

MODELACIÓN CON HEC-RAS EN LA ASIGNATURA HIDRÁULICA DE CANALES 1

Práctica en docencia para el complemento del material de apoyo para la enseñanza de modelación Hidráulica con el software HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de Canales de la escuela de ingeniería Civil

Edwin Manrique Castañeda

Jeirson Armando Cáceres Castellanos

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Sandra Rocío Villamizar Amaya

Ph.D. Environmental Systems

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

2026

Dedicatoria

Dedicado al amor inconmensurable de mi familia, que forjó en mí la tenacidad necesaria para enfrentar mis más profundos temores; a mis padres, quienes fueron la piedra angular de este proceso; a mi hermana, por su apoyo incondicional; y a mi pareja, por ser luz en los momentos de adversidad.

Jeirson Armando Cáceres Castellanos

A mis padres, Graciela Castañeda y Manuel Manrique, por cada palabra de aliento y cada muestra de amor incondicional que me impulsan a perseguir mis sueños sin rendirme.

A mis hermanos, con especial gratitud a Diana Manrique y Oswaldo Manrique por su respaldo y cariño.

A Daniela Castañeda, por su apoyo incondicional, comprensión y compañía que han sido fundamentales desde el inicio de este proceso.

Edwin Manrique Castañeda

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Civil por brindar los espacios, recursos y herramientas académicas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de grado. Haber hecho parte de esta institución representa un motivo de orgullo y un compromiso con la formación profesional recibida.

De manera especial, se agradece a la directora del proyecto, Sandra Rocío Villamizar Amaya, por su orientación, acompañamiento constante y valiosos aportes académicos y técnicos. Asimismo, se extiende un agradecimiento a Jhon Sebastián, por su disposición, apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de las sesiones prácticas y la implementación de las experiencias de modelación.

Finalmente se agradece a los estudiantes de la asignatura Hidráulica de Canales que participaron activamente en las actividades desarrolladas, así como a nuestras familias y amigos, por el apoyo incondicional, la comprensión y el respaldo brindado a lo largo de este proceso académico, recordando que cada esfuerzo realizado contribuyó de manera significativa a la culminación de esta etapa de formación.

Tabla de Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. MARCO DE REFERENCIA	14
3. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Fase 1. Determinación de los conceptos y experiencias a incorporar en el curso ..	17
3.2 Fase 2. Diseño y adaptación de las experiencias de modelación hidráulica	20
3.3 Fase 3. Validación de las nuevas experiencias de modelación	23
4. RESULTADOS.....	26
4.1 Fase 1. Determinación de los conceptos y experiencias a incorporar en el curso ..	26
4.2 Fase 2. Diseño y adaptación de las experiencias de modelación hidráulica	28
4.3 Fase 3. Validación de las nuevas experiencias de modelación	34
6. CONCLUSIONES	41
RECONOCIMIENTO DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Preguntas de la encuesta de percepción inicial	18
Tabla 2 Preguntas de la encuesta de percepción posterior a la implementación de las guías de modelación desarrolladas	24

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Respuestas a encuestas de percepción inicial.....	27
Figura 2 Desarrollo del taller 1	28
Figura 3 Ventana de modificación de canal.....	31
Figura 4 Mapas de inundación generado por los estudiantes mediante RAS Mapper durante el Taller 2	34
Figura 5 Acompañamiento sesión de interpretación de resultados de modelación hidráulica taller 2	35
Figura 6 Respuestas a percepción final - Taller 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 Respuestas a encuestas de percepción final - taller 2	37
Figura 8 Análisis de resultados pregunta 1	38
Figura 9 Gráfica estadística de resultados pregunta 1	38
Figura 10 Análisis de resultados pregunta 4.....	39
Figura 11 Gráfica estadística de resultados pregunta 4	39
Figura 12 Análisis de resultados preguntas 5 y 10	39
Figura 13 Gráfica estadística de resultados preguntas 5 y 10.....	40

Lista de Apéndices

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

Apéndice A. Modelación hidráulica de un canal natural implementando la herramienta computacional HEC-RAS

Apéndice B. Modelación de inundaciones con RAS Mapper

Apéndice C. Guía metodológica orientada al desarrollo de la Modelación de inundaciones con RAS Mapper

Apéndice D. Integración de estructuras hidráulicas tipo puente como complemento de la Modelación de inundaciones con RAS Mapper

Resumen

Título: Práctica en docencia para el mejoramiento del material de apoyo para la enseñanza de modelación Hidráulica con el software HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de Canales de la escuela de ingeniería Civil *

Autor: Edwin Manrique Castañeda, Jeirson Armando Cáceres Castellanos **

Palabras Clave: Hidráulica de canales, modelación hidráulica, HEC-RAS, enseñanza de la ingeniería civil.

Descripción: La integración de recursos educativos digitales y herramientas de simulación se ha consolidado como elemento fundamental en la educación superior, transformando los procesos de enseñanza y aprendizaje. En este marco, la asignatura Hidráulica de Canales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander ha incorporado material didáctico orientado a fortalecer los conceptos fundamentales mediante herramientas de modelación como HEC-RAS y otros recursos computacionales. Este trabajo se desarrolló como modalidad de práctica docente en esta asignatura con el objetivo de complementar el material de apoyo para la enseñanza de modelación hidráulica con HEC-RAS. Para ello, se implementaron experiencias guiadas, dos talleres de modelación hidráulica, sesiones adicionales de interpretación de resultados, el desarrollo de un proyecto final y la aplicación de encuestas de percepción antes y después de las intervenciones realizadas. Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de experiencias de modelación guiadas y con acompañamiento durante la interpretación de resultados, contribuyó a mejorar la comprensión de los conceptos hidráulicos, mayor confianza en el uso del software y capacidad de análisis de los estudiantes. De igual manera, la articulación de los talleres con el proyecto final permitió consolidar el aprendizaje adquirido y favorecer la formulación de soluciones técnicas. Adicionalmente, se elaboró material complementario dirigido al tutor de turno de la asignatura, ampliando el alcance de la práctica docente. En conjunto, los resultados demuestran el potencial de la modelación hidráulica computacional como estrategia pedagógica cuando se integra de manera estructurada y alineada con los objetivos formativos del curso.

* Práctica Docente

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Sandra Rocío Villamizar Amaya. Ph.D. Environmental Systems.

Abstract

Title: Teaching Practice for the Improvement of Instructional Support Material for Hydraulic Modeling Using the HEC-RAS Software in the Open-Channel Hydraulics Course of the Civil Engineering School *

Author: Edwin Manrique Castañeda, Jeirson Armando Cáceres Castellanos **

Key Words: Open-channel hydraulics, hydraulic modeling, HEC-RAS, civil engineering education.

Description: The integration of digital educational resources and simulation tools has become established as a fundamental element in higher education, transforming teaching and learning processes. Within this framework, the Channel Hydraulics course at the School of Civil Engineering of Universidad Industrial de Santander has incorporated didactic material aimed at strengthening fundamental concepts through modeling tools such as HEC-RAS and other computational resources. This work was developed as a teaching practice modality in this course with the objective of complementing the support material for teaching hydraulic modeling with HEC-RAS. To achieve this, guided experiences, two hydraulic modeling workshops, additional results interpretation sessions, the development of a final project, and the application of perception surveys before and after the interventions were implemented. The results obtained show that the incorporation of guided modeling experiences with support during results interpretation contributed to improving students' understanding of hydraulic concepts, greater confidence in using the software, and analytical capability. Similarly, the articulation of the workshops with the final project allowed for the consolidation of acquired learning and facilitated the formulation of technical solutions. Additionally, complementary material was prepared for the course instructor on duty, expanding the scope of the teaching practice. Taken together, the results demonstrate the potential of computational hydraulic modeling as a pedagogical strategy when integrated in a structured manner and aligned with the course's formative objectives.

* Teaching practice

**Department of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Advisor: Sandra Rocío Villamizar Amaya Ph.D. Environmental Systems.

Introducción

La enseñanza de la hidráulica de canales en los programas de ingeniería civil constituye un componente fundamental en la formación profesional, dado que permite comprender y analizar el comportamiento del flujo en canales abiertos, así como aplicar estos conocimientos en el diseño y evaluación de soluciones hidráulicas (Béjar, 2008; Chow, 2000). Sin embargo, el carácter abstracto de muchos de los fenómenos involucrados y la complejidad de su representación analítica pueden dificultar la comprensión integral de los conceptos por parte de los estudiantes, especialmente cuando el proceso de aprendizaje se apoya de manera predominante en clases magistrales y ejercicios teóricos (Castro-Maldonado et al., 2020).

En este contexto, la incorporación de herramientas computacionales de modelación hidráulica se ha consolidado como una estrategia pedagógica relevante para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en asignaturas de carácter técnico. La modelación hidráulica permite representar de manera integrada la geometría del sistema, las condiciones de contorno y los parámetros hidráulicos, facilitando la visualización y el análisis de fenómenos que difícilmente pueden ser abordados de forma experimental en entornos académicos tradicionales (Valdez et al., 2025). No obstante, el uso de este tipo de herramientas en contextos educativos requiere de una estructura didáctica adecuada y de un acompañamiento docente que promueva la interpretación crítica de los resultados obtenidos (Castro-Maldonado et al., 2020). El software HEC-RAS se ha posicionado como una de las herramientas más utilizadas tanto en el ámbito profesional como académico para la modelación hidráulica de canales naturales y artificiales. Su aplicación en procesos formativos ofrece la posibilidad de complementar la enseñanza teórica mediante experiencias de simulación que favorecen el análisis de escenarios reales y el desarrollo de competencias asociadas a la modelación, la interpretación de resultados y la toma de decisiones

técnicas (US Army Corps of Engineers, 2025). No obstante, su integración efectiva en la enseñanza de la hidráulica de canales demanda el diseño de experiencias guiadas que eviten un uso meramente instrumental del software y promuevan una comprensión profunda de los fenómenos hidráulicos modelados (Kipper & Rüütman, 2013).

En la asignatura Hidráulica de Canales del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, se ha venido incorporando el uso de herramientas de modelación hidráulica como apoyo al desarrollo del curso. A partir de esta experiencia, se identificó la necesidad de complementar el material de apoyo existente, fortaleciendo el acompañamiento en la interpretación de resultados y ampliando los fenómenos hidráulicos abordados, con el fin de mejorar la comprensión conceptual y la capacidad analítica de los estudiantes, en coherencia con las competencias definidas para su formación profesional (Suárez, 2022).

En este marco, el trabajo se desarrolló bajo la modalidad de práctica en docencia y tuvo como propósito fortalecer el desarrollo de competencias asociadas al análisis, la modelación y el diseño de soluciones en hidráulica de canales mediante la implementación de experiencias de modelación hidráulica guiadas con el software HEC-RAS. La práctica integró el desarrollo de talleres prácticos, sesiones de interpretación de resultados, el desarrollo de un proyecto final de la asignatura y la elaboración de materiales complementarios dirigidos tanto a estudiantes como al tutor de turno del curso, buscando una integración pedagógica efectiva de la herramienta en el proceso formativo.

El cuerpo de este documento se estructura en cinco capítulos. En el primero se presentan los objetivos. En el segundo el marco de referencia en el cual se fundamenta la propuesta desde una perspectiva pedagógica y curricular. El tercer capítulo describe la metodología empleada en el desarrollo de la práctica docente. En el cuarto capítulo se presentan y analizan los resultados

obtenidos a partir de la implementación de las experiencias de modelación. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo, orientadas a fortalecer la enseñanza de la hidráulica de canales y a proyectar la continuidad de las experiencias desarrolladas en el curso.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Complementar el material de apoyo para la enseñanza de modelación hidráulica con el software HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de Canales de la Escuela de Ingeniería Civil.

1.2 Objetivos Específicos.

- Determinar los conceptos y experiencias a incorporar en el curso mediante el modelado con HEC-RAS.
- Diseñar las experiencias de modelación a incorporar siguiendo el modelo didáctico acordado.
- Validar las nuevas experiencias de modelación con estudiantes del curso de hidráulica del semestre 2025-2.

2. Marco de Referencia

La enseñanza de la ingeniería civil exige la implementación de metodologías que integren de manera efectiva los fundamentos teóricos con herramientas de aplicación práctica, especialmente en áreas como la hidráulica de canales, donde los fenómenos físicos presentan un alto grado de complejidad. Diversos estudios en educación han evidenciado que la simulación computacional constituye un recurso didáctico que favorece el aprendizaje activo y la comprensión de fenómenos difíciles de visualizar mediante métodos tradicionales de enseñanza, siempre que su uso esté acompañado de actividades de análisis e interpretación (Castro-Maldonado, 2020).

Tradicionalmente, la enseñanza de estos conceptos se ha apoyado en clases magistrales, ejercicios analíticos y, en algunos casos, laboratorios físicos. No obstante, investigaciones recientes indican que la incorporación de herramientas computacionales permite complementar estos métodos, facilitando la visualización de resultados y la exploración de múltiples escenarios hidráulicos que difícilmente pueden reproducirse en un entorno de laboratorio convencional (Alemu et al., 2024). En este contexto, la modelación hidráulica computacional se consolida como un recurso que permite fortalecer la comprensión integral de los fenómenos estudiados.

Diversas instituciones educativas han documentado experiencias exitosas en la integración de herramientas de modelación hidráulica en sus programas académicos. En la Universidad de Illinois, el Ven Te Chow Hydrosystems Laboratory ha propuesto el desarrollo de proyectos de modelación tipo "widget" en el curso CEE 452, donde los estudiantes utilizan HEC-RAS para modelar tramos reales de ríos, integrando levantamientos topográficos, análisis numérico y programación. Por su parte, el Consorcio Earth Scope, a través de los módulos educativos GETSI tiene disponible unos módulos educativos específicos sobre modelación de inundaciones con

HEC-RAS, demostrando que los estudiantes asocian mejor las magnitudes de flujo con impactos reales cuando pueden visualizar extensiones de inundación mediante modelos computacionales (McNamara y Merwade, 2020). Por otra parte, Almoulki y Yetilmezsoy (2019) exploraron el uso de MATLAB para resolver problemas iterativos de hidráulica, demostrando que el uso de programación libera tiempo cognitivo que los estudiantes pueden dedicar al razonamiento e interpretación, en lugar de invertirlo en cálculos repetitivos. Asimismo se propone que la enseñanza efectiva de diseño hidráulico debe incorporar tres elementos clave: aprendizaje anticipatorio (donde los estudiantes predicen resultados antes de modelar), innovación colaborativa (trabajo en equipos multidisciplinarios) y conectividad real entre aula y práctica profesional (Crookston et al., 2020). Finalmente, en el contexto latinoamericano, Valdez et al. (2025). documentaron que la integración de software especializado como EPANET y HEC-HMS junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) favorece significativamente el desarrollo de competencias profesionales en estudiantes de ingeniería civil.

En el ámbito educativo, la implementación de HEC-RAS como herramienta de apoyo al aprendizaje ha mostrado resultados positivos cuando se emplea bajo esquemas de trabajo guiados y acompañados por el docente. Investigaciones en educación en ingeniería resaltan que las experiencias de modelación estructuradas, articuladas con actividades de interpretación de resultados y proyectos aplicados, contribuyen de manera significativa al desarrollo de competencias técnicas y analíticas en los estudiantes, evitando un uso meramente instrumental del software (García et al., 2024).

En el contexto específico de la asignatura Hidráulica de Canales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, los trabajos desarrollados bajo la modalidad de práctica en docencia evidencian que el uso de herramientas computacionales constituye un

complemento importante al desarrollo teórico del curso. Sin embargo, también se ha identificado la necesidad de fortalecer el acompañamiento durante la interpretación de resultados y de estructurar guías que orienten tanto a estudiantes como a tutores en el uso del software, con el fin de mejorar la comprensión de los fenómenos hidráulicos y la calidad de los resultados obtenidos (Suárez, 2022).

Desde esta perspectiva, la implementación de talleres de modelación hidráulica guiados, apoyados en el software HEC-RAS y complementados con sesiones específicas de interpretación de resultados, se plantea como una estrategia pedagógica pertinente para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Hidráulica de Canales. Esta estrategia permite articular los fundamentos teóricos de la hidráulica de canales, desarrollados en la literatura clásica, con herramientas computacionales utilizadas en el ejercicio profesional, contribuyendo al desarrollo de competencias clave en la formación del ingeniero civil.

3. Metodología.

La metodología desarrollada en este trabajo se enmarca en la modalidad de práctica en docencia y se fundamenta en un enfoque aplicado, orientado al fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Hidráulica de Canales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. El diseño metodológico se estructuró en **tres fases**, definidas de manera progresiva con el propósito de garantizar una articulación entre los objetivos del proyecto, el diseño de las experiencias de modelación hidráulica y la evaluación de su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

La práctica docente se desarrolló con estudiantes de séptimo semestre de la asignatura Hidráulica de Canales, de los grupos (A1, A2, A3) del semestre 2025-2 bajo modalidad presencial; se implementaron actividades de modelación hidráulica con el software HEC-RAS, acompañadas por orientación docente durante el desarrollo de los ejercicios y la interpretación de resultados.

3.1 Fase 1. Determinación de los conceptos y experiencias a incorporar en el curso

En esta fase se realizó un análisis detallado del material de apoyo vigente utilizado en la asignatura Hidráulica de Canales, incluyendo guías, ejercicios y actividades prácticas asociadas al uso del software HEC-RAS. Este análisis permitió identificar los conceptos hidráulicos abordados, los alcances de los ejercicios existentes y las principales dificultades manifestadas por los estudiantes en el uso de la herramienta y en la interpretación de los resultados obtenidos.

Como complemento al análisis documental, se diseñó y aplicó una encuesta de percepción inicial a los estudiantes del curso, con el fin de evaluar su nivel de familiaridad con la modelación hidráulica, su percepción sobre el uso de software de simulación en la asignatura y las principales limitaciones encontradas en experiencias previas. Esta encuesta tuvo un total de 12 preguntas, donde 11 de estas contaban con opciones de respuesta de la escala Likert de 5 puntos (Totalmente

de acuerdo, Bastante de acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, Bastante en desacuerdo y Totalmente en desacuerdo) y la última pregunta es de tipo abierta. En la Tabla 1 se presentan las preguntas formuladas.

Tabla 1

Preguntas de la encuesta de percepción inicial

Pregunta	Descripción
1	¿Qué herramientas de modelación hidráulica ha usado durante el desarrollo del curso Hidráulica 24104?
2	¿Considera que las simulaciones realizadas hasta el momento le han ayudado a comprender mejor los conceptos teóricos de la hidráulica?
3	¿Las actividades de modelación le motivan a interesarse más por la materia?
4	¿Considera que se deben incorporar más ejercicios prácticos con software de modelación en el curso?
5	¿Considera necesario contar con material extra (tutoriales, guías, videos) para profundizar en el uso del software de modelación?
6	¿Siente que la modelación le permite conectar la teoría con casos reales de la ingeniería?
7	¿Considera que las herramientas de modelación son fáciles de aprender y usar?
8	¿El uso de software como HEC-RAS hace que el aprendizaje sea más dinámico y práctico?
9	¿Considera la modelación como una herramienta que utilizaría en su práctica profesional?
10	¿El tiempo destinado al uso de softwares de modelación en el curso corresponde a lo que usted considera adecuado dentro del programa académico?
11	¿En conclusión, considera que las experiencias de modelación hidráulica son valiosas para su aprendizaje?
12	¿Comparta sus sugerencias para mejorar los ejercicios y experiencias de modelación que ha realizado hasta ahora en el curso de Hidráulica?

Este diagnóstico permitió identificar oportunidades de mejora relacionadas con la comprensión y la habilidad en el uso de softwares de modelación hidráulica, la interpretación del material existente y las necesidades que el estudiante requería cubrir para la integración de Hec-Ras como herramienta en el aprendizaje complementario de los conceptos teóricos.

Igualmente, se revisó la documentación oficial del software HEC-RAS, desarrollada por el U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center (USACE-HEC), específicamente los siguientes recursos: Introduction to HEC-RAS, Entering and Editing Geometric Data y Performing a Steady Flow Analysis, contenidos en el HEC-RAS User's Manual, así como los tutoriales asociados al desarrollo de modelos unidimensionales en régimen permanente, incluyendo el ejercicio Developing 1D Geometric Data with RAS Mapper. Estos documentos fueron analizados con el fin de comprender la estructura general del software, los procedimientos para la construcción de la geometría hidráulica y la ejecución de análisis de flujo permanente, constituyendo la base técnica para la selección de ejercicios de modelación a implementar.

De manera complementaria, se revisó el material correspondiente a las prácticas de laboratorio del curso de Hidráulica de Canales, el cual incluye ejercicios relacionados con la derivación de la ecuación de energía específica, el análisis de transiciones en flujo subcrítico, el resalto hidráulico, la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning, el análisis del flujo gradualmente variado, el funcionamiento de estructuras hidráulicas como compuertas de admisión inferior y canaletas Parshall, así como talleres previos de introducción al uso del software HEC-RAS. Este material permitió identificar los conceptos hidráulicos que los estudiantes ya habían abordado previamente y que podían ser reforzados mediante experiencias de modelación computacional.

Adicionalmente, se analizó el material correspondiente al componente teórico del curso de Hidráulica de Canales, incluyendo contenidos relacionados con las propiedades hidráulicas de las secciones transversales, la distribución de velocidades en canales, la energía específica y el flujo crítico, la conservación del momento lineal, la introducción al flujo uniforme y el análisis del flujo gradualmente variado. La revisión de este material permitió establecer la relación entre los fundamentos teóricos del curso y su posible integración con el uso del software HEC-RAS como herramienta de apoyo al aprendizaje.

Como resultado de esta fase, se definieron los criterios técnicos y pedagógicos para el diseño y adaptación de las nuevas experiencias de modelación hidráulica, garantizando su coherencia con los contenidos teóricos y prácticos del curso, así como su alineación con los objetivos formativos de la asignatura. Esta revisión constituyó la base para el desarrollo de las guías orientadoras y la implementación de los talleres de modelación descritos en las fases posteriores de la metodología.

3.2 Fase 2. Diseño y adaptación de las experiencias de modelación hidráulica

La fase de diseño de las experiencias de modelación tuvo como finalidad estructurar, adaptar y validar un conjunto de actividades prácticas orientadas a fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la modelación hidráulica en la asignatura Hidráulica de Canales. Para ello, se planteó una estructura didáctica progresiva, alineada con los contenidos del curso y con los objetivos formativos definidos por la Escuela de Ingeniería Civil, que permitiera integrar los fundamentos teóricos de la hidráulica de canales con el uso aplicado del software HEC-RAS en contextos representativos y cercanos a la realidad del estudiante.

Como punto de partida, se realizó una revisión detallada de la documentación oficial del software HEC-RAS versión 6.6, desarrollada por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army

Corps of Engineers. En particular, se analizaron los ejercicios contenidos en el HEC-RAS Applications Guide, específicamente los casos de estudio Critical Creek (Example 1) y Channel Modifications (Example 16), así como los lineamientos técnicos descritos en el HEC-RAS Mapper User's Manual y en el HEC-RAS Hydraulic Reference Manual. Estos recursos fueron seleccionados por su pertinencia para abordar conceptos fundamentales de la hidráulica de canales, tales como el análisis del flujo uniforme, la aplicación de la ecuación de la energía, la identificación de regímenes de flujo (crítico, subcrítico y supercrítico), el uso de la ecuación de Manning y la selección adecuada del coeficiente de rugosidad, además de permitir el desarrollo de modelaciones hidráulicas unidimensionales (1D) y la interpretación de resultados numéricos y gráficos.

A partir de esta revisión, se diseñaron dos experiencias de modelación complementarias. La primera experiencia se orientó al análisis hidráulico de un canal natural mediante el uso de HEC-RAS en una dimensión. Para ello, se trabajó en la definición de la geometría del cauce a partir de secciones transversales, el análisis de perfiles de energía, la revisión de resultados numéricos y la interpretación de resultados gráficos asociados al comportamiento hidráulico del sistema. Adicionalmente, se incorporó el uso de herramientas propias del software, como la interpolación de secciones transversales y la herramienta Channel Design/Modification, con el fin de evaluar la transición de un canal natural a un canal trapezoidal y analizar el efecto de modificaciones geométricas sobre los niveles de agua y los regímenes de flujo.

La segunda experiencia de modelación se diseñó a partir de la adaptación del caso de estudio “Developing 1D Geometric Data with RAS Mapper”, contenido en la documentación oficial de HEC-RAS, y tuvo como documento guía el HEC-RAS Mapper User's Manual. Esta experiencia se enfocó en el uso de RAS Mapper como herramienta de visualización geoespacial integrada, permitiendo a los estudiantes comprender la estructura y navegación del entorno, así

como desarrollar habilidades prácticas en la obtención de la geometría del terreno a partir de modelos digitales de elevación (DEM), la ejecución de simulaciones hidráulicas unidimensionales para diferentes escenarios de caudal y el análisis de resultados espaciales. En particular, se abordó la delimitación de áreas susceptibles a inundación y la interpretación de mapas hidráulicos y perfiles asociados al comportamiento del flujo.

Dado que los ejemplos oficiales de HEC-RAS se encuentran formulados bajo el sistema de unidades inglés y asociados a sistemas de referencia comúnmente utilizados en los Estados Unidos, fue necesario implementar un proceso de adaptación metodológica para su uso en el contexto del curso. Para ello, se empleó el software QGIS como herramienta de apoyo, permitiendo la conversión de los modelos digitales de terreno a sistemas de referencia compatibles con el entorno de RAS Mapper y la transformación de las variables geométricas y espaciales al Sistema Internacional (SI). Este proceso incluyó la verificación de la coherencia entre unidades horizontales y verticales del DEM, el ajuste de resoluciones espaciales y la unificación del sistema de unidades de trabajo en HEC-RAS, garantizando consistencia entre la información espacial, los datos de entrada del modelo y los resultados hidráulicos obtenidos.

En el caso de la primera experiencia, los ejercicios originales fueron además redimensionados mediante la aplicación de factores de escala que permitieran obtener geometrías con cuerpos de agua locales. Los caudales fueron ajustados con base en precipitaciones y características hidráulicas de ríos regionales de comportamiento similar, verificando que dichas modificaciones no alteraran la coherencia hidráulica del modelo. Asimismo, se realizó la corrección y ajuste de las secciones transversales para asegurar transiciones suaves entre secciones adyacentes, evitando errores numéricos asociados a cambios geométricos abruptos y garantizando una representación geomorfológica consistente con las nuevas dimensiones definidas.

Finalmente, para ambas experiencias se elaboraron guías orientadoras que describen los procedimientos a seguir, los criterios técnicos a considerar y los aspectos clave para la interpretación de resultados. Los productos desarrollados fueron sometidos a un proceso de verificación que incluyó la revisión de advertencias y mensajes generados por el software, así como la validación de la coherencia hidráulica y espacial de los resultados obtenidos. Este proceso permitió disponer de experiencias de modelación adaptadas al nivel de la asignatura, con un enfoque aplicado, contextualizado y alineado con los objetivos formativos del curso, favoreciendo el desarrollo de competencias asociadas al análisis, la modelación y la interpretación crítica de resultados hidráulicos.

3.3 Fase 3. Validación de las nuevas experiencias de modelación

La tercera fase de la metodología correspondió a la validación de las experiencias de modelación hidráulica diseñadas, mediante su implementación con los estudiantes de la asignatura Hidráulica de Canales (código 24104), grupos A1, A2 y A3, durante el semestre académico 2025-2. Esta fase se desarrolló en un total de cuatro sesiones presenciales: dos sesiones destinadas a la ejecución de los talleres de modelación hidráulica, una por cada experiencia diseñada, y dos sesiones adicionales orientadas a la interpretación de resultados y al acompañamiento en el desarrollo del proyecto final de la asignatura.

Durante la implementación de los talleres, el acompañamiento docente se centró en orientar a los estudiantes en la correcta configuración de los modelos hidráulicos, la verificación de la coherencia de los datos de entrada y la revisión de los resultados obtenidos. De manera particular, se enfatizó en la interpretación técnica de los perfiles hidráulicos, las tablas de resultados y las salidas gráficas generadas por el software HEC-RAS, promoviendo un análisis crítico de los fenómenos modelados y la identificación de posibles inconsistencias o limitaciones del modelo.

Este acompañamiento resultó fundamental para evitar un uso meramente instrumental de la herramienta computacional y para fortalecer la comprensión conceptual de los procesos hidráulicos representados, en concordancia con enfoques pedagógicos en educación en ingeniería que resaltan la importancia de la mediación docente en experiencias de simulación y modelación.

Como parte del proceso de validación, se aplicó una encuesta de percepción a los estudiantes al culminar la implementación de cada uno de los talleres y el desarrollo del proyecto final de la asignatura. Esta encuesta tuvo como objetivo evaluar el impacto de las experiencias de modelación en la comprensión de los conceptos hidráulicos, la confianza en el uso del software HEC-RAS y la percepción del acompañamiento docente durante la interpretación de resultados. La tabla 2 presenta las preguntas incluidas en el formulario aplicado, las cuales sirvieron como base para el análisis posterior de los resultados. Esta encuesta tuvo un total de 10 preguntas, donde 9 de estas contaban con opciones de respuesta de la escala Likert de 5 puntos (Totalmente de acuerdo, Bastante de acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, Bastante en desacuerdo y Totalmente en desacuerdo) y la última pregunta es de tipo abierta.

Tabla 2

Preguntas de la encuesta de percepción posterior a la implementación de las guías de modelación desarrolladas

Pregunta	Descripción
1	¿Considera que la actividad de modelación realizada tuvo relación con los conceptos teóricos vistos en la clase de Hidráulica?
2	¿Se sintió capaz de configurar correctamente los parámetros necesarios para la modelación?
3	¿Considera que el nivel de dificultad de la práctica fue apropiado para sus conocimientos actuales?
4	¿Considera que las instrucciones y material de apoyo proporcionados fueron suficientes para completar la modelación exitosamente?
5	¿Considera que el tiempo asignado para completar la práctica de modelación fue adecuado?

Pregunta	Descripción
6	¿La visualización de resultados en HEC-RAS facilitó su comprensión de los fenómenos hidráulicos estudiados?
7	¿Recomendaría incluir más experiencias de modelación como esta en el curso?
8	¿Su experiencia general con esta práctica de modelación en HEC-RAS fue satisfactoria?
9	¿Considera que HEC-RAS es una herramienta útil para su formación como ingeniero?
10	¿Qué sugerencias tiene para mejorar esta experiencia de modelación con HEC- RAS?

Finalmente, a partir del análisis de los resultados obtenidos en la encuesta y de la retroalimentación cualitativa proporcionada por los estudiantes durante las sesiones presenciales, se realizaron ajustes finales a las guías desarrolladas. Este proceso permitió consolidar un conjunto de materiales didácticos mejorados, coherentes con los objetivos formativos de la asignatura y alineados con las competencias definidas por la Escuela de Ingeniería Civil, fortaleciendo así el carácter integral y aplicado de la propuesta desarrollada en el marco de la práctica en docencia.

4. Resultados.

El desarrollo del proyecto permitió evidenciar una secuencia de resultados coherente con las fases metodológicas planteadas, iniciando con el diagnóstico de la percepción estudiantil y culminando con la validación de las experiencias de modelación hidráulica implementadas en la asignatura Hidráulica de Canales.

4.1 Fase 1. Determinación de los conceptos y experiencias a incorporar en el curso

En una primera etapa, asociada al proceso de revisión del material de apoyo existente y al diagnóstico inicial, se aplicó una encuesta de percepción con el objetivo de identificar las expectativas, necesidades y nivel de familiaridad de los estudiantes frente al uso del software HEC-RAS como herramienta de apoyo al aprendizaje. Los resultados de esta encuesta inicial evidenciaron que, si bien los estudiantes reconocían la importancia de la modelación hidráulica en su formación profesional, existía una percepción de dificultad asociada al uso del software y una necesidad manifiesta de mayor acompañamiento durante la interpretación de resultados. Asimismo, las respuestas abiertas reflejaron la solicitud de materiales más estructurados, ejemplos guiados y espacios adicionales de explicación práctica, lo cual sirvió como insumo fundamental para orientar el diseño de las experiencias de modelación desarrolladas posteriormente. La Figura 1 presenta el consolidado de las respuestas dadas por los estudiantes para esta indagación inicial. Esta encuesta fue respondida por los 24 estudiantes matriculados en el curso, pertenecientes a los grupos A1, A2 y A3 del semestre 2025-2, constituyendo así la línea base de referencia para el posterior diseño de las actividades.

Figura 1
Respuestas a encuestas de percepción inicial

Total Respuestas 24						
Pregunta	Descripción	Ninguna	HEC-RAS	H - Canales	OpenForms	Micosoft Excel
1	¿Qué herramientas de modelación hidráulica ha usado durante el desarrollo del curso Hidráulica 24104?	2 8.3%	10 41.7%	11 45.8%	0 0.0%	1 4.2%
		Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
2	¿Considera que las simulaciones realizadas hasta el momento le han ayudado a comprender mejor los conceptos teóricos de la hidráulica?	4 16.7%	16 66.7%	4 16.7%	0 0%	0 0%
3	¿Las actividades de modelación le motivan a interesarse más por la materia?	7 29.2%	12 50.0%	4 16.7%	1 4.2%	0 0.0%
4	¿Considera que se deben incorporar más ejercicios prácticos con software de modelación en el curso?	10 42%	11 46%	2 8%	0 0%	1 4%
5	¿Considera necesario contar con material extra (tutoriales, guías, videos) para profundizar en el uso del software de modelación?	14 58%	7 29%	3 13%	0 0%	0 0%
6	¿Siente que la modelación le permite conectar la teoría con casos reales de la ingeniería?	8 33%	16 67%	0 0%	0 0%	0 0%
7	¿Considera que las herramientas de modelación son fáciles de aprender y usar?	7 29%	12 50%	5 21%	0 0%	0 0%
8	¿El uso de software como HEC-RAS hace que el aprendizaje sea más dinámico y práctico?	9 38%	12 50%	3 13%	0 0%	0 0%
9	¿Considera la modelación como una herramienta que utilizaría en su práctica profesional?	13 54%	10 42%	1 4%	0 0%	0 0%
10	¿El tiempo destinado al uso de softwares de modelación en el curso corresponde a lo que usted considera adecuado dentro del programa académico?	6 25%	12 50%	3 13%	2 8%	1 4%
11	¿En conclusión, considera que las experiencias de modelación hidráulica son valiosas para su aprendizaje?	11 46%	11 46%	1 4%	0 0%	1 4%
12	¿Comparta sus sugerencias para mejorar los ejercicios y experiencias de modelación que ha realizado hasta ahora en el curso de Hidráulica?	Ninguna				
		Mini curso de la App				
		.				
		Bien				
		Hacer un video tutorial inicial donde se expliquen las funciones más usadas del programa				
		No tengo sugerencias				
		no				
		Me ha parecido muy interesante el software ya que permite modelar canales y analizar tramos específicos de la sección del canal.				
		El software más complicado de usar hasta el momento fue OpenFoam, el tutorial de la simulación no explicaba muy bien el fin de cada paso en el proceso, sería bueno ampliar un poco esa				
		Que se pueda manejar un poco mas con en clases, para así el aprendizaje o dudas puedan resolverse que una forma mas fácil.				
		Para el mejoramiento podrían agregar videos de tutoria les de los ejercicios y del manejo de las gráficas				
		talleres específicos para realizar en algunos momentos de la clase				
		Sería bueno tener una persona explicando constante mente el programa así como el lab de analisis con sap200, el aprendizaje es mucho mejor, por que solo modo virtual o videos grabados siento que				
		Ninguna				
		las practicas son bastante productiva, el déficit de compromiso de nosotros los estudiantes es que nos deja con deficiencias de conocimiento.				
		Hacer más guías junto a sus soluciones para comprender mejor cada tema				
		Sin comentarios				
		Nn				
		Ejercicios más profundizados en la ingeniería y mejores explicación, talvez una tutoría presencial				
		Se debería tener más sesiones de cada aplicación				
		es bueno el acompañamiento para darles mejores usos estos programas, pero desde que No exista compromiso con nosotros mismo como estudiante es imposible, pero si necesario que la				
		Nada				
		Hacer mas necesario el uso de las programaciones con talleres con una valoracion que genere un mayor interes				
		...				

4.2 Fase 2. Diseño y adaptación de las experiencias de modelación hidráulica

A partir de este diagnóstico efectuado en la fase 1, se desarrollaron dos experiencias de modelación hidráulica que buscaron, primero, afianzar el conocimiento y familiaridad del estudiante con la herramienta de modelación y, segundo, desarrollar competencias de modelación y análisis. En el desarrollo de los talleres (Figura 1), los estudiantes lograron construir modelos hidráulicos unidimensionales coherentes, definir adecuadamente la geometría del canal, configurar las condiciones de flujo y analizar los perfiles hidráulicos generados por el software a partir de las especificaciones y requerimientos establecidos.

Figura 2
Desarrollo del taller 1



Como resultado de la evaluación del material previamente utilizado en la asignatura, se logró entregar a los estudiantes un ejercicio de carácter polivalente, orientado no solo a la aplicación puntual de conceptos teóricos, sino al uso del software como una herramienta para construir una experiencia de aprendizaje más integral y contextualizada a una práctica profesional real. A diferencia de enfoques anteriores, en los que era necesario desarrollar múltiples ejercicios independientes para complementar los contenidos de las clases magistrales, el material diseñado permitió articular en un único ejercicio varios conceptos fundamentales de la hidráulica de canales, fortaleciendo la conexión entre teoría, modelación y análisis crítico.

La guía *Sesión 1 – Modelación hidráulica de un canal natural implementando la herramienta computacional HEC-RAS* (ver Apéndice A) se fundamentó en un ejercicio que inicia con el análisis hidráulico de un canal natural, abordando de manera explícita los conceptos asociados a este tipo de sistemas, tales como la variabilidad geométrica, la influencia del entorno y la dependencia del coeficiente de rugosidad de Manning respecto a factores externos como el tipo de suelo, la vegetación y las condiciones naturales del cauce. A diferencia de materiales previos, la experiencia no se limitó a la caracterización del canal natural, sino que incorporó de manera intencional la transformación del canal natural en un canal artificial, utilizando herramientas propias del software HEC-RAS.

El ejercicio propuesto inicia con la conceptualización de los canales abiertos naturales y se enfoca en la obtención de la geometría de las secciones transversales de una forma similar a como se realizaría en una labor profesional real, partiendo de datos topográficos en crudo. Estos datos debieron ser procesados y evaluados por el estudiante, quien tuvo que identificar posibles errores e inconsistencias que afectan directamente la precisión del modelado hidráulico. De esta manera, el estudiante no se limita a emplear los conocimientos teóricos adquiridos como su única

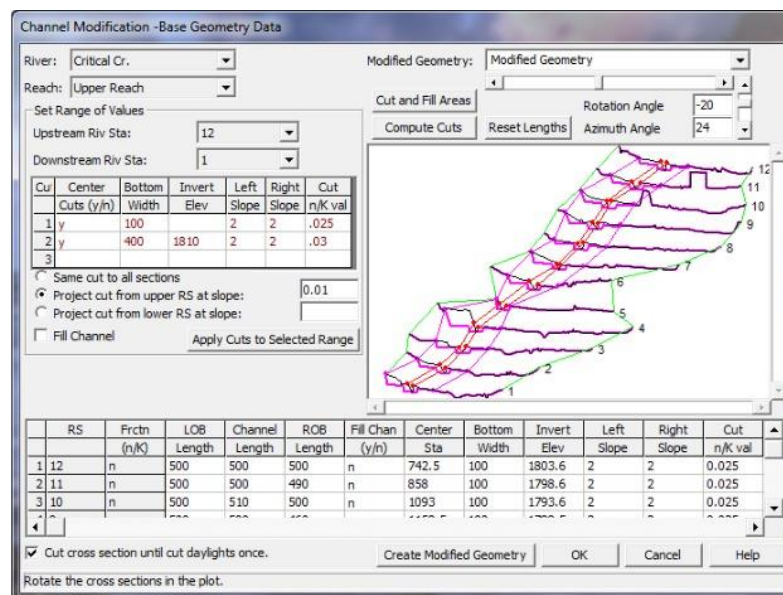
herramienta profesional, sino que reconoce la necesidad de desarrollar la capacidad de evaluar escenarios desfavorables y de cuestionar la calidad de la información antes de ejecutar modelos hidráulicos más complejos.

Este enfoque permitió introducir de forma aplicada uno de los conceptos más relevantes en la hidráulica de canales abiertos: la variación y el control del coeficiente de Manning. Mientras que en el canal natural dicho coeficiente se encuentra condicionado por factores ambientales difíciles de controlar, la transición hacia un canal artificial permitió evidenciar cómo el estudiante puede intervenir de manera directa en la selección de materiales y en la definición de la geometría del canal, utilizando estos elementos como variables de diseño para modificar el comportamiento hidráulico del sistema. De este modo, el coeficiente de Manning dejó de ser percibido como un parámetro abstracto y pasó a entenderse como una variable de diseño con implicaciones claras en los resultados hidráulicos.

Adicionalmente, la guía permitió contrastar de manera explícita las diferencias geométricas entre canales naturales y artificiales. En el caso del canal natural, los estudiantes pudieron identificar secciones transversales con geometrías irregulares, alejadas de las formas idealizadas comúnmente utilizadas en los desarrollos teóricos, y que en muchos casos se manifestaron en el software mediante advertencias asociadas a inconsistencias geométricas. Estas advertencias fueron utilizadas de manera intencional como un recurso pedagógico, permitiendo que el estudiante comprendiera los fundamentos básicos empleados por el software para realizar las iteraciones del modelado, así como las razones por las cuales ciertas configuraciones geométricas son interpretadas por HEC-RAS como condiciones que pueden afectar la precisión o estabilidad del cálculo hidráulico.

La inclusión de la herramienta Channel Design/Modification (Figura 3) se constituyó, en este sentido, como uno de los principales aportes del material desarrollado. Esta herramienta permitió articular conceptos que tradicionalmente se presentan de forma fragmentada en los materiales de apoyo, donde se aborda por separado el análisis de canales naturales o el diseño de canales artificiales. Al integrar ambos enfoques dentro de una misma experiencia de modelación, la guía facilitó la comprensión de los cambios hidráulicos más relevantes asociados a la modificación geométrica y al ajuste de parámetros hidráulicos, fortaleciendo de manera significativa la relación entre teoría, modelación y diseño.

Figura 3
Ventana de modificación de canal



A partir del proceso de diseño y posterior implementación de la guía Sesión 2 – Modelación de inundaciones con RAS Mapper (ver Apéndice B), se evidenció que el material desarrollado permitió ampliar el alcance del aprendizaje de la modelación hidráulica, trascendiendo el análisis puramente numérico y fortaleciendo la comprensión espacial y visual de los fenómenos de inundación en entornos reales. A diferencia de experiencias previas centradas exclusivamente en tablas de resultados y perfiles hidráulicos, esta guía propuso un enfoque orientado a la

interpretación geoespacial de los resultados, facilitando que el estudiante estableciera una relación más directa entre los conceptos hidráulicos y su manifestación sobre el territorio.

Uno de los principales aportes formativos de la experiencia fue la apropiación progresiva de RAS Mapper como herramienta de visualización georreferenciada, no solo desde el reconocimiento de su interfaz y estructura de capas, sino desde la comprensión de su lógica de funcionamiento como vínculo entre la geometría hidráulica, los resultados de la simulación y el modelo del terreno. El estudiante logró identificar cómo la información hidráulica calculada por HEC-RAS se proyecta espacialmente sobre el modelo digital de elevación, permitiendo una lectura integral del comportamiento del flujo en el cauce principal y en las planicies de inundación.

La manipulación de capas temáticas, el ajuste de escalas cromáticas, la modificación de transparencias y la diferenciación visual de superficies de inundación por rangos de profundidad favorecieron el desarrollo de habilidades de análisis visual que no se abordan de manera explícita en clases magistrales. A través de estas actividades, los estudiantes pudieron interpretar de forma directa la extensión, forma y continuidad de las áreas inundadas para distintos escenarios de caudal, sin depender exclusivamente de resultados tabulados, lo que fortaleció su capacidad para extraer conclusiones hidráulicas a partir de representaciones gráficas.

El uso de cartografía base proveniente de Google Satellite constituyó un elemento clave en el proceso de contextualización del aprendizaje. La posibilidad de superponer los resultados de inundación sobre imágenes satelitales permitió a los estudiantes reconocer elementos urbanos reales, como calles, edificaciones y zonas de infraestructura, facilitando la comprensión del impacto potencial de los eventos de inundación sobre el territorio. Este ejercicio contribuyó a que el análisis dejara de percibirse como un escenario abstracto y se aproximara a una problemática propia del ejercicio profesional de la ingeniería civil, particularmente en contextos urbanos.

Adicionalmente, la integración de herramientas externas como Google Earth y Google Street View amplió la experiencia de aprendizaje hacia una dimensión exploratoria e inmersiva. La visualización tridimensional de las áreas inundadas y la observación en primera persona de calles, edificaciones y entornos urbanos permitió que el estudiante asociara los resultados hidráulicos con escenarios reales, reforzando la comprensión de conceptos como profundidad de inundación, extensión lateral del flujo y vulnerabilidad de zonas urbanizadas. Este componente visual y contextual se identificó como un factor motivador, especialmente para estudiantes que manifestaban menor afinidad con los enfoques tradicionales basados en ecuaciones y procedimientos matemáticos extensos.

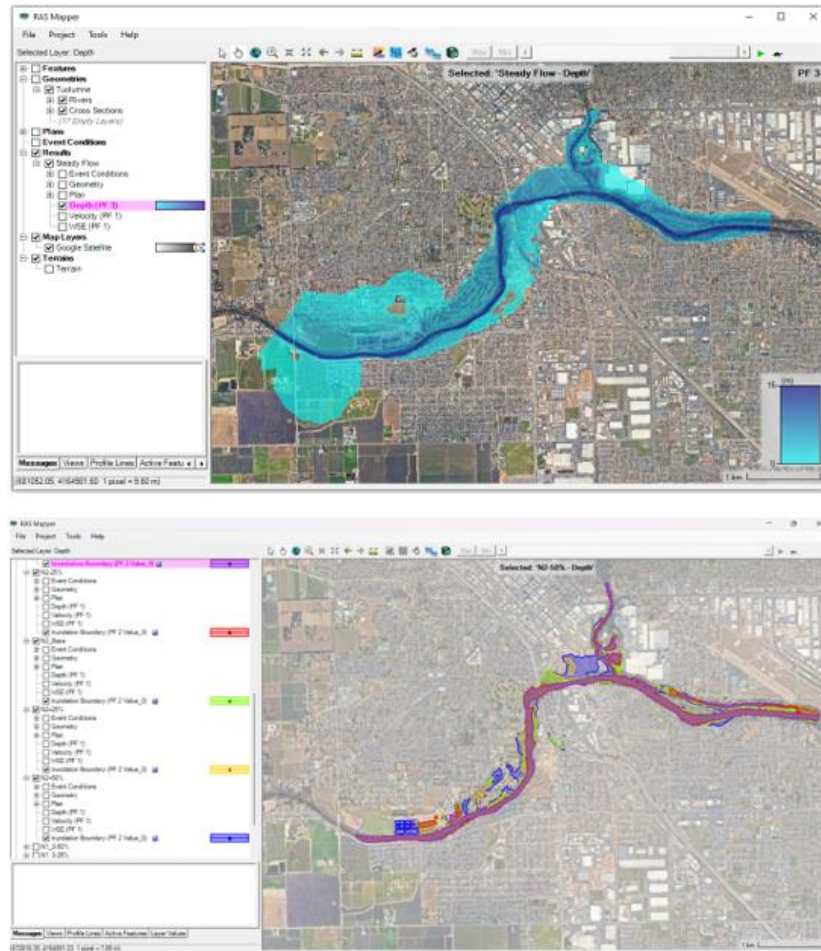
Desde el punto de vista conceptual, la guía permitió consolidar la comprensión de la relación entre el caudal, la topografía del terreno y la propagación lateral del flujo en eventos de inundación. Los estudiantes pudieron identificar cómo variaciones en los escenarios hidrológicos se traducen en cambios significativos en la extensión de las planicies de inundación, y cómo estas variaciones son controladas por la geometría del cauce y las características del entorno. Este aprendizaje resultó particularmente relevante para fortalecer la capacidad de análisis crítico frente a resultados de modelación, evitando interpretaciones mecánicas o acríticas de los productos generados por el software.

En conjunto, los resultados de la implementación de la guía Sesión 2 – Modelación de inundaciones con RAS Mapper (ver Apéndice B) evidencian que el material desarrollado favorece un aprendizaje más significativo de la modelación hidráulica, al integrar de manera coherente los conceptos teóricos, los resultados numéricos y su representación espacial. La experiencia permitió que el estudiante no solo aprendiera a ejecutar una simulación de inundación (Figura 4), sino que desarrollara competencias asociadas a la interpretación visual, la contextualización territorial y la

comprensión del impacto real de los procesos hidráulicos, aspectos fundamentales para su formación como futuro ingeniero civil.

Figura 4

Mapas de inundación generado por los estudiantes mediante RAS Mapper durante el Taller 2



4.3 Fase 3. Validación de las nuevas experiencias de modelación

Durante el desarrollo de los talleres y, especialmente, en las sesiones adicionales orientadas a la interpretación de resultados y al acompañamiento en el proyecto final de la asignatura, se evidenció la importancia del acompañamiento docente como elemento clave del proceso formativo. A través de la revisión conjunta de perfiles hidráulicos, tablas de resultados y salidas gráficas, los estudiantes lograron identificar inconsistencias en sus modelos, corregir errores frecuentes y mejorar la calidad técnica de sus entregables. La Figura 5 muestra un momento del

acompañamiento durante una sesión de interpretación de resultados, en la cual se observa la explicación guiada de los resultados obtenidos y la interacción directa con los estudiantes.

Figura 5

Acompañamiento sesión de interpretación de resultados de modelación hidráulica taller 2



Como parte del proceso de validación final, se aplicaron dos encuestas adicionales de percepción: una encuesta intermedia Figura 6, orientada a evaluar el avance del proceso y la pertinencia de las experiencias de modelación implementadas, y una encuesta final Figura 7, aplicada al culminar los talleres y el desarrollo del proyecto final de la asignatura. Los resultados de estas encuestas evidencian una evolución positiva en la percepción de los estudiantes frente al uso del software HEC-RAS como herramienta de apoyo al aprendizaje. En comparación con la encuesta inicial, se observa un aumento progresivo en la percepción positiva asociada a la utilidad del software, la comprensión de los conceptos hidráulicos y la confianza en la interpretación de resultados, así como una disminución de las percepciones neutras y negativas. Las Figuras 8 a 13 presentan la comparación de los resultados obtenidos en las tres encuestas aplicadas a lo largo del proceso.

En la encuesta intermedia participaron 23 estudiantes de un total de 24 matriculados en el curso, reflejando una muestra representativa del grupo que estuvo vinculado activamente al proceso de acompañamiento y desarrollo de las actividades prácticas.

Figura 6
Respuestas a percepción final - Taller 1

Total Respuestas		23				
Pregunta	Descripción	Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni	Bastante en	Totalmente en
1	¿Considera que la actividad de modelación realizada tuvo relación con los conceptos teóricos vistos en la clase de Hidráulica?	14 61%	8 35%	1 4%	0 0%	0 0%
2	¿Se sintió capaz de configurar correctamente los parámetros necesarios para la modelación?	9 39%	9 39%	4 17%	0 0%	1 4%
3	¿Considera que el nivel de dificultad de la práctica fue apropiado para sus conocimientos actuales?	6 26%	11 48%	6 26%	0 0%	0 0%
4	¿Considera que las instrucciones y material de apoyo proporcionados fueron suficientes para completar la modelación exitosamente?	11 48%	6 26%	6 26%	0 0%	0 0%
5	¿Considera que el tiempo asignado para completar la práctica de modelación fue adecuado?	8 35%	9 39%	5 22%	1 4%	0 0%
6	¿La visualización de resultados en HEC-RAS facilitó su comprensión de los fenómenos hidráulicos estudiados?	9 39%	6 26%	6 26%	1 4%	1 4%
7	¿Recomendaría incluir más experiencias de modelación como esta en el curso?	14 61%	7 30%	2 9%	0 0%	0 0%
8	¿Su experiencia general con esta práctica de modelación en HEC-RAS fue satisfactoria?	11 48%	9 39%	3 13%	0 0%	0 0%
9	¿Considera que HEC-RAS es una herramienta útil para su formación como Ingeniero?	12 52%	10 43%	1 4%	0 0%	0 0%
10	¿Qué sugerencias tiene para mejorar esta experiencia de modelación con HEC-RAS?	Excelente trabajo				
		La experiencia fue muy valiosa				
	No tengo ninguna sugerencia.					
	No es propiamente de la simulación, es más de las personas que la daban, en momentos iban bastante rápido y se generaba cierta					
	Ninguna					
	Que se graben las clases					
	Ninguna					
	Estuvo súper buena, la disposición y la actitud de los modeladores fue súper buena, como absolutamente todo ahí muchas cosas para seguir					
	No tengo sugerencias					
	No tengo					
	.					
	Sin comentarios					
	Se puede agregar videos de como resolver la simulación y no solo el tutorial con fotos.					
	A veces algunas cosas no cuadran, sería bueno que hubiera un manual de que x cosa no te cuadra que podrías hacer o donde podría estar e el					
	No hay sugerencias					
	no por el momento					
	Dedicar un espacio mas interactivo del estudiante con el modelado, el cual llame la atención al estudiante a esta clase de actividades					
	no tengo sugerencias.					
Un poco más explicación en la parte del entregable, ya que es muy complejo saber que es lo que se tiene que poner en marcha guía						
hacerlo en clase con la explicación de la profesora						
Incluir videos de apoyo para la explicación de algunos procesos						
No						

MODELACIÓN CON HEC-RAS EN LA ASIGNATURA HIDRÁULICA DE CANALES 37

La encuesta final fue respondida por 18 estudiantes del total de 24 matriculados, permitiendo recoger la percepción final sobre el aporte de las experiencias de modelación, el material desarrollado y el acompañamiento docente durante el proceso formativo.

Figura 7

Respuestas a encuestas de percepción final - taller 2

Total Respuestas		18					
Pregunta	Descripción		Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	¿Considera que la actividad de modelación realizada tuvo relación con los conceptos teóricos vistos en la clase de Hidráulica?		13 72%	5 28%	0 0%	0 0%	0 0%
2	¿Se sintió capaz de configurar correctamente los parámetros necesarios para la modelación?		8 44%	8 44%	2 11%	0 0%	0 0%
3	¿Considera que el nivel de dificultad de la práctica fue apropiado para sus conocimientos actuales?		11 61%	5 28%	1 6%	1 6%	0 0%
4	¿Considera que las instrucciones y material de apoyo proporcionados fueron suficientes para completar la modelación exitosamente?		13 72%	5 28%	0 0%	0 0%	0 0%
5	¿Considera que el tiempo asignado para completar la práctica de modelación fue adecuado?		13 72%	3 17%	2 11%	0 0%	0 0%
6	¿La visualización de resultados en HEC-RAS facilitó su comprensión de los fenómenos hidráulicos estudiados?		10 56%	7 39%	1 6%	0 0%	0 0%
7	¿Recomendaría incluir más experiencias de modelación como esta en el curso?		14 78%	3 17%	1 6%	0 0%	0 0%
8	¿Su experiencia general con esta práctica de modelación en HEC-RAS fue satisfactoria?		13 72%	5 28%	0 0%	0 0%	0 0%
9	¿Considera que HEC-RAS es una herramienta útil para su formación como ingeniero?		15 83%	3 17%	0 0%	0 0%	0 0%
10	¿Qué sugerencias tiene para mejorar esta experiencia de modelación con HEC-RAS?		N/N				
			con 3 auxiliares me parece perfecta la experiencia				
			No				
			No				
			Tener más clases así sean corticas pero muy productivas				
			.				
			.				
			Ninguna				
			No tengo sugerencias				
			la practica ejercida por los ponentes del proyecto fue espectacular, ellos la tienen muy clara y dan lo mejor de si para que nosotros la cojamos. pero ahi una gran dificultad en nuestra disponibilidad de tiempo.				
			No tengo				
			Ninguna				
			.				
			La verdad, la experiencia brindada por los compañeros estuvo súper bien, excelente.				
			Estuvo super				
			Ninguna				
			Que hablen un poco más duro y esperen un poco mas cuzndo se está haciendo el trazado de los ríos y las bancas				

Adicionalmente, las respuestas de las encuestas intermedia y final muestran un cambio significativo en la percepción de los estudiantes, quienes pasan de solicitar mayor acompañamiento y material de apoyo a reconocer que las guías desarrolladas, los ejercicios adaptados y las sesiones de interpretación de resultados respondieron de manera adecuada a sus necesidades de aprendizaje. Esta retroalimentación cualitativa permitió identificar fortalezas del proceso implementado y oportunidades de mejora, las cuales fueron consideradas para realizar ajustes finales a las guías desarrolladas.

Figura 8
Análisis de resultados pregunta 1

Pregunta	Descripción						
1	¿Considera que la actividad de modelación realizada tuvo relación con los conceptos teóricos vistos en la clase de Hidráulica?						
Totamente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totamente en desacuerdo	Percepción Positivo	Percepción Neutra	Percepción Negativa
4	16	4	0	0	20	4	0
16.67%	66.67%	16.67%	0%	0%	83.3%	17%	0%
14	8	1	0	0	22	1	0
60.87%	34.78%	4.35%	0.00%	0.00%	95.7%	4%	0%
13	5	0	0	0	18	0	0
72.22%	27.78%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0%	0%

Figura 9
Gráfica estadística de resultados pregunta 1

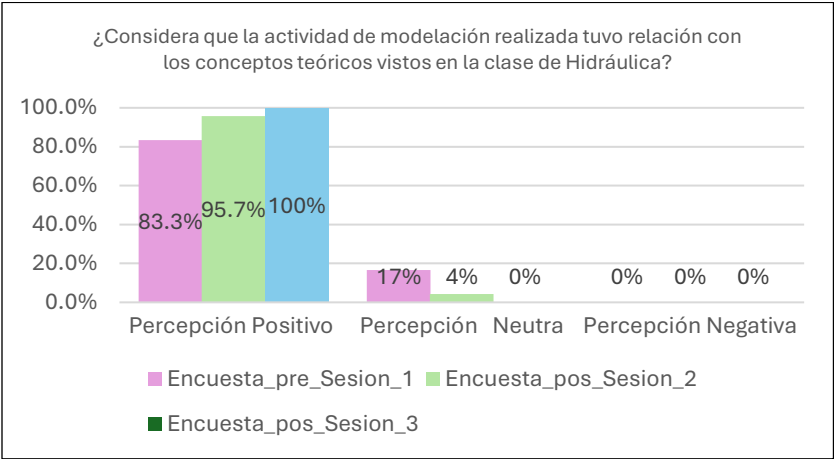


Figura 10
Análisis de resultados pregunta 4

	Pregunta	Descripción						
	4	¿Considera que se deben incorporar más ejercicios prácticos con software de modelación en el curso?						
	Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Percepción Positivo	Percepción Neutra	Percepción Negativa
Encuesta_pre_Sesion_1	10	11	2	0	1	1	2	21
Total Respuestas	24	41.67%	45.83%	8.33%	0.00%	4.17%	4.2%	8%
	Pregunta	Descripción						
	4	¿Considera que las instrucciones y material de apoyo proporcionados fueron suficientes para completar la modelación exitosamente?						
	Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Percepción Positivo	Percepción Neutra	Percepción Negativa
Encuesta_pos_Sesion_2	11	6	6	0	0	17	6	0
Total Respuestas	23	47.83%	26.09%	26.09%	0.00%	73.91%	26.09%	0%
Encuesta_pos_Sesion_3	13	5	0	0	0	18	0	0
Total Respuestas	18	72.22%	27.78%	0.00%	0.00%	100%	0%	0%

Figura 11
Gráfica estadística de resultados pregunta 4

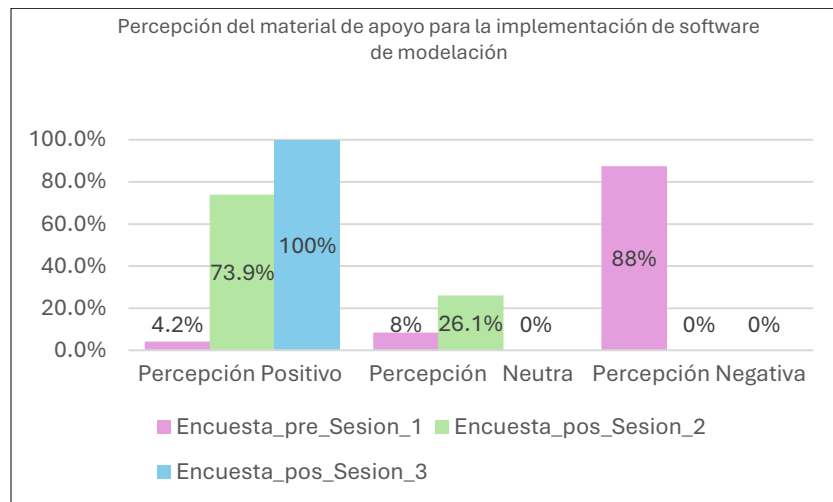
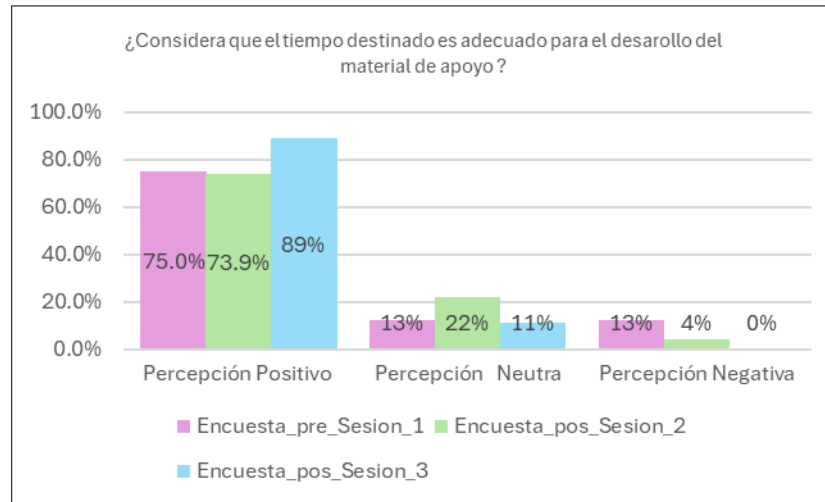


Figura 12
Análisis de resultados preguntas 5 y 10

	Pregunta	Descripción						
	10	¿El tiempo destinado al uso de softwares de modelación en el curso corresponde a lo que usted considera adecuado dentro del programa académico?						
	Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Percepción Positivo	Percepción Neutra	Percepción Negativa
Encuesta_pre_Sesion_1	6	12	3	2	1	18	3	3
Total Respuestas	24	25.00%	50.00%	12.50%	8.33%	4.17%	75.0%	13%
	Pregunta	Descripción						
	5	¿Considera que el tiempo asignado para completar la práctica de modelación fue adecuado?						
	Totalmente de acuerdo	Bastante de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Bastante en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Percepción Positivo	Percepción Neutra	Percepción Negativa
Encuesta_pos_Sesion_2	8	9	5	1	0	17	5	1
Total Respuestas	23	34.78%	39.13%	21.74%	4.35%	73.9%	22%	4%
Encuesta_pos_Sesion_3	13	3	2	0	0	16	2	0
Total Respuestas	18	72.22%	16.67%	11.11%	0.00%	89%	11%	0%

Figura 13

Gráfica estadística de resultados preguntas 5 y 10



Como resultado final del análisis de las encuestas y de la retroalimentación proporcionada por los estudiantes, se consolidó un conjunto de materiales didácticos mejorados, que incluye las guías de modelación hidráulica desarrolladas La guía Sesión 1 – Modelación hidráulica de un canal natural implementando la herramienta computacional HEC-RAS (ver Apéndice A) y la guía Sesión 2 – Modelación de inundaciones con RAS Mapper (ver Apéndice B), una guía orientada al tutor de turno de la asignatura Guía metodológica orientada al desarrollo de la Modelación de inundaciones con RAS Mapper (ver Apéndice C) y una guía introductoria sobre la modelación de puentes en HEC-RAS, Integración de estructuras hidráulicas tipo puente como complemento de la Modelación de inundaciones con RAS Mapper (ver Apéndice D). Estos productos amplían el alcance de la práctica en docencia y fortalecen la continuidad del proceso formativo, promoviendo tanto el acompañamiento docente durante las sesiones prácticas como la profundización autónoma de los estudiantes en temáticas avanzadas de modelación hidráulica.

6. Conclusiones

La práctica en docencia desarrollada en el marco de la asignatura Hidráulica de Canales permitió evidenciar que la incorporación de experiencias de modelación hidráulica guiadas, apoyadas en el software HEC-RAS, constituye una estrategia efectiva para complementar el material de apoyo del curso y fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. La integración de talleres prácticos, sesiones específicas de interpretación de resultados y el desarrollo de un proyecto final favoreció una comprensión más profunda y aplicada de los fenómenos hidráulicos abordados en la asignatura, en coherencia con los objetivos formativos de la Escuela de Ingeniería Civil.

A partir de la revisión del material teórico, de laboratorio y de la documentación oficial del software, fue posible identificar los conceptos y experiencias de modelación más pertinentes para ser incorporados en el curso, tales como el análisis de regímenes de flujo, la aplicación de la ecuación de la energía, la selección del coeficiente de rugosidad de Manning y la interpretación de perfiles hidráulicos y mapas de inundación. Estos insumos permitieron diseñar experiencias de modelación adaptadas al contexto académico, evitando un uso meramente instrumental del software y promoviendo un enfoque analítico y crítico de los resultados obtenidos.

La implementación de las experiencias de modelación con los estudiantes del semestre 2025-2 evidenció el desarrollo de competencias asociadas al análisis y la modelación de sistemas hidráulicos, reflejadas en la correcta construcción de modelos unidimensionales, la interpretación de perfiles de lámina de agua y energía, el análisis de tablas de resultados y la lectura crítica de representaciones espaciales mediante RAS Mapper. Estos resultados confirman que la modelación hidráulica, cuando se integra de manera estructurada y guiada, favorece la resolución de problemas técnicos y la comprensión de fenómenos complejos propios de la hidráulica.

Asimismo, el acompañamiento durante las sesiones de interpretación de resultados desempeñó un papel fundamental en el fortalecimiento de la capacidad de los estudiantes para identificar inconsistencias en los modelos, realizar ajustes fundamentados y tomar decisiones técnicas con criterio hidráulico.

Finalmente, la elaboración de materiales complementarios dirigidos tanto a los estudiantes como al tutor de turno de la asignatura amplió el alcance de la práctica docente más allá de la implementación directa de los talleres. Estos materiales constituyen un aporte al curso, orientado a fortalecer la continuidad del proceso formativo, mejorar el acompañamiento en futuras sesiones.

Reconocimiento de uso de herramientas de inteligencia artificial

En el desarrollo del presente trabajo se emplearon herramientas de inteligencia artificial de procesamiento de lenguaje natural, específicamente ChatGPT (OpenAI) y Claude (Anthropic), como apoyo en la redacción, revisión de estilo y mejora de la coherencia textual de algunos apartados del documento, así como en la traducción de contenidos entre el español y el inglés. Estas herramientas se utilizaron con el propósito de optimizar la claridad, fluidez y organización del texto académico, sin modificar el contenido técnico ni los resultados del trabajo.

Adicionalmente, dichas herramientas fueron utilizadas como apoyo en la reformulación de párrafos, la sugerencia de estructuras narrativas acordes con el lenguaje académico y la verificación de consistencia terminológica, especialmente en secciones descriptivas y explicativas del documento. En ningún caso se emplearon herramientas de inteligencia artificial para la generación automática de resultados, el análisis de datos, la interpretación de resultados de modelación hidráulica ni la definición de la metodología del estudio.

Todas las decisiones académicas, metodológicas y técnicas, así como la interpretación de los resultados, la elaboración de las guías didácticas, el diseño de las experiencias de modelación y las conclusiones presentadas, fueron realizadas íntegramente por los autores. El uso de herramientas de inteligencia artificial se limitó estrictamente a funciones de apoyo lingüístico y estructural, manteniendo en todo momento la autoría, el criterio académico y la responsabilidad intelectual del contenido desarrollado.

Referencias Bibliográficas

- Alemu, T. D., Negani, M. T., Faris, Z. S., Abshiro, M. F., Regasa, M. S., & Agza, M. D. (2024). Enhancing Hydrologic Modeling Skills of Hydraulic and Water Resources Engineering Students through Interactive Simulation Software: A Case Study at Wolkite University. *International Journal of Formal Sciences: Current and Future Research Trends*, 22(1), 48–72.
- Béjar, M. (2008). *Hidráulica de canales*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Castro-Maldonado, J. J., Bedoya-Perdomo, K., & Pino-Martínez, A. A. (2020). La simulación como aporte para la enseñanza y el aprendizaje en épocas de Covid-19. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(S1), 315–324. <https://doi.org/10.15649/2346030X.2475>
- Chow, V. T. (2000). *HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*. McGraw-Hill.
- Crookston, B. M., Smith, V. B., Welker, A., & Campbell, D. B. (2020). Teaching hydraulic design: Innovative learning in the classroom and the workplace. *Journal of Hydraulic Engineering*, 146(3), 04020006.
- García, J. L. R., Gil, D. G. O., & Faicán, M. D. G. (2024). Uso de los simuladores y modelos computacionales en el aprendizaje de la ingeniería. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 4(2), 16–22. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v4i2.647>
- Kipper, H., & Rüttmann, T. (2013). Teaching for Understanding in Engineering Education. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 3, 55–63. <https://doi.org/10.3991/ijep.v3iS1.2402>

Suárez, B. D. L. (2022a). *1 PRÁCTICA EN DOCENCIA PARA MEJORAR LA ESTRATEGIA DE LABORATORIO DEL CURSO DE HIDRÁULICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL*.

Valdez, K. K. R., García, V. M. M., González, R. E. G., & Lizárraga, R. E. (2025a). MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA Y USO DE SIG: EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD EN LA INGENIERÍA CIVIL. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, 9(1), 104–115.
<https://doi.org/10.61530/redtis.vol9.n1.2025.249>

Ven Te Chow Hydrosystems Lab. (s.f.). CEE 452: Hydraulic Analysis and Design. University of Illinois at Urbana-Champaign. <https://vtchl.illinois.edu/education/cee-452-hydraulic-analysis-and-design/>

Yetilmezsoy, K. (2019). MATLAB for Iteration: Hydraulic modeling for environmental engineering students. *Fluid Mechanics Research International Journal*, 3(1), 24–28.
<https://doi.org/10.15406/fmrij.2019.03.00049>