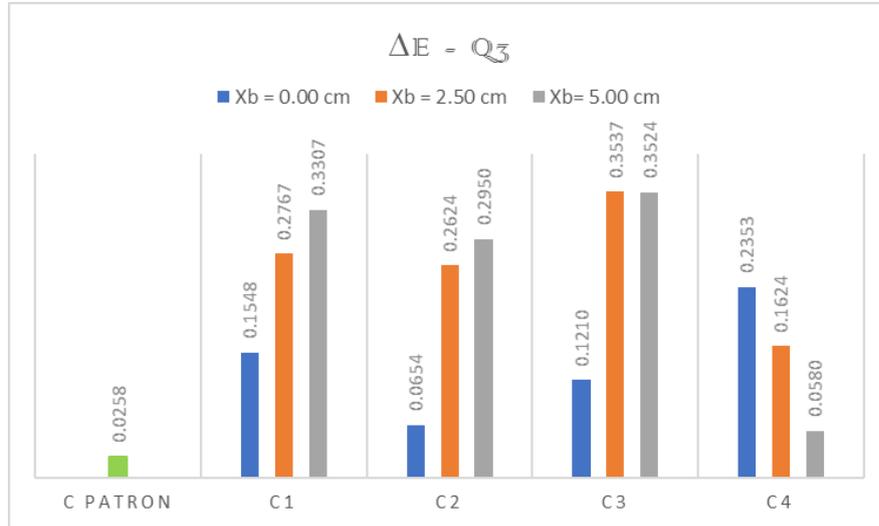
4.2.2.2 Análisis y Discusión de la Energía Específica Contra el Caudal Q3

El comportamiento de la energía específica de las diferentes configuraciones (C1, C2, C3 y C4) con las variaciones de X_b ($X_b = 0.00$ cm, $X_b = 2.50$ cm y $X_b = 5.00$ cm) contra el Caudal Q_3 que se encuentra entre el intervalo de $0.003 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0035 \text{ m}^3/\text{s}$, nos muestra los

resultados en la Figura 104, logrando obtener a la configuración N°03 con $X_b = 2.5$ cm, como la que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.3537$.

Figura 104

Relación de la energía específica contra el Caudal Q_3

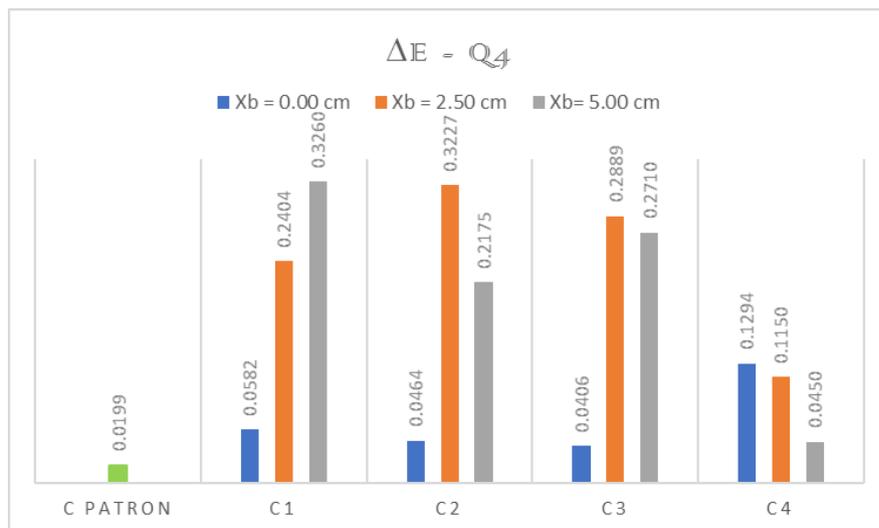


4.2.2.3 Análisis y Discusión de la Energía Específica Contra el Caudal Q_4

El comportamiento de la energía específica de las diferentes configuraciones (C_1 , C_2 , C_3 y C_4) con las variaciones de X_b ($X_b = 0.00$ cm, $X_b = 2.50$ cm y $X_b = 5.00$ cm) contra el Caudal Q_4 que se encuentra entre el intervalo de 0.0040 m^3/s – 0.0045 m^3/s , nos muestra los resultados en la Figura 104, logrando obtener a la configuración N°01 con $X_b = 5.00$ cm, como la que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.3260$.

Figura 105

Relación de la energía específica contra el Caudal Q_4

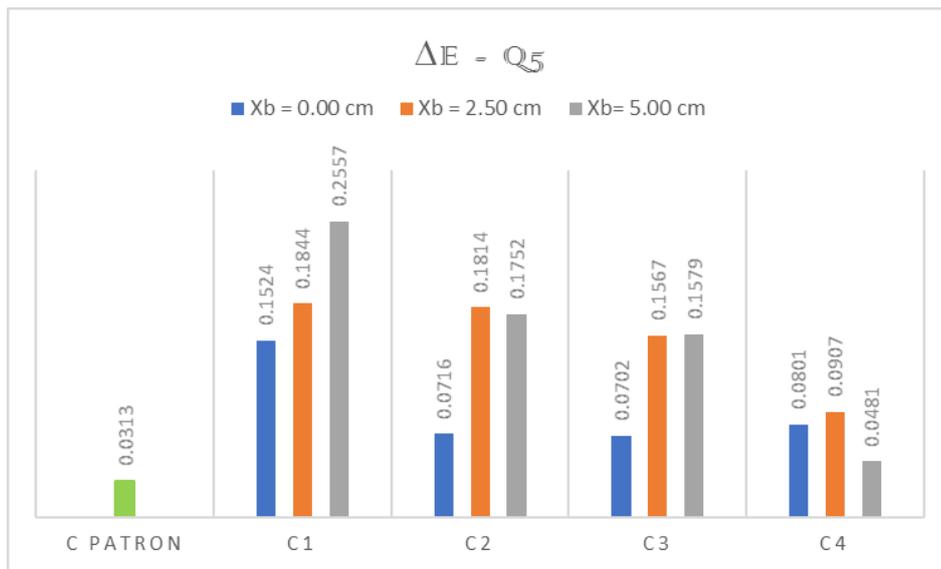


4.2.2.4 Análisis y Discusión de la Energía Específica Contra el Caudal Q_5

El comportamiento de la energía específica de las diferentes configuraciones (C_1 , C_2 , C_3 y C_4) con las variaciones de X_b ($X_b = 0.00\text{cm}$, $X_b = 2.50\text{cm}$ y $X_b = 5.00\text{cm}$) contra el Caudal Q_5 que se encuentra entre el intervalo de $0.0055\text{ m}^3/\text{s} - 0.0060\text{ m}^3/\text{s}$, nos muestra los resultados en la Figura 104, logrando obtener a la Configuración N°01 con $X_b = 5.00\text{ cm}$, como la que dispuso mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.2557$.

Figura 106

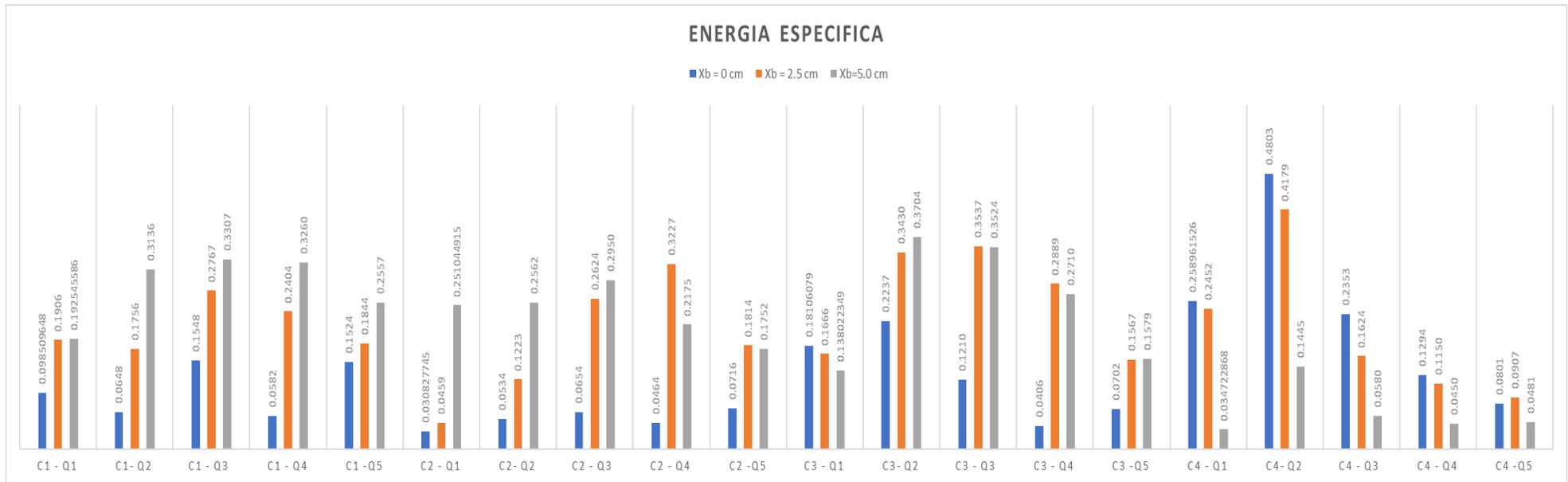
Relación de la energía específica contra el Caudal Q_5



4.2.3. Análisis y Discusión de la Energía Específica Contra los Caudales Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 , Q_5

Figura 107

Relación de la energía específica contra los Caudales Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 y Q_5 .



Analizando de forma global la figura 107, con resultados obtenidos podemos concluir que la mayor disipación se obtuvo con el Q2 en la configuración N°04 con $X_b = 0.00\text{cm}$ con $\Delta E = 0.4803$, sin embargo a continuación se muestra una tabla resumen de las disipaciones de energía específica mayores contrastadas con la configuración patrón para poder verificar que en todos los casos (Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 y Q_5) se obtuvo resultados óptimos con respecto a la disipación de la energía específica.

Figura 108

Relación de la energía específica máxima según los Caudales Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 y Q_5 en contraste al modelo patrón.

CAUDAL	CONFIGURACIÓN	ΔE
Q1	CP (Configuración Patrón)	0.0203
	C4 / Xb=0.00 cm	0.2590
Q2	CP (Configuración Patrón)	0.0255
	C4 / Xb=0.00 cm	0.4803
Q3	CP (Configuración Patrón)	0.0258
	C3 / Xb=2.50cm	0.3537
Q4	CP (Configuración Patrón)	0.0199
	C1 / Xb=5.00 cm	0.3260
Q5	CP (Configuración Patrón)	0.0313
	C1 / Xb=5.00 cm	0.2557

V. CONCLUSIONES

Para los caudales ensayados (Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 y Q_5) la configuración N°04 con $X_b=0.00$ cm (X_b = distancia entre el pie del barrage y el inicio del gavión) analizada con el Caudal Q_2 obtuvo la mayor disipación de energía, con un $\Delta E = 0.4803$.

Para el Caudal Q_1 que se encuentra entre el intervalo de $0.0005 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0010 \text{ m}^3/\text{s}$ la configuración N°04 con $X_b= 0.00$ cm obtuvo el mejor comportamiento debido a que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.2590$, en comparación al modelo patrón que obtuvo un $\Delta E = 0.0203$.

Para el Caudal Q_2 que se encuentra entre el intervalo de $0.0013 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0018 \text{ m}^3/\text{s}$ la configuración N°04 con $X_b= 0.00$ cm obtuvo el mejor comportamiento debido a que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.4803$, en comparación al modelo patrón que obtuvo un $\Delta E = 0.0255$.

Para el Caudal Q_3 que se encuentra entre el intervalo de $0.0030 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0035 \text{ m}^3/\text{s}$ la configuración N°03 con $X_b= 2.50$ cm obtuvo el mejor comportamiento debido a que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.3537$, en comparación al modelo patrón que obtuvo un $\Delta E = 0.0258$.

Para el Caudal Q_4 que se encuentra entre el intervalo de $0.0040 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0045 \text{ m}^3/\text{s}$ la configuración N°01 con $X_b= 5.00$ cm obtuvo el mejor comportamiento debido a que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.3260$, en comparación al modelo patrón que obtuvo un $\Delta E = 0.0199$.

Para el Caudal Q_5 que se encuentra entre el intervalo de $0.0055 \text{ m}^3/\text{s} - 0.0060 \text{ m}^3/\text{s}$ la configuración N°01 con $X_b= 5.00$ cm obtuvo el mejor comportamiento debido a que disipó mayor energía, teniendo como $\Delta E = 0.2557$, en comparación al modelo patrón que obtuvo un $\Delta E = 0.0313$.

Para todas las configuraciones con las diversas adaptaciones de X_b se obtuvieron resaltos ahogado a excepción de las configuraciones del N°01, N°02 y N°03 en la adaptación $X_b=0$ cm con los caudales Q_4 y Q_5 , se obtuvo un Salto Claro.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar ensayos similares variando otros parámetros tales como la distancia entre los gaviones, pendientes, % de piedra en los gaviones y con ello analizar la disipación de la energía específica.

Se recomienda ampliar la presente investigación a fin de ahondar los beneficios de los gaviones en estructuras hidráulicas.

Se recomienda realizar los ensayos con los equipos calibrados para poder tener mejor precisión en los resultados.

Para futuras investigaciones se recomienda realizar ensayos previos para poder determinar las configuraciones que tengan un mejor comportamiento y así lograr mejores resultados.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Al-Fawzy, A. M., Al-Mohammed, F. M., Al-Fatlawi, T. J., & Al-Zubaidy, R. Z. (2020). Dissipation energy of Flow by Stepped Type Gabion Weir. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 737(1), 01–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/737/1/012158>
- Al-Fawzy, A. M., Al-Mohammed, F. M., & Alwan, H. (2020). Energy dissipation in gabion weirs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 671(1), 012068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012068>
- Bianchini Ingeniero.S.A. (2015) Gaviones
- Bureau of Reclamation. (1987). *Diseño de presas pequeñas* (J. L. Lepe, Trad.; Decimo Tercera). Continental S. A. de C.V.
- Coaguila Rodríguez, J. M. (2016). *Modelamiento hidráulico para el estudio de la disipación de energía en cimacios con trampolines* [Tesis para obtener el grado Ingeniero Civil]. Universidad Católica De Santa María.
- Daneshfaraz, R., Bagherzadeh, M., Ghaderi, A., Di Francesco, S., & Majedi Asl, M. (2021). Experimental investigation of gabion inclined drops as a sustainable solution for hydraulic energy loss. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(4), 3451–3459. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.013>
- Fathi Moghaddam, M., Tavakol Sadrabadi, M., & Rahmanshahi, M. (2018). Numerical simulation of the hydraulic performance of triangular and trapezoidal gabion weirs in free flow condition. *Flow Measurement and Instrumentation*, 62, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2018.05.005>
- Hair Jr., J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis* (7ma ed.). Prentice Hall.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAWHILL/INTERAMERICANA EDITORES. S.A. DE C.V. Cuarta Edición.
- Hernández Sampieri, R., & Fernandez Collado, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Maccaferri. 2005. *Gaviones y Otras Soluciones en Malla Hexagonal a Doble Torsión. Necesidades y Soluciones*. Brasil.
- Maccaferri. (2008). Productos metálicos: Gaviones.
- Macián Pérez, J. F., Bayon, A., Valles Morán, F. J., García Bartual, R., & López Jiménez, A. (2017). *Caracterización experimental de resaltos hidráulicos estacionarios con alto número de Reynolds*.
- Máximo, B. (2007). *Hidráulica de Canales*. Lima: Villon. Segunda Edición
- Monje, Alvarez (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Moscoso Alvizuri, R. A. (2018). *Modelamiento hidráulico de aliviaderos con disipadores de energía del tipo salto de esquí* [Tesis para obtener el grado Ingeniero Civil]. Universidad Nacional De San Agustín.
- Pardo R. y Alegret E. (2012). "Diseño hidráulico de aliviaderos y obras de toma para presas". Editorial Félix Varela, ISBN 978-959-07-1692-8, La Habana.
- Prodac. 2004. *Pirka Soft Versión 1.0. Manual de Usuario y Referencia Técnica*. Perú.
- Plazas Romero, E. S., & Acuña Plazas, J. S. (2018). *Análisis comparativo de la disipación de energía y patrones de flujo generados por vertederos escalonados en gavión y vertederos de caída libre en concreto en el Río Fucha, en la localidad San Cristóbal*. Universidad de la Salle.
- Rocha, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Lima.

- Rodríguez, P. (2008). *Hidráulica II*. México.
- Shariq, A., Hussain, A., & Ahmad, Z. (2020). Discharge equation for the gabion weir under through flow condition. *Flow Measurement and Instrumentation*, 74, 101769. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2020.101769>
- Shariq, A., Hussain, A., & Ahmad, Z. (2022). Flow over gabion weir under free and submerged flow conditions. *Flow Measurement and Instrumentation*, 86, 102199. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2022.102199>
- Terrones Ruiz, N. Y. (2015). *Disipación de energía hidráulica mediante cuencos amortiguadores en el canal de pendiente variable del laboratorio de la Universidad Privada del Norte, 2015*. Universidad Privada del Norte.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5(2), 99–114. <https://doi.org/10.2307/3001913>
- Valencia Gutiérrez, A. A., Chavarry Vallejos, C. M., Tamara Rodríguez, J. S., Barrantes Mann, L. A., Chavarría Reyes, L. J., Pereyra Salardi, E., & Laos Laura, X. A. (2023). *El ABC de la Investigación para ingenieros* (Primera). Navegante.
- Ven te chow. (2004). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Colombia: Nomos S.A
- Villamarín, S. (2013). Manual Básico de diseño de estructuras de Disipación de energía Hidráulica [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica del Ejército del Ecuador].
- Wong de Liu, C. (2016). Diseños de estudios.

VIII. ANEXOS

Anexo 01. Protocolo del sistema de medición de datos.

1. OBJETO.

Establecer el procedimiento para la correcta obtención y medición de datos.

2. FINALIDAD Y ALCANCE

Este protocolo pretende establecer una alternativa de medida de datos, que aún no está normalizado en nuestro país para determinar la longitud del resalto hidráulico y los tirantes producidos.

Este protocolo no considera los problemas de seguridad asociados con su uso, si las hay. Sin embargo, se establecerá prácticas apropiadas de seguridad y salubridad.

3. MEDICIÓN DE DATOS

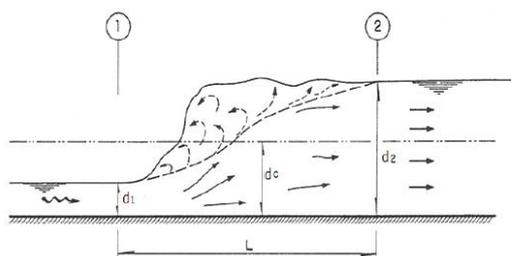
Se realizarán 5 experimentos; es decir por cada configuración de los bloques de impacto de gaviones se obtendrán 5 medidas, para ello por cada ensayo se volverá a ensamblar el material, según las indicaciones establecidas en el protocolo 2, siendo cuidadosos de que las condiciones varíen mínimamente para que los datos nos den resultados confiables, por cada experimento se realizarán 5 medidas cada 2 minutos.

Longitud del resalto hidráulico

- La parte inmediatamente aguas abajo donde se detiene la zona turbulenta y la sección inicial se tendrán en cuenta a la hora de medir la longitud del resalto.

Figura 109

Longitud del salto hidráulico

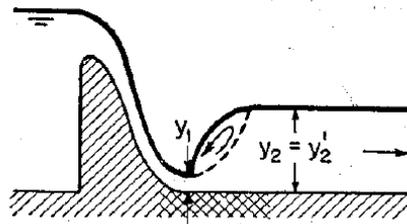


Nota: Tomado de *Hidráulica II*, de Rodríguez, 2008, p.288

Tirantes

Caso 1: Si $y_2 = y_2'$ el resalto es claro y las medidas se efectuaran según la figura

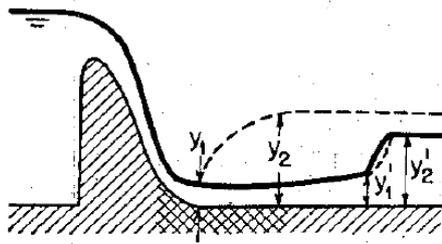
Figura 110
Resalto Claro



Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2004, p.396

Caso 2: Si $y_2 > y_n$ el resalto es barrido y las medidas se efectuaran según la figura.

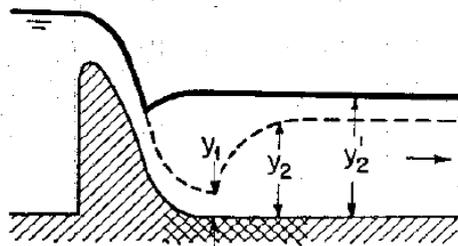
Figura 111
Resalto barrido



Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2004, p.396

Caso 3: Si $y_2 < y_n$ el resalto es ahogado y las medidas se efectuaran según la figura.

Figura 112
Resalto Ahogado



Nota: Tomado de *Hidráulica de Canales Abiertos*, de Ven te Chow, 2004, p.396

Dichas medidas se anotarán de dos modos, uno que será la observación directa y el llenado se realizará en la tabla 1. Y el segundo se realizará mediante fotografías por lo cual se ve por conveniente usar tres cámaras fotográficas dos que se encuentren de manera perpendicular al canal, una por lado, y la última que sea móvil y se realicen tomas desde la parte superior del canal

Tabla 10

Instrumento de observación para la toma de datos de los tirantes y la longitud del resalto hidráulico.

 "UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESISTA	FLORES ANTONIO NATALY LILIBET						
TESIS	"INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN CON UMBRALES DE GAVIONES CONTINUOS Y DENTADOS DE LA POZA DISIPADORA EN EL COMPORTAMIENTO DEL RESALTO HIDRÁULICO EN DIFERENTES CAUDALES"						
LUGAR DE ENSAYO	LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - UNASAM						
DATOS DEL EXPERIMENTO							
CONFIGURACIÓN DE LOS UMBRALES DE GAVIÓN		ADAPTACIÓN SEGÚN EL CAUDAL					
LONGITUD DEL GAVIÓN		PENDIENTE		CAUDAL Q2	XB		
IMAGEN REFERENCIAL							
N°	Q2 M3/S	TIRANTES (CM)					LONG. DE RESALTO (M)
		1	2	3	4	5	
1							
2							
3							
4							
5							

JUSTIFICACION DEL PROCESO DE VALIDACION

El instrumento se fundamenta en procedimientos establecidos para obtener la medida de la longitud del resalto y los tirantes, según el caso que se presente, este protocolo nos ayudará a estandarizar las futuras investigaciones y que los resultados puedan ser contrastados

Anexo 02. Protocolo para la construcción de gaviones a escala

1. OBJETO.

Establecer el procedimiento para la construcción de gaviones a escala.

2. EQUIPOS Y MATERIALES.

Equipos

- Balanzas dentro de la gama de uso que tengan una precisión de 0,5 g o 0,1 % de la masa de la muestra, la que sea mayor.
- Tamices: Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

Materiales

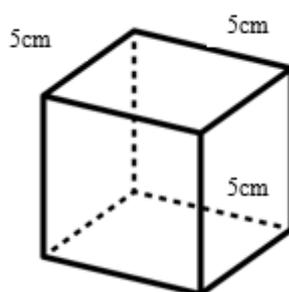
- Piedra de rio o canto rodado
- Malla metalica

3. PROCEDIMIENTO

- Para muestrear los cantos rodados, deben seguirse los procedimientos descritos en (NPT 400.010, 2001). Se aconseja utilizar las rocas más pequeñas cuando se necesite más flexibilidad. Las piedras utilizadas para el muestreo deben estar limpias, no friables y solubles en agua para que proporcionen el comportamiento y la resistencia previstos para el edificio. Esto puede requerir el uso de dimensiones de cuadratura de malla más pequeñas; en tal caso, las aberturas de la malla pueden tener un diámetro máximo de 1 cm.
- Debe utilizarse una regla al aplicar el procedimiento de cuarteo. Hasta que se produzca el agregado para el ensayo en una muestra representativa según NTP 400.012, 2001.
- Después de dividir, se seleccionan dos lados que sean comparables y diagonalmente opuestos, y se eliminan los lados restantes.
- Para evitar la sobrecarga y la pérdida de material, la muestra debe dividirse en dos o más secciones, tamizándose cada componente por separado. Sólo se utilizará el material que quede por encima del tamiz N° 8.
- Teniendo la muestra seleccionada se fabricada gaviones con las siguientes dimensiones:

Figura 113

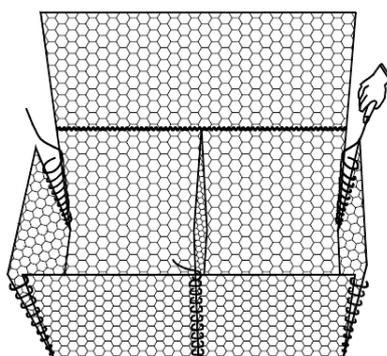
Dimensiones del gavión



- Al momento de armar el gavión en la parte inferior se insertará un tornillo para que funcione como unión a la base del canal, de este modo se mejorará la estabilidad de los gaviones y se simulará el anclaje de cimentación lo cual evita la socavación.
- Las aristas serán unidas con mucho cuidado y en cada intersección se realizarán nudos con alambre para evitar resultados desfavorables.
- Los bloques de gaviones continuos con gaviones más largos que la anchura horizontal deben separarse en celdas con longitudes que no superen la anchura horizontal utilizando diafragmas de la misma malla y calibre que el cuerpo del gavión.

Figura 114

Diafragmas interiores en unidad de gaviones



- Cada borde de la unidad de gavión debe coserse con alambre, alternando entre puntadas simples y dobles para permitir que el alambre pase a través de cada espacio del gavión.
- Antes de rellenarlos, los gaviones deben estirarse lo suficiente para garantizar acoplamientos estancos en ambos lados y bordes.

- Para el llenado se realizará en 2 capas, se colocará la capa inicial de grava hasta 4cm. de altura, se colocaran diafragmas que unan las caras de los gaviones y los tirantes diagonales, el colocado se realizara cuidadosamente buscado dejar la menor cantidad de vacios.
- Cuando se haya completado el llenado del gavión se colocara la tapa, y se cocerá todas las aristas

JUSTIFICACION DEL PROCESO DE VALIDACION

El instrumento se basa en los detalles para la construcción de gaviones de 8cm que nos servirán como los bloques de impacto en la poza disipadora, por lo cual cada detalle especificado se tiene que realizar con cuidado y con la mayor precisión de tal modo se evitaran las fallas generadas por el proceso constructivo.

PLAN PILOTO

Para realizar el proceso de validación del “protocolo para obtención del material granular de fondo” se desarrollarán 05 muestras de gaviones y se realizarán las pruebas adecuadas para verificar que cuenta con las características necesarias según su escala.

Anexo 03. Protocolo de construcción del modelo

1. OBJETO.

- Establecer el procedimiento para la construcción del modelo experimental.

2. FINALIDAD Y ALCANCE

- Este protocolo pretende establecer la construcción de un modelo de ensayo, que aún no está normalizado en nuestro país para determinar el comportamiento de la longitud del resalto hidráulico, para condiciones normales y con presencia de varias configuraciones del material granular de fondo.
- Este protocolo no considera los problemas de seguridad asociados con su uso, si las hay. Sin embargo, se establecerá prácticas apropiadas de seguridad y salubridad.

3. EQUIPOS Y MATERIALES.

Equipos

- Modelo físico. Canal de 25 HP, con caudal variable y pendiente constante.
- Barraje tipo Creager.
- Poza disipadora.
- Martillo de Goma.

Materiales

- Tornillos
- Gaviones

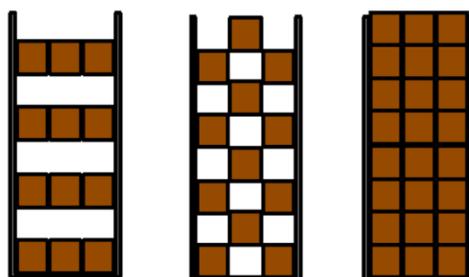
4. MUESTRA

Bloques de impacto de gaviones

- Las muestras que serán colocadas en la poza disipadora, se encontrarán en estado húmedo, por lo cual para la primera muestra se realizará un ensayo del cual no se tomarán resultados, y con esto se garantizará que la muestra tenga las mismas condiciones para el total de observaciones establecidas.
- Los bloques de impacto se colocarán con una distancia de 20 cm longitudinalmente, y con las siguientes configuraciones

Figura 115

Arreglo de las configuraciones de gaviones



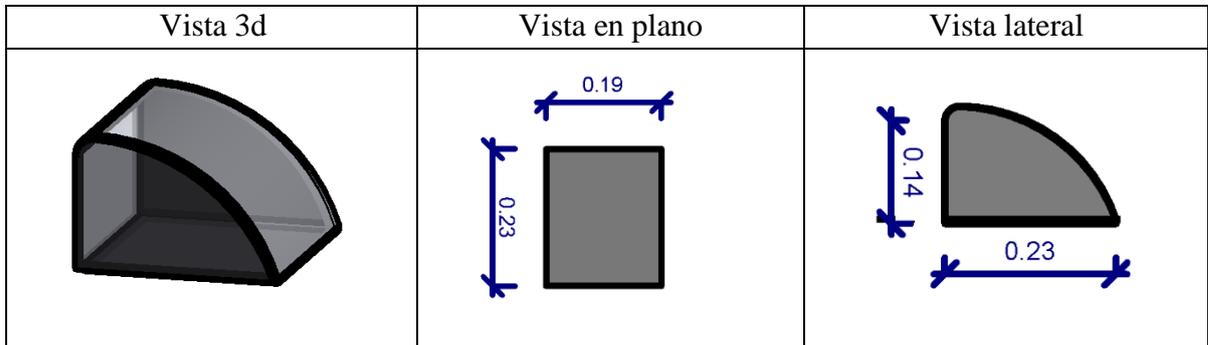
5. PROCEDIMIENTO

Barraje tipo Creager

El barraje Creager tendrá las siguientes dimensiones:

Figura 116

Dimensiones del Barraje tipo Creager.



El barraje será ensamblado en la primera parte del pozo disipador, para evitar daños al canal y evitar flujos no deseados que alteren el experimento.

Poza disipadora.

La poza disipadora tendrá las siguientes dimensiones:

Figura 117

Dimensiones de la poza disipadora – Vista en planta

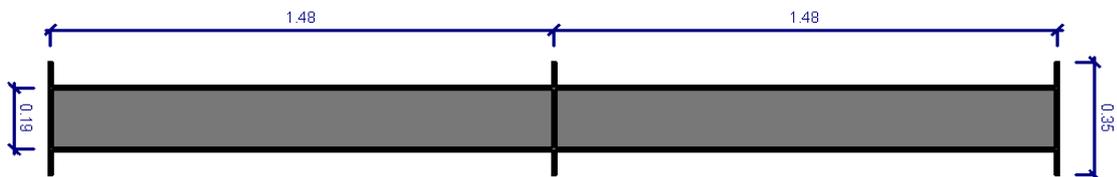


Figura 118

Dimensiones de la poza disipadora – Vista en elevación

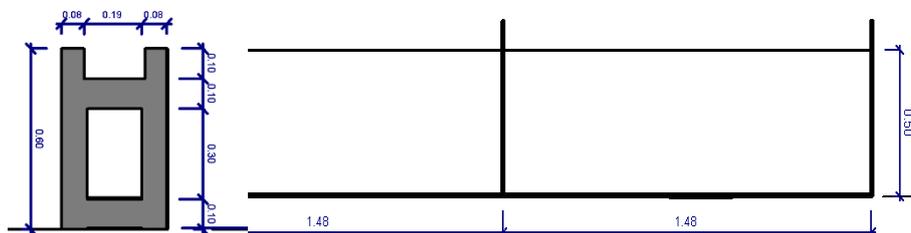
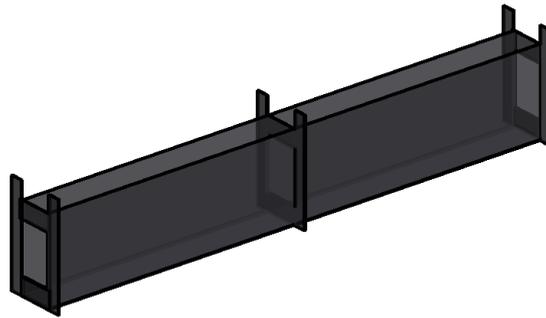


Figura 119

Dimensiones de la poza disipadora – 3D



- En la base de la poza disipadora se colocarán tornillos para ensamblar los gaviones, dichos tornillos para el ensayo patrón se pondrá una tapa lisa de las dimensiones del tornillo, de tal modo se asegurará la base lisa.

Flujos no deseados

Para evitar el paso de flujos durante el ensayo, al momento del ensamblado de la poza disipadora en la parte superior se colocarán abrazaderas, cada 50 cm.

JUSTIFICACION DEL PROCESO DE VALIDACION

El instrumento se fundamenta en procedimientos establecidos para la construcción y ensamblaje del modelo hidráulico a escala, en el cual se tienen las consideraciones necesarias para evitar daños al canal, como para obtener resultados que no se vean afectados por variables no establecidas en el proyecto de investigación.

PLAN PILOTO

Para realizar el proceso de validación del “protocolo de construcción del modelo” se desarrollará un ensayo en el cual se tome nota de todos los defectos, y los análisis que se deberá tomar en cuenta para ver si el modelo propuesto cumple con los parámetros establecidos en el proyecto.

Anexo 4. Matriz de Consistencia

TITULO	Influencia de la configuración continua y dentada de los bloques de impacto de gaviones en la energía del resalto hidráulico en diferentes caudales.
PROBLEMA	¿Cómo influy en las configuraciones con bloques de impacto de gaviones de la poza disipadora en el comportamiento del resalto hidráulico en diferentes caudales?
HIPOTESIS	Las configuraciones con bloques de impacto de gaviones disipan la energía del resalto hidráulico en diferentes caudales.
OBJETIVO	Determinar la influencia de las configuraciones con bloques de impacto de gaviones de la poza disipadora en el comportamiento del resalto hidráulico para diferentes caudales.
OBJETIVOS ESPECIFICOS	<p>* Realizar un modelo físico a escala, teniendo en cuenta un análisis dimensional y condiciones de similitud.</p> <p>* Determinar el comportamiento del resalto hidráulico para un modelo patrón con diferentes caudales.</p> <p>* Determinar el comportamiento del resalto hidráulico para las configuraciones con bloques de impacto de gaviones continuos y dentados con diferentes caudales.</p> <p>* Determinar la fuerza específica del agua generada sobre los gaviones en el resalto hidráulico aplicando diferentes caudales.</p>
VARIABLE, DIMENSION E INDICADORES	<p>Variable Independiente: Configuración de umbrales de gaviones -Configuración continua -Configuración dentada Caudales</p> <p>Variable dependiente: Energía del Resalto Hidráulico -Posición de salto -Profundidad de flujo -Longitud del resalto hidráulico -Fuerza específica</p>
METODOLOGÍA	<p>Enfoque: La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que la hipótesis sobre el comportamiento esperado entre las variables es planteada con conceptos teóricos y el análisis de la información se obtendrá mediante la observación, la medición y la documentación de mediciones, para determinar la relación entre las variables.</p> <p>Tipo: El tipo de investigación es explicativa, puesto que se establece el comportamiento de las variables para lograr la comprensión del problema determinado, de manera deductiva se realiza una explicación del problema, las causas y efectos.</p> <p>Metodología: El método de esta investigación es explicativo, ya que además de brindar respuestas a la hipótesis, se centra en responder a las causas, por ello consta de cinco etapas, una revisión bibliográfica acerca del tema, la elaboración de los gaviones y el canal, validación de los protocolos, ensayos del modelo patrón y de las configuraciones de bloques de impacto de gaviones y finalmente la contratación de resultados.</p> <p>Dentro de la primera etapa, se revisará la bibliografía para poder analizar los alcances y limitaciones de la investigación y del mismo modo poder plantear protocolos adecuados para los ensayos respectivos, teniendo ya los protocolos se entrará a la segunda etapa con los ensayos y validación de los protocolos, dentro de los cuales se harán todas las observaciones necesarias, y se garantizará que el modelo tiene las condiciones de similitud adecuadas para su ensayo, en la tercera etapa se realizarán los ensayos del modelo patrón y también del canal con los bloques de impacto de gaviones correspondientes, con estos análisis se podrá contrastar resultados y responder la hipótesis planteada.</p> <p>Procedimiento: Se realizarán gaviones a escala tomando en cuenta un análisis dimensional y las condiciones de similitud para las piedras utilizadas, de modo que se garantice semejanza con prácticas reales, se tomará en cuenta el protocolo establecido para su fabricación.</p> <p>Por otra parte, se diseñará un modelo físico a escala (1:50), teniendo en cuenta un análisis dimensional y condiciones de similitud, en el cual se trabajará con pendiente y caudal constante, este canal contará con una bomba de 25HP.</p> <p>Teniendo el modelo físico se determinarán las características del resalto hidráulico para un modelo patrón, en el cual las condiciones del material de fondo se mantienen estables, los datos obtenidos serán anotados en el instrumento metodológico para el control de datos de la longitud del resalto hidráulico (Tabla 1, Anexo 3), la toma de datos y medidas de la longitud del resalto hidráulico, tirantes conjugados, y caudal se detallan en el Anexo 03. Protocolo del sistema de medición de datos</p> <p>Finalmente se determinará las características del resalto hidráulico para las configuraciones de los bloques de impacto de gaviones continuos y dentados haciendo un total de 3 modelos, dichas configuraciones y la forma en que serán colocadas están establecidas en el Anexo 02. Protocolo de construcción del modelo, los datos obtenidos serán anotados en el instrumento metodológico para el control de datos de la longitud del resalto hidráulico (Tabla 1, Anexo 3), el número de muestras por configuración de los bloques de impacto será el mismo que se plantea en el modelo patrón, del mismo modo se realizarán gráficos para el análisis en los cuales se busque una relación de la longitud de desarrollo del resalto hidráulico con los tirantes conjugados teniendo en cuenta el tipo de resalto, a través de los gráficos se planteará un comportamiento del resalto hidráulico y se contrastará con las características del modelo patrón.</p>
POBLACION. MUESTRA. TAMAÑO MUESTRAL	<p>Población: La investigación tiene como población a los resaltos hidráulicos generados en estructuras hidráulicas con pozas disipadoras de energía que incluyen umbrales</p> <p>Muestra: La investigación está conformada por umbrales de gaviones y el muestreo experimental de la investigación está conformada por cuatro configuraciones en la poza disipadora, tres con umbrales de gaviones que serán colocados de forma continua y dentada y una configuración sin material granular de fondo.</p>
JUSTIFICACION	<p>El resalto hidráulico es un fenómeno que está presente en varias obras hidráulicas, sobre todo cuando se hace uso de presas o embalses, lo cual genera un aumento de energía cinética dando como resultado una gran fuerza destructiva que ocasiona erosión y disminuye el tiempo de vida de la estructura, por lo que el objetivo principal en las obras hidráulicas es disipar la energía producida, para este fin se usan las pozas disipadoras con variedad de configuraciones en ella, dicha energía no solo genera daños, si no también cambios en las características del resalto por lo que su estudio y las técnicas de modelación para analizar su comportamiento son sujetos a experimentación y no se tiene un comportamiento estandarizado, a partir de ello se pretende proporcionar información respecto al comportamiento del resalto y se propone una nueva configuración dentro de la poza disipadora colocando configuraciones de bloques de impacto, tras las características obtenidas y el análisis adecuado se determinará la fuerza de impacto en los bloques y se establecerá un rango de aplicación, esta propuesta puede ser considerada en diversas obras hidráulicas, como por ejemplo en las áreas naturales protegidas que cuentan con una normativa que nos exige implementar nuevos métodos constructivos con resultados óptimos.</p> <p>Otro aporte de la investigación se ve desde el punto de vista académico, ya que no existen tesis en la facultad de Ingeniería Civil que hayan sido realizadas en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, de esta forma se busca impulsar la investigación en la rama de hidráulica.</p>

Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION (COMO SE MEDIRA EL INDICADOR)
Configuraciones de los bloques de impacto de gaviones	Configuración Continua	Instrumento metodológico para la configuración continua y dentada de umbrales de gaviones
	Configuración dentada	
Caudal		Para el proyecto se analizaran la variación de resultados con 5 caudales
Energía del Resalto Hidraulico	Posición del salto	Instrumento metodológico para determinar la posición del salto
	Tirantes conjugados	Control de los tirantes conjugados según la configuración de los umbrales de gaviones y la variación de caudales
	Longitud del resalto	Control de la variación de la longitud del resalto hidraulico según la configuración de los umbrales de gaviones y la variación de caudales
	Fuerza específica	Instrumento metodológico para determinar la energía