

Reformulación de las prácticas del laboratorio de hidráulica en el marco de la contingencia por la construcción del nuevo edificio de Ingenierías Físico-Mecánicas de la UIS

Marlon Yadir González Santos

Silvia Fernanda Jaimes Toloza

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Tatiana Constanza Guarín Corredor
Ph.D. en Ingeniería Civil y Ambiental

Codirector

Sandra Rocío Villamizar Amaya
Ph.D. en Sistemas Ambientales

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga
2026

Dedicatoria

Este trabajo de grado está dedicado a nuestros padres, quienes fueron nuestro apoyo incondicional y día tras día nos alentaron con su amor. Agradecemos a Dios por acompañarnos en esta hermosa etapa universitaria, en la que conocimos y aprendimos de grandes personas y profesionales. Este logro es muy especial para nuestras vidas, y la UIS siempre estará en nuestros corazones.

Agradecimientos

Queremos agradecer a las profesoras Tatiana Constanza Guarín Corredor y Sandra Rocío Villamizar Amaya por su acompañamiento y orientación en la realización de este trabajo de grado, así como por sus aportes, los cuales fueron indispensables para alcanzar esta meta.

Asimismo, agradecemos a la Escuela de Ingeniería Mecánica por brindarnos los espacios necesarios para el desarrollo de las actividades prácticas, contribuyendo de forma significativa a nuestro proceso de formación.

Finalmente, agradecemos a los auxiliares del laboratorio por su disposición y dedicación durante el desarrollo de las prácticas, así como por las recomendaciones brindadas, las cuales contribuyeron a mejorar la calidad de este trabajo de grado.

Tabla de Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	16
1.1 Objetivo General.....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. MARCO DE REFERENCIA	17
2.1 Antecedentes en la UIS.....	17
2.2 Enseñanza de la hidráulica bajo limitaciones de infraestructura experimental.	18
2.3 Tecnologías digitales en la enseñanza de la hidráulica como respuesta a escenarios de contingencia.	19
3. METODOLOGÍA	20
3.1. Fases de desarrollo del proyecto.	20
3.1.1. <i>Fase 1: Diagnóstico general de los recursos existentes.</i>	20
3.1.2. <i>Fase 2: Planteamiento de prácticas adaptadas a la contingencia.</i>	21
3.1.3. <i>Fase 3: Validación de las prácticas adaptadas a la contingencia.</i>	21
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Resultados del diagnóstico inicial del laboratorio	22
4.2. Resultados del diseño y la adaptación de las prácticas.	25
4.2.1. <i>Prácticas presenciales adaptadas</i>	25
4.2.1.1. Estimación del caudal mediante el método del flotador (Apéndice A).	28
4.2.1.2. Caracterización del resalto hidráulico y de la disipación de energía en canales abiertos (Apéndice B).	29

4.2.1.3. El Flujo Uniforme y el Coeficiente de Rugosidad de Manning (Apéndice C).....	30
4.2.1.4. Evaluación experimental del comportamiento hidráulico de vertederos (Apéndice D)..	31
4.2.2. <i>Simulaciones y recursos digitales desarrollados</i>	32
4.2.2.1. Análisis de la energía específica y el régimen crítico en canales abiertos mediante simulación computacional (Apéndice F).	35
4.2.2.2. Estudio del resalto hidráulico en un canal rectangular mediante modelación hidráulica (Apéndice H).....	37
4.2.2.3. Coeficiente de rugosidad de Manning (Apéndice I).	38
4.2.2.4. Análisis del flujo gradualmente variado en canales abiertos mediante simulación hidráulica (Apéndice J).	40
4.2.2.5. Evaluación hidráulica de un vertedero de cresta ancha mediante simulación computacional (Apéndice L).....	41
4.2.3. <i>Simulaciones y recursos digitales sin modificación</i>	42
4.3. Resultados de la validación.....	44
4.3.1. <i>Validación con auxiliares del 2025-2</i>	44
4.3.1.1. Encuesta de validación de prácticas presenciales aplicada a los auxiliares durante el semestre 2025-2.	47
4.3.1.2. Encuesta de validación de simulaciones computacionales aplicada a los auxiliares durante el semestre 2025-2.	50
4.3.2. <i>Integración de las guías y los recursos en la plataforma Moodle</i>	53
4.4 Discusión	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Diagnóstico del laboratorio de hidráulica para el plan de contingencia.</i>	23
Tabla 2 <i>Prácticas presenciales adaptadas.</i>	27
Tabla 3 <i>Simulaciones adaptadas.</i>	34
Tabla 4 <i>Prácticas presenciales conservadas</i>	44

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Práctica 0. Método del flotador</i>	28
Figura 2 <i>Práctica 4. Resalto hidráulico</i>	30
Figura 3 <i>Práctica 5. Coeficiente de Rugosidad de Manning.</i>	31
Figura 4 <i>Práctica 8. Vertederos</i>	32
Figura 5 <i>Simulación 2. Curva E</i>	36
Figura 6 <i>Simulación 4. Resalto hidráulico</i>	38
Figura 7 <i>Simulación 5. El flujo uniforme y el coeficiente de rugosidad de Manning</i>	39
Figura 8 <i>Simulación 6. Flujo Gradualmente Variado (FGV)</i>	41
Figura 9 <i>Simulación 8. Vertedero de cresta ancha</i>	42
Figura 10 <i>Auxiliares del 2025-2 aprendiendo a encender las bombas del canal</i>	45
Figura 11 <i>Auxiliares del 2025-2 midiendo el caudal con el método volumétrico</i>	46
Figura 12 <i>Auxiliares del 2025-2 tomando datos de las prácticas realizadas</i>	46
Figura 13 <i>Auxiliares del 2025-2 formando el Resalto hidráulico</i>	47
Figura 14 <i>Resultados de la validación de la práctica del método del flotador</i>	48
Figura 15 <i>Resultados de la validación de la práctica del coeficiente de Manning</i>	48
Figura 16 <i>Resultados de la validación de la práctica del resalto hidráulico</i>	49
Figura 17 <i>Resultados de la validación de la práctica de vertederos</i>	49
Figura 18 <i>Resultados de la validación de la simulación de Curva E</i>	50
Figura 19 <i>Resultados de la validación de la simulación de Resalto hidráulico</i>	51

Figura 20 *Resultados de la validación de la simulación del coeficiente de Rugosidad de Manning* 51

Figura 21 *Resultados de la validación de la simulación del Flujo Gradualmente Variado (FGV)* 52

Figura 22 *Resultados de la validación de la simulación de Vertedero de cresta ancha* 52

Figura 23 *Ejemplo de incorporación de práctica presencial en aula virtual Moodle*..... 53

Figura 24 *Ejemplo de incorporación de simulación en aula virtual Moodle*. 54

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Práctica 0: Método del flotador

Apéndice B. Práctica 4: Resalto Hidráulico

Apéndice C. Práctica 5: Coeficiente de Rugosidad de Manning

Apéndice D. Práctica 8: Vertederos

Apéndice E. Simulación 1: Distribución de velocidades

Apéndice F. Simulación 2: Curva E

Apéndice G. Simulación 3: Transiciones

Apéndice H. Simulación 4: Resalto Hidráulico

Apéndice I. Simulación 5: El flujo uniforme y coeficiente de rugosidad de Manning

Apéndice J. Simulación 6: Flujo gradualmente variado (FGV)

Apéndice K. Simulación 7: Compuerta admisión inferior

Apéndice L. Simulación 8: Vertedero de cresta ancha

Apéndice M. Simulación 9: Parshall

Resumen

Título: Reformulación de las prácticas del laboratorio de hidráulica en el marco de la contingencia por la construcción del nuevo edificio de ingenierías físico mecánicas de la UIS*

Autor: Marlon Yadir González Santos, Silvia Fernanda Jaimes Toloza **

Palabras Clave: Moodle, HEC-RAS, Simulaciones computacionales, Guías de laboratorio, Prácticas presenciales

Descripción:

La asignatura Hidráulica de Canales del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander cuenta con un componente práctico fundamental para la comprensión de los principios del flujo a superficie libre. No obstante, situaciones de contingencia institucional, como la demolición del edificio Laboratorio de Hidráulica para la construcción del nuevo edificio de Ingenierías Físico-Mecánicas, limitarán el acceso a los espacios físicos tradicionales del laboratorio de Hidráulica, lo que hizo necesario replantear el desarrollo de las prácticas académicas del curso en el marco de una estrategia de contingencia. Este trabajo presenta la reformulación de las prácticas del laboratorio de Hidráulica mediante el diseño e implementación de recursos pedagógicos de apoyo a la docencia, organizados a través de un aula virtual de aprendizaje. La propuesta contempla la actualización de las guías de laboratorio para adecuarlas a la infraestructura y condiciones que se tendrán durante el periodo de contingencia, la incorporación de material audiovisual de acompañamiento y el uso de plantillas para el análisis de datos, con el fin de apoyar el desarrollo de las actividades prácticas y facilitar la comprensión de los conceptos hidráulicos abordados en el curso. La metodología consistió en la revisión y adecuación de las prácticas existentes, así como en la digitalización y organización de los contenidos en un entorno virtual, permitiendo a los estudiantes contar con una estructura clara para la preparación, ejecución y análisis de las prácticas de laboratorio. Como resultado, se consolidó un espacio virtual con 4 prácticas presenciales y 9 simulaciones, donde (5) fueron modificadas y (4) se mantuvieron, donde se centraliza la información del curso y sirve como apoyo al proceso de enseñanza–aprendizaje en contextos donde el acceso al laboratorio físico es limitado. La reformulación desarrollada constituye una alternativa de apoyo académico para la asignatura Hidráulica de Canales y aporta a la continuidad del componente práctico del curso en escenarios de contingencia

* Práctica Docente

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería civil. Director: Tatiana Constanza Guarín Corredor. Ph.D. en Ingeniería Civil y Ambiental. Codirector: Sandra Rocío Villamizar Amaya. Ph.D. Environmental Systems.

Abstract

Title: Reformulation of the practices of the hydraulics laboratory within the framework of the contingency for the construction of the new building of physical and mechanical engineering of the UIS *

Author: Marlon Yadir González Santos, Silvia Fernanda Jaimes Toloza **

Key Words: Moodle, HEC-RAS, Computer simulations, Laboratory guides, Classroom practices

Description:

The subject Hydraulics of Canals of the Civil Engineering program of the Industrial University of Santander has a fundamental practical component for the understanding of the principles of free surface flow. However, situations of institutional contingency, such as the demolition of the Hydraulics Laboratory building for the construction of the new Physical-Mechanical Engineering building, will limit access to the traditional physical spaces of the Hydraulics laboratory, which made it necessary to rethink the development of the academic practices of the course within the framework of a contingency strategy. This paper presents the reformulation of the practices of the Hydraulics laboratory through the design and implementation of pedagogical resources to support teaching, organized through a virtual learning classroom. The proposal contemplates the updating of the laboratory guides to adapt them to the infrastructure and conditions that will be in place during the contingency period, the incorporation of accompanying audiovisual material and the use of templates for data analysis, in order to support the development of practical activities and facilitate the understanding of the hydraulic concepts addressed in the course. The methodology consisted of the review and adaptation of existing practices, as well as the digitization and organization of the contents in a virtual environment, allowing students to have a clear structure for the preparation, execution, and analysis of laboratory practices. As a result, a virtual space was consolidated with 4 face-to-face practices and 9 simulations, where (5) were modified and (4) maintained, where the course information is centralized and serves as support for the teaching-learning process in contexts where access to the physical laboratory is limited. The reformulation developed constitutes an alternative academic support for the subject Hydraulics of Canals and contributes to the continuity of the practical component of the course in contingency scenarios.

* Teaching practice

** Department of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Advisor: Tatiana Constanza Guarín Corredor. Ph.D. in Civil and Environmental Engineering. Codirector: Sandra Rocío Villamizar Amaya. Ph.D. Environmental Systems.

Reconocimiento de uso de la Inteligencia Artificial

Reconocemos el uso de la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT como apoyo en la organización del texto y en la revisión ortográfica y gramatical, con el fin de mejorar la coherencia, la claridad y la comprensión del contenido durante el proceso de redacción del presente documento, sin que dicha herramienta sustituya el análisis ni la redacción académica realizada por los autores.

Introducción

El laboratorio de Hidráulica de Canales de la Universidad Industrial de Santander ha sido, a lo largo de los años, un espacio fundamental para la formación de los estudiantes de Ingeniería Civil, al permitir el desarrollo de competencias prácticas necesarias para la comprensión de los fenómenos asociados al flujo a superficie libre. La formación experimental constituye un componente esencial en la enseñanza de la ingeniería, ya que facilita la relación entre los conceptos teóricos y el comportamiento físico de los sistemas reales (Feisel & Rosa, 2005). No obstante, la operación del laboratorio ha enfrentado diversos retos asociados a la obsolescencia de la infraestructura y a las necesidades de mantenimiento.

Esta situación se encuentra actualmente en proceso de solución mediante la construcción del nuevo edificio de Ingenierías Físico-Mecánicas, el cual albergará el laboratorio de Hidráulica con nuevo equipamiento. Sin embargo, la demolición del edificio actual implica la suspensión temporal del uso de la infraestructura existente, lo que afecta directamente el desarrollo del componente práctico de la asignatura Hidráulica de Canales durante el tiempo de la construcción y amoblamiento del nuevo edificio y plantea un desafío significativo para el proceso de enseñanza–aprendizaje del curso. La literatura señala que la ausencia de espacios experimentales puede limitar el logro de los resultados de aprendizaje si no se implementan estrategias pedagógicas alternativas adecuadas (Brinson, 2015).

Antecedentes recientes evidencian que la imposibilidad de acceder a laboratorios presenciales no es una situación inédita (Feisel & Rosa, 2005). En años recientes, se han desarrollado e implementado laboratorios virtuales, remotos y simulados como alternativas para apoyar la enseñanza de la ingeniería, demostrando que estas herramientas pueden contribuir al aprendizaje cuando se integran de manera adecuada al currículo (Ma & Nickerson, 2006). En el

caso de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, desde el 2021, a raíz de los retos surgidos por la pandemia COVID-19 se inició un esfuerzo por complementar el material y recursos existentes que incluyó la creación de un aula virtual en la plataforma Moodle, el uso de guías digitales, videos explicativos y evaluaciones en línea (Laiton Suárez, 2022), así como el desarrollo de simulaciones computacionales (Malaver Nieto, 2023).

Posteriormente, anticipándose a los retos previstos por la construcción del nuevo edificio, se hizo la evaluación de alternativas de equipamiento para el laboratorio (Pardo Aguilar & Reyes Jamaica, 2023) cuyos resultados fueron compartidos con la administración central de la Universidad y fueron tenidos en cuenta para el equipamiento del nuevo espacio. Sin embargo, mientras la construcción se completa, se requiere mitigar el impacto por la ausencia del laboratorio. Para esto, se planteó la alternativa de desarrollar algunas prácticas presenciales utilizando un canal de pequeñas dimensiones facilitado por la Escuela de Ingeniería Mecánica. Este recurso permitirá mantener el contacto directo de los estudiantes con la experimentación hidráulica. La experiencia práctica se complementará con el desarrollo de simulaciones y el uso de plataformas digitales relevantes.

En este contexto, el objetivo general de este trabajo es reformular las prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales para garantizar la continuidad y calidad del componente experimental durante el periodo de transición asociado a la demolición y construcción del nuevo edificio de Ingenierías Físico-Mecánicas. A partir de este objetivo, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo garantizar el desarrollo efectivo de las prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales mediante el uso articulado de simulaciones, herramientas digitales y recursos experimentales disponibles durante la contingencia?

La justificación de este trabajo radica en la necesidad de asegurar que los estudiantes continúen fortaleciendo sus habilidades prácticas y experimentales, aun cuando el acceso al laboratorio físico se vea restringido. El proyecto beneficia directamente a la comunidad académica de la Escuela de Ingeniería Civil, al proponer un plan de contingencia que combina recursos digitales, simulaciones y equipamiento disponible en otros espacios de la universidad, con base en experiencias previas documentadas en la institución (Gavilán León, 2002; Laiton Suárez, 2022; Malaver Nieto, 2023). El enfoque adoptado corresponde a una estrategia de carácter académico y práctico, basada en el diagnóstico de los recursos existentes, el diseño de prácticas adaptadas a la contingencia y su validación inicial, con el fin de sostener la formación experimental en hidráulica durante el periodo de transición y fortalecer el material didáctico del curso a largo plazo.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Reformular las prácticas del laboratorio de hidráulica en el marco de la contingencia por la construcción del nuevo edificio de ingenierías físico-mecánicas de la UIS.

1.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual del componente práctico de Hidráulica en la UIS, identificando los recursos existentes, las limitaciones generadas por la demolición del laboratorio y las necesidades inmediatas de estudiantes y docentes.
- Plantear un conjunto de prácticas adaptadas a los recursos disponibles, acompañado de guías de trabajo con objetivos, procedimientos y preguntas que orienten el desarrollo y la experiencia práctica según la temática a abordar.
- Validar las prácticas adaptadas mediante pruebas piloto con estudiantes y/o auxiliares del laboratorio de Hidráulica.

2. Marco de referencia

2.1 Antecedentes en la UIS

El Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Industrial de Santander (UIS), a lo largo del tiempo, se ha convertido en un lugar fundamental para la formación de ingenieros civiles, ya que ha permitido que los alumnos se aproximen de manera práctica a fenómenos que en el salón solo se estudian teóricamente. La historia de este laboratorio se remonta a 1991, cuando las instalaciones se compartían con Geomática, lo que obstaculizaba considerablemente la experimentación. El profesor Jorge Alberto Guzmán, ante este obstáculo, promovió en 1998 la construcción de un nuevo edificio exclusivamente para el laboratorio de hidráulica (LH), que fue inaugurado en 1999 (Pardo Aguilar & Reyes Jamaica, 2023; Santaella, 2007). La necesidad de estandarizar y organizar las prácticas surgió con la puesta en marcha del edificio. Fue en ese momento que el profesor Germán Gavilán creó la Guía de laboratorio de hidráulica de canales abiertos Gavilán (2002), la cual compiló procedimientos fundamentales y proporcionó una estructura a los ensayos en canales. Poco después, Sáenz (2003) creó diversas estructuras a escala, incluida la canaleta de vidrio, que se siguió usando hasta el semestre 2025-2 para observar con precisión los fenómenos del flujo. Cuatro años después, Santaella (2007) propuso el diseño de una plataforma científica, tecnológica y docente renovada para el laboratorio de hidráulica, con el fin de actualizar los métodos de enseñanza y los equipos. A partir de ese momento, varios proyectos de grado han continuado con esa labor: la incorporación de estrategias prácticas en la enseñanza (Laiton Suárez, 2022), el diseño de simulaciones para apoyar la docencia (Malaver Nieto, 2023) y la evaluación de opciones de equipamiento (Pardo Aguilar & Reyes Jamaica, 2023). Estos aportes muestran un esfuerzo sostenido para consolidar y mantener la enseñanza experimental asociada a la hidráulica de canales abiertos en la UIS.

2.2 Enseñanza de la hidráulica bajo limitaciones de infraestructura experimental.

Para formarse en ingeniería, es necesario tener contacto directo con el experimento: manejar equipos, trabajo colaborativo y afrontar los contratiempos propios de la práctica. No obstante, no poder acceder a un laboratorio no significa que la calidad del aprendizaje se pierda necesariamente. Según varios estudios (Feisel & Rosa, 2005; Ma & Nickerson, 2006), los ambientes virtuales pueden lograr resultados similares en competencias analíticas si están diseñados con atención. Hasta el momento, estudios recientes han indicado que la motivación y la retención del conocimiento aumentan al utilizar recursos virtuales y presenciales (Brinson, 2015; Potkonjak et al., 2016). A pesar de que en Europa y América del Norte el empleo de simulaciones tiene un largo recorrido, su uso ha aumentado recientemente en Sudamérica. Por ejemplo, en Colombia, Moreno y Castaño (2019) registraron experiencias positivas en la enseñanza de la hidráulica mediante el uso de software como HEC-RAS y MATLAB. De manera similar, Vanegas y Varela (2017) destacan el papel de los laboratorios virtuales como una alternativa viable para complementar las actividades académicas, al favorecer la comprensión de fenómenos físicos y el desarrollo de habilidades conceptuales en escenarios con restricciones de infraestructura. A su vez, Camelo-Quintero (2019) documenta experiencias positivas en programas de ingeniería, donde la implementación de prácticas de laboratorio apoyadas en entornos virtuales permitió articular de forma efectiva la simulación con la teoría, fortaleciendo los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estas herramientas se emplearon como un reemplazo parcial de los equipos físicos, lo que permitió crear modelos híbridos que equilibran la simulación, la teoría y prácticas reducidas.

2.3 Tecnologías digitales en la enseñanza de la hidráulica como respuesta a escenarios de contingencia.

La tecnología ha cambiado la forma en que los individuos aprenden y resuelven problemas, y la hidráulica no se ha quedado al margen de esta transformación. La comprensión de los fenómenos hidráulicos se facilita hoy gracias a programas especializados. Entre ellos se encuentra HEC-RAS, creado por el U.S. Army Corps of Engineers, que se ha consolidado como una herramienta de referencia para simular flujos en estructuras hidráulicas y canales (HEC, 2023). HCANALES, creado por Villón Béjar en el año 2006, es otra herramienta destacada: una calculadora interactiva que simplifica la detección de regímenes de flujo. Además de los programas especializados, aplicaciones generales como Excel o Wolfram Alpha son útiles para organizar cálculos, comprobar resultados y fomentar el debate entre los estudiantes (Potkonjak et al., 2016). En la UIS, la plataforma virtual Moodle ha sido un medio de soporte para cargar simulaciones, guías y videos. Esto ha ayudado a que los alumnos completen su educación incluso sin tener acceso total al laboratorio.

Como la demolición y reconstrucción del edificio de hidráulica implicarán que las prácticas presenciales se suspendan temporalmente, el anuncio causó preocupación. No obstante, en lugar de ser un obstáculo, este desafío se convierte en una oportunidad para diseñar un plan de contingencia que integre el uso de recursos digitales con los equipos que aún están disponibles. Así, mientras se construye el nuevo laboratorio, se pretende que los alumnos continúen desarrollando habilidades experimentales y prácticas. La propuesta no sólo se adecúa a la situación actual, sino que también está en línea con las pautas del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2020) y con los estándares internacionales establecidos por ASCE (2019) y ABET (2024). Estos organismos enfatizan que la capacitación de los ingenieros modernos no debe restringirse a la

experimentación práctica, sino también debe incluir el dominio de ambientes digitales, garantizando una preparación integral y relevante para las dificultades de la profesión.

3. Metodología

Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque **descriptivo y aplicado**, orientado al diseño, la adaptación y la validación de prácticas experimentales y simulaciones para la asignatura de Hidráulica de Canales de la Universidad Industrial de Santander, en un contexto de restricción temporal del laboratorio físico. La metodología se estructura en **tres fases** que permiten abordar de manera sistemática el diagnóstico de los recursos existentes, el diseño de prácticas adaptadas a la contingencia y la validación de las propuestas desarrolladas

3.1. Fases de desarrollo del proyecto.

3.1.1. Fase 1: Diagnóstico general de los recursos existentes.

En esta fase se realizó un diagnóstico inicial de los recursos físicos, tecnológicos y pedagógicos disponibles para el desarrollo de prácticas de hidráulica. Para ello, se llevó a cabo una revisión del aula virtual de la plataforma Moodle, con el fin de identificar y clasificar los recursos existentes y las guías desarrolladas en trabajos de grado anteriores. Adicionalmente, se identificaron los recursos físicos y tecnológicos disponibles en la Universidad que pueden ser adaptados para prácticas experimentales en espacios alternativos al laboratorio de hidráulica, como el canal experimental de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Como resultado de esta fase, se elaboró un diagnóstico que incluye una tabla consolidada con las prácticas y simulaciones existentes, las posibles mejoras y su viabilidad de implementación en el contexto actual.

3.1.2. Fase 2: Planteamiento de prácticas adaptadas a la contingencia.

La segunda fase se enfocó en el diseño y adaptación de prácticas experimentales y simulaciones que permitirán suplir, total o parcialmente, la ausencia del laboratorio físico. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos académicas especializadas, orientada a la identificación de experiencias, simulaciones y metodologías aplicadas a la enseñanza de la hidráulica. A partir de este análisis, se seleccionaron herramientas y aplicaciones como HEC-RAS, HCANALES, Excel y Wolfram Alpha, los cuales se incorporaron para el rediseño o creación de nuevas simulaciones y guías metodológicas. Estas guías se estructuraron de manera estandarizada e incluyen introducción, objetivos, fundamentos teóricos, procedimiento, análisis de resultados y cuestionario. Asimismo, se elaboraron videos explicativos como material complementario para facilitar la comprensión de las simulaciones y de las prácticas presenciales adaptadas. Los productos de esta fase incluyen un documento de síntesis con referentes teóricos y metodológicos, un conjunto de guías metodológicas digitales y las simulaciones y videos desarrollados.

3.1.3. Fase 3: Validación de las prácticas adaptadas a la contingencia.

En la fase final se integraron las guías, las simulaciones computacionales y los videos desarrollados en el aula virtual Moodle del laboratorio de Hidráulica, conservando los aportes de trabajos de grado anteriores. Posteriormente, se validó el material propuesto mediante la realización de prácticas por auxiliares del laboratorio de Hidráulica durante el semestre académico 2025-2. Durante este proceso se recolectaron observaciones y sugerencias de mejora, que permitieron realizar ajustes y verificar la pertinencia y la funcionalidad del material desarrollado. Como resultado de esta fase, se obtuvo un plan de prácticas de Hidráulica de Canales actualizado e implementado en la plataforma institucional.

El proceso de validación de las prácticas presenciales y simulaciones computacionales se llevó a cabo con la participación de cuatro (4) auxiliares del laboratorio de Hidráulica de Canales de la Universidad Industrial de Santander, correspondientes al semestre académico 2025-2. Los auxiliares fueron seleccionados por su experiencia previa en el desarrollo de prácticas de laboratorio y por su conocimiento del funcionamiento del curso, lo que permitió obtener una evaluación técnica y pedagógica de los recursos desarrollados e implementados.

4. Resultados.

4.1. Resultados del diagnóstico inicial del laboratorio

Como resultado de la fase de diagnóstico, se realizó una evaluación de las prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales, analizando la posibilidad de su ejecución presencial, la necesidad de ajustes metodológicos y la viabilidad de su adaptación mediante simulaciones. En la **Tabla 1** se presenta el diagnóstico consolidado de las prácticas existentes, junto con las observaciones y los requerimientos identificados para su implementación en un escenario de contingencia.

Tabla 1

Diagnóstico del laboratorio de hidráulica para el plan de contingencia.

Diagnóstico laboratorio para plan de contingencia							
lab#	Tema	Parte presencial, ¿se puede hacer?	Justificación	Observaciones	Parte simulaciones ¿requiere cambio?	Tema	Observaciones
0	INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO-PRÁCTICA DEL FLOTADOR	SI	Se puede implementar en la canaleta de mejor tamaño, aunque con menor precisión.	No hay caudalímetro electromagnético, buscar opciones para el caudal real, ya que no se tiene uno de referencia - implica una reestructuración de la guía (se propone método volumétrico)	NO	NO	Al ser la primera sesión, los auxiliares comentan las fechas, hacen un recorrido y reconocimiento del espacio de trabajo, porcentajes del laboratorio, los ítems entregables y se menciona la parte de simulaciones (programas y actividades a realizar).
1	AFORO POR MOLINETE	NO	El molinete es muy grande para la sección hidráulica del nuevo canal.	Ninguna	NO	Distribución de velocidades	Existe una simulación en OPEN FOAM que se puede mantener. Esta simulación permite visualizar las distribuciones espaciales de la velocidad.
2	CURVA ENERGÍA	NO	Es poco posible que se pueda incorporar una compuerta provisional para la toma de datos	Ninguna	SI	Energía específica	Se propone seguir usando HCANALES pero agregarle, el cálculo en Excel, calculadora y otro componente virtual como Wolfram Alpha, donde los estudiantes aprendan a usar estas herramientas que les puedan servir para las clases de hidráulica teoría se debe crear nueva guía y video).
3	TRANSICIONES	NO	No se cuenta con una estructura de control para hacerlo	Ninguna	NO	Flujo subcrítico	El video está completo y se puede evidenciar bien el fenómeno usando la simulación en HEC-RAS

Diagnóstico laboratorio para plan de contingencia							
lab#	Tema	Parte presencial, ¿se puede hacer?	Justificación	Observaciones	Parte simulaciones ¿requiere cambio?	Tema	Observaciones
4	RESALTO HIDRÁULICO	SI	Buscar un objeto que se pueda poner en el interior del canal, revisar si se observa el resalto	No hay caudalímetro electromagnético (se propone método volumétrico)	SI	Resalto hidráulico	Se propone cambiar la simulación a HEC-RAS ya que la actual (desarrollada en HCANALES es muy básica (se debe crear nueva guía y video)
5	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	SI	Se puede hacer, el canal cuenta con la posibilidad de cambiar la inclinación con un gato	No hay caudalímetro electromagnético (se propone método volumétrico)	SI	Manning	Se propone mantener HEC-RAS para la simulación, pero cambiando la sección a una rectangular y comparar los resultados con H CANALES (se debe crear nueva guía y video)
6	FLUJO GRADUALMENTE VARIADO	NO	El canal no cuenta con las condiciones suficientes para ejecutarla.	Ninguna	SI	FGV	Se propone cambiar el video existente por una simulación de HEC-RAS (se debe crear nueva guía y video)
7	COMPUERTA ADMISION	NO	No se puede cambiar caudal	Ninguna	NO	Compuerta admisión	No requiere ajustes
8	VERTEDERO	SI	Hay dos vertederos (Rectangular y triangular)	Ninguna	SI	Vertedero	Se proponer cambiar la simulación de HCANALES a una con HEC-RAS (se debe crear nueva guía y video)
9	CANALETA PARSHALL	NO	No hay canaleta	Ninguna	NO	Canaleta parshall	No requiere ajustes.

Del total de las prácticas evaluadas, se identificó que solo cuatro prácticas pueden desarrollarse de manera presencial sin modificaciones significativas; sin embargo, la mayoría presenta limitaciones relacionadas con la falta de infraestructura adecuada, como la ausencia de canaleta Parshall y vertederos de cresta ancha, así como de instrumentos complementarios como compuertas auxiliares. A esto se suman restricciones físicas propias del canal, especialmente en

cuanto a sus dimensiones, las cuales impiden la realización de ciertas prácticas, como la del molinete, ya que el tamaño del canal no permite la correcta instalación ni el uso del dispositivo de medición.

El diagnóstico evidenció que cinco simulaciones requieren ser complementadas o reemplazadas por simulaciones computacionales, se identificó la necesidad de desarrollar nuevas simulaciones y material de apoyo utilizando herramientas como HEC-RAS, HCANALES, Excel y Wolfram Alpha; asimismo, se evidenció la importancia de que estas lleven sus guías metodológicas y videos explicativos que faciliten la comprensión de los fenómenos hidráulicos abordados. Mientras que las otras cuatro no presentan la necesidad de cambios significativos, ya que se encuentran bien estructuradas y cuentan con material de apoyo relevante para el aprendizaje, por lo tanto, se van a implementar en el curso. Lo anterior permite garantizar el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje en escenarios donde existen restricciones del laboratorio físico.

4.2. Resultados del diseño y la adaptación de las prácticas.

4.2.1. Prácticas presenciales adaptadas.

Como resultado del proceso de adaptación, se desarrollaron cuatro prácticas presenciales adaptadas a las condiciones físicas y tecnológicas disponibles. El diseño de las guías de las prácticas presenciales toma como referencia el trabajo de grado desarrollado por Laiton Suárez, B. D. (2022), del cual se adaptaron algunos lineamientos metodológicos. Cada objeto presencial está detallado en un documento (Guía de la práctica, ver Apéndices A a D) que tiene la siguiente estructura:

- Título
- Fuente del recurso

- Marco teórico
- Objetivos
- Procedimiento
- Equipo utilizado
- Datos
- Resultados
- Cálculo tipo
- Resultados y preguntas
- Observaciones y Conclusiones
- Referencias Bibliográficas

Como complemento, se realizaron videos explicativos del proceso para cada práctica, de tal manera que los estudiantes logren desarrollar sin ningún problema el objetivo de la práctica experimental. Estos videos están cargados en el canal de YouTube del laboratorio de Hidráulica de la Universidad Industrial de Santander (Hidráulica UIS, 2026).

En “Resultados y preguntas” se plantean dudas respecto a los cálculos y en las “Observaciones y conclusiones” se formulan preguntas propositivas y de análisis.

En la **Tabla 2** se presentan las prácticas presenciales adaptadas, junto con las principales modificaciones realizadas y los resultados obtenidos.

Tabla 2

Prácticas presenciales adaptadas.

#	Práctica	Objetivo	Modificación realizada	Espacio utilizado	Resultado obtenido
0	Estimación del caudal por el método del flotador	Estimar el caudal en un canal abierto a partir de la medición de la velocidad superficial del flujo y compararlo con el método volumétrico	Se diseñó una nueva práctica presencial basada en el método del flotador como alternativa experimental al uso del molinete, que permite medir el caudal con recursos sencillos.	Canal rectangular de vidrio (espacio alterno de la Escuela de Ingeniería Mecánica)	Se logró implementar una práctica accesible y funcional, adecuada para escenarios de restricción en el laboratorio, manteniendo el aprendizaje de conceptos fundamentales de medición de caudal.
4	Resalto Hidráulico	Identificar y analizar la formación del resalto hidráulico en un canal abierto, así como sus características hidráulicas principales.	Se mantuvo la práctica presencial, utilizando demostración directa del fenómeno mediante control de caudal y altura de la compuerta. Se complementó con material audiovisual para reforzar la observación del fenómeno.	Canal rectangular de vidrio del laboratorio experimental de la Escuela de Ingeniería Mecánica	Se evidenció claramente la formación del resalto hidráulico, permitiendo la comprensión visual y conceptual del fenómeno, aun en escenarios de limitación por la contingencia.
5	Coefficiente de rugosidad de Manning	Determinar el coeficiente de rugosidad de Manning a partir de mediciones experimentales de caudal y tirante en un canal abierto, y a su vez analizar el tipo de flujo	Se actualizó la guía existente, mejorando la redacción, la explicación teórica, reorganizando el cálculo tipo, mejora en la explicación teórica y apoyo con material visual, es decir, se estandarizó el formato metodológico y ajustó el procedimiento experimental y el análisis de resultados.	Canal rectangular de vidrio con control de pendiente (Canal experimental de la Escuela de Ingeniería Mecánica)	Se obtuvo una guía más clara y estructurada, que facilita la correcta ejecución de la práctica y la estimación del coeficiente de rugosidad.
8	Vertederos	Analizar el comportamiento del flujo y estimar el caudal en vertederos de diferente geometría mediante mediciones experimentales.	Se incorporaron dos tipos de vertederos (rectangular y triangular). Se estandarizó el procedimiento de verificación del equipo, estabilización del caudal y toma de mediciones de altura, ancho y ángulo del vértice. Se documentó la práctica mediante material audiovisual y guía práctica.	Canal rectangular de vidrio con vertederos (Canal experimental de la Escuela de Ingeniería Mecánica)	Se obtuvieron mediciones estables y repetibles del tirante y las dimensiones geométricas en ambos vertederos, evidenciando su utilidad como herramienta didáctica para el análisis hidráulico en canales abiertos.

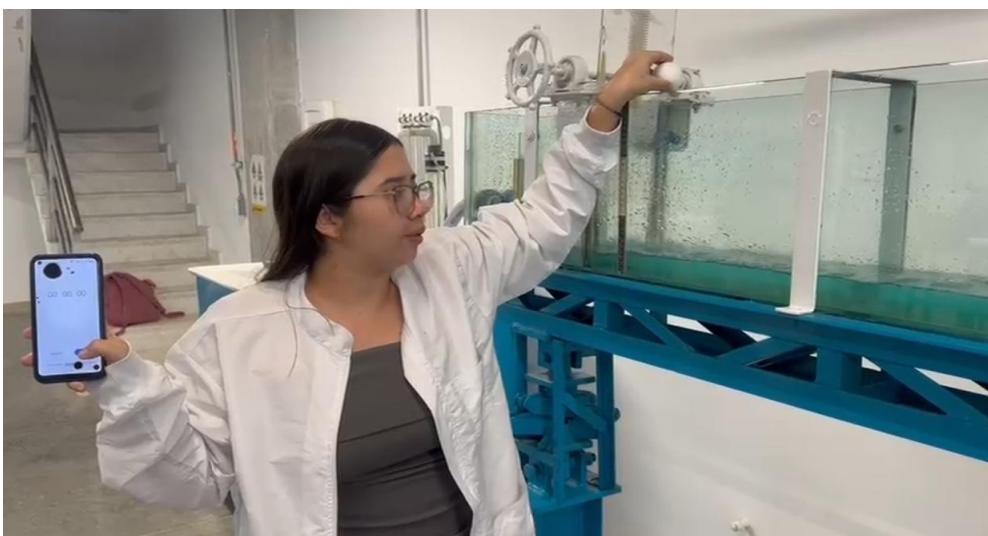
Se presenta a continuación los objetivos y descripción de cada una de las prácticas presenciales adaptadas:

4.2.1.1. Estimación del caudal mediante el método del flotador (Apéndice A). La práctica consiste en realizar un ensayo experimental en canal abierto para estimar el caudal mediante el método del flotador. Se mide el tiempo de desplazamiento de un elemento flotante a lo largo de un tramo definido del canal, junto con el registro de las dimensiones hidráulicas necesarias para el análisis. El procedimiento se desarrolla bajo condiciones controladas de laboratorio, permitiendo la obtención y análisis de datos experimentales representativos del flujo (Figura 1). Los objetivos de la práctica son:

- Determinar el caudal en el canal mediante el método del flotador y compararlo con el medido en el laboratorio mediante el método volumétrico tradicional.
- Conocer la precisión del método físico del flotador.
- Identificar posibles fuentes de error durante el desarrollo del laboratorio.

Figura 1

Práctica 0. Método del flotador



4.2.1.2. Caracterización del resalto hidráulico y de la disipación de energía en canales abiertos (Apéndice B). En esta práctica se estudia el fenómeno del resalto hidráulico en un canal abierto, generado mediante la regulación del flujo con una compuerta. A partir de mediciones experimentales de caudal, profundidades y longitudes características, se analiza la transición entre regímenes de flujo y la disipación de energía asociada. Los resultados obtenidos permiten comparar el comportamiento observado con los fundamentos teóricos del resalto hidráulico y sus aplicaciones en obras hidráulicas (ver la Figura 2). Los objetivos de la práctica son:

- Analizar el comportamiento del resalto hidráulico generado aguas abajo de una compuerta, verificando su coherencia con los fundamentos teóricos y el principio de cantidad de movimiento.
- Comprobar la ecuación de cantidad de movimiento aplicada al resalto hidráulico y evaluar su correspondencia con el fenómeno observado.
- Clasificar los tipos de resalto según el número de Froude, comparando sus características teóricas con el comportamiento real del flujo, e identificar posibles fuentes de error en la práctica y estrategias para minimizarlos

Figura 2*Práctica 4. Resalto hidráulico***4.2.1.3. El Flujo Uniforme y el Coeficiente de Rugosidad de Manning (Apéndice C).**

Esta práctica aborda el análisis del flujo uniforme en un canal abierto mediante la evaluación experimental del coeficiente de rugosidad de Manning. A partir de mediciones de caudal, pendiente y tirante, se estudia la influencia de la geometría hidráulica y la resistencia al flujo en el comportamiento del agua. Asimismo, se emplean parámetros adimensionales como el número de Froude para clasificar el régimen de flujo y contrastar los resultados experimentales con valores teóricos (Figura 3). Los objetivos de la práctica son:

- Conocer la ecuación de Manning y su utilidad.
- Verificar la utilidad para la estimación de n de la ecuación de Manning, comparando el valor del coeficiente obtenido experimentalmente con el valor teórico correspondiente al de un canal de vidrio.
- Establecer las condiciones de flujo para cada caudal.

- Analizar los resultados obtenidos y los posibles factores de error; plantear soluciones para minimizarlos.

Figura 3

Práctica 5. Coeficiente de Rugosidad de Manning.



4.2.1.4. Evaluación experimental del comportamiento hidráulico de vertederos (Apéndice D). En esta práctica se analiza el comportamiento hidráulico de vertederos utilizados como estructuras de medición de caudal en canales abiertos. Mediante mediciones experimentales de la lámina de agua y el caudal, se evalúa la relación entre la carga hidráulica y el flujo descargado en vertederos rectangular y triangular. Los resultados permiten identificar el desempeño hidráulico de cada configuración en condiciones de laboratorio (Figura 4). Los objetivos de la práctica son:

- Calibrar y analizar el comportamiento hidráulico de los vertederos de cresta delgada, tanto rectangular como triangular, para determinar su eficiencia como dispositivos de medición de caudal en canales abiertos.
- Determinar el caudal real que circula por el canal mediante el método volumétrico, para utilizarlo como referencia en la calibración de ambos vertederos.

- Calcular el caudal teórico para los vertederos rectangular y triangular aplicando las ecuaciones hidrométricas correspondientes y compararlo con los datos experimentales.
- Evaluar el coeficiente de descarga (C_d) de cada vertedero y analizar la relación entre la carga hidráulica y el caudal descargado, determinando la precisión y el desempeño de ambos dispositivos.

Figura 4

Práctica 8. Vertederos



4.2.2. Simulaciones y recursos digitales desarrollados.

De manera complementaria, se modificaron 5 simulaciones computacionales orientadas a representar fenómenos hidráulicos por considerarse que la versión existente era insuficiente para promover el desarrollo de competencias de modelación y análisis de resultados.

Las guías de simulación desarrolladas en el presente trabajo se basan en el trabajo de grado de Malaver Nieto, E. D. (2023), adaptando su metodología a las condiciones y objetivos del estudio. Cada objeto virtual está detallado en un documento (Guía de la simulación, ver Apéndices F, H, I, J, L) que tiene la siguiente estructura:

- Título
- Fuente del recurso
- Objetivos de la simulación
- Requerimientos computacionales y técnicos para la simulación
- Introducción
- Marco teórico específico
- Implementación de la simulación
- Descripción del entregable
- Referencias bibliográficas

Como complemento, se realizaron videos explicativos del proceso para cada simulación, de modo que los estudiantes puedan desarrollar el problema propuesto y visualizar el procedimiento detallado en la guía. Estos videos están publicados en el canal de YouTube del laboratorio de Hidráulica de la Universidad Industrial de Santander (Hidráulica UIS, 2026).

En “Descripción del entregable” se definen, en primer lugar, los productos que el estudiante debe presentar como evidencia del desarrollo adecuado de la simulación. Posteriormente, se incluyen preguntas de análisis orientadas a promover una interacción más autónoma con la herramienta, favoreciendo la comprensión de los conceptos abordados y el fortalecimiento de la competencia en el uso de recursos computacionales aplicados.

La **Tabla 3** resume las simulaciones modificadas y los recursos digitales de modelación empleados.

Tabla 3
Simulaciones adaptadas.

#	Simulación	Objetivo	Software utilizado	Fenómeno analizado	Resultado obtenido
2	<i>Curva E</i>	Determinar el tirante crítico y la energía específica mínima en un canal trapezoidal, comparando los resultados obtenidos mediante cálculo manual, herramientas computacionales y verificación numérica, con el fin de analizar el comportamiento del flujo crítico y fortalecer la comprensión conceptual del fenómeno hidráulico.	HCANALES, Wolfram Alpha (Cálculo manual y verificación con calculadora científica)	Energía específica del flujo en canal abierto, flujo crítico, determinación del tirante crítico, área hidráulica crítica y comportamiento de la curva de energía en un canal trapezoidal.	Se obtuvieron el tirante crítico del flujo, así como el área mojada para flujo crítico y la energía específica mínima, verificando la coherencia entre el cálculo manual, el análisis computacional y la resolución numérica. La comparación de métodos permitió validar los resultados y evidenciar la utilidad de las herramientas digitales como apoyo al análisis hidráulico tradicional.
4	<i>Resalto Hidráulico</i>	Simular y analizar la formación del resalto hidráulico en un canal rectangular mediante el software HEC-RAS, con el fin de observar la transición del flujo de un régimen supercrítico a uno subcrítico bajo diferentes caudales, identificar la ubicación del salto hidráulico y evaluar la disipación de energía asociada al fenómeno.	HEC-RAS	Resalto hidráulico en canal abierto, transición de régimen supercrítico a subcrítico, variación del número de Froude, perfil longitudinal del flujo y disipación de energía hidráulica.	Se logró reproducir el resalto hidráulico para diferentes caudales mediante un análisis en régimen permanente y flujo mixto, observándose claramente el paso del flujo supercrítico ($Fr > 1$) al subcrítico ($Fr < 1$). Los resultados obtenidos a partir de los perfiles longitudinales y seccionales permitieron identificar la ubicación del resalto, así como analizar la variación de la profundidad, la velocidad, la energía específica y la disipación de energía.
5	<i>Flujo uniforme y coeficiente de rugosidad de Manning en canal rectangular</i>	Analizar el comportamiento del flujo permanente uniforme en un canal rectangular y evaluar la influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en los parámetros hidráulicos, mediante la comparación de resultados obtenidos en HEC-RAS y HCANALES.	HEC-RAS y H-Canales	Flujo permanente uniforme en canal abierto y efecto del coeficiente de rugosidad de Manning	Modelo hidráulico en HEC-RAS y HCANALES, archivo de simulación y material gráfico comparativo para el análisis del coeficiente de rugosidad de Manning

6	<i>Flujo gradualmente variado (FGV) en canal trapezoidal</i>	Analizar el comportamiento del flujo gradualmente variado en un canal trapezoidal de sección constante, evaluando la influencia de la variación de la pendiente del fondo sobre el perfil del flujo, las variables hidráulicas y la posible transición de régimen, mediante simulación numérica en régimen permanente.	HEC-RAS	Flujo gradualmente variado (FGV) en canal abierto, considerando el régimen permanente, la variación de la pendiente hidráulica, los perfiles de tirante, la velocidad, el número de Froude, la línea de energía y la superficie libre del flujo.	Se obtuvo la caracterización hidráulica del flujo a lo largo de dos tramos consecutivos del canal, con pendientes diferentes, lo que permitió identificar el comportamiento del perfil del flujo, la variación de las principales variables hidráulicas y la respuesta del sistema ante cambios en la pendiente del fondo. La simulación facilitó la visualización del flujo gradualmente variado y el análisis de posibles transiciones de régimen, sirviendo como herramienta didáctica para la comprensión del fenómeno hidráulico.
8	<i>Vertederos</i>	Analizar el comportamiento del flujo en un canal abierto con un vertedero de cresta ancha, evaluando la influencia del vertedero sobre el perfil hidráulico, la línea de energía y la superficie libre para distintos caudales en régimen estacionario mixto.	HEC-RAS	Flujo en canal abierto con vertedero de cresta ancha; variación del perfil longitudinal, de la energía específica y los parámetros hidráulicos ante cambios de caudal.	Modelo hidráulico del canal con vertedero de cresta ancha implementado en HEC-RAS, obteniendo perfiles longitudinales y transversales, tablas de parámetros hidráulicos (tirante, velocidad, energía, número de Froude) y visualización del efecto del vertedero para múltiples caudales.

Se presenta a continuación los objetivos y descripción de cada una de las simulaciones desarrolladas:

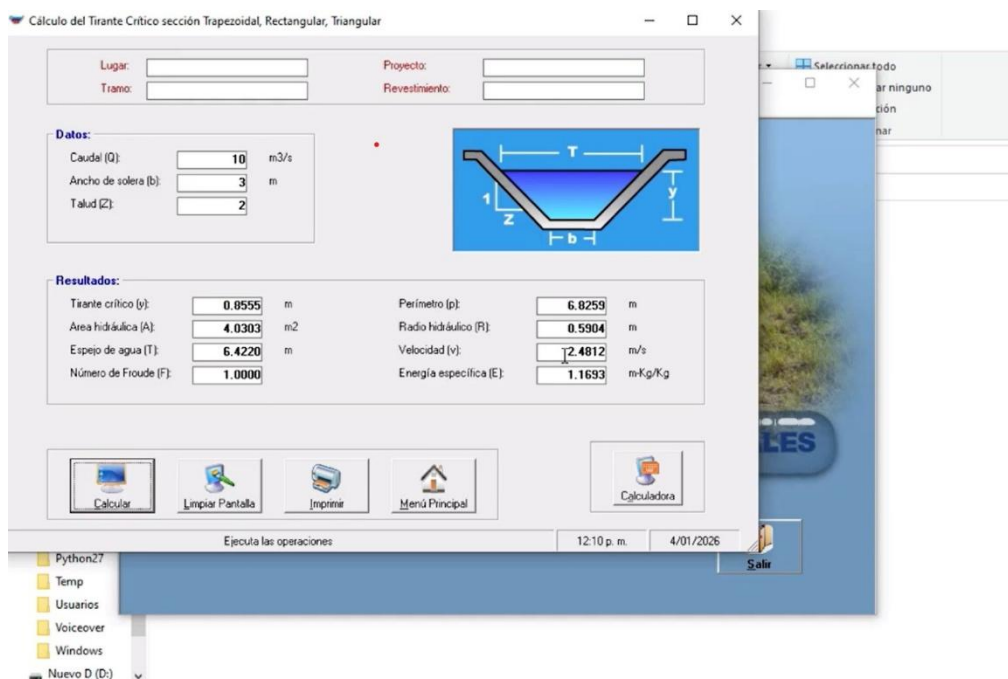
4.2.2.1. Análisis de la energía específica y el régimen crítico en canales abiertos mediante simulación computacional (Apéndice F). En esta simulación se empleó el software HCANALES, desarrollado por Villón Béjar (2006), para analizar la energía específica. Facilitando la evaluación del tirante crítico y de la energía específica en canales prismáticos. Esta herramienta complementa la práctica presencial de laboratorio al permitir al estudiante explorar, tanto de manera previa como posterior, la relación entre caudal, tirante y energía, fortaleciendo la

comprensión de la ecuación de energía específica y de la curva característica asociada. A partir de esta simulación, se integran los conceptos teóricos con el análisis computacional del fenómeno hidráulico (Figura 5). Los objetivos de esta simulación son:

- Analizar la energía específica y el régimen crítico en un canal abierto mediante simulaciones en la herramienta HCANALES (Villón Béjar, 2006), complementadas con el uso de Wolfram Alpha (Wolfram Research, Inc., s. f.) y el cálculo manual, para comparar los resultados obtenidos.
- Aplicar los conceptos de energía específica mediante el desarrollo de un ejemplo resuelto utilizando HCANALES (Villón Béjar, 2006), Wolfram Alpha (Wolfram Research, Inc., s. f.) y la calculadora.
- Comparar los resultados obtenidos mediante los distintos métodos de cálculo, evaluando su coherencia y su aporte al análisis hidráulico del canal.

Figura 5

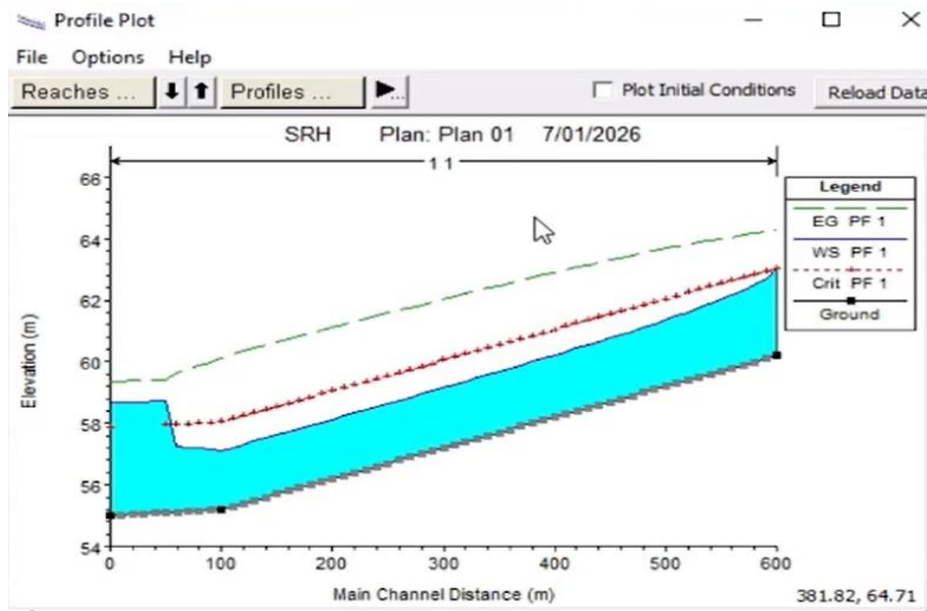
Simulación 2. Curva E.



Nota. La imagen corresponde a la primera etapa de la simulación de la curva de energía en un canal trapezoidal. Las etapas posteriores, donde se comparan los resultados obtenidos con Wolfram Alpha y cálculo manual, se presentan en la guía metodológica y en el video de la simulación. Elaboración propia a partir de resultados obtenidos con el software *HCANALES*.

4.2.2.2. Estudio del resalto hidráulico en un canal rectangular mediante modelación hidráulica (Apéndice H). Esta simulación aborda el estudio del resalto hidráulico como fenómeno característico del flujo rápidamente variado en canales abiertos. Mediante la simulación computacional, se analiza la transición del flujo de un régimen supercrítico a uno subcrítico, así como los cambios asociados en el tirante, la velocidad y la disipación de energía. La implementación de la simulación permite complementar el análisis teórico y experimental, facilitando la visualización e interpretación del comportamiento hidráulico del flujo en condiciones controladas (Figura 6). Los objetivos de esta simulación son:

- Comprender los conceptos del resalto hidráulico en canales abiertos mediante la simulación en la herramienta computacional HEC-RAS (HEC, 2023).
- Ejercitar los conceptos adquiridos sobre el resalto hidráulico mediante el desarrollo de un ejemplo orientador.
- Analizar los conceptos del resalto hidráulico mediante la solución de preguntas orientadoras.
- Fortalecer las capacidades de uso apropiado de herramientas tecnológicas aplicadas a la ingeniería civil, en particular la herramienta HEC-RAS (HEC, 2023), fortaleciendo el conocimiento teórico-práctico del resalto hidráulico.

Figura 6*Simulación 4. Resalto hidráulico*

4.2.2.3. Coeficiente de rugosidad de Manning (Apéndice I). La presente simulación computacional analiza el flujo uniforme en un canal abierto mediante el software HEC-RAS (HEC, 2023), considerando la influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en los parámetros hidráulicos principales. A través del modelado de un canal rectangular bajo condiciones de flujo permanente, se evalúan el comportamiento del tirante, la velocidad y el régimen hidráulico, complementando el análisis con una comparación de los resultados obtenidos en el software HCANALES (Villón Béjar, 2006). Esta simulación permite integrar los conceptos teóricos de la hidráulica de canales abiertos con herramientas computacionales aplicadas (Figura 7). Los objetivos de esta simulación son:

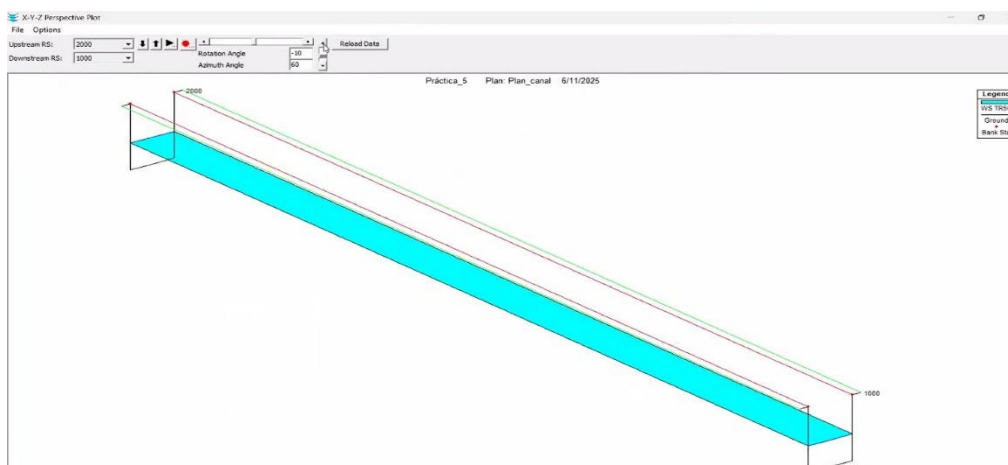
- Desarrollar una simulación hidráulica de un canal rectangular mediante el uso del software HEC-RAS (HEC, 2023), con el propósito de analizar el comportamiento del flujo uniforme y la influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en los parámetros hidráulicos fundamentales, y comparar los resultados obtenidos con los

generados en el programa HCANALES (Villón Béjar, 2006), para así fortalecer la comprensión práctica de la hidráulica de canales abiertos.

- Analizar el comportamiento del flujo uniforme y subcrítico en el canal, identificando parámetros clave como la profundidad normal, el área hidráulica, la velocidad y el número de Froude.
- Analizar los conceptos del flujo uniforme y los coeficientes de rugosidad mediante la resolución de preguntas orientadoras.
- Evaluar la influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las características hidráulicas del canal y su relación con el régimen de flujo.
- Comparar los resultados obtenidos en HEC-RAS (HEC, 2023), con los generados en el software HCANALES (Villón Béjar, 2006), identificando similitudes y diferencias que fortalezcan el proceso de aprendizaje en la modelación de canales abiertos

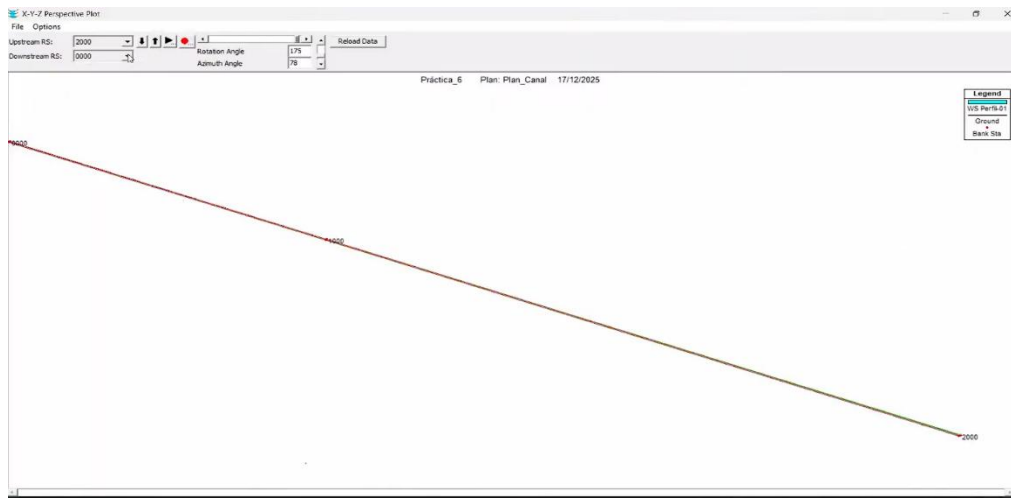
Figura 7

Simulación 5. El flujo uniforme y el coeficiente de rugosidad de Manning.



4.2.2.4. Análisis del flujo gradualmente variado en canales abiertos mediante simulación hidráulica (Apéndice J). La presente simulación aborda el análisis del flujo gradualmente variado en un canal abierto con sección trapezoidal, considerando la influencia de cambios en la pendiente del fondo sobre el comportamiento hidráulico del sistema. Mediante el uso del software HEC-RAS (HEC, 2023), se estudia la variación espacial del tirante, de la velocidad y del número de Froude a lo largo del canal. Esta simulación permite integrar los fundamentos teóricos del flujo gradualmente variado con el análisis computacional aplicado a canales de ingeniería (Figura 8). Los objetivos de esta simulación son:

- Analizar el comportamiento del flujo gradualmente variado en un canal trapezoidal con pendientes variables, mediante la simulación hidráulica en el software HEC-RAS (HEC, 2023), con el fin de identificar la variación espacial del tirante, la velocidad y el número de Froude a lo largo del tramo y comprender la respuesta hidráulica del sistema ante cambios en la pendiente del fondo.
- Comprender los fundamentos del flujo gradualmente variado en canales abiertos y su representación mediante perfiles de energía, superficie libre y línea de gradiente hidráulico.
- Implementar una simulación computacional en HEC-RAS (HEC, 2023) que permita modelar el flujo permanente en un canal trapezoidal con dos pendientes diferentes y verificar la influencia del cambio de pendiente en las condiciones del flujo.
- Analizar los resultados obtenidos (tirante, velocidad, número de Froude, línea de energía y superficie libre) e interpretar el comportamiento hidráulico del canal, determinando si el flujo se mantiene en régimen subcrítico o presenta transiciones.

Figura 8*Simulación 6. Flujo Gradualmente Variado (FGV)*

4.2.2.5. Evaluación hidráulica de un vertedero de cresta ancha mediante simulación computacional (Apéndice L). La presente práctica aborda el análisis del comportamiento hidráulico del flujo en un canal abierto que incorpora un vertedero de cresta ancha, mediante simulación computacional. Mediante el software HEC-RAS (HEC, 2023), se modela la geometría del canal y la estructura hidráulica para evaluar la variación del perfil de la superficie libre, la línea de energía y la respuesta del flujo a diferentes caudales. Esta simulación permite complementar la comprensión teórica del funcionamiento de los vertederos y de su influencia en el régimen del flujo (Figura 9). Los objetivos de esta simulación son:

- Comprender los principios de funcionamiento hidráulico de los vertederos de cresta ancha y aplicar los pasos de modelación para representar esta estructura en un canal abierto utilizando el software HEC-RAS (HEC, 2023).
- Aplicar los datos geométricos (elevaciones, anchos) e hidrológicos (caudales, condiciones de contorno) para configurar el modelo de la estructura lineal en HEC-RAS (HEC, 2023), replicando el ejemplo orientador del video.

Asimismo, se mantuvieron cuatro simulaciones computacionales orientadas a la representación de fenómenos hidráulicos, desarrolladas en un trabajo de grado previo por compañeros, dado que se encontraban correctamente estructuradas y resultaban suficientes para promover el desarrollo de competencias en modelación y análisis de resultados, por lo que no fue necesaria su modificación, dichas simulaciones se conservaron a partir del trabajo de grado de Malaver Nieto, E. D. (2023). Cada objeto virtual se encuentra descrito en un documento específico (Guía de la simulación, ver Apéndices E, G, K, M), el cual presenta la siguiente estructura:

- Título
- Fuente del recurso
- Objetivos de la simulación
- Requerimientos computacionales y técnicos para la simulación
- Introducción
- Marco teórico específico
- Implementación de la simulación
- Descripción del entregable
- Referencias bibliográficas

Cada simulación disponía previamente de videos explicativos en los que se describía paso a paso el procedimiento correspondiente, permitiendo a los estudiantes resolver el problema planteado y visualizar el desarrollo detallado indicado en la guía. Dichos materiales audiovisuales fueron elaborados en el marco del trabajo previo y se encuentran disponibles en el canal de YouTube del laboratorio de Hidráulica de la Universidad Industrial de Santander (Laboratorio Hidráulica UIS, 2023).

En la **Tabla 4** se presentan las simulaciones computacionales que no fueron modificadas, junto con los objetivos y los resultados de cada una.

Tabla 4

Prácticas presenciales conservadas

#	Simulación	Objetivo	Software utilizado	Fenómeno analizado	Resultado obtenido
S1	<i>Distribución de Velocidades</i>	Estudiar cómo la fricción y la geometría afectan la velocidad en la sección.	OpenFOAM	Perfil de velocidades	Mapa de contornos de velocidad y el perfil vertical donde se identifica la velocidad máxima y media. (Ver Apéndice E)
S3	<i>Transiciones en Flujo Subcrítico</i>	Evaluar el comportamiento del nivel del agua ante contracciones y expansiones del ancho.	HEC-RAS	Flujo con ancho variable	Perfil del nivel del agua, línea de energía específica y análisis de la ecuación de Bernoulli para cambios de sección. (Ver Apéndice G)
S7	<i>Compuerta de Admisión Inferior</i>	Determinar el comportamiento hidráulico de una descarga bajo compuerta vertical.	HCANALES	Descarga libre / Orificios	Cálculo de caudales reales, tirante contraído (y_2) y determinación de coeficientes de contracción, velocidad y descarga. (Ver Apéndice K)
S9	<i>Canaleta Parshall</i>	Diseñar y calibrar una estructura de aforo para medir caudales en canales abiertos.	HEC-RAS	Régimen crítico / Aforo	Curva de calibración (Q vs H), dimensiones estándar de la canaleta y validación del porcentaje de error frente a datos teóricos. (Ver Apéndice M)

4.3. Resultados de la validación.

4.3.1. Validación con auxiliares del 2025-2.

Como parte del proceso de adaptación de las prácticas y simulaciones del laboratorio de Hidráulica de Canales, a los cuatro auxiliares del laboratorio del semestre 2025-2, se les entregó para evaluación los videos y guías de las nueve experiencias trabajadas (cuatro prácticas de

laboratorio y cinco simulaciones computacionales). Los auxiliares ejecutaron las simulaciones de forma independiente y, con acompañamiento de los autores de este trabajo, hicieron su respectiva visita al canal de la Escuela de Ingeniería Mecánica el día 27 de noviembre de 2025 con el fin de ejecutar las prácticas (Figuras 10 a 13). Después de esto, se les envió dos encuestas, una de las prácticas experimentales y otra de la parte de simulaciones, donde se plantearon preguntas sobre la calidad e integralidad de las guías y videos desarrollados y sobre la viabilidad de las experiencias propuestas en el marco de la disponibilidad de recursos (Figuras 14 a 22).

Figura 10

Auxiliares del 2025-2 aprendiendo a encender las bombas del canal



Figura 11

Auxiliares del 2025-2 midiendo el caudal con el método volumétrico



Figura 12

Auxiliares del 2025-2 tomando datos de las prácticas realizadas



Figura 13

Auxiliares del 2025-2 formando el Resalto hidráulico



4.3.1.1. Encuesta de validación de prácticas presenciales aplicada a los auxiliares durante el semestre 2025-2. En conjunto, los resultados de validación (Figuras 14–17) evidencian que las prácticas adaptadas presentan **niveles altos y muy altos de viabilidad**, lo que permite observar y analizar los principales fenómenos hidráulicos en el nuevo canal. Si bien se identifican limitaciones asociadas a la geometría, la calibración y las condiciones de operación, estas no impiden el desarrollo de las prácticas y, por el contrario, fomentan la indagación, el análisis crítico y la comprensión de los conceptos hidráulicos por parte de los estudiantes.

Como se observa en la Figura 14, la práctica del método del flotador presenta alta viabilidad, con un promedio de 4,75:

Figura 14

Resultados de la validación de la práctica del método del flotador



Observaciones práctica presencial de método del flotador

4 respuestas

Es viable aplicarla aunque el error sea un poco considerable, ya que el canal permite que se pueda ejecutar y evidenciar el fenómeno, esto le puede ayudar a los estudiantes a indagar acerca de los resultados obtenidos y a su vez analizar bien para responder las preguntas planteadas, el vídeo está bien hecho y la guía a ejecutar también.

Siento que hay muchas partes que se cortan y no es tan claro

La práctica puede dar un error considerable sin embargo el fenómeno se puede evidenciar y estudiar de forma adecuada, considero que teniendo en cuenta las limitaciones que hay, la práctica está muy bien planteada, la guía es clara y el vídeo está bien explicado.

Buscaron la forma de poder hacer esta práctica y sacarle el mejor provecho, está bien pensada teniendo en cuenta las limitaciones que hay, permite que los estudiantes la ejecuten sin ningún problema, está claro la guía y el vídeo, el error es un poco alto debido a las limitaciones sin embargo le permite a los estudiantes indagar y pensar.

Como se muestra en la Figura 15, la práctica del coeficiente de Manning presenta una viabilidad máxima, ya que el 100 % de los auxiliares la calificaron con el valor de 5,00:

Figura 15

Resultados de la validación de la práctica del coeficiente de Manning



Observaciones encontradas en práctica presencial de Manning

4 respuestas

Antes no se podía hacer, ahora con el gato hidráulico que tiene el canal de mecánica se puede ejecutar y evidenciar el fenómeno, el error es un poco alto sin embargo esto se debe a que el canal posee zonas donde el caudal puede que se vea afectado un poco, sin embargo considero que la ejecuten para aprovechar el gato hidráulico y así puedan indagar sobre los resultados.

Todo okey, hubiese buscado la forma de bloquear el ruido del canal para que la voz de la persona se escuchara mejor y así tener mejor comprensión del vídeo

Hay gato hidráulico, que en el anterior Canal del edificio de LH no había, ese punto es muy bueno, el vídeo está bien planteado, la guía igualmente, el error puede ser considerable pero esto se debe a las limitaciones que hay y las dimensiones pequeñas que se tienen del canal, pero es viable aplicarla para que los estudiantes indaguen, analicen y propongan

Está súper bien, el vídeo muy bien explicado, hay gato hidráulico lo cuál le da un factor diferencial para el fenómeno que se quiere analizar y además de que en el anterior Canal no se podía usar el gato hidráulico, guía muy bien hecha y vídeo igualmente.

Como se muestra en la Figura 16, la práctica de Resalto hidráulico presenta una alta viabilidad con un promedio de 4,50:

Figura 16

Resultados de la validación de la práctica del resalto hidráulico



Como se muestra en la Figura 17, la práctica de Vertederos presenta una alta viabilidad con una calificación promedio de 5,00:

Figura 17

Resultados de la validación de la práctica de vertederos

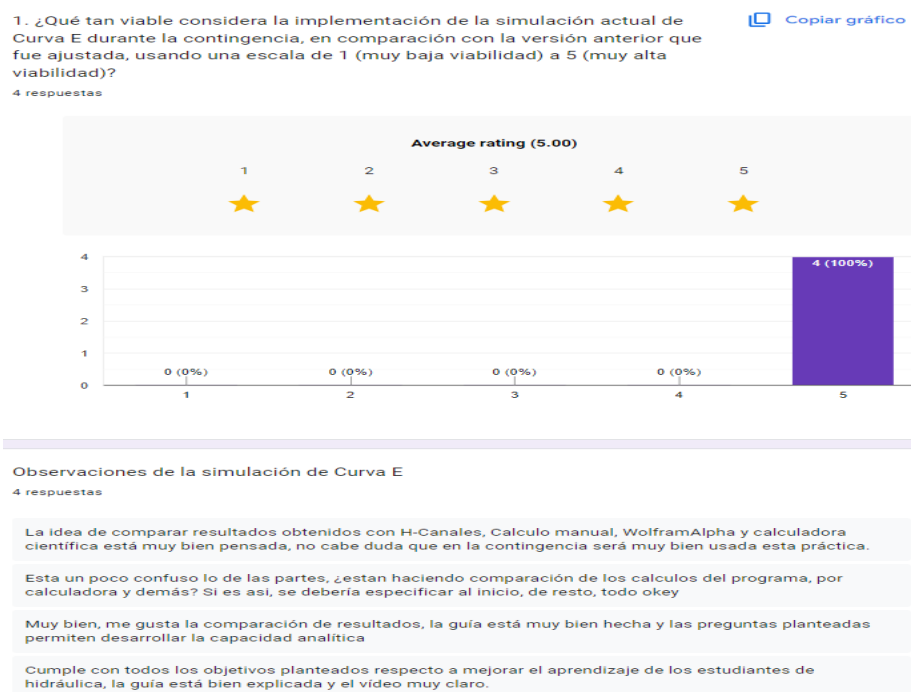


4.3.1.2. Encuesta de validación de simulaciones computacionales aplicada a los auxiliares durante el semestre 2025-2. Los resultados de la validación indican una **alta viabilidad de las simulaciones computacionales**, con valoraciones promedio cercanas a 5,0 en la mayoría de los casos (Figuras 18–22). Las simulaciones representan adecuadamente los fenómenos hidráulicos y favorecen la comparación entre distintos métodos y herramientas de cálculo. No obstante, algunas observaciones señalan la necesidad de mejorar la claridad en ciertas etapas del análisis y de optimizar la extensión de algunas actividades, las cuales fueron corregidas mediante la regrabación de los videos y el ajuste de las guías en partes que no resultaban tan claras. Así se pudo presentar un material que fortalece el razonamiento hidráulico y la interpretación de resultados, consolidando las simulaciones como un apoyo pertinente en el proceso de aprendizaje.

Como se muestra en la Figura 18, la simulación de Curva E presenta una máxima viabilidad con una calificación promedio de 5,00:

Figura 18

Resultados de la validación de la simulación de Curva E



Tal como se observa en la Figura 19, la simulación de Resalto hidráulico evidencia una elevada viabilidad, reflejada en una calificación promedio de 5,00.

Figura 19

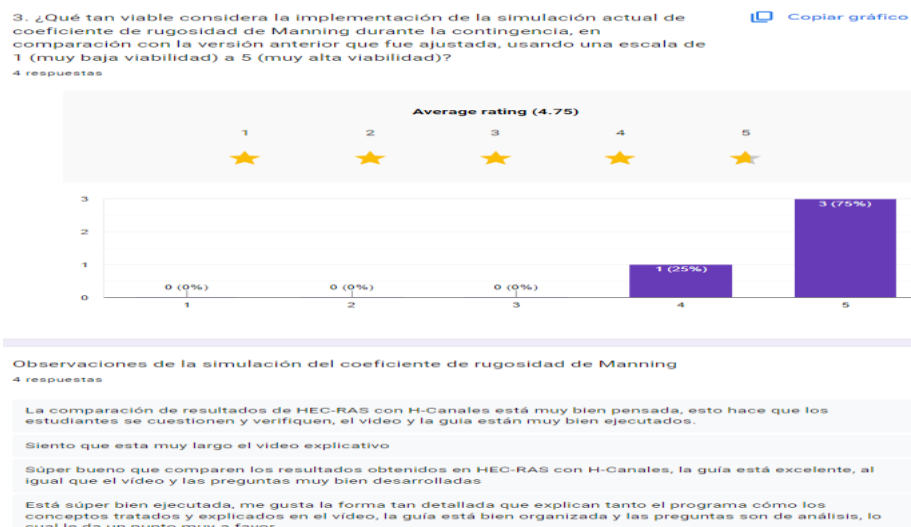
Resultados de la validación de la simulación de Resalto hidráulico



De acuerdo con la Figura 20, la simulación del Coeficiente de Manning alcanza un alto nivel de viabilidad, con una puntuación promedio de 4,75.

Figura 20

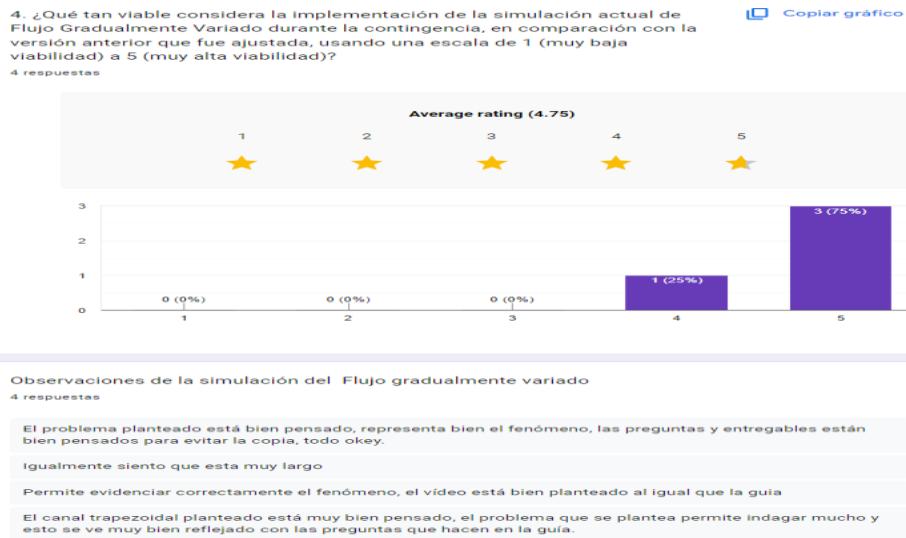
Resultados de la validación de la simulación del coeficiente de Rugosidad de Manning



Según lo ilustrado en la Figura 21, la simulación de FGV muestra una viabilidad sobresaliente, con un valor promedio de 4,75.

Figura 21

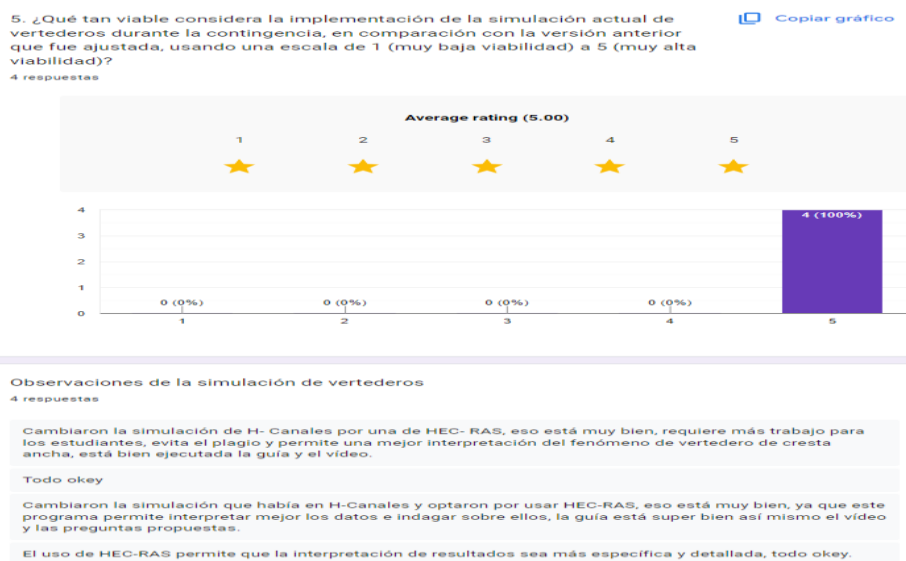
Resultados de la validación de la simulación del Flujo Gradualmente Variado (FGV)



En la Figura 22 se evidencia que la simulación de Vertedero de cresta ancha presenta una viabilidad muy alta, alcanzando una calificación promedio de 5,00.

Figura 22

Resultados de la validación de la simulación de Vertedero de cresta ancha



4.3.2. Integración de las guías y los recursos en la plataforma Moodle.

Como parte de la adaptación de las prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales, se integraron guías metodológicas, simulaciones y recursos audiovisuales en la plataforma institucional Moodle (Figuras 23 y 24), disponibles para los estudiantes matriculados, donde deben ingresar su código y contraseña a través del enlace: <https://lms.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=11676>. Adicionalmente, las guías se incluyen en los apéndices del documento (Apéndices A a M), con el fin de centralizar los recursos y apoyar el desarrollo de las prácticas presenciales y virtuales.

Figura 23

Ejemplo de incorporación de práctica presencial en aula virtual Moodle.

The screenshot displays a Moodle course page for 'LABORATORIO DE HIDRÁULICA'. The page is organized into several sections:

- INTRODUCCIÓN:** A text block explaining the purpose of the float method practice, which is to determine flow rate in a channel by measuring surface velocity and applying a correction coefficient.
- OBJETIVOS:** A list of two objectives:
 - Determinar experimentalmente el caudal en un canal a flujo libre mediante la aplicación del método del flotador, a partir de la medición de la velocidad superficial y el área hidráulica del flujo.
 - Análisis de la relación entre la velocidad superficial y la velocidad media del flujo, identificando las principales fuentes de error y la influencia de las condiciones hidráulicas en los resultados obtenidos.
- RECURSOS:** A section containing a video resource titled 'LABORATORIO DE HIDRÁULICA' and 'ESTIMACIÓN DEL CAUDAL CIRCULANTE EN LOS CANALES YA POR EL MÉTODO DEL FLOTADOR'.
- Document List:** A list of documents for download:
 - PD_Método del flotador:** A guide document for the practice.
 - PD_Cálculos:** A calculation sheet for data analysis.
 - PD_Formato cálculos:** A calculation sheet for data analysis.

Figura 24

Ejemplo de incorporación de simulación en aula virtual Moodle.

INTRODUCCIÓN

Las estructuras hidráulicas son dispositivos usados para regular o medir el caudal. Algunos son de geometría fija, mientras que otros pueden ser mecánicamente ajustados. Las estructuras hidráulicas forman parte de la mayoría de los proyectos de ingeniería hidráulica como sistemas de riego, suministro de agua, tratamiento de aguas residuales, centrales hidroeléctricas. Por conveniencia estas estructuras se agrupan en tres grupos:

- Estructuras de medición: vertederos y canaléas;
- Estructuras de regulación: compuertas y válvulas
- Estructuras de descarga: aliviaderos (spillways)

Las estructuras de medición están basadas en una relación profundidad-caudal obtenida de la aplicación de la ecuación de Bernoulli. Sin embargo, algunas modificaciones se deben incluir en las ecuaciones para tener en cuenta efectos como las pérdidas que ocurren inevitablemente.

OBJETIVOS

1. Determinación de la ecuación de calibración de los vertederos Spillway y de cresta ancha y su comparación con la fórmula estándar.
2. Observar las ventajas y desventajas de los vertederos como estructuras de aforos

RECURSOS

[PB_Vertederos](#) ↕

Hola! Este es el documento guía para el desarrollo de la práctica de laboratorio. Descárgalo y úsalo para prepararte para el desarrollo de la práctica y los análisis de datos.

Subido 12/01/2026 20:51

[PB_Vertederos](#) ↕

Este documento editable contiene la versión más actualizada de la guía para el desarrollo de la práctica de laboratorio. Este material es para uso de los instructores. Su modificación debe ser concertada con el equipo de trabajo del semestre.

Subido 12/01/2026 20:52

[PB_Cálculos](#) ↕

Este documento editable contiene la versión más actualizada de la guía para el desarrollo de la práctica de laboratorio. Este material es para uso de los instructores.

[PB_Formato](#) ↕

SIMULACIONES

[SB - Guía de la Simulación - Calibración de Vertederos](#) ↕

Subido 12/01/2026 22:16

[SB - Guía de la Simulación - Calibración de Vertederos](#) ↕

Subido 12/01/2026 22:16

4.4 Discusión.

Con base en los resultados obtenidos, se establece que la continuidad de las prácticas presenciales es viable mediante el uso del canal auxiliar ubicado en la Escuela de Ingeniería Mecánica. Si bien las condiciones de este canal no permiten la observación detallada ni a gran escala de los fenómenos hidráulicos analizados, sí posibilitan su apreciación cualitativa, lo que contribuye a la comprensión de sus fundamentos. Asimismo, estas prácticas favorecen la participación del estudiante y evitan que el proceso de aprendizaje dependa exclusivamente de componentes virtuales. En este contexto, las simulaciones, junto con las mejoras y modificaciones implementadas, constituyen una herramienta eficaz para la identificación y el análisis de los fenómenos hidráulicos. Adicionalmente, su integración con las actividades presenciales genera un impacto positivo al fortalecer, complementar y unificar el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de la plataforma educativa, ofreciendo una solución académica y operativa a la contingencia presentada en el marco de la reconstrucción del nuevo edificio de Físico Mecánicas de la UIS.

5. Conclusiones y recomendaciones

El diagnóstico del componente práctico del laboratorio de Hidráulica de Canales evidenció que las prácticas tradicionales presentan limitaciones para su ejecución presencial debido a la falta de instrumentos de medición y a las restricciones físicas del canal experimental, situación derivada de la demolición del laboratorio por la construcción del nuevo edificio de Ingenierías Físico-Mecánicas de la UIS. Esto hizo necesaria la reformulación de las prácticas para garantizar la continuidad del componente práctico del curso.

En respuesta a este escenario, la reformulación y adaptación de un conjunto de prácticas presenciales permitió garantizar la continuidad del componente experimental del componente de laboratorio de la asignatura de hidráulica a partir de los recursos disponibles. Aunque las limitaciones físicas del canal experimental y de sus componentes generaron errores altos en los resultados obtenidos al ejecutar las prácticas, el propósito de estas no se centró en la precisión de los valores obtenidos, sino en poder brindarles a los estudiantes la oportunidad de observar directamente de los fenómenos hidráulicos y también fortalecer del pensamiento crítico de los estudiantes frente a las diferencias entre los resultados teóricos y experimentales. Asimismo, el diseño de guías de trabajo con objetivos, procedimientos y preguntas facilitó el desarrollo estructurado de la experiencia práctica y contribuyó a una mejor comprensión de los contenidos abordados.

De manera complementaria, la implementación de prácticas virtuales mediante simulaciones computacionales y el uso de herramientas digitales como HEC-RAS, HCANALES, Excel y Wolfram Alpha se consolidó como una estrategia eficaz para reforzar y, cuando fue necesario, sustituir parcialmente las prácticas presenciales, permitiendo fortalecer la comprensión conceptual de los fenómenos hidráulicos y mejorar la articulación entre la teoría y la práctica. En

este sentido, se recomienda mantener y potenciar el uso integrado de prácticas presenciales, simulaciones computacionales y herramientas digitales, incluso después de la puesta en funcionamiento del nuevo laboratorio de Hidráulica de Canales, con el fin de consolidar un enfoque híbrido optimice el proceso formativo de los estudiantes.

Asimismo, la integración de las prácticas presenciales y virtuales en la plataforma Moodle, junto con la participación de los auxiliares del laboratorio, facilitó la implementación, validación y mejora de los recursos desarrollados. El acompañamiento de los auxiliares permitió una correcta aplicación de las guías, el uso adecuado de las herramientas digitales y la resolución oportuna de dudas, mientras que la organización de los materiales en un entorno virtual accesible ayuda a la organización de los productos para los futuros auxiliares. En conjunto, estos resultados demuestran que la reformulación de las prácticas del laboratorio de Hidráulica de Canales constituye una solución viable y sostenible para mantener la calidad del proceso de enseñanza–aprendizaje, incluso en ausencia de un laboratorio físico completamente equipado por parte de la escuela de Ingeniería Civil.

Finalmente, se recomienda fortalecer progresivamente el laboratorio mediante la adquisición y calibración de instrumentos de medición adecuados y la actualización y estandarización de las guías metodológicas, con el fin de mejorar la precisión de los resultados experimentales y reducir las fuentes de error. De igual forma, se sugiere que los auxiliares del laboratorio preserven, editen y actualicen el material desarrollado, bajo la orientación de los docentes del área, si lo consideran necesario y así promover la mejora continua y la adaptación a las necesidades futuras del laboratorio de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander.

Referencias Bibliográficas

- ABET. (2024). *Criteria for accrediting engineering programs*. Accreditation Board for Engineering and Technology. <https://www.abet.org>
- ASCE. (2019). *Civil engineering body of knowledge: Preparing the future civil engineer* (3rd ed.). American Society of Civil Engineers. <https://www.asce.org>
- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218–237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
- Camelo-Quintero, E. F. (2019). Implementación de prácticas de laboratorio en la educación virtual de los programas de ingeniería electrónica y telecomunicaciones. *Virtu@lmente (Activa de 2013 a 2022)*, 7(1), 29–44. <https://doi.org/10.21158/2357514x.v7.n1.2019.2319>
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121–130. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>
- Gavilán León, G. E. (2002). *Guía de laboratorio de hidráulica de canales abiertos*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Hidráulica UIS. (2026). *Hidráulica UIS* [Canal de YouTube]. YouTube. <https://www.youtube.com/@HidráulicaUis>
- HEC. (2023). *HEC-RAS River Analysis System user's manual*. U.S. Army Corps of Engineers. <https://www.hec.usace.army.mil>
- Laiton Suárez, B. D. (2022). *Práctica en docencia para mejorar la estrategia de laboratorio del curso de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil* [Trabajo de grado, Universidad

- Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/items/eadacc89-b756-4c66-a8db-9d2b5c157485>
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories. *ACM Computing Surveys*, 38(3), 7. <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
- Malaver Nieto, E. D. (2023). *Desarrollo de simulaciones de modelos hidráulicos como herramienta de soporte de la enseñanza del laboratorio de hidráulica* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/items/7d7c5958-1a50-48fb-b8ef-ae1fe2e9ed3>
- MEN. (2020). *Lineamientos para la continuidad académica en las instituciones de educación superior*. Ministerio de Educación Nacional. <https://www.mineducacion.gov.co>
- Pardo Aguilar, M. J., & Reyes Jamaica, D. V. (2023). *Evaluación de alternativas para el equipamiento del nuevo laboratorio de hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/items/e39e14fd-8671-42eb-bd59-8880afc0e303>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Sáenz, C. (2003). *Diseño de estructuras hidráulicas a escala para ser instaladas en el laboratorio de hidráulica de la universidad industrial de Santander*. [Trabajo de grado]. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Santaella Ojeda, R. A. (2007). *Diseño de la nueva plataforma científica tecnológica y docente del Laboratorio de Hidráulica* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander].

<https://noesis.uis.edu.co/items/9549286d-a825-43d4-89fe-58bee80b4c9c>

Vanegas, C. A. R., & Varela, C. R. (2017). Implementación de laboratorios virtuales como alternativa para estimular las actividades académicas en el aula de clase. *Ingeniería E Innovación*, 5(1). <https://doi.org/10.21897/23460466.1100>

Villón Béjar, M. (2006). *HCANALES v3.0: Manual del usuario* [Manual de software].

<https://es.slideshare.net/slideshow/manual-hcanalesv3completo-251185847/251185847#26>

Wolfram Research, Inc. (s. f.). *Wolfram Alpha*. <https://www.wolframalpha.com>