

**Desarrollo de un módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS en la
asignatura Hidráulica de la escuela de ingeniería civil.**

Jhoan Sebastian Robles Niño

Daniela Villalobos Chacón

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

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

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

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre María Nelly Niño, a mi padre Helio Robles, a mi hermana Mariana Robles y a mi nona Socorro Murillo, ustedes han sido mi refugio, mi fuerza y mi mayor motivación; cuyo amor, apoyo y enseñanzas me han guiado hasta este logro. A la profesora Tatiana Guarín, gracias por su orientación, dedicación y por acompañarme con paciencia y claridad en cada etapa de este trabajo. A mi compañera Daniela Villalobos, gracias por caminar a mi lado en este proyecto, por su apoyo sincero y por todo el esfuerzo compartido. Gracias por ser parte fundamental de este logro.

Att: Jhoan Robles

Dedico este trabajo a mi abuelo, Camilo Villalobos, por su ejemplo y las enseñanzas que han guiado mi camino. A mis papás, Elsa Chacón y César Villalobos, y a mi hermano, Santiago Villalobos, por ser mi mayor apoyo y motivación durante todo este proceso.

A mi novio, Nicolas Rodrigo Sánchez, por su paciencia, comprensión y amor, y a sus padres, Dora Margarita Hernandez y Rodrigo Sánchez, por su apoyo, cariño y acompañamiento sincero durante este camino.

A David León, por la confianza y el impulso constante a lo largo de mi formación profesional, y a la ingeniera Tatiana Guarín, por su guía y ejemplo durante este proceso.

Finalmente, a mi compañero de trabajo de grado, Jhoan Robles, por compartir este camino conmigo y hacerlo posible.

Att: Daniela Villalobos

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por brindarnos fortaleza en los momentos de dificultad, y por enseñarnos a confiar en el proceso y perseverar hasta alcanzar este logro académico.

A nuestras familias, en especial a nuestros padres, por ser guía, ejemplo y apoyo incondicional durante este proceso académico. Su acompañamiento, comprensión y motivación constante fueron fundamentales para la culminación de esta etapa de nuestra formación profesional.

Expresamos un sincero agradecimiento a nuestra directora de trabajo de grado, ingeniera Tatiana Constanza Guarín Corredor, por su acompañamiento, paciencia y orientación permanente, así como por sus valiosos aportes académicos y humanos, los cuales fueron determinantes para el desarrollo y fortalecimiento de este proyecto.

Agradecemos a la Vicerrectoría Académica por el apoyo brindado a través de la asignación de una auxiliatura académica vinculada a este trabajo de grado. Asimismo, agradecemos al ingeniero Jorge Iván Torres, profesional de CEDEUIS, por su apoyo y valiosos aportes técnicos al desarrollo del proyecto.

Agradecemos a los estudiantes que participaron en el curso desarrollado por su interés, compromiso y disposición para el aprendizaje, los cuales enriquecieron esta experiencia académica. Asimismo, agradecemos a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por compartir su conocimiento y experiencia, contribuyendo de manera significativa a nuestra formación profesional.

Finalmente, agradecemos el crecimiento personal y profesional alcanzado a lo largo de este proceso, fruto de la constancia de nuestro esfuerzo y perseverancia que permitieron culminar con éxito este importante logro académico.

Tabla de Contenido

	Pág
Reconocimiento del uso de inteligencia artificial.....	11
Introducción	12
1. Marco Teórico.....	14
1.1 Importancia de la Modelación Hidráulica.....	14
1.2 El Software HEC-RAS	14
1.3 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)	15
2. Objetivos.....	17
2.1 Objetivo General.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3. Metodología.....	18
3.1 FASE 1: Exploración y estudio del software HEC-RAS y fundamentación de la asignatura	18
3.2 FASE 2: Desarrollo e integración de recursos digitales en Moodle	19
3.3 FASE 3: Implementación de la estrategia de aprendizaje basada en proyectos (ABP)	20
4. Resultados.....	23
4.1 Resultados del Proceso Inicial de Preparación del Software y Contenido del curso	23
4.1.1 Elección de la versión óptima, instalación y verificación de funcionamiento del software.....	23
4.1.2 Exploración guiada del funcionamiento básico del Software HEC-RAS.	24

4.1.3	Síntesis del Material Estudiado para el Diseño de Actividades Prácticas	25
4.2	Resultados del Diseño Digital y Configuración del Módulo HEC-RAS en Moodle	31
4.2.1	Exploración de Recursos en Moodle	31
4.2.2	Creación y Desarrollo del Material de Apoyo para el Módulo de HEC-RAS..	33
4.2.3	Configuración de la Estructura Académica del Módulo de HEC-RAS	40
4.2.3.1	HEC – RAS	41
4.2.3.2	Introducción	42
4.2.3.3	Modelación Hidráulica Básica	43
4.2.3.4	Modelación Topografía	44
4.2.3.5	Flujo 1D/Permanente y No Permanente	46
4.2.3.6	Proyecto Final	47
4.3	Resultados de la Experiencia Pedagógica del Módulo Basado en la Estrategia ABP	48
4.3.1	Implementación de la Estrategia ABP para el Desarrollo del Módulo	48
4.3.2	Valoración Estudiantil de la Experiencia de Aprendizaje en HEC-RAS	50
5.	Conclusiones	54
6.	Recomendaciones	55
	Referencias Bibliográficas	56
	Apéndices	58

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Resumen de actividades.....	22
Tabla 2. Coordenadas cartesianas de la sección trapezoidal.....	26
Tabla 3. Dimensiones de la sección trapezoidal.	27
Tabla 4. Pendiente del tramo del canal.	27
Tabla 5. Diseño del canal rectangular.....	28
Tabla 6. Coeficiente de Manning (n) para canal artificial trapezoidal.....	29
Tabla 7. Coeficiente de Manning (n) para canal natural.....	29
Tabla 8. Condiciones de frontera para flujo permanente.	30
Tabla 9. Preguntas formuladas para el quiz de conocimientos previos del curso.....	34
Tabla 10. Talleres de profundización.....	37
Tabla 11. Guías de actividades en el software HEC-RAS.....	38

Lista de Figuras

Figura 1.	Sección trapezoidal.	26
Figura 2.	Hidrograma para flujo no permanente.	30
Figura 3.	Banner curso Hidráulica de Canales.	41
Figura 4.	Sección de anuncios y foros.	42
Figura 5.	Introducción del curso de HEC-RAS.	43
Figura 6.	Unidad 1. Modelación hidráulica básica.	44
Figura 7.	Unidad 2. Modelación topográfica.	45
Figura 8.	Unidad 3. Flujo permanente y No permanente.	46
Figura 9.	Unidad 4. Proyecto final.	47
Figura 10.	Resultados del quiz de conocimientos previos grupo B.	51
Figura 11.	Resultados del quiz de conocimientos previos grupo C.	51
Figura 12.	Ejemplos de respuestas de estudiantes en el foro de inicio del curso.	52
Figura 13.	Ejemplos de respuestas de estudiantes en el foro de cierre del curso.	53

Lista de Apéndices

Apéndice A. Inconveniente Técnico en el Módulo de Encuestas de Moodle	58
Apéndice B. Vinculación de material interactivo entre Genially y Moodle	61
Apéndice C. Resultados taller de profundización 1	64
Apéndice D. Guías de talleres de profundización	67
Apéndice E. Guía instalación del software	71
Apéndice F. Guía de recomendaciones inicio HEC-RAS	73
Apéndice G. Guía de interfaz y menús principales.....	74
Apéndice H. Guía de errores Comunes HEC-RAS.....	76
Apéndice I. Guía actividad 1.A.1 geometría básica: Canal regular	79
Apéndice J. Guía actividad 1.A.2 edición de secciones transversales	83
Apéndice K. Guía actividad 2.A cargue de información topográfica	85
Apéndice L. Guía actividad 3.A.1 flujo permanente	87
Apéndice M. Guía actividad 3.A.2 flujo no permanente	88
Apéndice N. Guía proyecto final.....	89
Apéndice O. Simulación de un Canal Trapezoidal en HEC-RAS	92
Apéndice P. Ajustar DEM.....	106

Resumen

Título: Desarrollo de un módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de la escuela de ingeniería civil*

Autor(es): Jhoan Sebastian Robles Niño, Daniela Villalobos Chacón **

Palabras Clave: HEC-RAS, Modelación, Aprendizaje, Moodle, Hidráulica.

Descripción:

El proyecto desarrollado plantea la implementación de un módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS en la asignatura de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Esta propuesta responde la necesidad de fortalecer la enseñanza en la modelación hidráulica y el uso de herramientas computacionales que complementen la formación teórica, dado que no cuenta de un componente estructurado que articule de manera efectiva los principios conceptuales con su aplicación en herramientas computacionales especializadas. El proyecto se fundamenta en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), una metodología pedagógica que promueve el aprendizaje activo mediante la resolución de problemas, el aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo. La propuesta se desarrolla en tres fases. En la primera, se realiza la exploración del software HEC-RAS. En la segunda fase, se diseña el material didáctico para estructurar un módulo en la plataforma Moodle soportado en las tecnologías de la información y comunicación (TIC), integrando recursos digitales orientados al aprendizaje progresivo. Finalmente, la tercera fase consiste en la implementación del módulo mediante ABP, donde los estudiantes desarrollan un proyecto de modelación hidráulica y brindan retroalimentación sobre el curso. Los resultados evidencian que el módulo fortaleció la comprensión de los principios hidráulicos y el manejo de HEC-RAS, promoviendo el desarrollo de competencias técnicas y analíticas. Asimismo, se concluye que la integración de recursos digitales y la metodología ABP constituye una estrategia efectiva y replicable para mejorar la enseñanza de la hidráulica en ingeniería civil.

* Práctica Docente

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Tatiana Constanza Guarín Corredor Ph.D. en Ingeniería Civil y Ambiental

Abstract

Title: Development of a support module for the practical teaching of the HEC-RAS software in the hydraulics course of the school of civil engineering*

Author(s): Jhoan Sebastian Robles Niño, Daniela Villalobos Chacón**

Key Words: HEC-RAS, Modeling, Learning, Moodle, Hydraulics.

Description:

This project proposes the implementation of a support module for the practical teaching of the HEC-RAS software in the Hydraulics course of the Civil Engineering School at the Universidad Industrial de Santander (UIS). The proposal addresses the need to strengthen hydraulic modeling instruction and the use of computational tools that complement theoretical training, given the lack of a structured component that effectively links conceptual principles with their application in specialized software. The project is grounded in Project-Based Learning (PBL), a pedagogical approach that promotes active learning through problem solving, autonomous learning, and collaborative work. The proposal is developed in three phases. The first phase involves the exploration of the HEC-RAS software. In the second phase, instructional materials are designed to structure a module within the Moodle platform, supported by information and communication technologies (ICT) and integrating digital resources aimed at progressive learning. Finally, the third phase consists of implementing the module through PBL, in which students develop a hydraulic modeling project and provide feedback on the course. The results show that the module enhanced students' understanding of hydraulic principles and their proficiency in using HEC-RAS, fostering the development of technical and analytical competencies. Moreover, it is concluded that the integration of digital resources and the PBL methodology represents an effective and replicable strategy for improving hydraulics education in civil engineering.

* Teaching practice

** Department of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Advisor: Tatiana Constanza Guarín Corredor Ph.D. Engineering Civil and Environmental

Reconocimiento del uso de inteligencia artificial

Para la elaboración del presente documento se hizo uso limitado de una herramienta de inteligencia artificial generativa, ChatGPT, como apoyo en tareas de redacción y organización del documento. Su aplicación se centró en la estructuración preliminar de algunos apartados, la revisión de coherencia textual y la mejora de la redacción, con el fin de fortalecer la claridad expositiva del contenido.

En ningún caso la herramienta fue empleada para desarrollar análisis técnicos, interpretar resultados, formular conclusiones, ni generar contenido académico original. El desarrollo conceptual, metodológico y analítico del trabajo, así como la validación de los resultados obtenidos, fueron realizados exclusivamente por los autores, a partir de su criterio profesional y del respaldo de fuentes bibliográficas.

De esta manera, la inteligencia artificial se utilizó únicamente como un recurso de apoyo editorial, sin sustituir la labor académica, el juicio técnico ni la responsabilidad intelectual de los autores.

Introducción

La implementación de herramientas tecnológicas como los softwares utilizados para la modelación hidráulica son un fenómeno en auge dentro de la ingeniería civil en un contexto internacional. De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, en los últimos veinte años, el 90% de los grandes desastres han sido causados por 6.457 eventos como inundaciones, tormentas, olas de calor y sequías (*UNDRR*, 2015), lo que destaca la importancia de capacitar a profesionales en ingeniería civil con competencias en análisis hidráulico para la prevención de dichos riesgos. En América Latina, diversas instituciones han integrado este tipo de softwares especializados dentro de sus programas educativos con el fin de fortalecer la formación de sus profesionales. Como muestra de esto, el Instituto Tecnológico de Tepic, en México, ha incorporado aplicaciones como HEC-RAS, resaltando su utilidad en la modelación de flujo en canales y ríos (Hoyos Castellanos et al., 2018). Estas iniciativas buscan potenciar las habilidades técnicas de los estudiantes para generar soluciones hidráulicas sostenibles y eficientes, adaptándose a las exigencias actuales del sector laboral.

En la Universidad Industrial de Santander (UIS), la enseñanza de softwares aplicados a la hidráulica presenta limitaciones. Aunque la asignatura de Hidráulica tiene como objetivo que los estudiantes adquieran las competencias necesarias para mejorar en su ejercicio profesional, incluyendo el uso de herramientas computacionales para el análisis hidráulico, no cuenta con un módulo estructurado que facilite su integración en el proceso de enseñanza aprendizaje. Esta carencia limita el desarrollo de habilidades prácticas en modelación hidráulica, dificultando la conexión entre la teoría y su aplicación técnica en proyectos reales. Diversos estudios han demostrado que la implementación de estrategias de aprendizaje activo, combinadas con

herramientas digitales, mejora significativamente la comprensión y aplicación de conceptos en la ingeniería (Hernández Infante & Infante Miranda, 2016).

Ante esta problemática, surge la pregunta: La implementación de un módulo de HEC-RAS, basado en una técnica pedagógica, ¿podría optimizar el aprendizaje práctico de la hidráulica facilitando la integración del conocimiento teórico y la aplicación en el software especializado?

Para abordar este desafío, se propone el desarrollo de un módulo de apoyo en Moodle, sustentado en la estrategia de aprendizaje basado en proyectos que permita a los estudiantes incorporar el uso de HEC-RAS y aplicarlo en la resolución de problemas reales. De esta manera, se busca acercar la brecha entre teoría y práctica, fortaleciendo competencias en modelación y análisis hidráulico facilitando su integración en el campo profesional.

1. Marco Teórico

1.1 Importancia de la Modelación Hidráulica

La gestión del recurso hídrico es esencial en la ingeniería civil, desempeñando un papel importante en la prevención y mitigación de desastres naturales. Una administración eficiente de las fuentes de agua permite no solo optimizar su uso y minimizar el impacto ambiental, sino también reducir los riesgos asociados a fenómenos como inundaciones y sequías (Posada Arrubla et al., 2005). Con relación a esto, el diseño y construcción de infraestructuras resilientes dependen del uso adecuado de herramientas avanzadas de modelación hidráulica. Sin embargo, la enseñanza de estas tecnologías presenta vacíos en instituciones académicas limitando la capacidad de los futuros ingenieros civiles para afrontar estos desafíos de manera efectiva. Colombia enfrenta grandes retos en la gestión del riesgo por inundaciones debido a factores como el conflicto en el uso de suelos, la ubicación de asentamientos humanos en zonas de alta vulnerabilidad por desbordamientos, deslizamientos y avenidas torrenciales, condiciones climáticas cambiantes y actividades que implican cambios significativos en la dinámica y geometría de los ríos (Cárdenas, 2018). Ante este desafío, la implementación de la modelación hidráulica en el software HEC-RAS, surge como una solución para que los profesionales puedan analizar el comportamiento del recurso hídrico en distintos entornos apoyándose en la herramienta computacional y proponiendo soluciones competentes ante posibles emergencias.

1.2 El Software HEC-RAS

En la actualidad se dispone de diversos softwares para la modelación hídrica, los cuales facilitan visualizar y analizar la información de las fuentes hídricas, así como exportar informes detallados del modelo, de esta forma se optimiza la toma de decisiones en proyectos de este tipo y se reduce el riesgo de desastres. Dentro de las herramientas utilizadas en la modelación

hidráulica, el software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, permite realizar cálculos unidimensionales de flujo constante, unidimensionales y bidimensionales, cálculos de transporte de sedimentos/lecho móvil, y modelado de la temperatura y calidad del agua (U.S. Army Corps of Engineers., s. f.); el cual no solo es útil para la prevención de desastres, sino también para la optimización del uso del agua en sectores como: agrícola, industrial y urbano.

En particular, HEC-RAS permite el desarrollo de modelos hidráulicos unidimensionales tanto en flujo permanente como no permanente, los cuales pueden construirse con o sin la referencia a un sistema de coordenadas geoespaciales. En su configuración básica, la geometría del modelo puede definirse directamente en el editor geométrico mediante secciones transversales y ejes del cauce. No obstante, cuando se requiere incorporar información topográfica real, el software posibilita la integración de modelos digitales de elevación (DEM) a través del módulo HEC-RAS Mapper, donde se establece el sistema de coordenadas geoespaciales del proyecto y se extraen las elevaciones necesarias para la definición de la geometría hidráulica. Esta integración permite representar de manera más precisa las condiciones físicas del cauce y analizar el comportamiento del flujo unidimensional bajo diferentes condiciones de frontera, facilitando la obtención de perfiles hidráulicos, velocidades y niveles de agua a lo largo del sistema modelado (*Trabajando con HEC-RAS*, s. f.)

1.3 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología educativa que fomenta el trabajo en equipo y pone a prueba a los estudiantes ante retos en los que se requiere crear soluciones innovadoras a proyectos específicos. Se entiende como un proyecto a un conjunto de acciones vinculadas cuyo objetivo es producir productos, servicios o conocimientos que faciliten

la resolución de problemas o respuestas a necesidades específicas, teniendo en cuenta los recursos disponibles y el tiempo establecido (Cobo Gonzales & Valdivia Cañotte, 2017). De esta manera el ABP representa una metodología pedagógica orientada a resolver problemas concretos mediante trabajo colaborativo y aprendizaje activo. Por esto se ha decidido implementar un módulo basado en esta estrategia de aprendizaje para desarrollar un proyecto en HEC-RAS, a través de esta metodología, los estudiantes podrán elaborar, ejecutar y analizar actividades con un enfoque que va más allá de clases magistrales, promoviendo el aprendizaje práctico.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar un módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS, vinculando los conocimientos teóricos de la hidráulica a superficie libre con su aplicación en el software, en la asignatura de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil.

2.2 Objetivos Específicos

- Relacionar los fundamentos de la hidráulica en sistemas a superficie libre y el uso del software HEC-RAS en la asignatura de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil.
- Realizar material didáctico y recursos digitales, integrándolos en el aula virtual Moodle con guías prácticas y actividades de evaluación para el uso del software HEC-RAS.
- Implementar estrategia de enseñanza fundamentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para vincular la teoría con la práctica mediante el uso del software.

3. Metodología

La metodología empleada se estructuró en función de la necesidad identificada de integrar un módulo de enseñanza que facilitara a los estudiantes del curso de hidráulica el aprender y usar el software HEC-RAS como herramienta computacional para el análisis y modelación hidráulica dentro del curso. El desarrollo se organizó en tres fases, las cuales corresponden a la ejecución exitosa de los objetivos planteados, mediante diferentes actividades que se describen de manera detallada en cada fase.

3.1 FASE 1: Exploración y estudio del software HEC-RAS y fundamentación de la asignatura

Esta fase se centró en la exploración detallada del software HEC-RAS y en la revisión de los conceptos fundamentales de la asignatura, para realizar su incorporación mediante actividades de modelación en el contenido del módulo. Partiendo con la revisión detallada del manual y material guía del software disponible en la página oficial del Hydrologic Engineering Center (U.S. Army Corps of Engineers., s. f.), lo que permitió así comprender sus principales funciones, alcances y limitaciones, para posteriormente proceder con su instalación y configuración del programa.

Una vez finalizadas las actividades anteriores, se exploró la interfaz gráfica de HEC-RAS para familiarizarse con sus herramientas y con la estructura general del software. Paralelamente, se revisó el material correspondiente a la asignatura de hidráulica, lo que permitió identificar contenidos que podían fortalecerse mediante actividades prácticas usando el software. Adicionalmente se consultó el repositorio de GitHub de la Escuela de Ingenieros Julio Garavito llamado Modelación hidráulica a superficie libre con HEC-RAS (Rodríguez Acevedo, 2022), del cual se tomaron ejemplos y archivos de referencia que facilitaron la comprensión del flujo de

trabajo y apoyaron la selección de los datos necesarios para la construcción de los ejercicios aplicados.

Finalmente, se sintetizó el contenido y se seleccionaron los ejercicios de aplicación más adecuados, garantizando que estos fueran adecuados para el desarrollo del módulo de forma clara, progresiva y coherente con los objetivos del proyecto.

3.2 FASE 2: Desarrollo e integración de recursos digitales en Moodle

Durante esta fase se realizó el diseño, la elaboración y la incorporación de los recursos digitales que conforman el módulo dentro del aula virtual de aprendizaje (AVA) en Moodle.

Cabe mencionar que este proceso se fortaleció gracias a la obtención de la convocatoria AVA-TIC 2025-1, la cual brindó apoyo económico y técnico por parte de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Como parte del apoyo técnico recibido, se dispuso del acompañamiento del ingeniero Jorge Iván Torres, profesional de CEDEUIS, quien brindó información fundamental para la correcta implementación del módulo en el AVA. Su orientación permitió comprender y aplicar adecuadamente las diferentes herramientas interactivas de Moodle, además de facilitar el acceso al contenido audiovisual relacionado con la creación y configuración de los diferentes tipos de preguntas disponibles en la plataforma. Este respaldo permitió potenciar la calidad pedagógica y técnica del módulo, garantizando una experiencia de aprendizaje más dinámica e intuitiva para los estudiantes. El proceso incluyó la creación de recursos digitales, la adaptación de contenidos técnicos y la estructuración de actividades interactivas orientadas a fortalecer el aprendizaje autónomo del estudiante.

En primera instancia, se crearon recursos base como guías de instalación, documentos de recomendaciones, manuales de interfaz y recursos de introducción que permiten al estudiante

familiarizarse con el software HEC-RAS antes de iniciar las simulaciones. Estos recursos fueron diseñados en formato PDF y presentados en Moodle mediante etiquetas, archivos adjuntos e infografías creadas en Canva (*Canva*, s. f.) y Genially (*Genially*, s. f.) mejorando la claridad visual del módulo.

Posteriormente, se incorporaron actividades prácticas organizadas en pestañas (modelación hidráulica básica, modelación topográfica, flujo permanente y no permanente), cada una con material de apoyo, actividades, datos adicionales para las diversas actividades (DEM, sistemas de coordenadas, etc.) y enlaces a recursos externos para reforzar los contenidos. Estas actividades fueron cargadas en Moodle mediante herramientas como tareas, cuestionarios y foros, permitiendo una interacción activa entre los estudiantes y el contenido.

Además, se incluyó un proyecto final diseñado como una actividad que fortalezca el aprendizaje del módulo. Este proyecto se acompañó de instrucciones detalladas, datos suministrados y material de referencia, garantizando la coherencia pedagógica en el proceso de evaluación.

Finalmente, se realizó la organización visual del módulo mediante banners, íconos y etiquetas que facilitan la navegación y mejoran la experiencia de los estudiantes. Además, se realizó la verificación funcional del AVA para confirmar que todos los elementos estuvieran correctamente vinculados y accesibles.

3.3 FASE 3: Implementación de la estrategia de aprendizaje basada en proyectos (ABP)

Para el desarrollo de este módulo se implementó la estrategia de aprendizaje basado en proyectos (ABP). En esta etapa se presentaron los ejercicios prácticos y las actividades que los estudiantes debían resolver mediante el uso de HEC-RAS, permitiendo contextualizar el aprendizaje a través de situaciones reales de modelación y análisis hidráulico.

Posteriormente, se conformaron los equipos de trabajo según la lista de estudiantes inscritos en el curso de Hidráulica del periodo 2025-2. A cada grupo se le asignó un conjunto de datos y se le orientó en la creación del modelo hidráulico correspondiente, siguiendo las etapas propias del ABP: identificación del problema, exploración de alternativas, modelación, análisis y presentación de resultados.

Como parte del proceso de implementación, durante las semanas 13 y 14 del semestre se desarrollaron cuatro sesiones presenciales de acompañamiento, dirigidas a los grupos B1, B2, B3, C1, C2 y C3. Estas clases guiadas se centraron en resolver dudas técnicas relacionadas con el uso de HEC-RAS, aclarar procedimientos de la modelación y orientar el avance de los equipos en la construcción del modelo hidráulico. La interacción directa ayudó a que todos los grupos avanzaran de manera progresiva y fortaleció la comprensión práctica del software.

Una vez finalizadas las actividades del módulo, se aplicó una encuesta de satisfacción, orientada a evaluar la percepción de los estudiantes respecto a la metodología empleada, el aprendizaje alcanzado y el funcionamiento general del módulo. Esta retroalimentación permitirá valorar el desempeño del proyecto e identificar oportunidades de mejora para futuras implementaciones en el AVA mediante la comparación con la encuesta inicial aplicada al inicio del curso.

Para finalizar, en la Tabla 1 se presenta un resumen de la metodología aplicada en el proyecto enunciando actividades desarrolladas en cada fase para cumplir los objetivos específicos.

Tabla 1.*Resumen de actividades.*

Objetivos Específicos	Fases	Actividades
Identificar el uso y las aplicaciones del software HEC-RAS en la asignatura de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil.	Fase 1: Exploración y estudio del software HEC-RAS y fundamentación de la asignatura	Revisión del manual y guía del software
		Instalación y configuración del software
		Exploración de la interfaz con el software
		Revisión y análisis del material de la asignatura
		Selección de ejercicios prácticos para realizar en el software
		Recopilación/asignación de datos iniciales
Realizar material didáctico y recursos digitales, integrándolos en el aula virtual Moodle con guías prácticas y actividades de evaluación para el uso del software HEC-RAS.	Fase 2: Desarrollo e integración de recursos digitales en Moodle	Desarrollo de guía con explicación sobre la instalación del software
		Elaboración de recursos digitales
		Desarrollo de ejercicios prácticos
		Familiarizarse con la aplicación de Moodle
		Estructurar el módulo
		Cargar la información y el material desarrollado
Implementar estrategia de enseñanza fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para vincular la teoría con la practica en el software.	Fase 3: Implementación de la estrategia de aprendizaje basada en proyectos (ABP)	Planteamiento del proyecto final
		Asignación de equipos de trabajo
		Enseñar creación del modelo hidráulico en el software
		Realización de encuesta de satisfacción del módulo
		Análisis de los resultados obtenidos

4. Resultados

4.1 Resultados del Proceso Inicial de Preparación del Software y Contenido del Curso

4.1.1 Elección de la versión óptima, instalación y verificación de funcionamiento del software

Para el desarrollo del módulo, se realizó la selección de la versión más adecuada del software HEC-RAS. Para ello, se accedió a la página oficial del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. (U.S. Army Corps of Engineers., s. f.) en este proceso se identificó que la versión más reciente disponible era la 6.7; sin embargo, dicha edición se encuentra en fase de prueba, por lo que no se recomendaba para aplicaciones académicas que requirieran estabilidad operativa. En consecuencia, se optó por utilizar la versión 6.6, considerada la última versión validada para uso general. Esta elección permitió garantizar confiabilidad en el desempeño del software durante las sesiones prácticas.

Posteriormente, se llevó a cabo la instalación de HEC-RAS 6.6 siguiendo el manual de la página oficial y la verificación de su compatibilidad junto con los requisitos mínimos del sistema operativo, asegurando que no existieran conflictos que afectaran la ejecución del programa o la apertura de proyectos hidráulicos.

Adicionalmente, fue necesario realizar ajustes específicos en la configuración regional del sistema operativo, dado que HEC-RAS utiliza formatos numéricos propios del estándar estadounidense. Se configuró el formato regional en English (United States), se estableció el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas. Estas modificaciones evitaron errores de lectura de datos, ejecución de cálculos y visualización de resultados, garantizando el correcto funcionamiento del software dentro del sistema operativo correspondiente.

Finalmente, se verificó el funcionamiento completo del software mediante la apertura, cargue y ejecución de modelos de prueba, para que los estudiantes pudieran trabajar de manera fluida durante las clases, minimizando contratiempos técnicos y favoreciendo el desarrollo del módulo.

4.1.2 Exploración guiada del funcionamiento básico del Software HEC-RAS

Se utilizó como recurso principal el repositorio público disponible en GitHub de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Rodríguez Acevedo, 2022), el cual contiene material introductorio, ejemplos de modelos y tutoriales orientados específicamente a la familiarización con los conceptos esenciales de la modelación hidráulica en el software.

En el repositorio se revisó en detalle la sección correspondiente a la modelación hidráulica básica, donde se presentan ejercicios y archivos de ejemplo que permiten comprender la configuración inicial de un proyecto en HEC-RAS. A partir de este material, se exploraron aspectos como la creación del trazado geométrico, la inserción de secciones transversales, la parametrización de las condiciones de frontera y la ejecución de simulaciones de flujo, tanto permanente como no permanente. Este acercamiento permitió identificar las herramientas esenciales del software y comprender la lógica interna con la que opera para representar sistemas de flujo en canales naturales o artificiales.

Además, se complementó la exploración con actividades guiadas a través de tutoriales que promovieron la interacción directa con la interfaz del programa. Entre estas actividades se incluyeron la visualización de perfiles hidráulicos, la interpretación de resultados gráficos y tabulares, la modificación de parámetros básicos y la evaluación del impacto de estos cambios sobre el comportamiento del flujo.

Se enfatizó la importancia de la organización de archivos mediante la creación de un portafolio de trabajo, lo que implica seleccionar una carpeta predeterminada donde se almacenan todos los proyectos para facilitar su ubicación. Asimismo, se configuró el modelo en el Sistema Internacional de Unidades, garantizando la coherencia en los cálculos y evitando inconsistencias en la etapa de interpretación de resultados. Finalmente, se habilitó la opción de respaldo automático cada 10 minutos, como medida preventiva para evitar la pérdida de información en caso de fallos del sistema o de cierre inesperado del software. Con estas prácticas, la exploración guiada no solo fortaleció el aprendizaje funcional del programa, sino que también promovió hábitos adecuados de trabajo técnico y organizacional en el entorno de HEC-RAS.

4.1.3 Síntesis del material estudiado para el diseño de actividades prácticas

El material consultado sirvió de base para organizar y planear las actividades prácticas del módulo. A partir de la revisión de guías, tutoriales y ejemplos disponibles en el repositorio de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Rodríguez Acevedo, 2022), así como de los documentos oficiales de HEC-RAS, fue posible identificar qué pasos y herramientas son realmente necesarios para que los estudiantes puedan empezar a trabajar con el software de forma adecuada.

Primero, se reunió la información relacionada con la creación de la geometría del río o del canal. Esto incluye comprender cómo trazar el cauce, agregar las secciones y utilizar los datos del terreno. Con este contenido se organizaron las primeras actividades, enfocadas en que el estudiante pueda comenzar su modelo base sin dificultades. A continuación, se presenta una selección de los ejercicios utilizados, junto con sus respectivos datos, que sirvieron de guía para la construcción de los recursos digitales para el desarrollo del curso. Adicionalmente, se incluye un enlace a la carpeta de OneDrive donde puede consultarse en detalle el contenido dispuesto en

la plataforma Moodle https://correouisedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/daniela2200256_correo_uis_edu_co/IgDidKEWlyLGS6CZsXhLvZ_CAZ2r9MR_h9A3bTDzThzkNf4?e=OAdHNP.

El primer ejercicio seleccionado consistió en elaborar la geometría de un canal trapezoidal artificial (Figura 1). Para ello, se proporcionaron coordenadas específicas del eje del cauce (Tabla 2), junto con dimensiones y pendientes previamente definidas (Tabla 3 y 4).

Figura 1.

Sección trapezoidal.

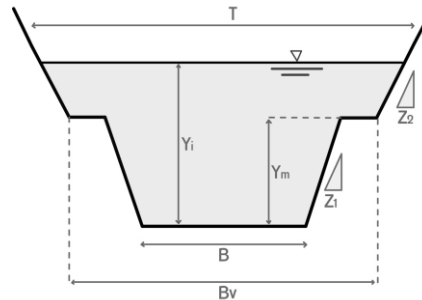


Tabla 2.

Coordenadas cartesianas de la sección trapezoidal.

x (m)	y (m)
0.0	5.0
1.0	3.0
3.0	3.0
6.0	0.0
16.0	0.0
19.0	3.0
21.0	3.0
22.0	5.0

Tabla 3.*Dimensiones de la sección trapezoidal.*

B	10	m
B _v	20	m
y _m	3	m
z ₁	1	
z ₂	0.5	
y _i	5	m
T ₁	16	m
T ₂	22	m

Tabla 4.*Pendiente del tramo del canal.*

0.0	0.0
1000.0	5.0
So	0.005

Para la segunda actividad se planteó el diseño de un canal rectangular con el propósito de interceptar el canal trapezoidal previamente modelado en la primera actividad, esta modificación geométrica se introdujo con el propósito de analizar como un cambio en la sección transversal influye en el comportamiento hidráulico del canal. Este diseño complementario se aplicó específicamente entre las secciones 500 y 600 del canal regular, donde se definieron las dimensiones y la alineación del canal rectangular para garantizar una correcta superposición con la geometría existente (Tabla 5). Con esta configuración, HEC-RAS pudo generar los reportes volumétricos requeridos de corte y relleno asociados para observar los cambios en la geometría de la sección.

Tabla 5.*Diseño del canal rectangular.*

Diseño Canal Rectangular	
Ancho [m]	Elevación [m]
10	2

Para la tercera actividad se realizó la construcción de la geometría del canal natural, se seleccionó un tramo de 1.000 m perteneciente a un río ubicado en el sur del departamento del Cesar, Colombia. La elaboración del modelo se realizó en RAS Mapper, empleando un sistema de coordenadas Gauss–Bogotá MAGNA mediante un archivo de proyección con extensión .prj, junto con un archivo de elevación del terreno en formato .tif. Con estos insumos se trazó el eje del cauce y se delimitó el área de estudio, garantizando la precisión espacial en la representación del terreno. Posteriormente, se generaron secciones transversales cada 100 m, lo que permitió observar adecuadamente la variabilidad geométrica del río.

Para la definición del material del canal y la asignación de los coeficientes de Manning (n), se tomaron como referencia las tablas del Manual de HEC-RAS tanto para el canal artificial revestido en concreto como para el arroyo natural. En el caso del canal regular artificial, se establecieron los materiales correspondientes a las bancas y al canal principal, asignando valores de (n) acordes a las características de cada zona (Ver Tabla 6). De manera complementaria, para el arroyo natural (Ver Tabla 7) se seleccionaron materiales representativos aplicando los valores de (n) recomendados para la banca izquierda (LOB), el canal principal (CHANNEL) y la banca derecha (ROB). Esta clasificación permitió definir adecuadamente las condiciones de rugosidad en ambos escenarios, lo que aseguró una mayor precisión en la modelación hidráulica.

Tabla 6.*Coefficiente de Manning (n) para canal artificial trapezoidal.*

Coeficiente de Manning Canal Trapezoidal		
Banca Izquierda	Canal Principal	Banca Derecha
Escombros secos o ripio	Revestido en concreto fondo terminado en grava	Escombros secos o ripio
0.033	0.017	0.033

Tabla 7.*Coefficiente de Manning (n) para canal natural.*

Coeficiente de Manning Canal Natural		
Banca Izquierda	Canal Principal	Banca Derecha
Hierba Alta	Arroyo con Maleza y Piedras	Hierba Corta
0.035	0.035	0.03

Posteriormente, se revisó el material relacionado con la configuración de los regímenes de flujo, tanto permanente como no permanente, con el fin de identificar los datos mínimos requeridos por el software y las opciones que deben seleccionar los estudiantes según el tipo de análisis.

En la cuarta actividad se planteó el caso de flujo permanente y se aplicó al canal regular trapezoidal diseñado previamente. En este ejercicio se definieron las condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo, así como los caudales asociados a los cinco periodos de retorno trabajados, para evaluar los perfiles hidráulicos resultantes a partir de diferentes escenarios de diseño. En la Tabla 8 se muestran las condiciones de frontera en detalle.

Tabla 8.

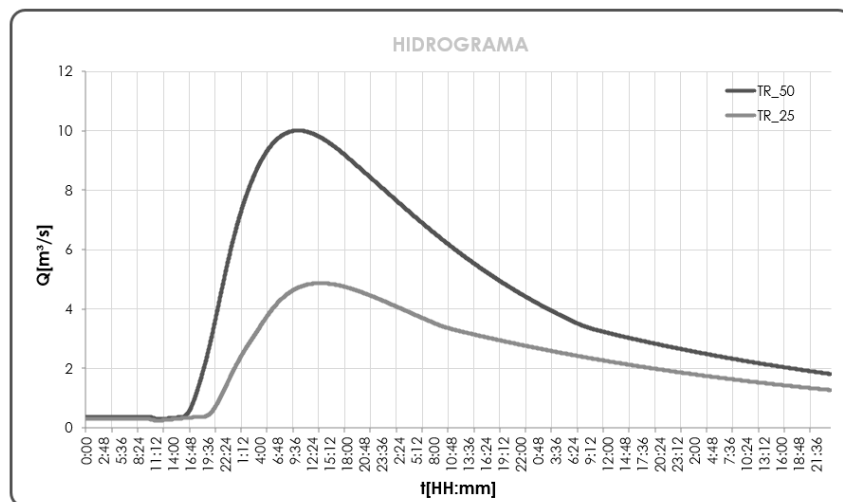
Condiciones de frontera para flujo permanente.

TR	PF	Q	BC - Aguas Arriba (Upstream)	BC - Aguas Abajo (Downstream)
2 años	TR_2	20.2 m ³ /s	Profundidad crítica (Critical depth)	Prof. conocida (Known W.S.) = 1.5m
5 años	TR_5	42.5 m ³ /s	Profundidad crítica (Critical depth)	Prof. conocida (Known W.S.) = 2.0m
10 años	TR_10	70.4 m ³ /s	Profundidad crítica (Critical depth)	Prof. conocida (Known W.S.) = 2.5m
20 años	TR_20	120.3 m ³ /s	Prof. conocida (Known W.S.) = 4m	Profundidad crítica (Critical depth)
50 años	TR_50	212.6 m ³ /s	Prof. conocida (Known W.S.) = 4m	Profundidad crítica (Critical depth)

En la quinta actividad se planteó el caso del flujo no permanente y se trabajó con la geometría del río natural trazada previamente, incorporando un análisis temporal mediante la utilización de un hidrograma de entrada (Ver Figura 2) construido con los caudales de los periodos de retorno de 25 y 50 años. Esto permitió representar la variación del caudal a lo largo del tiempo y observar cómo cambia el nivel del agua durante un evento de creciente. Con esta configuración, los estudiantes pudieron identificar las diferencias básicas entre una simulación permanente y una no permanente.

Figura 2.

Hidrograma para flujo no permanente.



También se recopiló información sobre cómo interpretar los resultados que entrega el software. Esto incluye la visualización de los gráficos, los perfiles del agua y las tablas que aparecen después de una simulación. Esta parte sirvió para que el estudiante no solo realizara la simulación, sino que también entendiera lo que estaba viendo.

Además, como parte del proceso de diseño de actividades, se definió un proyecto final en el que los estudiantes debían trabajar con un canal natural, al cual se le asignaba un flujo permanente para analizar su comportamiento hidráulico. Este proyecto permitió integrar todo lo aprendido durante el módulo, ya que los estudiantes debían construir la geometría, configurar las condiciones del flujo, ejecutar la simulación y, finalmente, interpretar los resultados. De esta manera, el proyecto final se convirtió en una actividad completa que reforzó el manejo del software y facilitó que cada estudiante aplicara los conocimientos de forma práctica y autónoma.

4.2 Resultados del Diseño Digital y Configuración del Módulo HEC-RAS en Moodle

4.2.1 Exploración de recursos en Moodle

Se exploraron los recursos disponibles en Moodle; se analizaron y utilizaron diversas herramientas que permitieron estructurar el módulo de manera organizada, funcional y acorde con las necesidades del curso. Para ello, se contó con el acompañamiento del ingeniero Jorge Iván Torres, profesional del CEDEUIS.

En primer lugar, se exploró el funcionamiento de los foros, utilizados como espacios de comunicación general y resolución de dudas, el foro abierto facilitó la interacción y permitió atender inquietudes relacionadas con el uso del software.

Posteriormente, se revisaron las actividades y su bandeja de entrega, comprobando su utilidad para recopilar los archivos generados por los estudiantes en cada actividad práctica. Este recurso permitió establecer fechas límite y realizar un seguimiento ordenado del cumplimiento

de las actividades. La bandeja de entrega funcionó adecuadamente para recibir archivos en formato RAS, PDF o ZIP según lo requerido en cada ejercicio.

Las encuestas fueron otro recurso fundamental dentro del módulo. Se elaboraron dos cuestionarios principales: uno diagnóstico al inicio, para conocer la familiaridad del estudiante con el software, y uno final, orientado a medir la satisfacción con el módulo, la metodología y el aprendizaje alcanzado. Si bien la plataforma Moodle permitió inicialmente la recopilación automática de las respuestas y la generación de reportes para la evaluación del impacto del módulo, esta información se perdió antes de poder ser analizada debido a un problema técnico inusual en la plataforma, el cual ocasionó la eliminación de este tipo de registros. Para mayor detalle sobre esta situación, se remite al Apéndice A.

Además, se integraron recursos externos de exploración, como manuales del U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (*HEC-RAS Documentation*, s. f.), enlaces a documentación oficial y materiales complementarios disponibles en repositorios académicos. Estos recursos resultaron esenciales para brindar información adicional y permitir que los estudiantes profundizaran en temas más avanzados según su interés.

Finalmente, se comprobó la correcta organización de los recursos dentro de las pestañas del módulo, asegurando que cada unidad contara con secciones diferenciadas de actividad, profundización, documentación y exploración, lo que favoreció una navegación intuitiva y una comprensión clara de la estructura del curso.

En conjunto, la exploración de estos recursos permitió construir un módulo funcional y dinámico, donde cada herramienta de Moodle fue seleccionada de acuerdo con su propósito pedagógico, facilitando la interacción, la entrega de trabajos, la retroalimentación y el aprendizaje autónomo del estudiante.

4.2.2 Creación y desarrollo del material de apoyo para el módulo de HEC-RAS

Como resultado del proceso de práctica docente, se desarrolló material didáctico digital orientado a facilitar la enseñanza y el aprendizaje del uso del software HEC-RAS. Como resultado del uso de herramientas digitales como Canva y Genially, se logró la creación de material didáctico visual y estructurado, el cual facilitó la presentación del contenido del curso por parte de los estudiantes que cursan la materia.

En Genially se diseñaron etiquetas y elementos visuales interactivos destinados a su uso dentro del aula virtual, los cuales permitieron destacar componentes clave de las actividades en el software y orientar a los estudiantes durante las sesiones prácticas, para mayor detalle sobre la implementación de este recurso se remite al Apéndice B. Por su parte, en Canva se elaboraron guías paso a paso asociadas a los ejercicios desarrollados, priorizando una presentación estructurada y visualmente clara que facilitara el seguimiento de cada actividad.

Como parte de los resultados asociados a la creación de material para el curso, se desarrollaron cuatro foros de discusión como recursos de apoyo al proceso formativo. A través de estos espacios se evidenció una dinámica participativa orientada a la resolución de dudas técnicas, la manifestación de expectativas iniciales y la valoración del uso del software HEC-RAS. Asimismo, los foros funcionaron como una herramienta para recoger percepciones sobre la aplicabilidad de las simulaciones en contextos reales, identificar habilidades desarrolladas y orientar de manera clara los entregables finales del curso.

De igual forma, se aplicó un quiz diagnóstico de conocimientos previos, cuyos resultados evidenciaron un nivel conceptual adecuado para el desarrollo del módulo. El cuestionario, implementado en Moodle mediante la herramienta de evaluación, incluyó preguntas de selección múltiple y de respuesta abierta. El desempeño general fue satisfactorio, con un promedio

superior a 4.0, lo que confirmó que los estudiantes contaban con bases teóricas sólidas para abordar las actividades propuestas. En la Tabla 9 se presentan las preguntas formuladas en este quiz diagnóstico.

Tabla 9.

Preguntas formuladas para el quiz de conocimientos previos del curso.

Preguntas quiz de conocimientos previos de selección múltiple	
Pregunta	Opciones selección múltiple
El número de Froude (Fr) se utiliza para	<ul style="list-style-type: none"> a) Determinar la rugosidad del canal b) Clasificar el régimen de flujo c) Calcular la viscosidad del agua d) Evaluar la permeabilidad del suelo
El flujo se considera subcrítico cuando:	<ul style="list-style-type: none"> a) $Fr = 1$ b) $Fr < 1$ c) $Fr > 1$ d) No depende del Fr
La profundidad crítica en un canal se define como	<ul style="list-style-type: none"> a) La máxima energía específica b) La mínima energía específica c) La máxima velocidad del flujo d) La máxima rugosidad
. El número de Reynolds (Re) permite diferenciar	<ul style="list-style-type: none"> a) Flujo laminar o turbulento b) Flujo permanente o no permanente c) Flujo uniforme o variado d) Flujo en presión o libre
La ecuación de Manning se utiliza para calcular	<ul style="list-style-type: none"> a) La presión en tuberías cerradas b) El caudal en canales a superficie libre c) La altura de energía total d) El diámetro hidráulico de un conducto
El coeficiente de Manning (n) representa	<ul style="list-style-type: none"> a) La densidad del agua b) La pendiente del canal c) La rugosidad del canal d) La profundidad crítica
En un canal trapezoidal, el área hidráulica se calcula como	<ul style="list-style-type: none"> a) Ancho \times profundidad b) $(Base + m \cdot y) \cdot y$ c) Radio hidráulico \times perímetro mojado d) $Base^2 /$ profundidad
El radio hidráulico (R) se define como:	<ul style="list-style-type: none"> a) A / P_{mojado} b) y / Q

	<ul style="list-style-type: none"> c) V / g d) P / A
El flujo gradualmente variado se caracteriza por:	<ul style="list-style-type: none"> a) Cambios bruscos de profundidad b) Variaciones suaves y lentas en el nivel del agua c) Flujo a presión d) Flujo uniforme permanente
Los perfiles de flujo se clasifican en función de:	<ul style="list-style-type: none"> a) La geometría del canal y Fr b) La rugosidad del suelo c) La densidad del agua d) La temperatura del fluido
El perfil M1 corresponde a:	<ul style="list-style-type: none"> a) Canal con pendiente fuerte, flujo subcrítico b) Canal con pendiente moderada, flujo supercrítico c) Canal con pendiente moderada, flujo subcrítico d) Canal con pendiente crítica, flujo uniforme
La condición de flujo uniforme se alcanza cuando:	<ul style="list-style-type: none"> a) Varía la pendiente del canal b) La velocidad es constante y la energía no cambia con la distancia c) El caudal disminuye con el tiempo d) El número de Froude varía constantemente
En un canal compuesto se presenta:	<ul style="list-style-type: none"> a) Flujo laminar en la base y turbulento en los bordes b) Sección transversal con varios materiales y rugosidades c) Un canal paralelo dentro de otro d) Canales con diferente pendiente longitudinal
La diferencia principal entre un canal erosionable y uno no erosionable es que:	<ul style="list-style-type: none"> a) En el canal erosionable la sección puede cambiar con el tiempo por acción del flujo b) En el canal no erosionable siempre existe rugosidad nula c) En el canal erosionable el caudal permanece constante d) En el canal no erosionable el número de Reynolds no aplica
En un canal con flujo rápidamente variado, como ocurre en un	<ul style="list-style-type: none"> a) Se conserva la energía específica sin pérdidas

resalto hidráulico:

- b) Se producen pérdidas de energía significativas por turbulencia
- c) El flujo es siempre laminar
- d) No hay cambio en la profundidad del flujo

Preguntas abiertas quiz de conocimientos previos	
Pregunta	Respuesta breve
¿Por qué es importante considerar el coeficiente de Manning en el diseño de canales?	Porque representa la rugosidad del canal y afecta directamente la velocidad y el caudal.
¿Qué son los perfiles de flujo en canales a superficie libre? Mencione al menos dos tipos.	Son curvas que representan cómo varía la lámina de agua. Ejemplos: M1 (subcrítico en pendiente moderada), S2 (supercrítico en pendiente fuerte).
¿Qué significa la profundidad crítica en un canal y por qué es importante en hidráulica?	Es la profundidad que corresponde a la mínima energía específica para un caudal dado; permite identificar regímenes de flujo y condiciones de diseño.
Explique qué es el flujo uniforme y mencione una condición necesaria para que ocurra.	Es cuando la profundidad y la velocidad permanecen constantes a lo largo del canal. Requiere pendiente, rugosidad y sección constantes.
Mencione un ejemplo de flujo a superficie libre en la vida real	Un río, un canal de riego o una alcantarilla.

Como resultado de la implementación de los talleres de profundización (Tabla 10), se desarrollaron ejercicios teóricos alineados con los contenidos hidráulicos abordados en las sesiones prácticas del curso. Cada taller correspondió al tema trabajado en clase, de modo que la investigación bibliográfica realizada de manera autónoma por los estudiantes en los talleres se desarrolló de forma paralela a la explicación de los ejercicios ejecutados en el software HEC-RAS. Esta articulación permitió relacionar los fundamentos teóricos de la hidráulica de canales con los resultados obtenidos en las actividades prácticas del módulo. El detalle de los resultados de los talleres se presenta en el Apéndice C.

Tabla 10.*Talleres de profundización.*

Talleres de Profundización del curso de HEC-RAS		
Número de taller	Descripción	Objetivo
Taller 1	El taller consiste en el análisis comparativo de canales hidráulicos naturales y artificiales, considerando diferentes geometrías y materiales de revestimiento a partir de un caso aplicado de drenaje agrícola. Ver Apéndice D.	Analizar cómo la geometría del canal y el material de revestimiento influyen en el comportamiento hidráulico del flujo, con el fin de establecer criterios técnicos que apoyen el diseño, la seguridad y la sostenibilidad de sistemas de conducción y drenaje.
Taller 2	El taller aborda el análisis del comportamiento hidráulico del flujo permanente y no permanente a partir del estudio de una creciente súbita en un río de montaña y de un canal agrícola sometido a variaciones operativas y climáticas. Ver Apéndice D.	Analizar las diferencias entre los regímenes de flujo permanente y no permanente, con el fin de establecer criterios técnicos que permitan una evaluación más adecuada de riesgos hidráulicos, eficiencia del sistema y toma de decisiones en proyectos de gestión del recurso hídrico.

Finalmente, se desarrollaron las guías de las actividades prácticas, las cuales se dividieron en Actividad A y Actividad B. Esta distribución respondió a la conformación de grupos pares e impares, definidos a partir de la suma de los códigos estudiantiles, asignándose la Actividad A a los grupos pares y la Actividad B a los grupos impares. La descripción de estas actividades se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11.*Guías de actividades en el software HEC-RAS.*

Guías de actividades del curso de HEC-RAS		
Nombre de la guía	Descripción	Objetivo
Descarga e Instalación HEC-RAS	Describe de forma sencilla y ordenada los pasos necesarios para descargar e instalar el software desde su página oficial, incluyendo la selección de la versión adecuada y la ejecución del instalador. Ver Apéndice E.	Asegurar una instalación correcta y funcional que permita el uso eficiente del programa en las actividades de modelación hidráulica.
Recomendaciones inicio HEC-RAS	Resume las recomendaciones iniciales para configurar correctamente HEC-RAS antes de iniciar un proyecto, abordando ajustes técnicos del sistema, organización del portafolio de trabajo, definición de unidades del modelo y respaldo preventivo de la información. Ver Apéndice F.	Optimizar el entorno de trabajo en HEC-RAS desde el inicio, garantizando la integridad de los datos, la correcta configuración del modelo y la reducción de errores durante el desarrollo de las actividades de modelación hidráulica.
Interfaz y menús principales	Explica de forma general la interfaz de HEC-RAS, sus menús principales y los íconos más utilizados para la edición de la geometría del modelo, la configuración de flujos, la ejecución de simulaciones y la visualización de resultados en gráficos, tablas y en RAS Mapper, facilitando la comprensión general del entorno del software. Ver Apéndice G.	Permitir que el estudiante reconozca, ubique y comprenda las funciones clave de la interfaz de HEC-RAS, logrando un manejo más ágil del programa y un mejor aprovechamiento de sus herramientas
Errores Comunes HEC-RAS	Presenta los errores más comunes que pueden aparecer durante la modelación en HEC-RAS, relacionados con la definición de la geometría, las condiciones de frontera y los parámetros hidráulicos. Incluye mensajes típicos del software y una explicación básica de su significado y posibles causas. Ver Apéndice H.	Apoyar al estudiante en la identificación e interpretación de avisos y errores frecuentes de HEC-RAS, con el fin de mejorar la estabilidad de las simulaciones y obtener resultados hidráulicos más confiables.
Geometría básica: Canal	Construcción en HEC-RAS de la	Capacitar al estudiante en

regular	geometría básica de un canal trapezoidal regular a partir de coordenadas y cotas definidas, incluyendo la asignación de coeficientes de rugosidad según el material de cada zona. Ver Apéndice I.	la elaboración y configuración de la geometría y la rugosidad de un canal regular como paso inicial del modelado hidráulico en HEC-RAS.
Edición secciones transversales	La guía aborda el cargue y edición de la geometría de un canal regular y un canal natural en HEC-RAS, incluyendo la creación y modificación de secciones transversales. Adicionalmente, presenta el diseño de un canal rectangular para el cálculo de volúmenes de corte y relleno en un tramo específico del canal regular. Ver Apéndice J.	Aplicar las herramientas de edición geométrica para modificar secciones transversales, diseñar un canal rectangular y calcular volúmenes, fortaleciendo la comprensión del modelado geométrico y del análisis de movimiento de tierras.
Cargue de información topográfica	Describe el procedimiento para generar la geometría de un río en HEC-RAS a partir de información topográfica en formato raster, mediante el uso de RAS Mapper. Incluye la definición del sistema de coordenadas, la carga del archivo DEM, la delimitación de un tramo aproximado de 1.000 m y la asignación de coeficientes de rugosidad según el material de cada zona del cauce. Ver Apéndice K.	Construir la geometría de un canal natural en HEC-RAS a partir de datos topográficos georreferenciados, asegurando una correcta representación espacial y la adecuada definición de la rugosidad hidráulica del río.
Flujo permanente: Canal regular	Presenta el procedimiento para configurar un análisis de flujo permanente en un canal regular dentro de HEC-RAS, a partir del cargue de la geometría y la definición de las condiciones de frontera. Incluye la asignación de caudales correspondientes a cinco periodos de retorno para la simulación del comportamiento hidráulico del canal. Ver Apéndice L.	Configurar y ejecutar el flujo permanente en el canal regular en HEC-RAS mediante la correcta definición de las condiciones de frontera y los caudales de diseño analizando los perfiles hidráulicos resultantes.
Flujo no permanente: Canal natural	Describe el procedimiento para configurar un análisis de flujo no	Evaluar la respuesta hidráulica del canal

	permanente en un canal natural en HEC-RAS, a partir del cargue de la geometría del río y la definición de las condiciones de flujo mediante un hidrograma asociado a un periodo de retorno específico. Ver Apéndice M.	natural ante un evento de creciente a través de un análisis de flujo no permanente.
Proyecto Final: Escenarios críticos-Caso de estudio	Consiste en la configuración y análisis de un modelo hidráulico en HEC-RAS para un tramo de río, a partir de un modelo digital de elevación (DEM) previamente procesado y la definición de condiciones de frontera de flujo permanente con diferentes caudales de entrada. El ejercicio incluye la generación, visualización e interpretación de resultados hidráulicos mediante capas en RAS Mapper, perfiles de flujo, vistas 3D, curvas de gasto y tablas resumen para distintos periodos de retorno. Ver Apéndice N.	Analizar el comportamiento hidráulico y el riesgo de inundación en un tramo de río mediante la simulación de flujo permanente, para apoyar la identificación de medidas de mitigación y recomendaciones de diseño y planificación territorial.

4.2.3 Configuración de la estructura académica del módulo de HEC-RAS

La estructura del módulo se organizó en cuatro unidades principales, diseñadas para guiar al estudiante de manera progresiva en el aprendizaje y el manejo del software HEC-RAS. Cada sección cuenta con recursos, actividades y documentos que facilitan la comprensión y permiten avanzar de forma ordenada a través del contenido. El módulo fue implementado en dos cursos del Aula Virtual de Aprendizaje (AVA), disponibles en los siguientes enlaces:

Curso B: <https://lms.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=18788>

Curso C: <https://lms.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=18791>

Material del curso: https://correouisedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/daniela2200256_correo_uis_edu_co/IgDidKEWlyLGS6CZsXhLvZ_CAZ2r9MR_h9A3bTDzThzkNf4?e=OAdHNP

A continuación, se presenta la organización final del contenido con una breve explicación de cada una de las unidades.

4.2.3.1 HEC – RAS

En la primera pestaña se presenta el módulo (Figura 3), se diseñó un banner de bienvenida con una breve introducción y una descripción concisa de las principales funciones del software HEC-RAS, brindando así un primer acercamiento al propósito del módulo y a las herramientas que se utilizarán durante el desarrollo de las actividades. Adicionalmente, un espacio de comunicación compuesto por foros y avisos (Figura 4), que permiten mantener informados a los estudiantes sobre novedades, aclaraciones y orientaciones generales del módulo.

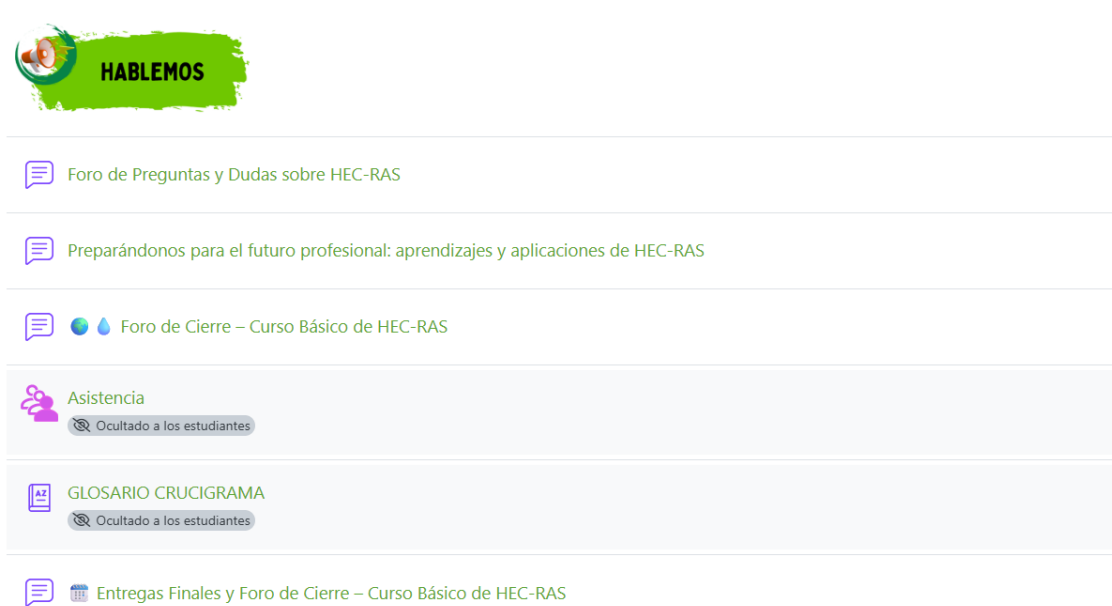
Figura 3.

Banner curso Hidráulica de Canales.



Figura 4.

Sección de anuncios y foros.

**4.2.3.2 Introducción**

Esta pestaña está dividida en tres secciones (Figura 5): la primera es la de *Preparación*, donde se presentan el módulo, sus objetivos y la metodología de trabajo. Incluye la guía de descarga e instalación del software, recomendaciones generales, manual básico de la interfaz, errores comunes y los primeros materiales que el estudiante necesita para iniciar. La segunda es la de *Evaluación*, donde se encuentra el quiz de conocimientos previos y la encuesta de percepción inicial del curso, que permitió identificar el nivel de familiaridad del estudiante con los temas y el software. Finalmente, la tercera sección corresponde a la de *Exploración* donde hay vínculos que dirigen al estudiante a los manuales de la página oficial del USACE en el cual pueden indagar la referencia usada para la preparación del material del curso.

Figura 5.*Introducción del curso de HEC-RAS.*

INTRODUCCIÓN

PREPARACIÓN

- Programa del Curso PDF
- Descarga HEC-RAS PDF
- Recomendaciones PDF
- Barra de Herramientas HEC-RAS PDF
- Errores Comunes PDF
- Notas Visualización Proyecto PDF

EVALUACIÓN

- Quiz Conocimientos Previos
Abrió: viernes, 24 de octubre de 2025, 08:15 Cerró: miércoles, 5 de noviembre de 2025, 17:00
- Encuesta previa – Curso de HEC-RAS

EXPLORACIÓN

- Installing HEC-RAS
- HEC-RAS User's Manual. US Army Corps of Engineers.
- HEC-RAS Hydraulic Reference Manual

4.2.3.3 Modelación Hidráulica Básica

En esta unidad se trabajó en el proceso inicial de creación de un proyecto en HEC-RAS. El estudiante realizó actividades prácticas sobre el ingreso de datos geométricos, la construcción del canal trapezoidal, y el cálculo de volúmenes de secciones. La unidad (Figura 6) incluye dos actividades principales: la primera, enfocada en el trazado y abscisado de un canal artificial trapezoidal el desarrollo detallado de este procedimiento se presenta en el Apéndice O, y la segunda, en la incorporación de una reducción en el canal, representada por un tramo rectangular

dentro del mismo trazado. Adicionalmente, la sección de *Exploración* que incluye enlaces a recursos de la página oficial sobre la edición y manejo de datos geométricos en HEC-RAS.

Figura 6.

Unidad 1. Modelación hidráulica básica.

□ **MODELACIÓN HIDRÁULICA BÁSICA** ✎

ACTIVIDAD

canal trapezoidal

ACTIVIDAD 1.A.1 PDF

ACTIVIDAD 1.B.1 PDF

ACTIVIDAD CANAL TRAPEZOIDAL ✎
Apertura: viernes, 24 de octubre de 2025, 07:57

Volumen de secciones

ACTIVIDAD 1.A.2 PDF

ACTIVIDAD 1.B.2 PDF

ACTIVIDAD VOLUMENES ✎
Apertura: viernes, 24 de octubre de 2025, 07:57

EXPLORACIÓN

Entering and Editing Geometric Data ✎

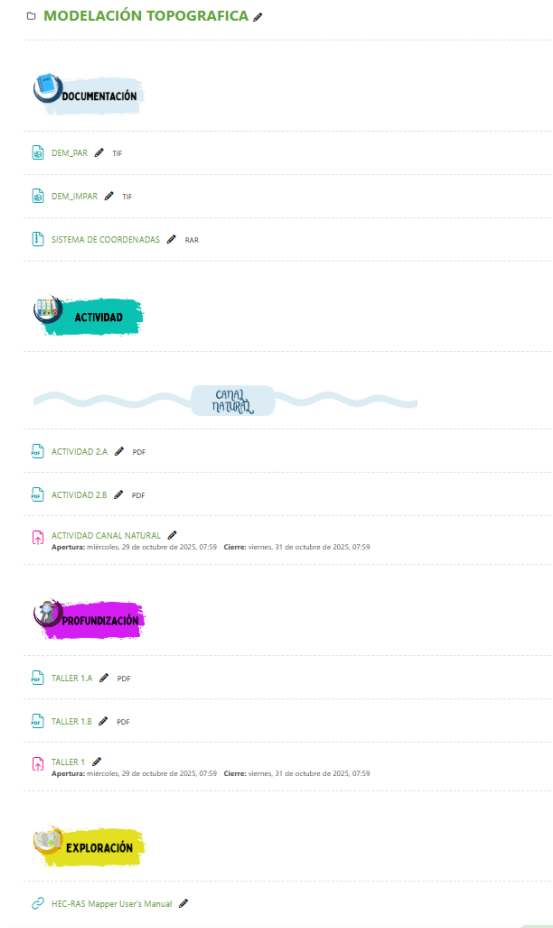
4.2.3.4 Modelación Topografía

Esta unidad está compuesta por cuatro secciones (Figura 7). La primera es *Documentación*, donde se encuentran los archivos base necesarios para la unidad, como el modelo digital de elevación (DEM) y el sistema de coordenadas. Estos insumos permiten trabajar usando un terreno real y comprender la importancia de la topografía en la modelación, el procedimiento empleado para el procesamiento del modelo digital de elevación se describe con

mayor detalle en el Apéndice P. La segunda sección es *Actividad*, donde el estudiante desarrolla ejercicios guiados de modelación de un canal natural a partir de los DEM proporcionados. Incluye actividades orientadas al procesamiento topográfico y a la construcción de la geometría. Las últimas secciones son *Profundización* y *Exploración*, donde se encuentran el primer taller complementario y los vínculos a la página oficial como el manual de HEC-RAS Mapper, respectivamente, que permiten ampliar la comprensión y el manejo del entorno topográfico del software.

Figura 7.

Unidad 2. Modelación topográfica.



4.2.3.5 Flujo 1D/Permanente y No Permanente

Esta unidad está dividida en tres secciones principales (Figura 8). La primera es la de *Actividad*, donde se trabajaron los ejercicios para asignar las condiciones de frontera de flujo permanente con una descripción ampliada en el Apéndice C, y no permanente con el apoyo de un hidrograma. La segunda sección es de *Profundización*, en la que se encuentra el segundo taller diseñado para fortalecer la interpretación de resultados y la lectura de perfiles longitudinales, niveles de agua y tirantes de flujo. Finalmente, en la sección de *Exploración*, el estudiante encuentra recursos adicionales para la ejecución de simulaciones 1D en estado permanente y no permanente, además de un crucigrama temático que refuerza los conceptos fundamentales del módulo.

Figura 8.

Unidad 3. Flujo permanente y No permanente.

FLUJO 1D / PERMANENTE Y NO PERMANENTE

ACTIVIDAD

FLUJO PERMANENTE

ACTIVIDAD 3.A.1 PDF

ACTIVIDAD 3.B.1 PDF

ACTIVIDAD FLUJO PERMANENTE
Apertura: miércoles, 29 de octubre de 2025, 07:59 Cierre: viernes, 31 de octubre de 2025, 07:59

FLUJO NO PERMANENTE

ACTIVIDAD 3.A.2 PDF

ACTIVIDAD 3.B.2 PDF

ACTIVIDAD FLUJO NO PERMANENTE
Apertura: viernes, 31 de octubre de 2025, 07:59 Cierre: lunes, 3 de noviembre de 2025, 23:59

PROFUNDIZACIÓN

TALLER 2.A PDF

TALLER 2.B PDF

TALLER 2
Apertura: viernes, 31 de octubre de 2025, 07:57 Cierre: lunes, 3 de noviembre de 2025, 23:59

EXPLORACIÓN

Crucigrama
Creado a los resultados

Performing a Steady Flow Analysis

Performing a 1D Unsteady Flow Analysis

4.2.3.6 Proyecto Final

Esta última unidad está organizada en dos secciones principales (Figura 9). La primera es la de *Actividad*, donde se encuentra el proyecto integrador del módulo. En este trabajo, el estudiante construyó y analizó el modelo hidráulico del canal natural al que se le asignó un flujo permanente, aplicando todos los conocimientos adquiridos en las unidades anteriores. La segunda sección es la de *Profundización*, en la que se ofrecen documentos de apoyo, material complementario y la encuesta final de satisfacción, destinada a evaluar la percepción del estudiante sobre el módulo y sobre el aprendizaje alcanzado.

Figura 9.

Unidad 4. Proyecto final.

PROYECTO FINAL



PDF PROYECTO FINAL A PDF

PDF PROYECTO FINAL B PDF

PROYECTO
Apertura: viernes, 31 de octubre de 2025, 07:57 Cierre: lunes, 3 de noviembre de 2025, 23:59



ENCUESTA FINAL

4.3 Resultados de la Experiencia Pedagógica del Módulo Basado en la Estrategia ABP

4.3.1 Implementación de la estrategia ABP para el desarrollo del módulo

La implementación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se llevó a cabo mediante la promoción del trabajo colaborativo y facilitando la construcción progresiva del conocimiento mediante el uso del software HEC-RAS para la modelación hidráulica. La estrategia se desarrolló de manera simultánea en dos salones, en los que los estudiantes fueron organizados en grupos de tres integrantes.

La asignación de actividades se realizó mediante un criterio objetivo: se sumó el último dígito del código estudiantil de cada integrante del grupo y, según el resultado, se asignó la Actividad A cuando la suma era un número par y la Actividad B cuando era impar. Este mecanismo permitió una distribución equilibrada de los problemas planteados, manteniendo el enfoque ABP.

Durante la primera sesión, se realizó una clase introductoria en la que se abordó la descarga e instalación del software HEC-RAS, se brindaron recomendaciones para la configuración adecuada del computador y del programa, y se explicó el contenido general del curso. Adicionalmente, se introdujo a los estudiantes en los principios de la metodología ABP, enfatizando su rol activo en el proceso de aprendizaje.

En la segunda sesión, se trabajó en la geometría de un canal regular trapezoidal, desarrollando su construcción en el software. A partir de este modelo, los estudiantes realizaron el cálculo de los volúmenes de corte y relleno, mediante el diseño de un canal regular rectangular que implicaba el corte del canal trapezoidal inicial. Posteriormente, se definieron las condiciones de frontera para flujo permanente, lo que permitió analizar el comportamiento hidráulico del canal bajo diferentes escenarios.

La tercera sesión se centró en la modelación de un canal natural, representado por un río. Para ello, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM) y un conjunto de coordenadas previamente suministradas, con los cuales se generó la geometría del río, definiendo su longitud y sus secciones transversales. En esta etapa también se implementó el flujo no permanente, utilizando hidrogramas correspondientes a periodos de retorno de 25 y 50 años, lo que permitió analizar la respuesta hidráulica del sistema ante eventos extremos.

Finalmente, en la última sesión, se exploraron las diferentes herramientas de visualización de resultados disponibles en HEC-RAS, aplicadas al proyecto desarrollado previamente. En esta etapa, el río modelado fue sometido nuevamente a condiciones de flujo permanente para observar el fin de observar y comparar su comportamiento hidráulico. El desarrollo del módulo se planteó de manera secuencial, de tal forma que cada clase retomaba los avances anteriores, lo que permitió consolidar el aprendizaje y avanzar progresivamente en cada actividad en coherencia con la metodología ABP.

Durante todas las sesiones, la dinámica de aula incluyó una estrategia de acompañamiento activo: mientras uno de los estudiantes en modalidad de práctica de docencia realizaba la explicación general frente al grupo, el otro recorría el salón atendiendo dudas puntuales en los puestos de trabajo. Esta metodología favoreció la comprensión paso a paso del proceso de modelación y fortaleció la interacción directa con los estudiantes.

Como resultado de la implementación del módulo en el marco de la estrategia ABP, se evidenció un impacto positivo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. La metodología permitió que los participantes se involucraran activamente en la construcción del modelo hidráulico, comprendiendo no solo el uso del software, sino también los fundamentos teóricos que respaldan cada decisión de modelación.

El trabajo colaborativo y la resolución progresiva de problemas reales favorecieron la formulación constante de preguntas durante las clases, lo que reflejó un interés genuino por comprender cada etapa del proceso. Asimismo, los productos entregados por los estudiantes presentaron un buen nivel técnico y conceptual, evidenciando la apropiación de los contenidos y la correcta aplicación de los conceptos de hidráulica de canales.

La estrategia de acompañamiento docente, combinando explicación magistral con atención personalizada, contribuyó significativamente a resolver dificultades específicas y a mantener un ritmo de trabajo adecuado en el aula. En conjunto, la experiencia pedagógica demostró que la aplicación del ABP en el desarrollo del módulo fortaleció la autonomía, el pensamiento crítico y la capacidad de análisis hidráulico de los estudiantes, consolidando una experiencia de aprendizaje significativa y contextualizada.

4.3.2 Valoración estudiantil de la experiencia de aprendizaje en HEC-RAS

Como parte de los resultados de la experiencia pedagógica, se aplicó al inicio del curso un quiz de conocimientos previos en ambos grupos, orientado a evaluar conceptos teóricos básicos de hidráulica de canales. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios (Figura 10 y 11), ya que la mayoría de las calificaciones se concentraron en rangos altos, con promedios superiores a 4.0, como se evidencia en las distribuciones presentadas. Este desempeño inicial evidenció que los estudiantes contaban con una base conceptual adecuada, lo cual favoreció el desarrollo del módulo, la comprensión de los contenidos abordados y el aprovechamiento de las actividades prácticas en HEC-RAS. En consecuencia, el diagnóstico inicial confirmó la pertinencia del enfoque del curso y su viabilidad para alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados.

Figura 10.

Resultados del quiz de conocimientos previos grupo B.

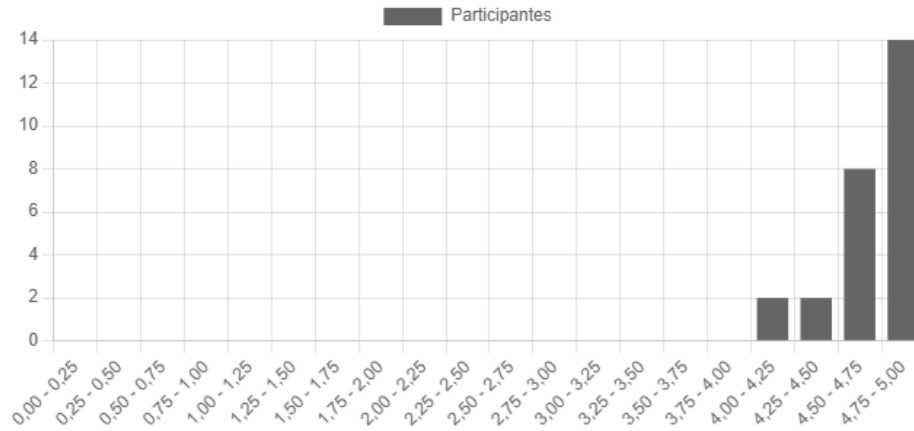
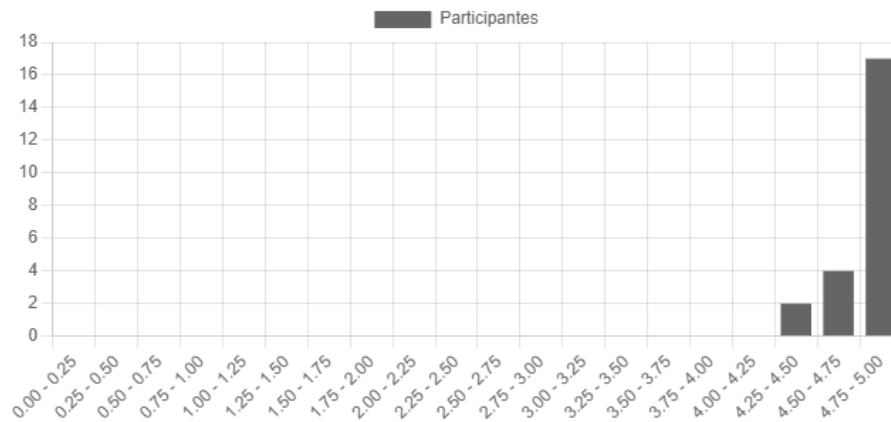


Figura 11.

Resultados del quiz de conocimientos previos grupo C.



Como parte de la valoración estudiantil inicial, se realizó un foro diagnóstico (Figura 12) al inicio del curso con la siguiente pregunta orientadora: ¿Qué aprendizajes esperas obtener en este curso que te ayuden a estar mejor preparado/a para afrontar una situación real en tu futuro laboral?

A partir de las respuestas obtenidas, se evidenció que los estudiantes esperaban principalmente adquirir competencias sólidas en el manejo del software HEC-RAS, comprendiendo, paso a paso, la construcción de modelos hidráulicos, la correcta interpretación de los resultados de las simulaciones y la identificación y corrección de errores frecuentes. De igual manera, manifestaron un marcado interés en aplicar los conceptos teóricos de la hidráulica de canales a situaciones reales, como el análisis de crecidas, el diseño de canales y la evaluación de obras hidráulicas, con el fin de fortalecer su criterio técnico y su capacidad de toma de decisiones. En conjunto, estas expectativas reflejan una alta motivación por un aprendizaje práctico, contextualizado y orientado a la resolución de problemas reales, lo cual es clave para su formación profesional como ingenieros civiles.

Figura 12.

Ejemplos de respuestas de estudiantes en el foro de inicio del curso.

2) **¿Qué aprendizajes esperas obtener en este curso que te ayuden a estar mejor preparado/a para afrontar una situación real en tu futuro laboral?**

En este curso espero aprender a manejar correctamente el software, interpretar los resultados de las simulaciones y comprender cómo los parámetros hidráulicos influyen en el comportamiento del flujo. También quiero desarrollar la capacidad de analizar escenarios reales y proponer soluciones técnicas fundamentadas, de manera que en el futuro pueda participar con confianza en proyectos de ingeniería hidráulica que beneficien a las comunidades.

¿Qué aprendizajes esperas obtener en este curso que te ayuden a estar mejor preparado/a para afrontar una situación real en tu futuro laboral?

Espero aprender a manejar correctamente el programa HEC-RAS, entender cómo se configuran los modelos hidráulicos y cómo interpretar los resultados de las simulaciones. También quiero comprender mejor la relación entre la topografía, el caudal y el comportamiento del flujo para poder aplicarlo en proyectos reales. Creo que estos conocimientos serán muy útiles para mi formación como ingeniero civil, especialmente si en el futuro participo en el diseño o evaluación de obras hidráulicas.

¿Qué aprendizajes esperas obtener en este curso que te ayuden a estar mejor preparado/a para afrontar una situación real en tu futuro laboral?

Espero aprender desde lo básico cómo funciona HEC-RAS y cómo se construye un modelo hidráulico paso a paso. Me gustaría entender cómo ingresar los datos del terreno, los caudales y las secciones del canal, y luego cómo interpretar los resultados que el programa genera. También espero aprender a identificar los errores comunes en las simulaciones y cómo corregirlos.

Con el fin de evaluar el desempeño del curso y recoger aportes de mejora, se realizó un foro de cierre (Figura 13) orientado por las siguientes preguntas: ¿Si pudieras añadir o cambiar algo del curso, qué sería y por qué? y ¿Qué habilidades nuevas sientes que desarrollaste gracias al curso?

A partir de las respuestas de los estudiantes, se evidenció una valoración altamente positiva del curso, destacando su carácter completo, la coherencia entre las actividades y la

orientación brindada. De manera recurrente, los estudiantes señalaron como principal oportunidad de mejora la inclusión de más casos prácticos con datos reales o de campo, así como el uso de geometrías irregulares, lo cual consideran que fortalecería aún más la comprensión del comportamiento hidráulico en escenarios reales. Asimismo, varios participantes sugirieron la grabación de las clases como apoyo al aprendizaje autónomo y la revisión posterior de los procedimientos.


En cuanto a los aprendizajes alcanzados, los estudiantes manifestaron haber desarrollado habilidades sólidas en el manejo de HEC-RAS, incluyendo la creación y edición de modelos hidráulicos, la definición de geometrías y secciones transversales, la configuración de flujos permanentes y no permanentes, y la interpretación crítica de resultados. Además, resaltaron el fortalecimiento de su criterio técnico, su capacidad de análisis y su toma de decisiones, así como la integración efectiva entre la teoría de la hidráulica de canales y su aplicación práctica en situaciones propias de la ingeniería civil. Estos resultados evidencian el impacto positivo del curso en la formación técnica y profesional de los estudiantes.

Figura 13.


Ejemplos de respuestas de estudiantes en el foro de cierre del curso.

- **Si pudieras añadir o cambiar algo del curso, ¿qué sería y por qué?**

El curso estuvo muy completo y tuvo una excelente orientación por parte de los tutores encargados. La metodología empleada facilitó la comprensión de los temas y permitió aplicar los conceptos en las simulaciones realizadas. Como sugerencia, consideraría reducir la cantidad de actividades, ya que el tiempo disponible fue limitado y, en muchos casos, coincidió con responsabilidades académicas de otras asignaturas

1.  Si pudieras añadir o cambiar algo del curso, ¿qué sería y por qué?

Realmente el curso fue demasiado completo, las actividades, todo se complementaba con lo ensañado por los docentes, aunque sí sería chévere que las clases hubieran quedado grabadas, ya que con esto, con un problema a futuro, nos servirían para recordar las funciones y lo aprendido.

1.  ¿Qué habilidades nuevas sientes que desarrollaste gracias al curso?

Aprendí a usar HEC-RAS y a interpretar mejor cómo se mueve el agua en los ríos o canales. También mejoré mi análisis y comprensión de los resultados de una simulación.

- **¿Qué habilidades nuevas sientes que desarrollaste gracias al curso?**

Gracias al curso desarrollé habilidades en el uso de HEC-RAS, comprendiendo el proceso de modelación hidráulica. Aprendí a construir y editar secciones transversales, aplicar diferentes caudales, y configurar simulaciones tanto en flujo permanente como no permanente. Además, adquirí criterios técnicos para interpretar los resultados obtenidos y utilizarlos en la toma de decisiones relacionadas con el diseño de estructuras hidráulicas

5. Conclusiones

El desarrollo e implementación del módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS permitió cumplir satisfactoriamente el objetivo general de vincular los fundamentos teóricos de la hidráulica a superficie libre con su aplicación práctica en la asignatura de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil. A través de actividades progresivas, talleres, foros y proyectos guiados, los estudiantes lograron comprender y aplicar conceptos clave de la hidráulica de canales en un entorno de modelación computacional.

La integración de los fundamentos hidráulicos con el uso del software HEC-RAS facilitó una mejor comprensión del comportamiento del flujo en canales y ríos, tanto en régimen permanente como no permanente. Los resultados evidencian que los estudiantes pudieron interpretar parámetros hidráulicos, analizar escenarios de riesgo y relacionar la teoría con situaciones reales de la práctica profesional, fortaleciendo así su criterio técnico.

La elaboración de material didáctico estructurado, conformado por guías prácticas, actividades de profundización, talleres, foros y evaluaciones implementadas en la plataforma Moodle, contribuyó a organizar el proceso de aprendizaje y a promover el trabajo autónomo. Los resultados del quiz de conocimientos previos, con promedios superiores a 4.0, evidenciaron una base conceptual adecuada para el desarrollo del módulo y facilitaron el avance progresivo en el uso del software.

La implementación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) resultó efectiva para articular la teoría y la práctica. El desarrollo secuencial de actividades permitió que cada clase se apoyara en los conocimientos adquiridos previamente, favoreciendo la construcción gradual del aprendizaje. Esta metodología promovió el trabajo colaborativo, el pensamiento

crítico y la investigación autónoma reflejándose en la calidad de los productos entregados y en la participación de los estudiantes durante las sesiones.

Finalmente, la valoración estudiantil obtenida a través de foros de inicio y cierre evidenció una percepción positiva del curso, destacando el fortalecimiento de habilidades en modelación hidráulica, análisis e interpretación de resultados, así como la utilidad del módulo para la formación profesional en ingeniería civil.

6. Recomendaciones

Se recomienda continuar implementando y fortaleciendo el módulo de apoyo en la asignatura de Hidráulica, incorporando nuevos casos de estudio con datos reales de campo y geometrías más complejas, que permitan profundizar en la modelación de escenarios hidráulicos propios del contexto regional.

Es aconsejable ampliar el uso de recursos audiovisuales, como videos tutoriales o grabaciones de las sesiones, que sirvan como material de consulta para los estudiantes y apoyen el aprendizaje autónomo, especialmente en procesos técnicos complejos dentro del software HEC-RAS.

Finalmente, se recomienda mantener y fortalecer la estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), dado su impacto positivo en el desarrollo de competencias técnicas y analíticas en hidráulica de canales. Esta estrategia podría profundizarse mediante la incorporación de ejercicios más avanzados relacionados con el comportamiento hidráulico bajo condiciones de flujo cuasi-no permanente y el análisis del transporte de sedimentos, permitiendo a los estudiantes abordar procesos más complejos y cercanos a la realidad.

Referencias Bibliográficas

- 20-year review shows 90% of disasters are weather-related; US, China, India, Philippines and Indonesia record the most* | UNDRR. (2015, noviembre 23). <https://www.undrr.org/news/20-year-review-shows-90-disasters-are-weather-related-us-china-india-philippines-and-indonesia>
- Canva. (s. f.). Canva. Recuperado 26 de enero de 2026, de <https://www.canva.com/>
- Cárdenas, K. (2018). ANÁLISIS GENERAL DE LA GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN COLOMBIA. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad*, 4(1). <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/335841>
- Cobo Gonzales, G., & Valdivia Cañotte, S. M. (2017). *Aprendizaje Basado en Proyectos*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Docencia Universitaria. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/170374>
- Genially. (s. f.). Recuperado 26 de enero de 2026, de <https://app.genially.com/teams/689b67da9377d6d9936a6a0b/home>
- HEC-RAS Documentation. (s. f.). Recuperado 27 de enero de 2026, de <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs>
- Hernández Infante, R. C., & Infante Miranda, M. E. (2016). EL MÉTODO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE TRABAJO INDEPENDIENTE EN LA CLASE ENCUENTRO: RECOMENDACIONES DIDÁCTICAS. *Revista de Pedagogía*, 37, 215-231.
- Hoyos Castellanos, C. A. H., Ocegueda, A. T. S., Magaña, J. J. V., Parra, M. Á. J., & Montemayor, F. T. (2018). LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA FORMACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL EN EL INSTITUTO

TECNOLÓGICO DE TEPIC. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 6(12), 68-74. <https://doi.org/10.36825/RITI.06.12.011>

Posada Arrubla, A., Saldarriaga Molina, Julio, C., & Rebolledo, F. (2005). Aportes de la ingeniería a la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4, 79-97.

Rodriguez Acevedo, J. D. (2022, junio 30). *J.HRAS - Modelación hidráulica a superficie libre con HEC-RAS*. ing.juanrodace@gmail.com. <https://github.com/juanrodace/J.HRAS>

Trabajando con HEC-RAS. (s. f.). Recuperado 26 de enero de 2026, de <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest/working-with-hec-ras>

U.S. Army Corps of Engineers. (s. f.). *HEC-RAS*. Recuperado 11 de enero de 2026, de <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

Apéndices

Apéndice A. Inconveniente Técnico en el Módulo de Encuestas de Moodle

Durante el desarrollo del módulo y la posterior recopilación de información asociada a las encuestas aplicadas en la plataforma Moodle, se presentó un inconveniente técnico que impidió el acceso a los resultados obtenidos. Dichas encuestas correspondían a un cuestionario diagnóstico aplicado al inicio del curso y a una encuesta de valoración final orientada a evaluar la percepción estudiantil sobre el módulo, la metodología implementada y los aprendizajes alcanzados.

Con el fin de esclarecer la situación, se realizó una consulta formal al ingeniero Jorge Iván Torres Camacho, profesional de CEDEUIS, quien informó que durante el mes de diciembre se presentó un incidente técnico asociado a un proceso de actualización del módulo de encuestas de la plataforma Moodle. Como consecuencia de este evento excepcional, las encuestas que habían sido creadas y utilizadas con anterioridad dejaron de estar disponibles en los cursos, y no fue posible acceder a sus registros, a pesar de que el módulo actualmente funciona de manera correcta.

El ingeniero señaló que este tipo de situación no se había presentado previamente en la plataforma y corresponde a un evento técnico inusual. Asimismo, manifestó comprensión frente a la importancia de esta información para el desarrollo del trabajo de grado y expresó su disposición para brindar acompañamiento y orientación para documentar adecuadamente este antecedente dentro del proceso académico.


Como respaldo institucional de lo anterior, se cuenta con una constancia técnica emitida por CEDEUIS, la cual certifica el inconveniente presentado y justifica la imposibilidad de

analizar los resultados de las encuestas mencionadas. Este documento se incluye como soporte del presente apéndice.

Figura A1

Solicitud de apoyo de ausencia de encuestas.

18/1/26, 15:04 Gmail - Solicitud de apoyo para recuperación de encuesta en Moodle

 jhoan robles <jhoansr2002@gmail.com>

Solicitud de apoyo para recuperación de encuesta en Moodle
5 mensajes

jhoan robles <jhoansr2002@gmail.com> 6 de enero de 2026 a las 9:17 p.m.
Para: JORGE IVAN TORRES CAMACHO <jitorres@uis.edu.co>, TATIANA CONSTANZA GUARÍN CORREDOR <tcguaceh@uis.edu.co>

Reciba un cordial saludo.
Mi nombre es Jhoan Robles y actualmente me encuentro desarrollando mi trabajo de grado bajo la modalidad de práctica docente, para la cual utilice estos cursos de Moodle: **HIDRAULICA_2025-2_24104-B123** y **MarJue_2025-2_HIDRÁULICA_24104_C123**, ambos dictados por la profesora **Tatiana Guarín Corredor**, de la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS, en el cual ella me dio acceso como editor.

Me permito solicitar muy amablemente su apoyo para recuperar una **encuesta creada en el curso de Moodle**, la cual fue aplicada como parte de las actividades académicas. Sin embargo, al ingresar recientemente a la plataforma, he evidenciado que **la encuesta no aparece** y, por lo tanto, no puedo acceder a los resultados que son fundamentales para el análisis de mi proyecto.

Agradezco de antemano su colaboración en la verificación del estado de la actividad y en la posible recuperación de la información. Quedo atento a cualquier dato adicional que necesite de mi parte para continuar con el proceso.

Muchas gracias por su atención y disposición.

—
Cordialmente,
Jhoan Sebastian Robles Niño
jhoansr2002@gmail.com
(+57) 315 876 0327

JORGE IVAN TORRES CAMACHO <jitorres@uis.edu.co> 15 de enero de 2026 a las 7:54 a.m.
Para: "jhoansr2002@gmail.com" <jhoansr2002@gmail.com>, TATIANA CONSTANZA GUARÍN CORREDOR <tcguaceh@uis.edu.co>

Reciba un cordial saludo, Jhoan y profesora Tatiana.

Luego de verificar el estado de los cursos y del módulo de encuestas en la plataforma Moodle, se informa que durante el mes de diciembre se presentó un incidente técnico asociado a un proceso de actualización del módulo de encuestas.

Como resultado de esta situación, aunque el módulo actualmente funciona de manera correcta, las encuestas que habían sido creadas y utilizadas con anterioridad ya no se encuentran disponibles en los cursos, ni es posible acceder a sus registros. Este tipo de situación no se había presentado previamente en la plataforma y corresponde a un evento técnico excepcional.

Se comprende la importancia de esta información para el desarrollo de su trabajo de grado y se lamentan los inconvenientes que esta situación haya podido generar. En caso de requerir una constancia técnica del hecho o acompañamiento para documentar este antecedente dentro de su proceso académico, con gusto se podrá brindar orientación.

Cordialmente,

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=f090d68bbe&view=pt&search=all&permthid=thread-a:r-651629359451750288&simpl=msg-a:r7885102691739871...> 1/3

Figura A2

Constancia emitida sobre el incidente en el módulo de encuestas de Moodle

CONSTANCIA

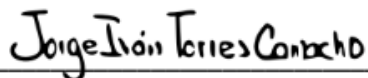
La administración de la plataforma institucional Moodle de la Universidad Industrial de Santander deja constancia de que:

El día diecisiete (17) de diciembre de dos mil veinticinco (2025) se presentó un incidente técnico de carácter excepcional e imprevisto en el módulo de encuestas de la plataforma Moodle, situación que fue ajena al funcionamiento ordinario del sistema y que impactó la disponibilidad y recuperación de la información asociada a determinadas encuestas diligenciadas con anterioridad a dicha fecha.

Como consecuencia directa de este evento, no fue posible la recuperación de los registros correspondientes, razón por la cual la información mencionada no se encuentra disponible para efectos de consulta, análisis o uso posterior.

La presente constancia se expide a solicitud del interesado, con el fin de que sea utilizada como soporte dentro de su proceso académico y para los fines que estime pertinentes.

Se expide en Bucaramanga, a los 16 días del mes de enero de 2026.



Jorge Iván Torres Camacho
Administrador plataforma institucional Moodle
Universidad Industrial de Santander

Apéndice B. Vinculación de material interactivo entre Genially y Moodle

Para insertar la imagen interactiva del banner dentro de la plataforma Moodle, se añadió el contenido desde Genially. Para ello, primero se debe abrir la presentación en Genially y seleccionar la opción “Compartir”, como se muestra en la Figura B1. Luego, se elige la opción “Insertar”, donde aparece el código HTML que se debe copiar, tal como se observa en la Figura B2.

Figura B1

Paso 1, Inserción del banner en Moodle.

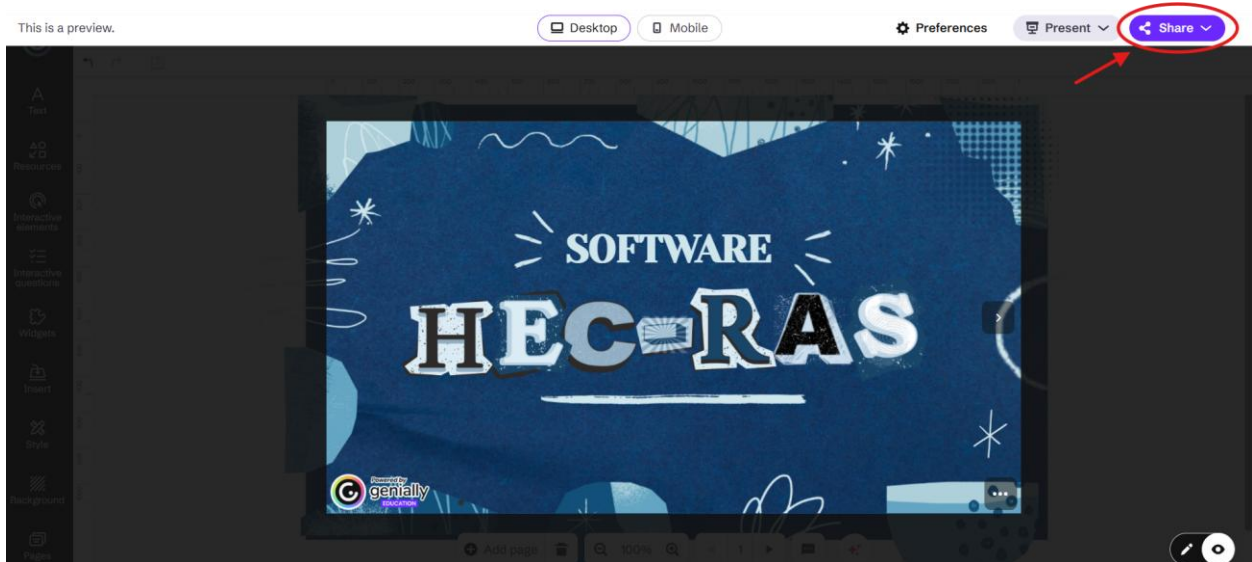
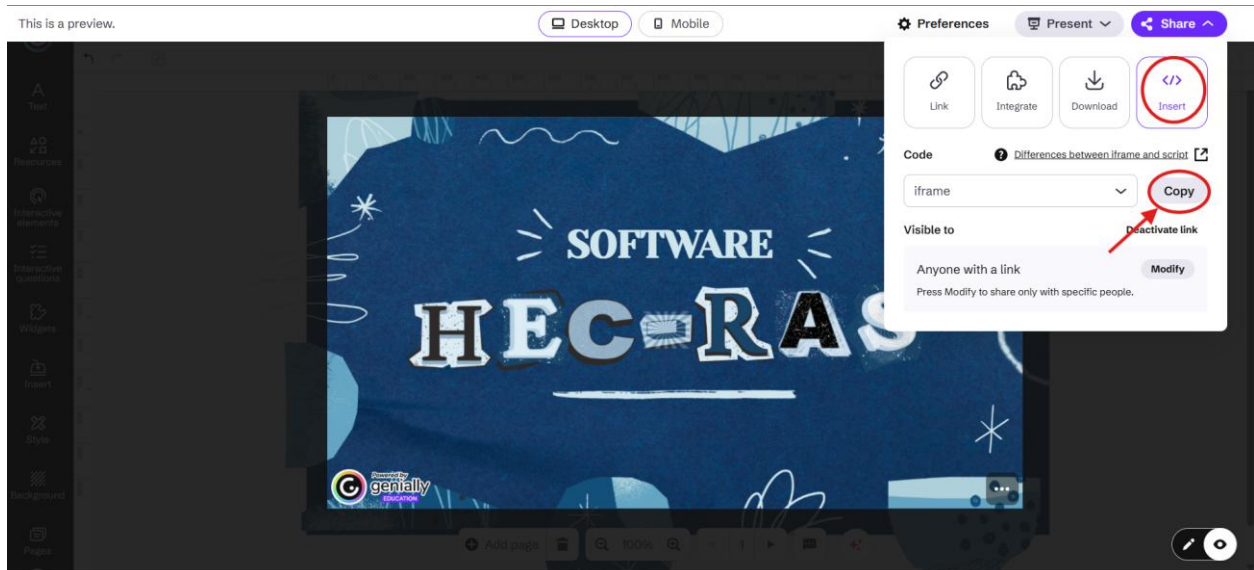


Figura B2

Paso 2, Inserción del banner en Moodle.



Una vez copiado el código, se ingresa a Moodle y se ubica la pestaña o sección en la que se desea incluir la presentación interactiva. Con la edición activada, en el editor de texto se debe activar el modo HTML, identificado por el icono $\langle \rangle$, y pegar el código previamente copiado desde Genially, después se guardan los cambios, como se aprecia en la Figura B3.

Figura B3

Paso 3, Inserción del banner en Moodle.

The screenshot shows the Moodle 'Editar ajustes de sección' (Edit section settings) interface. The 'General' tab is active, and the section name is 'HEC-RAS'. The text description field is in source code mode, showing the following HTML code:

```

1 <p dir="ltr" style="text-align: left;"><br></p>
2 <div style="width: 100%;">
3   <div style="position: relative; padding-bottom: 56.25%; padding-top: 0; height: 0;"><iframe title="SOFTWARE" frameborder="0" width="1920.00000000000005"
4     height="1080" style="position: absolute; top: 0; left: 0; width: 100%; height: 100%;" src="https://view.genially.com/689b74f0b7a1280db986d6c9" type="text/html"
5     allowscriptaccess="always" allowfullscreen="true" scrolling="yes" allownetworking="all"></iframe> </div>
6 </div>
7 <p></p>

```

Red annotations in the image indicate:

- 1**: A red box highlights the user profile and navigation icons in the top right corner of the Moodle header.
- 2**: A red circle highlights the HTML source code icon ($\langle \rangle$) in the text editor toolbar.
- 3**: A red bracket highlights the HTML code area in the text editor.
- 4**: A red circle highlights the 'Guardar cambios' (Save changes) button at the bottom of the settings form.

Finalmente, la imagen interactiva quedará integrada dentro del AVA y será visible para los estudiantes directamente en la sección correspondiente, como se observa en la Figura B4 y Figura B5.

Figura B4

Paso 4, Inserción del banner en Moodle.



Figura B5

Paso 4, Inserción del banner en Moodle.

An infographic titled "MODELACIÓN HIDRÁULICA CON HEC-RAS" in a white box at the top right. On the left, the question "¿QUÉ ES HEC-RAS?" is written in a stylized font. Below it, a paragraph describes HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) and its capabilities. On the right, four blue boxes with white arrows pointing left list the software's features: "FACILITA EL CÁLCULO DE PERFILES DE FLUJO", "SIMULACIÓN DE INUNDACIONES", "MODELACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICA", and "DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS". At the bottom, a call to action reads "¡PREPÁRATE PARA CONVERTIRTE EN UN EXPERTO EN MODELACIÓN HIDRÁULICA CON HEC-RAS!". The background is dark blue with white and light blue abstract shapes. A logo for "Powered by genially EDUCATION" is in the bottom left corner.

Apéndice C. Resultados taller de profundización 1

En este apéndice se presenta un ejemplo del taller de profundización desarrollado como parte del módulo, junto con algunas respuestas representativas de los estudiantes. El propósito de este taller fue fortalecer la comprensión conceptual de los estudiantes sobre el comportamiento hidráulico del flujo en función de la geometría y el material de revestimiento de los canales.

El taller estuvo compuesto por preguntas abiertas que requerían la consulta de fuentes bibliográficas, la comparación de escenarios hidráulicos y la argumentación técnica de las respuestas. Este se contextualizó en una zona agrícola con problemas de encharcamiento durante la temporada de lluvias, en la cual se planteó la necesidad de diseñar un canal de drenaje para la evacuación de aguas hacia un afluente cercano. A partir de este escenario, se propusieron dos alternativas de sección hidráulica: un canal trapezoidal revestido en material flexible y un canal rectangular en concreto reforzado, como se muestra en la Figura C1.

Figura C1
Taller de profundización.

**ANÁLISIS HIDRÁULICO
RETO DE PROFUNDIZACIÓN
GEOMETRÍA DE CANALES REGULARES E IRREGULARES**

En una zona agrícola con problemas de encharcamiento durante la temporada de lluvias, la administración local busca construir un canal de drenaje que permita evacuar las aguas hacia un afluente cercano. Para ello, se están evaluando dos alternativas de sección: un canal trapezoidal revestido en material flexible y un canal rectangular en concreto reforzado.

El análisis comparativo entre ambos canales busca identificar cómo las diferencias geométricas influyen en el comportamiento hidráulico del flujo. Esta actividad busca analizar el comportamiento del flujo, generando criterios prácticos que apoyen el diseño y la toma de decisiones en proyectos de conducción y drenaje.

RETOS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué alternativa ofrece mayor seguridad y sostenibilidad frente a crecientes asociadas a lluvias intensas en la región? ¿Por qué?
2. ¿De qué manera el tipo de material de revestimiento afecta el coeficiente de Manning y, a su vez, la velocidad y eficiencia del flujo en canales hidráulicos?

EL REVESTIMIENTO ADECUADO OPTIMIZA EL FLUJO Y FACILITA SU MANEJO.

En el desarrollo del taller se recopilaron respuestas de los estudiantes que permiten identificar el análisis realizado sobre la influencia de las diferencias geométricas y del material de revestimiento en variables hidráulicas como la velocidad del flujo, la eficiencia hidráulica y la seguridad frente a crecientes. Estas respuestas reflejan la consulta de fuentes bibliográficas y la argumentación técnica empleada para sustentar sus planteamientos, como se muestra en las Figuras C2, C3 y C4.

Figura C2

Respuesta grupo 1.

1. ¿Qué alternativa ofrece mayor seguridad y sostenibilidad frente a crecientes asociadas a lluvias intensas en la región? ¿Por qué

Una buena opción sería el canal revestido en concreto, su rugosidad contribuye al manejo de la velocidad y a su vez es resistente a la erosión y puede contribuir a la socavación, además su resistencia permite menos costos de mantenimiento periódicos, se podría sugerir un cambio de sección para aprovechar un poco más la geometría, por ejemplo una trapezoidal y elevar los bordes libres para dar más seguridad en cuanto a las crecientes pero la sección rectangular puede llegar a cumplir su función.

Figura C3

Respuesta grupo 2.

1. ¿Qué alternativa ofrece mayor seguridad y sostenibilidad frente a crecientes asociadas a lluvias intensas en la región? ¿Por qué?

El canal trapezoidal flexible representa la solución más robusta, económica y ambientalmente sostenible para condiciones de encharcamiento recurrente y crecientes impredecibles.

Razones principales:

Seguridad ante crecientes: La geometría trapezoidal actúa como "reservorio de emergencia" temporal, absorbiendo picos de caudal sin desbordamiento inmediato.

Sostenibilidad económica: Menores costos de construcción, mantenimiento y reparación a largo plazo.

Resiliencia estructural: En zonas agrícolas con suelos potencialmente expansivos o con asentamientos, la flexibilidad es crucial para evitar fallas.

Figura C4

Respuesta grupo 3.

1. ¿Qué alternativa ofrece mayor seguridad y sostenibilidad frente a crecientes asociadas a lluvias intensas en la región? ¿Por qué?

la alternativa más segura y sostenible frente a crecientes intensas suele ser el canal trapezoidal con revestimiento flexible. Este tipo de sección permite manejar mejor los caudales variables y adaptarse a las condiciones naturales del terreno.

El canal trapezoidal ofrece una mayor capacidad hidráulica ante aumentos imprevistos de caudal, ya que sus taludes permiten que el agua se desborde de forma controlada sin generar daños estructurales significativos. Además, los revestimientos flexibles, como geotextiles o vegetación reforzada, se adaptan a asentamientos diferenciales y reducen el riesgo de fisuras o fallas localizadas.

Desde el punto de vista ambiental, esta alternativa también favorece la infiltración lateral, la recarga de acuíferos y la retención de sedimentos y nutrientes, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema agrícola. En cambio, los canales rectangulares de concreto, aunque más eficientes hidráulicamente, tienden a generar velocidades más altas, lo que incrementa el riesgo de erosión aguas abajo y requiere obras complementarias de disipación de energía.

Por ende, el canal trapezoidal revestido con materiales flexibles resulta más apropiado en términos de seguridad hidráulica, resiliencia ante eventos extremos y sostenibilidad ambiental.

Apéndice D. Guías de talleres de profundización

En este apéndice se presenta el material gráfico correspondiente a los talleres de profundización desarrollados en el curso de HEC-RAS. Este incluye las imágenes asociadas a los talleres realizados por los grupos pares e impares, identificados como Taller A y Taller B, respectivamente.

Este material gráfico complementa el contenido desarrollado en el cuerpo del documento, permitiendo visualizar el planteamiento de cada taller con el fin de evidenciar de manera organizada los enunciados de los talleres y facilitar la identificación de las instrucciones asociadas a cada ejercicio propuesto.

Figura D1

Taller 1 A (Grupo Par).

**ANÁLISIS HIDRÁULICO
RETO DE PROFUNDIZACIÓN
GEOMETRÍA DE CANALES REGULARES E IRREGULARES**

Durante una práctica de campo se levantó información topográfica de dos tipos de cauces: un canal natural con márgenes irregulares, propio de un entorno fluvial que ha evolucionado de manera espontánea con la dinámica del río; y un canal artificial revestido con sección trapezoidal, diseñado y construido para conducir agua bajo condiciones más controladas.

El análisis comparativo entre ambos busca identificar cómo las diferencias geométricas influyen en el comportamiento hidráulico del flujo. Esta actividad permite comprender la relación entre la forma del cauce, la eficiencia hidráulica y la seguridad del sistema de conducción, aportando criterios útiles para el diseño y la gestión de infraestructuras hidráulicas.

RETOS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué diferencias hidráulicas existen entre un canal regular y uno irregular en términos de comportamiento hidráulico?
2. ¿Qué ventajas y desventajas ofrecen los canales naturales frente a los artificiales desde la perspectiva del diseño hidráulico?

LA COMPARACIÓN ENTRE CAUCES ENSEÑA QUE CADA GEOMETRÍA RESPONDE DE MANERA DISTINTA A LA DINÁMICA DEL AGUA.

Figura D2
Taller 1 B (Grupo Impar).

ANÁLISIS HIDRÁULICO
RETO DE PROFUNDIZACIÓN
GEOMETRÍA DE CANALES REGULARES E IRREGULARES

En una zona agrícola con problemas de encharcamiento durante la temporada de lluvias, la administración local busca construir un canal de drenaje que permita evacuar las aguas hacia un afluente cercano. Para ello, se están evaluando dos alternativas de sección: un canal trapezoidal revestido en material flexible y un canal rectangular en concreto reforzado.

El análisis comparativo entre ambos canales busca identificar cómo las diferencias geométricas influyen en el comportamiento hidráulico del flujo. Esta actividad busca analizar el comportamiento del flujo, generando criterios prácticos que apoyen el diseño y la toma de decisiones en proyectos de conducción y drenaje.

RETOS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué alternativa ofrece mayor seguridad y sostenibilidad frente a crecientes asociadas a lluvias intensas en la región? ¿Por qué?
2. ¿De qué manera el tipo de material de revestimiento afecta el coeficiente de Manning y, a su vez, la velocidad y eficiencia del flujo en canales hidráulicos?

EL REVESTIMIENTO ADECUADO OPTIMIZA EL FLUJO Y FACILITA SU MANEJO.

Figura D3
Taller 2 A (Grupo Par).

ANÁLISIS HIDRÁULICO
RETO DE PROFUNDIZACIÓN
ESTUDIO DE FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE

Una creciente súbita en un río de montaña, con pendientes pronunciadas y un cauce estrecho, provocó variaciones rápidas en el caudal y la velocidad del flujo. Este evento evidencia cómo la creciente provocó cambios bruscos en el caudal y la distribución del agua a lo largo del río de montaña, afectando la dinámica hidráulica del cauce.

La misión de esta actividad es investigar y comparar estos regímenes de flujo, identificando diferencias clave y limitaciones de basarse únicamente en el flujo permanente, con el fin de generar criterios prácticos que apoyen el diseño, la gestión y la toma de decisiones en proyectos de conducción y drenaje.

RETOS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las principales diferencias entre los resultados del comportamiento hidráulico de flujo permanente y no permanente?
2. ¿Qué limitaciones implica considerar únicamente el flujo permanente al evaluar riesgos de inundación?

ANALIZAR FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE ES CLAVE PARA REDUCIR RIESGOS DE INUNDACIÓN.

Figura D4

Taller 2 B (Grupo Impar).

ANÁLISIS HIDRÁULICO
RETO DE PROFUNDIZACIÓN

ESTUDIO DE FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE

Se analiza un canal agrícola que transporta agua de riego a lo largo de un terreno con pendientes variables. Durante su operación, el flujo del agua puede presentar condiciones estables o cambios transitorios debido a variaciones en la aportación de agua o eventos climáticos.

La misión de esta actividad es investigar y comparar ambos regímenes de flujo para identificar cómo las diferencias en caudal, velocidad y distribución del agua afectan la eficiencia hidráulica del canal, el riesgo de erosión y la gestión del recurso hídrico.

RETOS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué diferencias se observan en los niveles de agua y velocidades en los tramos del canal agrícola bajo flujo permanente y no permanente?
2. ¿Qué efectos de erosión, sedimentación o alteraciones en la eficiencia del riego pueden surgir si se evaluara únicamente el flujo permanente?

COMPARAR AMBOS FLUJOS MEJORA LA EFICIENCIA DEL CANAL.

Apéndice E. Guía instalación del software

En este apéndice se presenta el material gráfico correspondiente a la guía de descarga e instalación del software HEC-RAS. Este incluye las imágenes asociadas al proceso de obtención del programa desde su página oficial, así como las etapas básicas de instalación y ejecución.

El material gráfico complementa el contenido desarrollado en el cuerpo del documento, permitiendo visualizar de manera ordenada las instrucciones relacionadas con la descarga, selección de la versión adecuada y ejecución del instalador, con el fin de facilitar la correcta instalación del software.

Figura E1

Guía paso a paso instalación de HEC-RAS pág.1.



Figura E2

Guía paso a paso instalación de HEC-RAS pág.2.



Apéndice F. Guía de recomendaciones inicio HEC-RAS

En este apéndice se presenta el contenido visual asociado a las recomendaciones iniciales para el uso del software HEC-RAS. El contenido incluye las imágenes que ilustran las configuraciones preliminares y consideraciones básicas que deben tenerse en cuenta antes de iniciar un proyecto de modelación hidráulica.

Este contenido complementa el cuerpo principal del documento y permite identificar de manera clara las indicaciones relacionadas con la preparación del entorno de trabajo, la organización de archivos, la definición de unidades de modelación y las prácticas básicas para el manejo y respaldo de la información.

Figura F1

Guía de recomendaciones.

RECOMENDACIONES INICIO HEC-RAS

El uso eficaz de HEC-RAS requiere complementar el manejo del software con protocolos que garanticen integridad de datos, organización y configuración adecuada del entorno de trabajo.

EN ESTA GUÍA ENCONTRARÁS RECOMENDACIONES CLAVE PARA OPTIMIZAR EL PROCESO

AJUSTES TÉCNICOS

- Inicio → Panel de Control → Configuración Regional → Formato: English (United State) → Additional Settings → Números → Símbolo decimal “.” → Separador de lista “,” → Aplicar → Ok

PORTAFOLIO

- Options → Program Set Up → Default Project Folder → Buscar el Disco → Create/Select a Folder → Ok
- File → Save Project As

GUARDAR EN RUTAS CORTAS

UNIDADES DEL MODELO

- HEC-RAS → Options → Unit system (US Customary/SI) → System International (MetricSystem) → Ok
- SI NO SE REALIZO AL INICIO DEL PROYECTO**
- Options → Convert Project Units → US Customary to SI → Ok

RESPALDO PREVENTIVO

- HEC-RAS → Options → Program Setup
- Automatically Backup Data → Set Time for Automatic Backup
- RECOMENDACIÓN COLOCAR CADA 10 MINUTOS**

Apéndice G. Guía de interfaz y menús principales

En este apéndice se recopilan los elementos visuales relacionados con la interfaz del software HEC-RAS, donde se identifican sus menús principales, accesos rápidos e íconos de uso frecuente. Las imágenes incluidas permiten reconocer las herramientas empleadas para la edición de la geometría, la configuración de flujos, la ejecución de simulaciones y la consulta de resultados, facilitando la familiarización inicial con el entorno del programa.

Este contenido se incorpora como apoyo al documento principal, con el propósito de presentar de manera ordenada las instrucciones asociadas al uso de la interfaz y contribuir a una comprensión general de las funciones disponibles en el software.

Figura G1

Guía de interfaz del software pág.1.

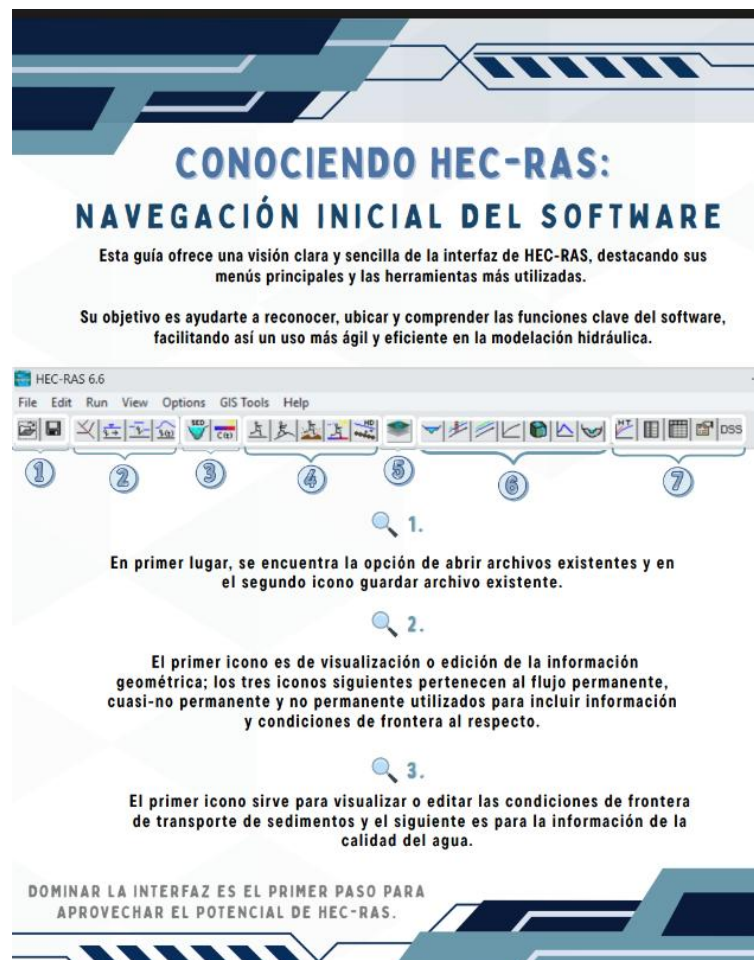
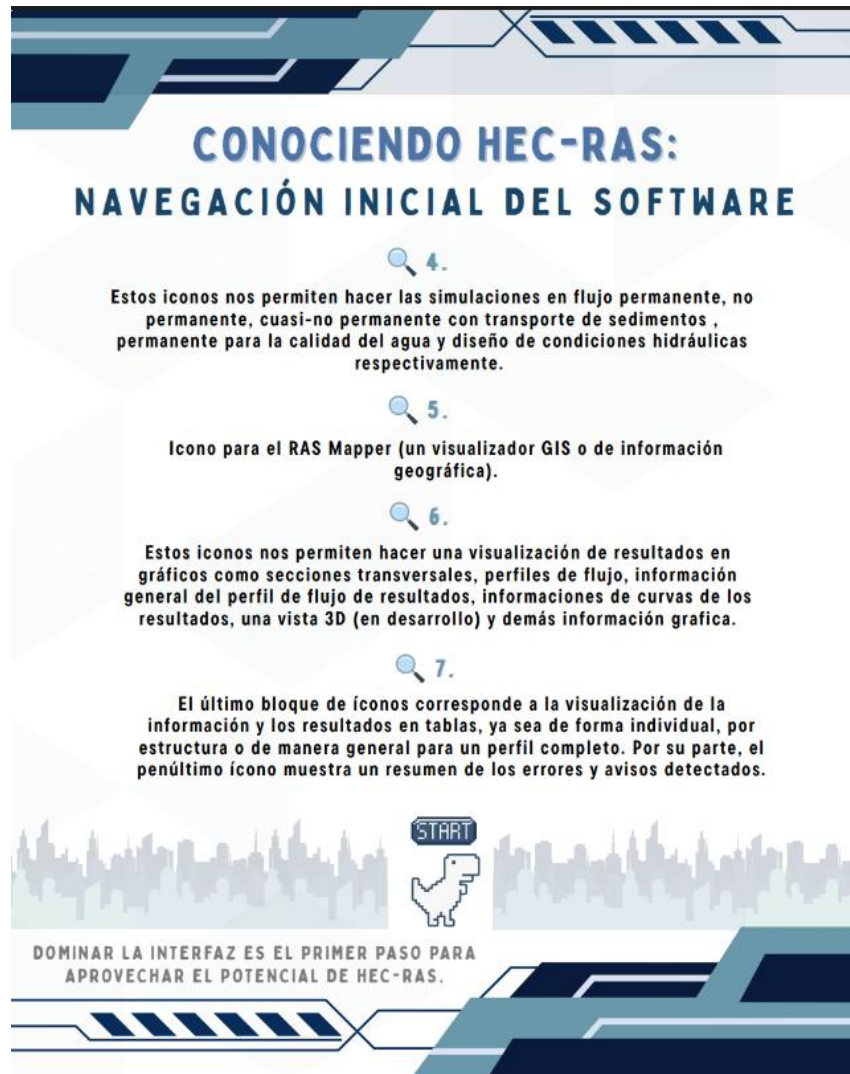


Figura G2*Guía de interfaz del software pág.2.*

Apéndice H. Guía de errores Comunes HEC-RAS

En este apéndice se presentan los elementos ilustrativos asociados a los errores más frecuentes que pueden surgir durante la modelación en HEC-RAS. El contenido visual muestra mensajes típicos del software vinculados con la definición de la geometría, las condiciones de frontera y los parámetros hidráulicos, acompañados de referencias que permiten comprender su significado general y las posibles causas de su aparición.

Este apartado complementa el contenido del documento, permitiendo identificar de forma clara los avisos y errores recurrentes del programa, así como las instrucciones generales relacionadas con su interpretación durante el proceso de modelación.

Figura H1

Guía de errores comunes del software pág.1.

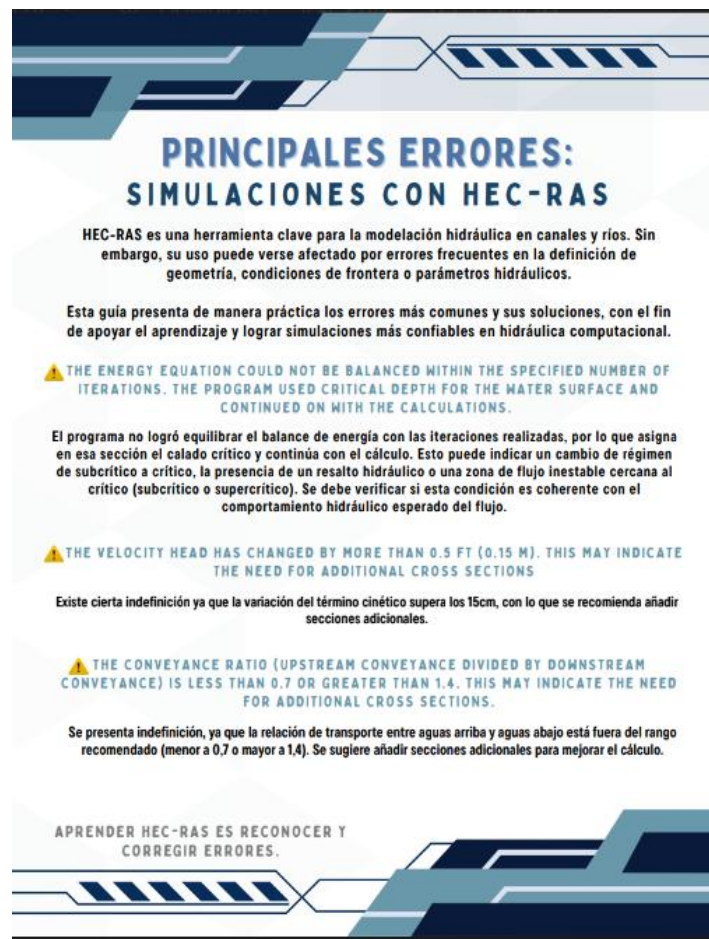


Figura H2

Guía de errores comunes del software pág.2.

⚠ THE ENERGY LOSS WAS GREATER THAN 1.0 FT (0.3 M) BETWEEN THE CURRENT AND PREVIOUS CROSS SECTION. THIS MAY INDICATE THE NEED FOR ADDITIONAL CROSS SECTIONS.

Se detecta indefinición debido a una pérdida de energía entre secciones consecutivas superior a 30 cm. Se recomienda añadir secciones adicionales para mejorar la precisión del cálculo.

⚠ DIVIDED FLOW COMPUTED FOR THIS SECTION.

En esa sección aparecerá más de una sección de agua. Habrá que comprobar que esta situación es posible. Si no lo es se deberá plantear la inclusión de diques o levees.

⚠ THE ENERGY EQUATION COULD NOT BE BALANCED WITHIN THE SPECIFIED NUMBER OF ITERATIONS. THE PROGRAM SELECTED THE WATER SURFACE THAT HAD THE LEAST AMOUNT OF ERROR BETWEEN COMPUTED AND ASSUMED VALUES.

El programa no logra cerrar el balance de energía con las iteraciones realizadas, por lo que selecciona la lámina de agua con el menor error entre la estimada y la calculada. Este aviso suele indicar inestabilidad del flujo al encontrarse cerca del régimen crítico. Se debe comprobar si esta condición es coherente con el comportamiento hidráulico esperado.

⚠ DURING THE STANDARD STEP ITERATIONS, WHEN THE ASSUMED WATER SURFACE WAS SET EQUAL TO CRITICAL DEPTH, THE CALCULATED WATER SURFACE CAME BACK BELOW CRITICAL DEPTH. THIS INDICATES THAT THERE IS NOT A VALID SUBCRITICAL ANSWER. THE PROGRAM DEFAULTED TO CRITICAL DEPTH.

Durante el cálculo iterativo, al suponer el calado crítico, el resultado fue inferior a este, lo que impide una solución subcrítica en la sección. El programa asigna entonces el calado crítico. Esto suele indicar un cambio de régimen, un resalto hidráulico o inestabilidad del flujo cerca del régimen crítico. Se debe verificar si esta condición es coherente con el comportamiento hidráulico esperado.

⚠ SLOPE TOO STEEP FOR SLOPE AREA TO CONVERGE DURING SUPERCRITICAL FLOW CALCULATIONS (NORMAL DEPTH IS BELOW CRITICAL DEPTH). WATER SURFACE SET TO CRITICAL DEPTH.

La pendiente del tramo es demasiado alta para que el cálculo converja a un flujo supercrítico, por lo que el programa fija el calado crítico. Para solucionarlo, se recomienda extender el tramo aguas abajo o definir otra condición de contorno (como una cota de calado).

APRENDER HEC-RAS ES RECONOCER Y CORREGIR ERRORES.

Figura H3

Guía de errores comunes del software pág.3.

**NOTAS PRINCIPALES:
SIMULACIONES CON HEC-RAS**

⚠ MULTIPLE CRITICAL DEPTHS WERE FOUND AT THIS LOCATION. THE CRITICAL DEPTH WITH THE LOWEST VALID WATER SURFACE WAS USED.
El cálculo en la sección ofrecía múltiples resultados de calado crítico, pero el programa ha escogido el correspondiente a la lámina de agua válida más baja.

⚠ PROGRAM FOUND SUPERCRITICAL FLOW STARTING AT THIS CROSS SECTION.
En esta sección se inicia flujo en régimen supercrítico.

⚠ HYDRAULIC JUMP HAS OCCURRED BETWEEN THIS CROSS SECTION AND THE PREVIOUS UPSTREAM SECTION.
Se ha producido un resalto hidráulico entre esta sección y la inmediatamente superior aguas arriba.

APRENDER HEC-RAS ES RECONOCER Y CORREGIR ERRORES.

Apéndice I. Guía actividad 1.A.1 geometría básica: Canal regular

En este apéndice se incluyen los recursos visuales correspondientes a la instrucción de la construcción de la geometría básica de un canal regular en HEC-RAS. Las imágenes muestran las indicaciones generales de definición de un canal trapezoidal a partir de coordenadas y cotas establecidas, así como la asignación de coeficientes de rugosidad de acuerdo con el material de cada zona, como base para el inicio del modelado hidráulico.

Este material se presenta como complemento al cuerpo del documento, con el fin de organizar y respaldar las instrucciones relacionadas con la elaboración y configuración inicial de la geometría en el software.

Figura I1
Guía actividad 1.A.1 (Par) pág.1.

GEOMETRÍA EN ACCIÓN: PARÁMETROS

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
B	10	m
Bv	20	m
y_m	3	m
z₁	1	-
z₂	0.5	-
y_i	5	m
T₁	16	m
T₂	22	m

Elaborar en el software HEC-RAS la geometría básica correspondiente a un canal regular, utilizando como referencia los parámetros presentados.

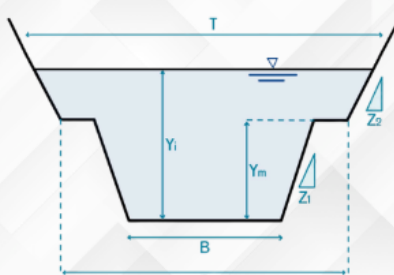


Figura 1. Esquema Canal A.

Tabla 1. Geometría Canal A.

UN BUEN MODELO COMIENZA CON UNA GEOMETRÍA BIEN DEFINIDA.

Figura I2

Guía actividad 1.A.1 (Par) pág.2.

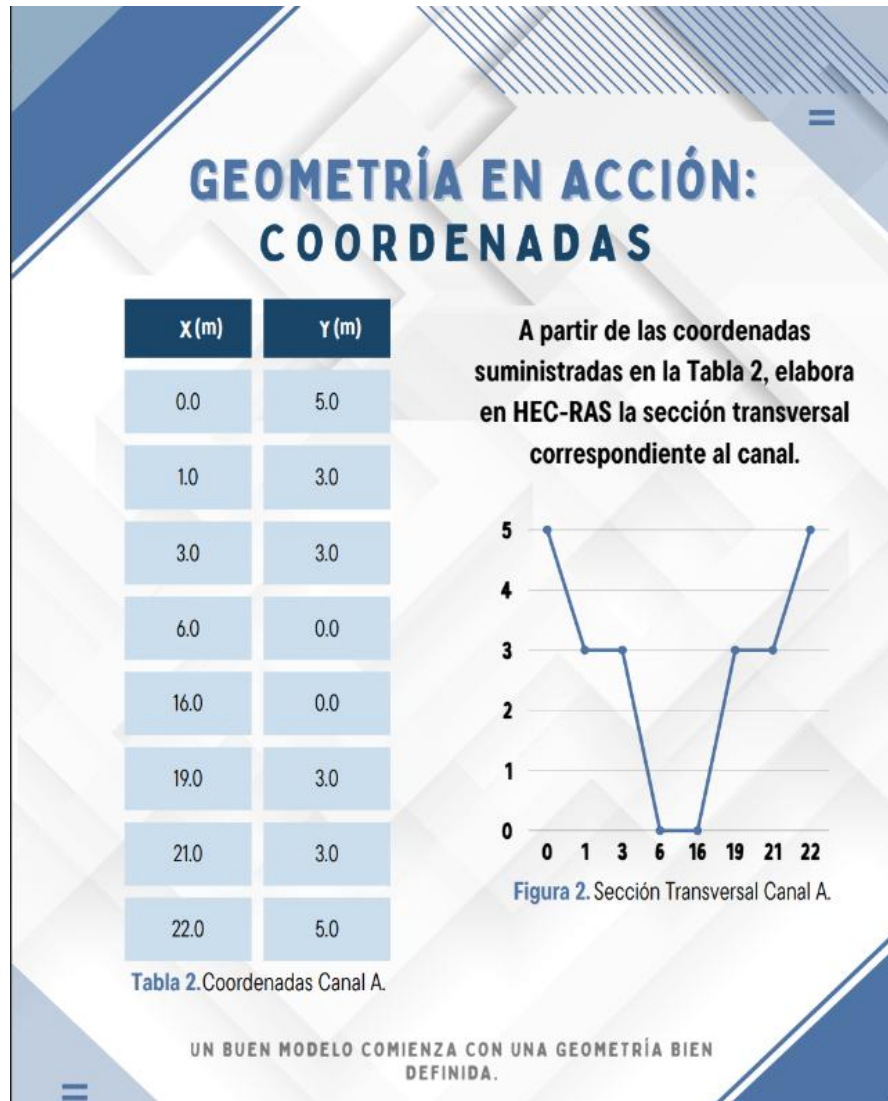


Figura I3

Guía actividad 1.A.1 (Par) pág.3.

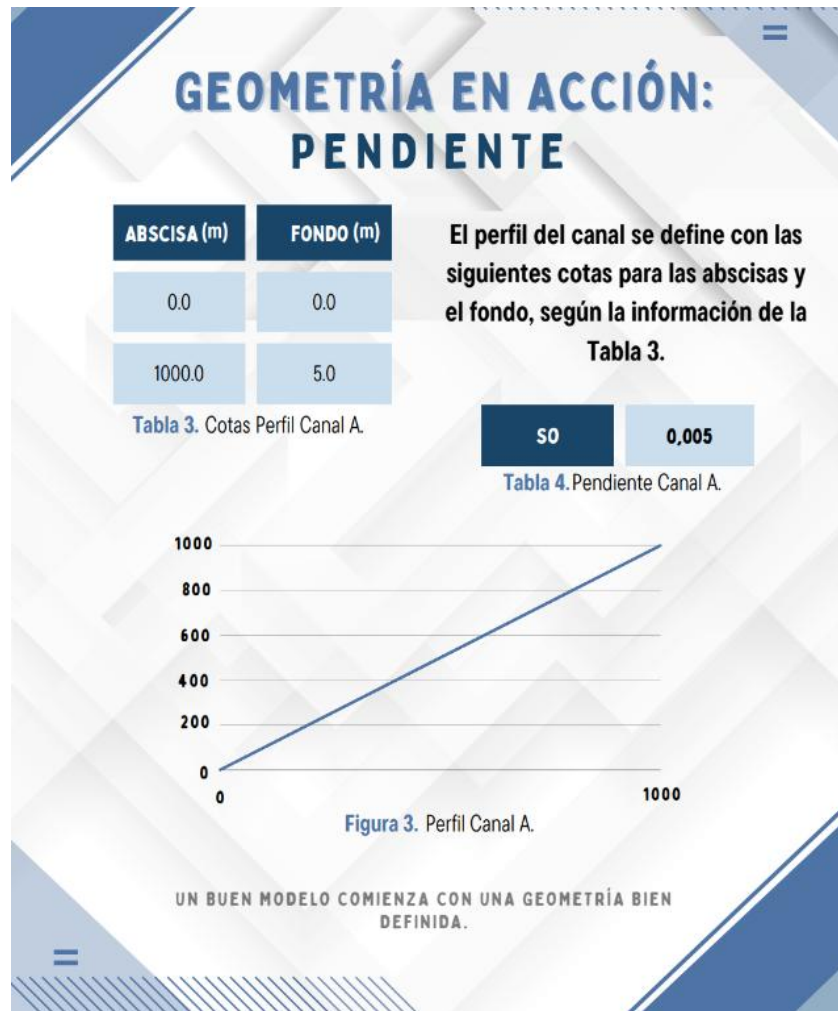


Figura I4

Guía actividad 1.A.1 (Par) pág.4.

GEOMETRÍA EN ACCIÓN: COEFICIENTE DE MANNING

Para el canal regular revestido en concreto, asigne los valores del coeficiente de Manning (n) considerando el material de cada zona:

Consultar Manual de Referencia HEC-RAS

MATERIAL CANAL	
BANCA DERECHA Y IZQUIERDA	CANAL PRINCIPAL
Escombros secos o ripio	Revestido en concreto fondo terminado en grava

Tabla 5. Material Canal A.

COEFICIENTE DE MANNING		
LOB	CHANNEL	ROB
0.033	0.017	0,033

Tabla 6. Valores Coeficiente de Manning.

UN BUEN MODELO COMIENZA CON UNA GEOMETRÍA BIEN DEFINIDA.

Apéndice J. Guía actividad 1.A.2 edición de secciones transversales

En este apéndice se presentan los elementos visuales relacionados con el cargue y la edición de la geometría de un canal regular y un canal natural en HEC-RAS. Las imágenes incluidas indican la creación, ajuste y modificación de secciones transversales, así como el diseño de un canal rectangular orientado al cálculo de volúmenes de corte y relleno en un tramo específico del canal regular.

Este contenido se integra como complemento al documento principal, permitiendo organizar de manera clara las instrucciones asociadas al uso de las herramientas de edición geométrica del software, y apoyando la comprensión del modelado del canal y del análisis de movimiento de tierras dentro del proceso de simulación hidráulica.

Figura J1

Guía actividad 1.A.2 (Par) pág.1.

**APLICACIÓN PRÁCTICA:
CONSTRUCCIÓN DE SECCIONES
TRANSVERSALES**

GEOMETRÍA 1: CANAL REGULAR

1.CARGUE DE GEOMETRÍA
Importe el archivo de la geometría del canal regular para trabajar en el modelo.

2.EDICIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES
Editar las secciones transversales correspondientes en el software.

GEOMETRÍA 2 : CANAL NATURAL

1.CARGUE DE GEOMETRÍA
Importe el archivo de la geometría del río para trabajar en el modelo.

2.CREACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES
Creación de las secciones transversales correspondientes en el software.

SECCIONES TRANSVERSALES	
DISTANCIA ENTRE SECCIONES [m]	ANCHO DE SECCIONES [m]
50	100

Tabla 1. Distribución de Secciones Transversales.

CADA SECCIÓN TRANSVERSAL APROXIMA EL MODELO AL COMPORTAMIENTO REAL DEL CANAL.

Figura J2

Guía actividad 1.A.2 (Par) pág.2.

**APLICACIÓN PRÁCTICA:
CÁLCULO DE VOLÚMENES**

GEOMETRÍA 1: CANAL REGULAR

1. CARGUE DE GEOMETRÍA
 Importe el archivo de la geometría del canal regular para trabajar en el modelo.

2. CREACIÓN DEL CANAL RECTANGULAR
 Realice el diseño de un canal rectangular con las especificaciones de la Tabla 2.

NOTA: Diseñar desde la sección 500 a la sección 600.

DISEÑO CANAL RECTANGULAR	
ANCHO [m]	ELEVACIÓN [m]
10	2

Tabla 2. Dimensiones Canal A.

3. CREACIÓN DEL CANAL RECTANGULAR
 Realice el cálculo de los volúmenes de corte y relleno para el diseño propuesto.

LA CUBICACIÓN DE CORTE Y RELLENO VINCULA LA
HIDRÁULICA CON LA INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN.

Apéndice K. Guía actividad 2.A cargue de información topográfica

En este apéndice se presentan los elementos visuales asociados al cargue de información topográfica en HEC-RAS mediante el uso de RAS Mapper. Las imágenes incluidas ilustran el procedimiento para generar la geometría de un río a partir de un archivo raster, abarcando la definición del sistema de coordenadas, la incorporación del modelo digital de elevación (DEM), la delimitación de un tramo aproximado de 1.000 m y la asignación de coeficientes de rugosidad de acuerdo con las características del cauce.

Este contenido se incorpora como apoyo al documento principal, con el fin de organizar y respaldar las instrucciones relacionadas con la construcción de la geometría de un canal natural a partir de información topográfica georreferenciada, facilitando la correcta representación espacial y la adecuada definición de la rugosidad hidráulica del río.

Figura K1

Guía actividad 2.A (Par) pág.1.



**DE LA TOPOGRAFÍA AL MODELO:
GEOMETRÍA FLUVIAL**

La geometría del río será generada a partir de un archivo RASTER en el Software HEC-RAS.

NOTA: El tramo del río debe medir aproximadamente 1000 [m].

RAS MAPPER. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS:
 Seleccione el archivo "GAUSS_BTA_MAGNA.prj" para establecer el sistema de proyección geográfica de su proyecto.

GENERACIÓN DE CAPA RAS (RAS LAYER). CARGAR EL ARCHIVO TOPOGRÁFICO.
 Importe el archivo "DEM_PAR.tif" durante el procedimiento de creación de la capa RAS.

Figura 1. RASTER tramo A.

CADA COORDENADA REPRESENTA UN PASO HACIA UN ANÁLISIS MÁS PRECISO.

Figura K2
 Guía actividad 2.A (Par) pág.2.



Apéndice L. Guía actividad 3.A.1 flujo permanente

En este apéndice se reúnen los elementos visuales asociados a la configuración y ejecución de un análisis de flujo permanente en un canal regular mediante el software HEC-RAS. Las imágenes incluidas muestran el proceso de cargue de la geometría, la definición de las condiciones de frontera y la asignación de caudales correspondientes a distintos periodos de retorno, utilizados para la simulación del comportamiento hidráulico del canal.

Este apartado se incorpora como complemento al documento principal, con el fin de presentar de manera organizada las instrucciones relacionadas con la simulación de flujo permanente y facilitar la interpretación de los perfiles hidráulicos obtenidos a partir de los caudales de diseño.

Figura L1

Guía actividad 3.A.1 (Par).

**SIMULACIÓN HIDRÁULICA 1D:
FLUJO PERMANENTE
GEOMETRÍA 1: CANAL REGULAR**

1. CARGUE DE GEOMETRÍA
Importe el archivo de la geometría del canal regular para trabajar en el modelo.

2. DEFINIR LAS CONDICIONES DE FRONTERA

- Asignar los caudales correspondientes a los 5 periodos de retorno.
- Definir las condiciones de flujo permanente para el canal.

TR [AÑOS]	PF	q [m ³ /s]	BC-AGUAS ARRIBA	BC-AGUAS ABAJO
2	TR_2	20.2	Profundidad Crítica	Prof. Conocida = 1.5 [m]
5	TR_5	42.5	Profundidad Crítica	Prof. Conocida = 2 [m]
10	TR_10	70.4	Profundidad Crítica	Prof. Conocida = 2.5 [m]
20	TR_20	120.3	Prof. Conocida = 4 [m]	Profundidad Crítica
50	TR_50	212.6	Prof. Conocida = 4 [m]	Profundidad Crítica

Tabla 1. Condiciones de Frontera Canal A.

EL FLUJO PERMANENTE PERMITE ENTENDER EL COMPORTAMIENTO ESTABLE DEL CANAL.

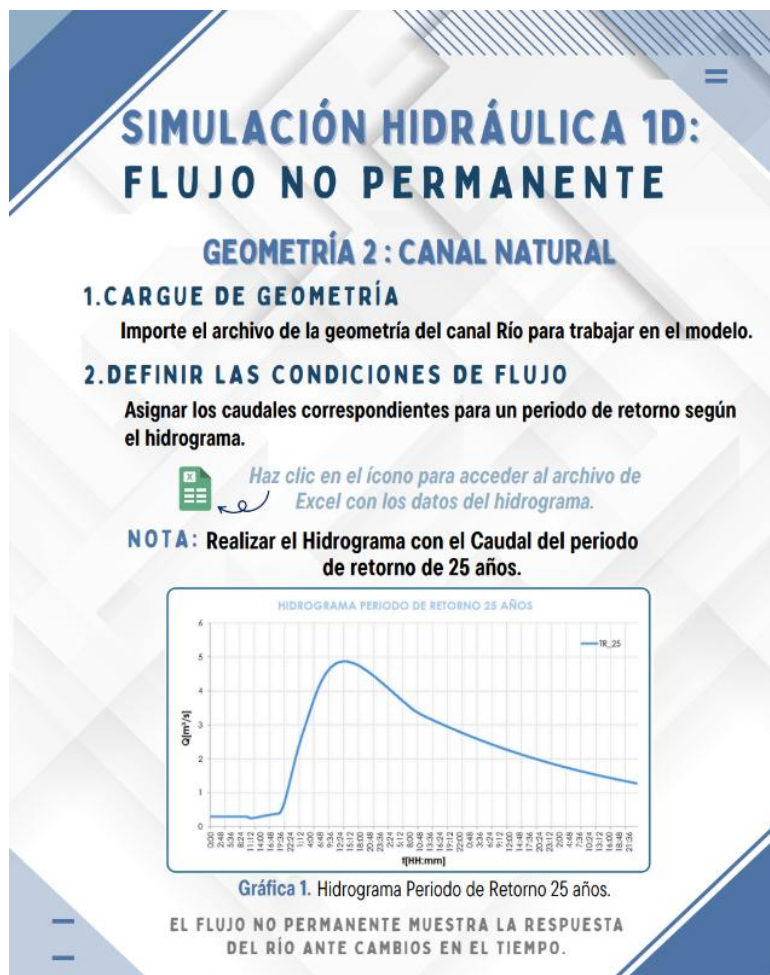
Apéndice M. Guía actividad 3.A.2 flujo no permanente

En este apéndice se presentan los elementos visuales relacionados con la configuración de un análisis de flujo no permanente en un canal natural mediante el uso de HEC-RAS. Las imágenes incluidas ilustran el cargue de la geometría del río y la definición de las condiciones de flujo a través de un hidrograma asociado a un periodo de retorno específico, como base para la simulación de eventos de creciente.

Este contenido se incorpora como complemento al documento principal, permitiendo organizar y respaldar las instrucciones vinculadas al análisis de la respuesta hidráulica del canal natural ante condiciones transitorias de caudal, y facilitando la comprensión del comportamiento del flujo durante un evento de creciente.

Figura L1

Guía actividad 3.A.2 (Par).



Apéndice N. Guía proyecto final

En este apéndice se presentan los elementos visuales asociados a la configuración y el análisis de un modelo hidráulico en HEC-RAS para un tramo de río. Las imágenes incluidas ilustran el uso de un modelo digital de elevación previamente procesado, la definición de condiciones de frontera bajo flujo permanente con distintos caudales de entrada y la generación de resultados hidráulicos mediante capas en RAS Mapper, perfiles de flujo, vistas tridimensionales, curvas de gasto y tablas resumen correspondientes a diferentes periodos de retorno.

Este contenido se incorpora como complemento al documento principal, permitiendo organizar de manera clara las instrucciones relacionadas con la evaluación del comportamiento hidráulico y el riesgo de inundación en un tramo de río, y facilitando la identificación de criterios técnicos orientados a la formulación de medidas de mitigación y recomendaciones de diseño y planificación territorial.

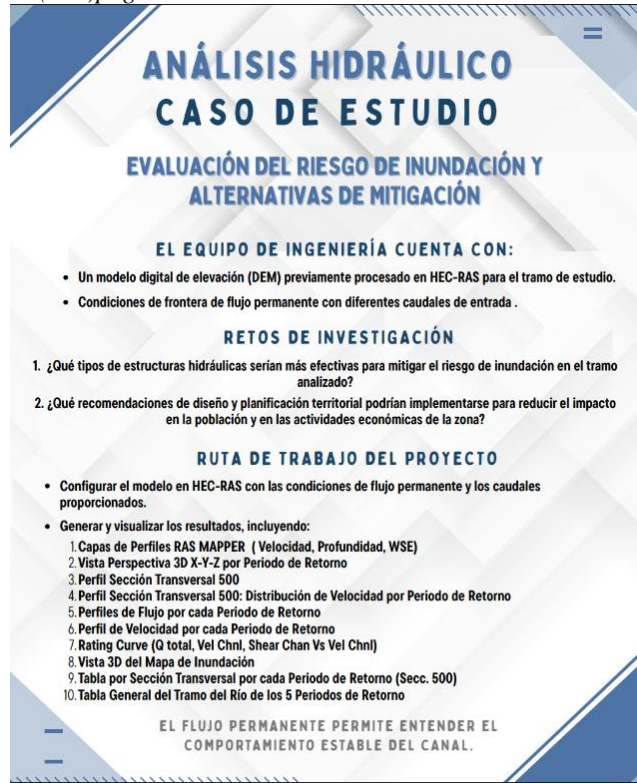
Figura N1

Guía proyecto final A (Par)pág.1.



Figura N2

Guía proyecto final A (Par)pág.2.



**ANÁLISIS HIDRÁULICO
CASO DE ESTUDIO**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN Y
ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN**

EL EQUIPO DE INGENIERÍA CUENTA CON:

- Un modelo digital de elevación (DEM) previamente procesado en HEC-RAS para el tramo de estudio.
- Condiciones de frontera de flujo permanente con diferentes caudales de entrada .

RETOS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué tipos de estructuras hidráulicas serían más efectivas para mitigar el riesgo de inundación en el tramo analizado?
2. ¿Qué recomendaciones de diseño y planificación territorial podrían implementarse para reducir el impacto en la población y en las actividades económicas de la zona?

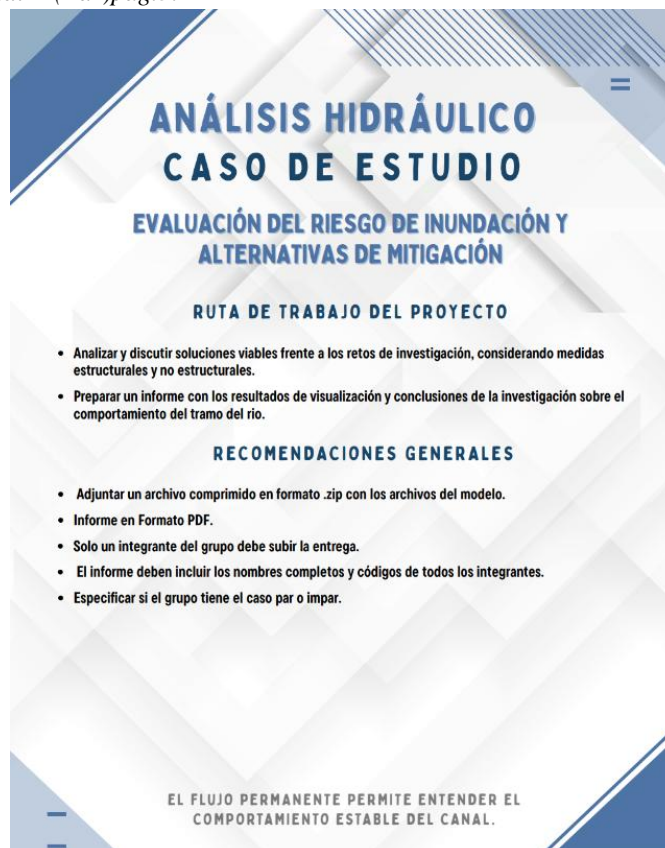
RUTA DE TRABAJO DEL PROYECTO

- Configurar el modelo en HEC-RAS con las condiciones de flujo permanente y los caudales proporcionados.
- Generar y visualizar los resultados, incluyendo:
 1. Capas de Perfiles RAS MAPPER (Velocidad, Profundidad, WSE)
 2. Vista Perspectiva 3D X-Y-Z por Periodo de Retorno
 3. Perfil Sección Transversal 500
 4. Perfil Sección Transversal 500: Distribución de Velocidad por Periodo de Retorno
 5. Perfiles de Flujo por cada Periodo de Retorno
 6. Perfil de Velocidad por cada Periodo de Retorno
 7. Rating Curve (Q total, Vel Chnl, Shear Chan Vs Vel Chnl)
 8. Vista 3D del Mapa de Inundación
 9. Tabla por Sección Transversal por cada Periodo de Retorno (Secc. 500)
 10. Tabla General del Tramo del Rio de los 5 Periodos de Retorno

**EL FLUJO PERMANENTE PERMITE ENTENDER EL
COMPORTAMIENTO ESTABLE DEL CANAL.**

Figura N3

Guía proyecto final A (Par)pág.3.



**ANÁLISIS HIDRÁULICO
CASO DE ESTUDIO**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN Y
ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN**

RUTA DE TRABAJO DEL PROYECTO

- Analizar y discutir soluciones viables frente a los retos de investigación, considerando medidas estructurales y no estructurales.
- Preparar un informe con los resultados de visualización y conclusiones de la investigación sobre el comportamiento del tramo del rio.

RECOMENDACIONES GENERALES

- Adjuntar un archivo comprimido en formato .zip con los archivos del modelo.
- Informe en Formato PDF.
- Solo un integrante del grupo debe subir la entrega.
- El informe deben incluir los nombres completos y códigos de todos los integrantes.
- Especificar si el grupo tiene el caso par o impar.

**EL FLUJO PERMANENTE PERMITE ENTENDER EL
COMPORTAMIENTO ESTABLE DEL CANAL.**

Figura N4

Guía proyecto final A (Par)pág.4.

**ANÁLISIS HIDRÁULICO
DINÁMICA FLUVIAL
GEOMETRÍA 2 : CANAL NATURAL**

1. CARGUE DE GEOMETRÍA
Importe el archivo de la geometría del canal natural para trabajar en el modelo.

2. DEFINIR LAS CONDICIONES DE FRONTERA

- Asignar los caudales correspondientes a los 5 periodos de retorno.
- Definir las condiciones de flujo permanente para el canal natural.

TR [AÑOS]	PF	Q [m ³ /s]	BC-AGUAS ARRIBA	BC-AGUAS ABAJO
2	TR_2	2.9	Prof. Conocida = 31 [m]	Profundidad Crítica
10	TR_10	8.3	Prof. Conocida = 31 [m]	Profundidad Crítica
20	TR_20	13.7	Prof. Conocida = 31 [m]	Profundidad Crítica
50	TR_50	30.4	Prof. Conocida = 31 [m]	Profundidad Crítica
100	TR_100	83.6	Prof. Conocida = 31 [m]	Profundidad Crítica

Tabla 1. Condiciones de Frontera Canal Natural.

LA INTEGRACIÓN DE TEORÍA Y PRÁCTICA EN HEC-RAS
FORTALECE LA TOMA DE DECISIONES EN INGENIERÍA
HIDRÁULICA.

Apéndice O. Simulación de un Canal Trapezoidal en HEC-RAS

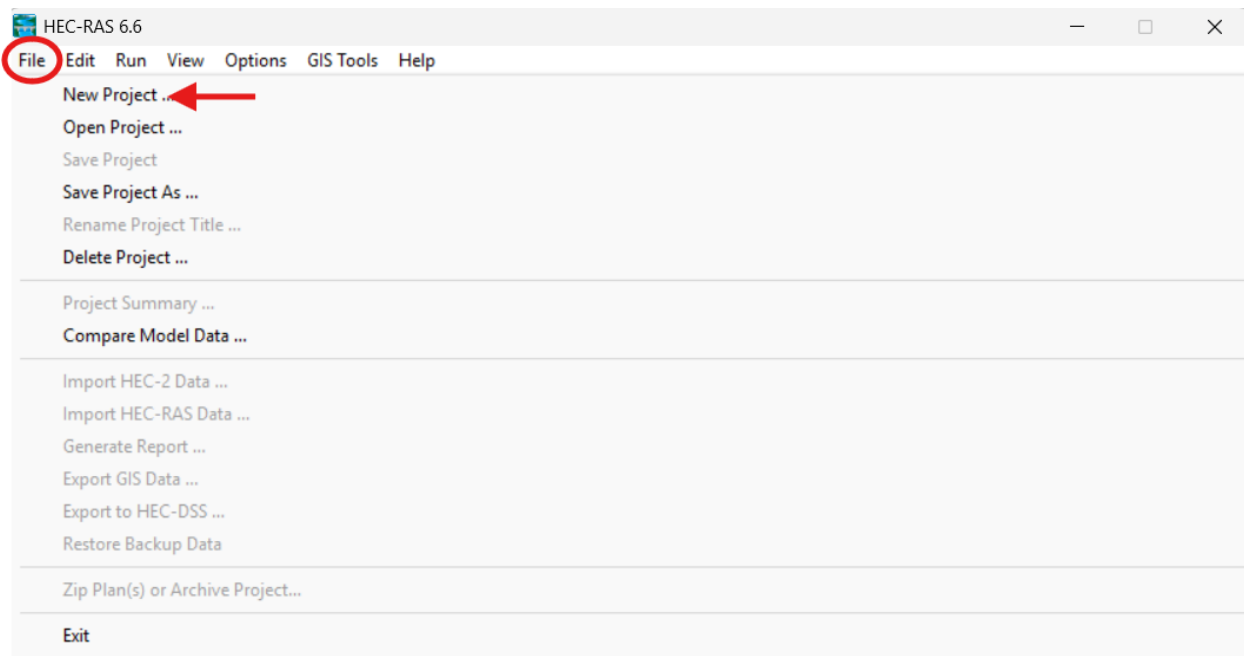
Para la actividad de modelación hidráulica básica, se desarrolló la simulación de un canal trapezoidal con un flujo permanente en HEC-RAS. El siguiente procedimiento describe paso a paso cómo se creó y ejecutó el modelo, desde la configuración inicial hasta la visualización de resultados.

Paso 1. Crear un nuevo proyecto en HEC-RAS

Se abrió el programa HEC-RAS y se seleccionó File → New Project y se asignó un nombre al proyecto y una carpeta de trabajo exclusiva para almacenar todos los archivos generados. Esto permitió mantener la organización adecuada de los datos del modelo y su buen funcionamiento de la simulación Figura O1.

Figura O1

Creación del proyecto en HEC-RAS.

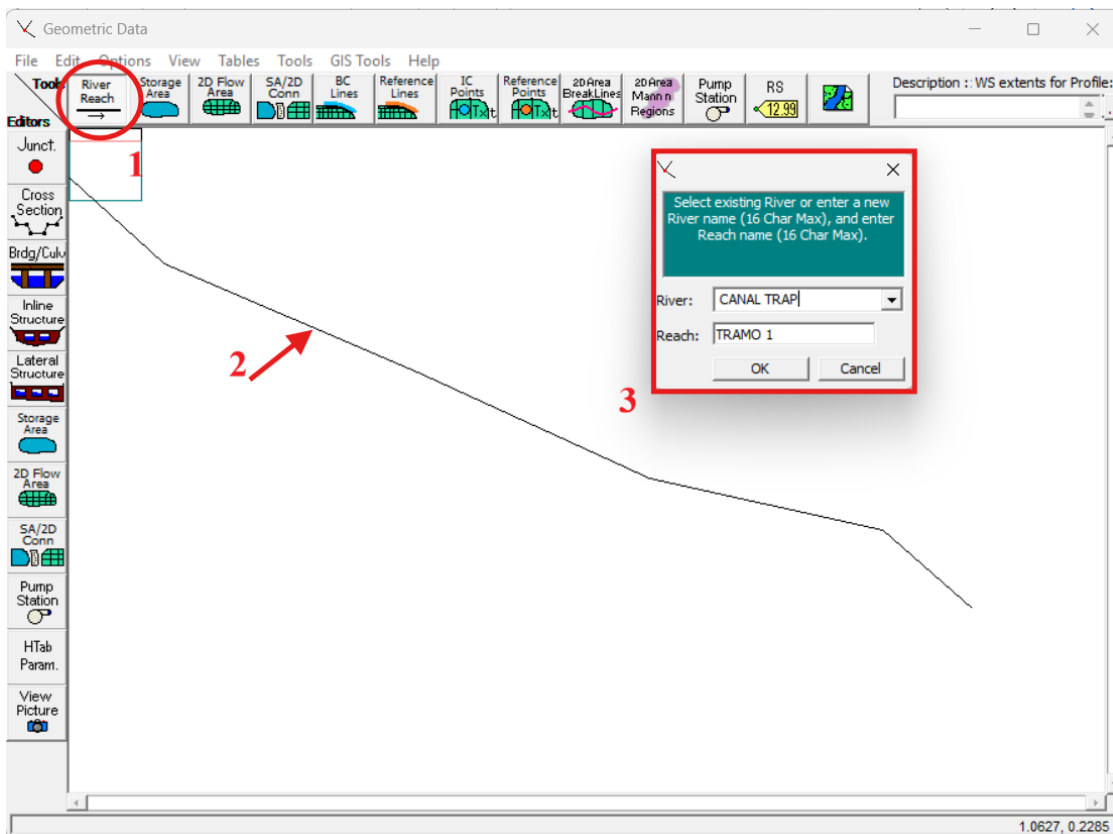


Paso 2. Ingresar la geometría del canal trapezoidal

Una vez creado el proyecto, se abrió el editor de geometría seleccionando Edit → Geometry Data, en esta ventana se realizó lo siguiente:

1. Se trazó el eje del canal mediante la herramienta de dibujo.
2. Se definió un River y un Reach para identificar el canal.

Figura O2
Trazado del tramo del canal.



3. Se insertó la sección transversal utilizando Cross Section → Options → Add a new cross section, (el programa pide definir la estación, se colocó la abscisa 0 aguas abajo, pues HEC-RAS realiza el modelado desde aguas abajo hacia aguas arriba) y en el editor de la sección, se ingresaron manualmente los puntos que conforman la forma trapezoidal.

Figura O3
Creación de sección transversal.

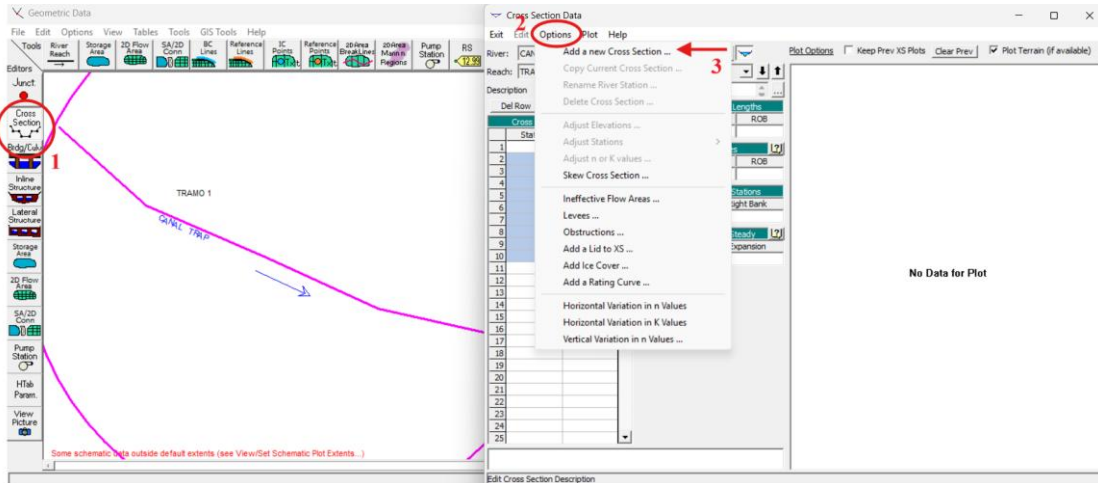
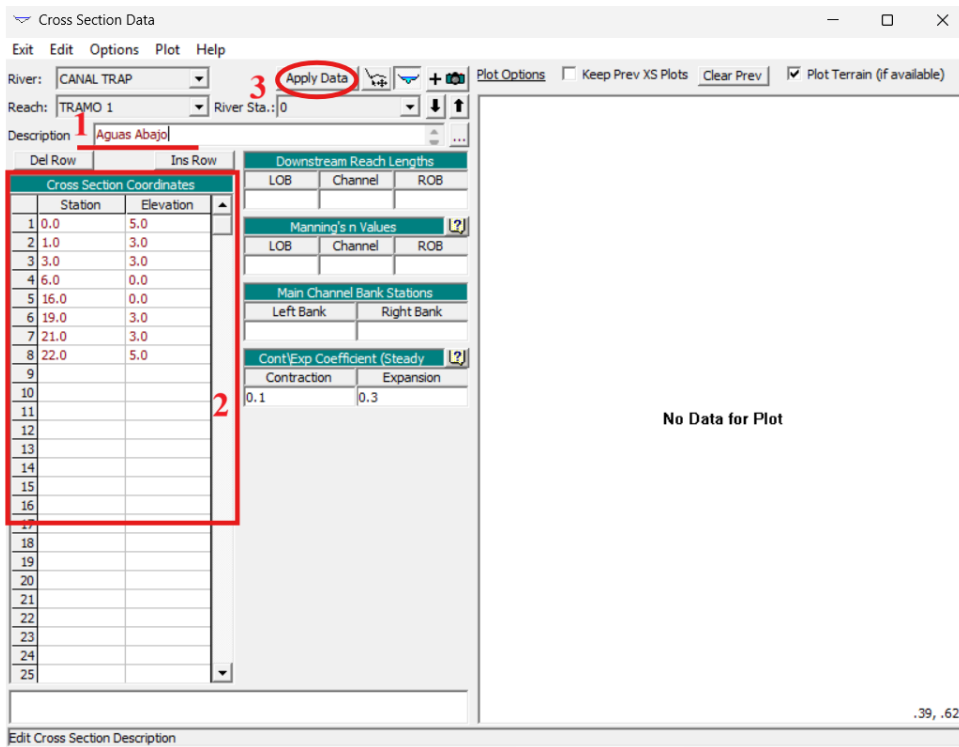


Figura O4
Asignación de coordenadas de la sección trapezoidal.



Paso 3. Asignar coeficientes de Manning y Asignar bancas

Dentro de la misma sección, se ingresó la distancia a la sección anterior (para el caso al ser abscisa aguas abajo no existen sección anterior), seguido de esto se ingresaron los valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n) para el fondo y los taludes del canal. Este valor corresponde al material del canal y es fundamental para el cálculo del comportamiento hidráulico. Además se asignaron las bancas tanto derecha como izquierda como se ve en la Figura O5.

Figura O5
Asignación de datos de la sección transversal.

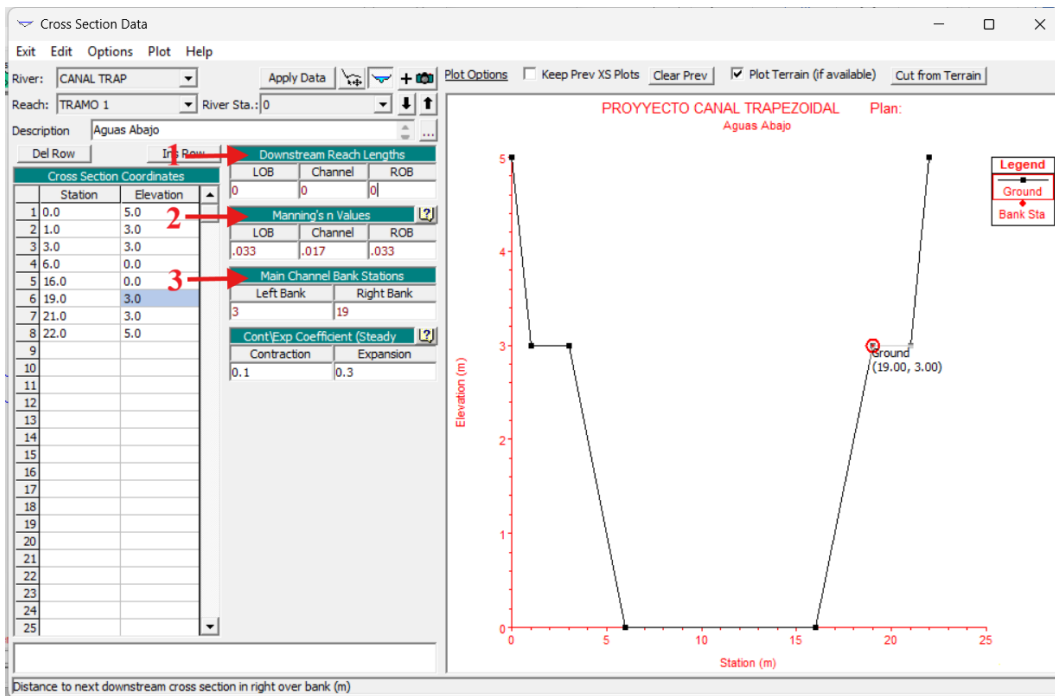
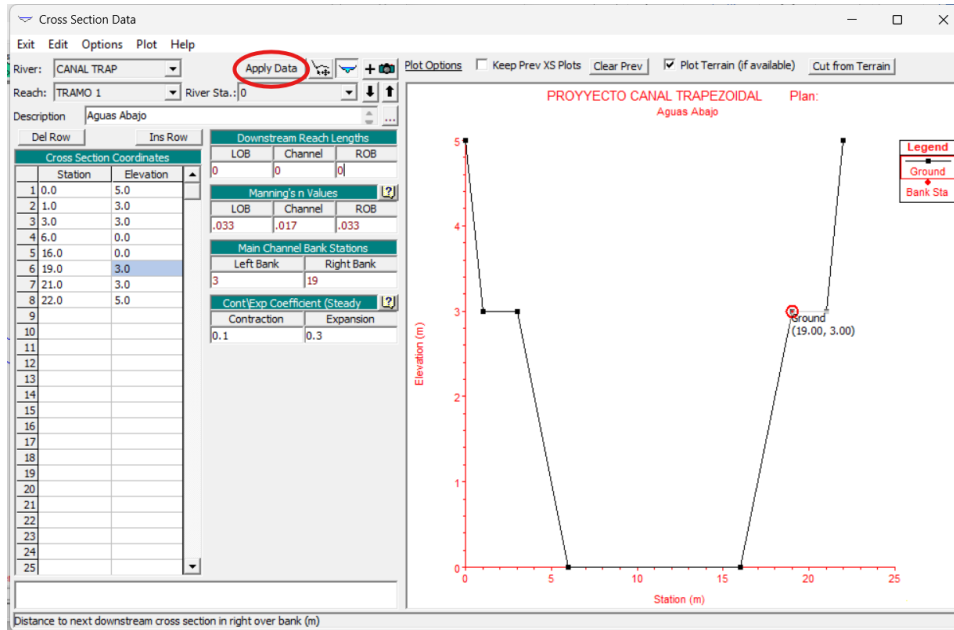


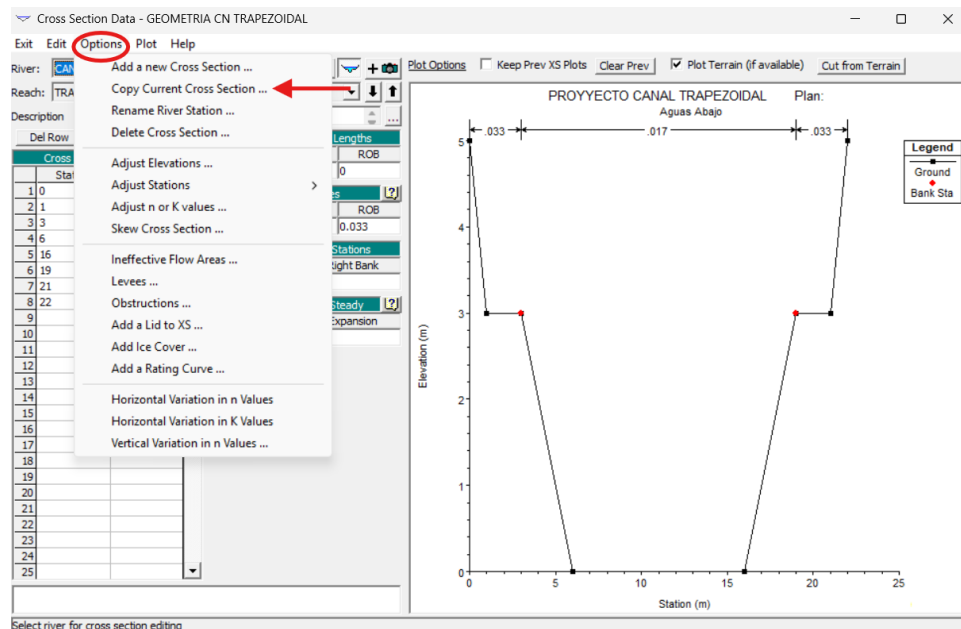
Figura O6
 Guardar datos de sección transversal.



Paso 4. Crear sección aguas arriba.

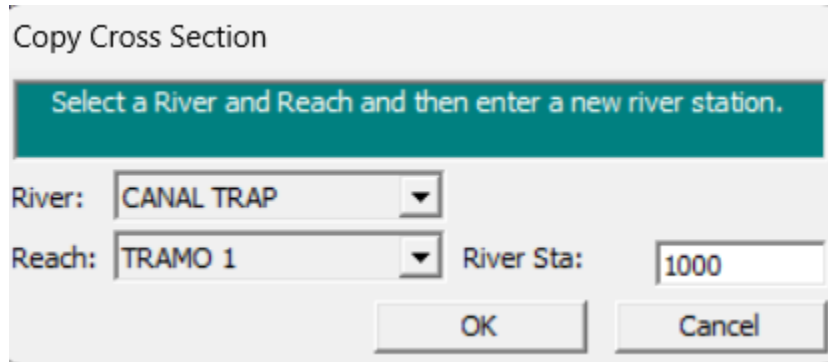
El canal cuenta con una diferencia de altura entre el inicio y el final de 5 metros, para definir la sección aguas arriba, se parte de la geometría ya establecida en la sección aguas abajo con el fin de mantener la misma forma del canal. Para ello, Options → Copy Current Cross Section.

Figura O7
 Copiar sección existente.



Una vez copiada, se asigna la abscisa (por ejemplo, 1000 m), respetando la dirección del flujo en HEC-RAS, que modela de aguas abajo hacia aguas arriba.

Figura O8
Añadir nueva sección.



Dado que el canal presenta una diferencia de altura total de 5 metros entre el inicio y el final, es necesario ajustar los valores de elevación de la sección copiada. Para ello, se incrementan en 5 metros todas las cotas del perfil transversal, manteniendo así la misma geometría, pero reflejando el cambio de elevación longitudinal.

Figura O9
Ajuste de elevación.

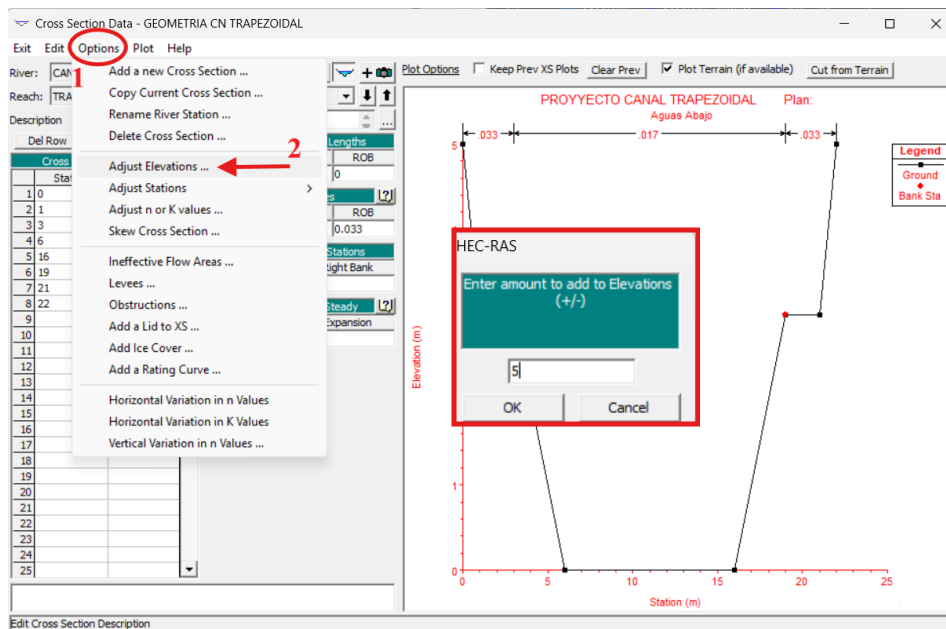
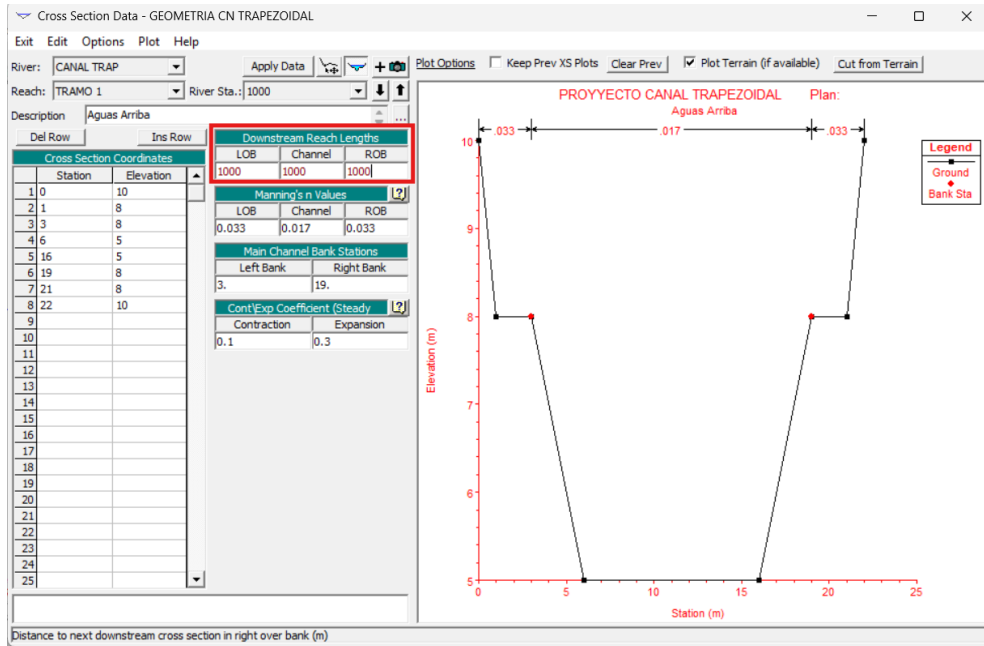


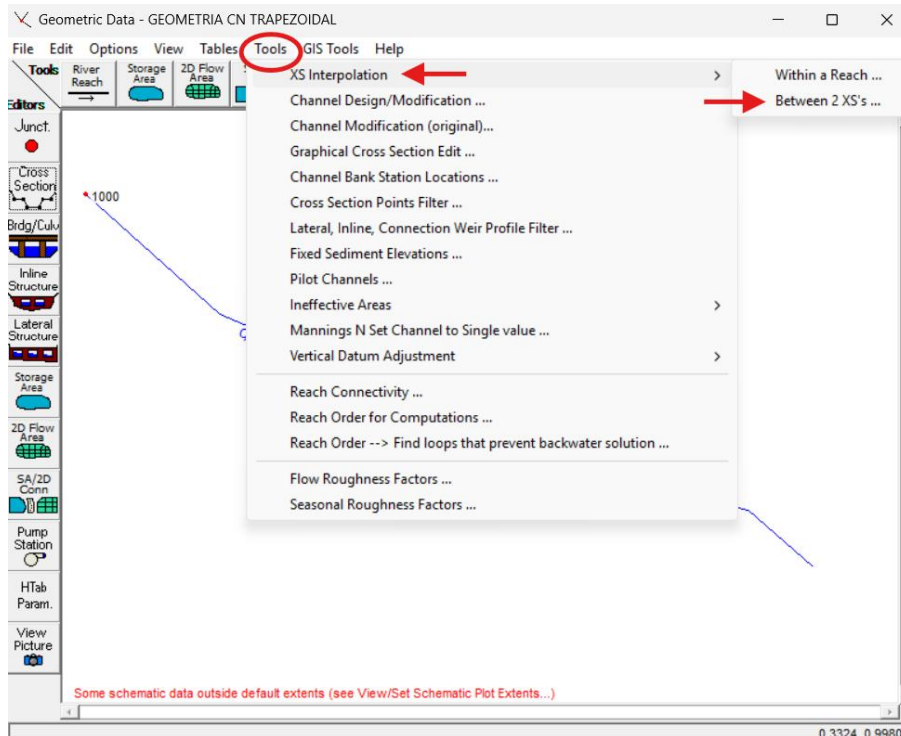
Figura O10
Asignación de distancia a la sección anterior.



Paso 5. Interpolación de secciones

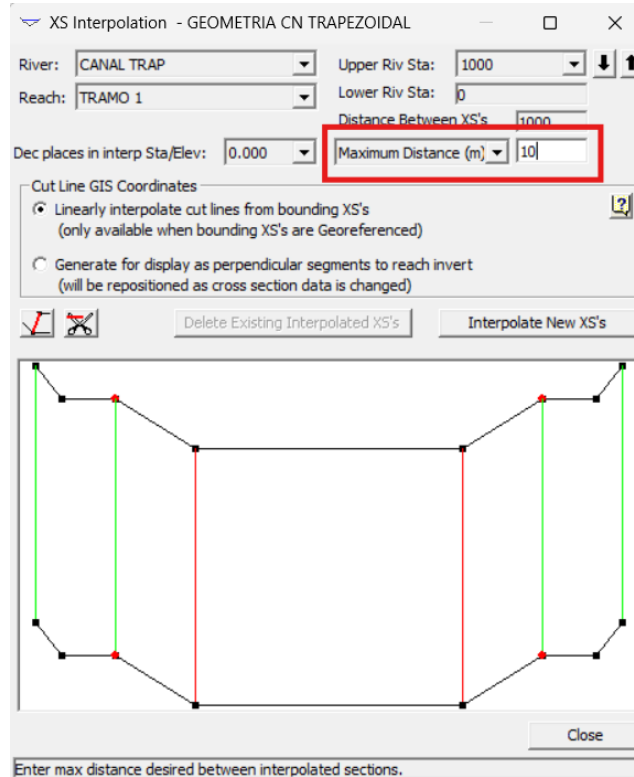
En la barra superior seleccione Tools → XS Interpolation → Between 2 XS's. Esta herramienta permite generar secciones interpolando entre 2 secciones ya existentes del canal.

Figura O11
Interpolación de secciones.



En la ventana emergente, indicamos las secciones creadas para el caso la 0 aguas abajo y la 1000 aguas arriba, cada sección a una distancia máxima de 10 metros entre ellas y aplicamos con “Interpolate New XS’s”.

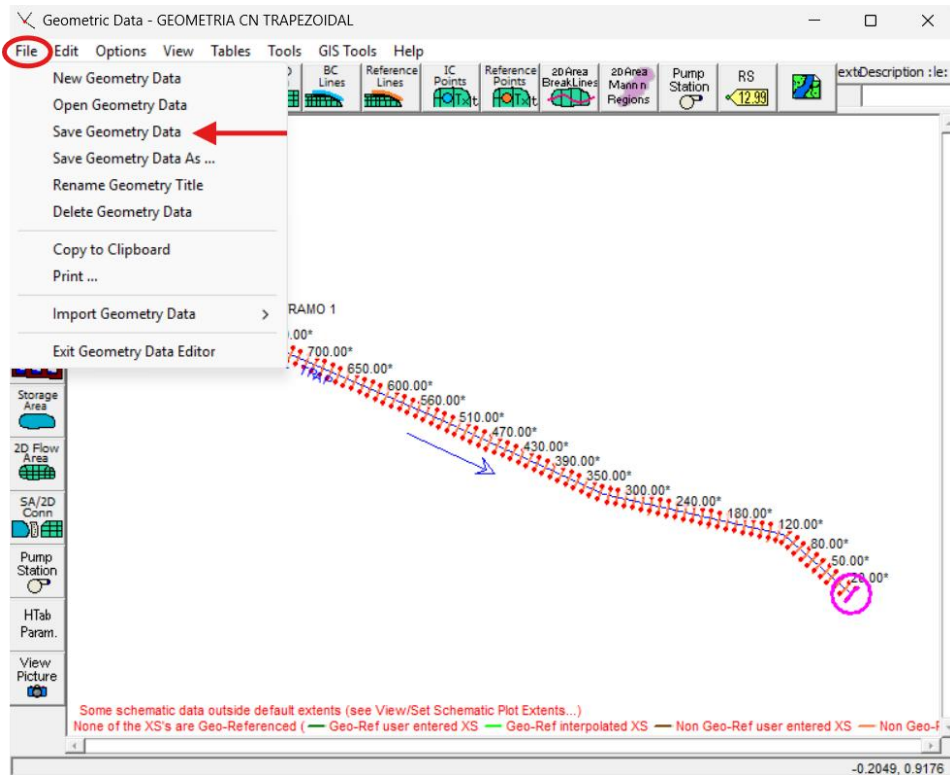
Figura O12
 Datos de interpolación.



Paso 6. Guardar y cerrar la geometría

Se guarda la geometría con con File → Save Geometry Data guardamos en la geometria, asignando un nombre.

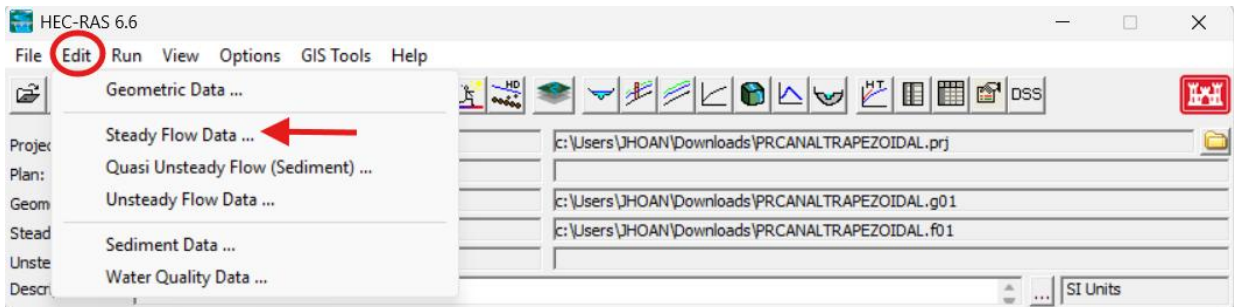
Figura O13
Guardar geometría.



Paso 7. Configurar el flujo permanente

Para crear la simulación se abrió el módulo de flujo permanente mediante Run → Steady Flow Analysis.

Figura O14
Herramienta de flujo permanente.

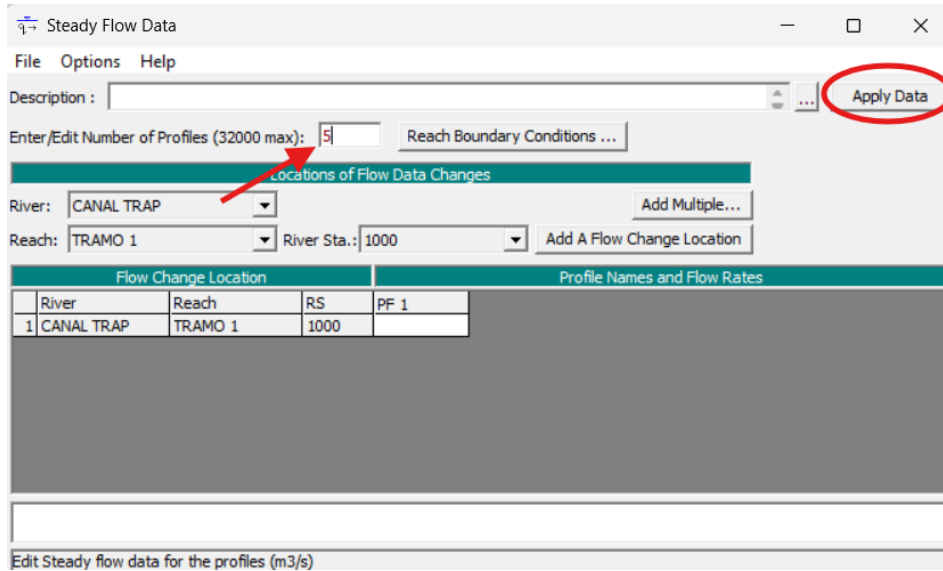


En la ventana se definieron:

1. La cantidad de periodos de retorno que asignaremos.

Figura O15

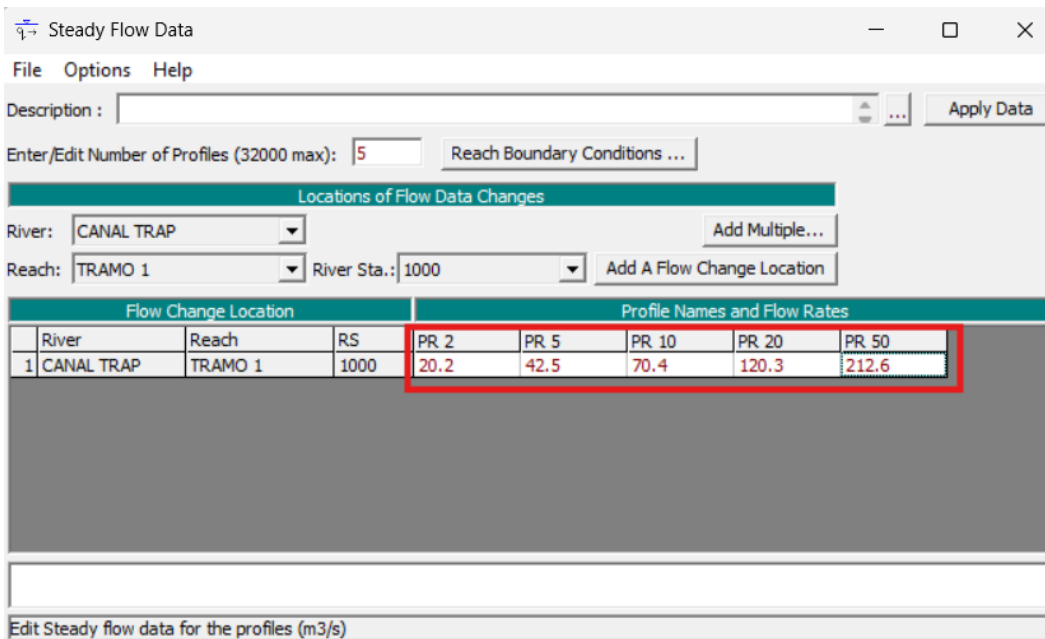
Asignación de periodos de retorno.



2. Los valores de caudal para el tramo.

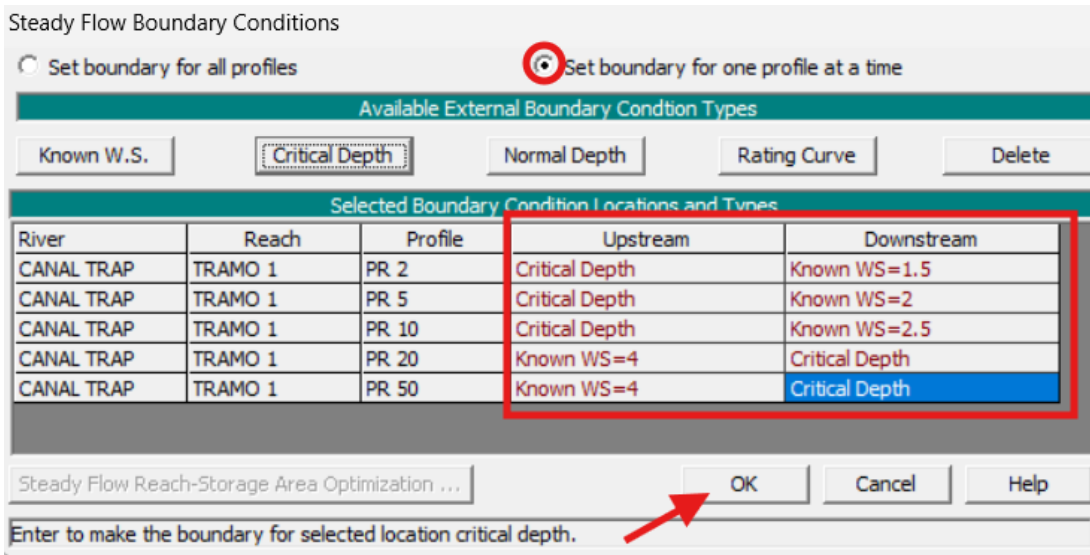
Figura O16

Asignación de caudales.



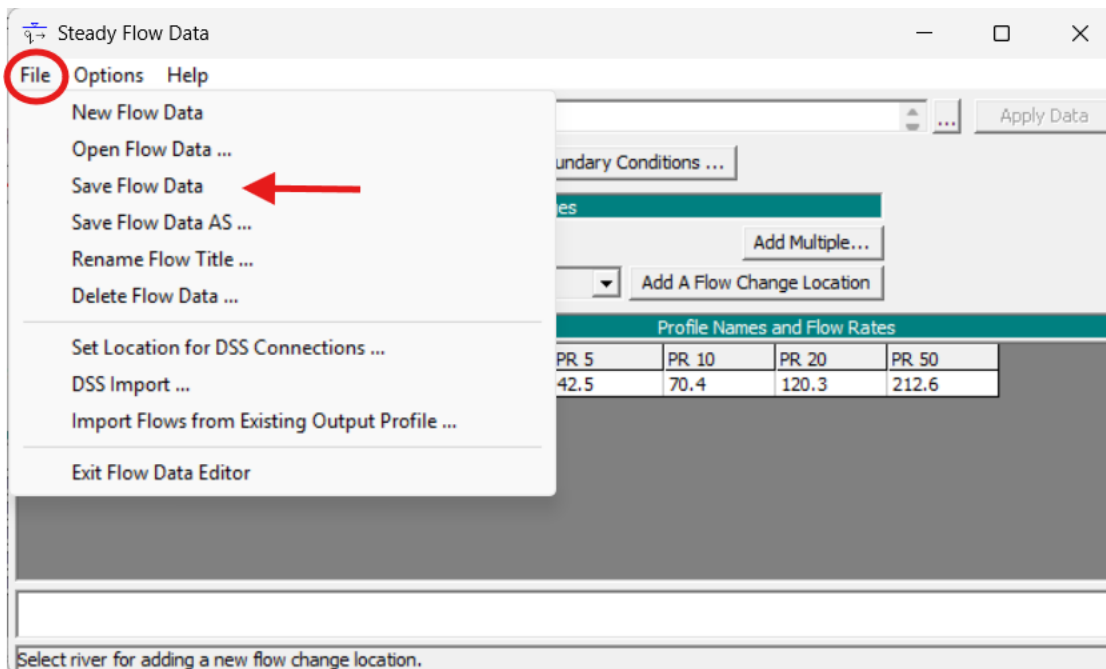
3. Las condiciones de frontera (upstream o downstream).

Figura O17
Condiciones de frontera.



4. Una vez completados los campos, se guardaron los datos del flujo, asignando un nombre.

Figura O18
Guardado de flujo permanente en el proyecto.

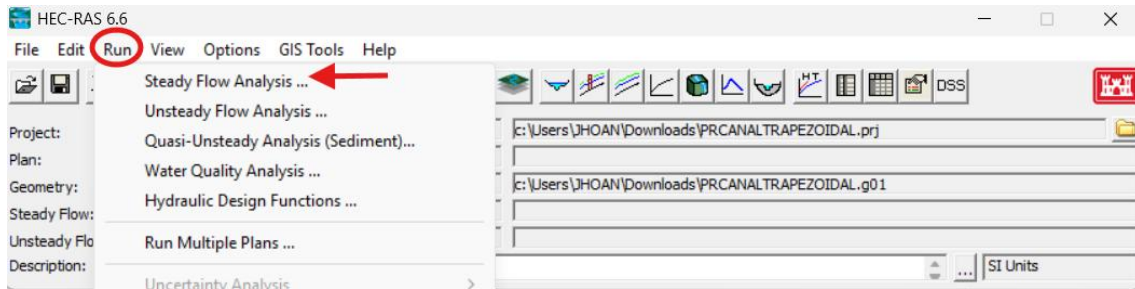


Paso 8. Ejecutar la simulación

Se configura la simulación de flujo permanente con Run → Steady Flow Analysis.

Figura O19

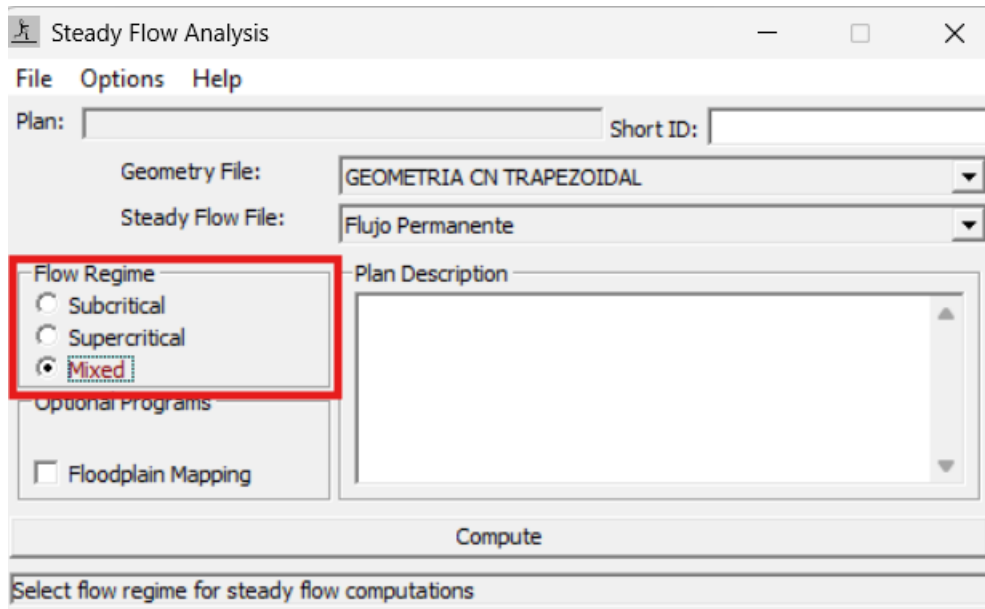
Herramienta de simulación de flujo permanente.



1. Se asignó el régimen de flujo de la simulación.

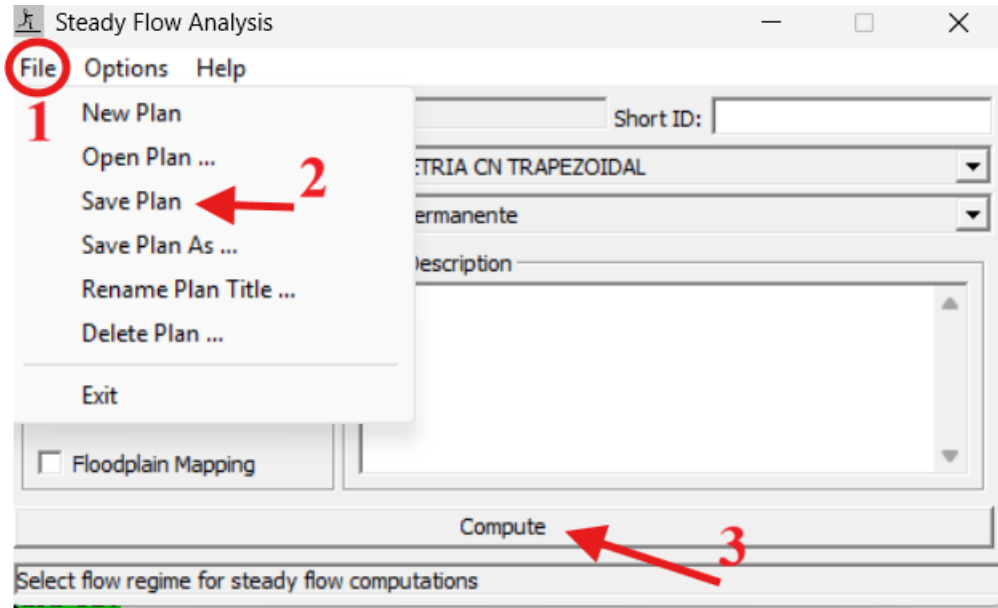
Figura O20

Asignación del régimen de flujo.



2. Guardar y correr la simulación.

Figura O21
Correr simulación.

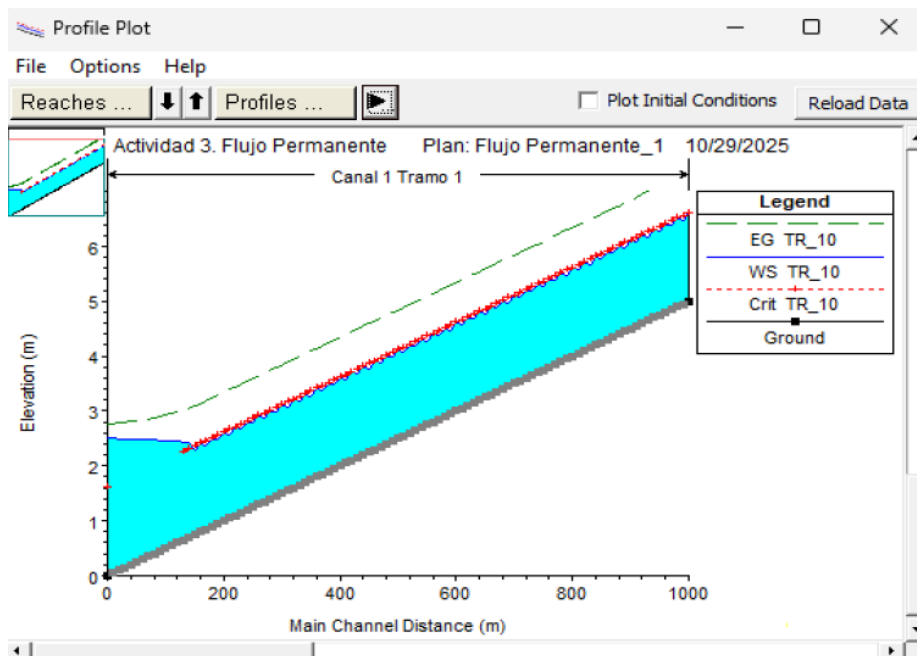


Paso 9. Visualización de resultados hidráulicos

Para analizar la simulación, se utilizaron las herramientas de resultados disponibles:

1. **Profile Plot:** para visualizar el perfil del tirante del agua a lo largo del canal.

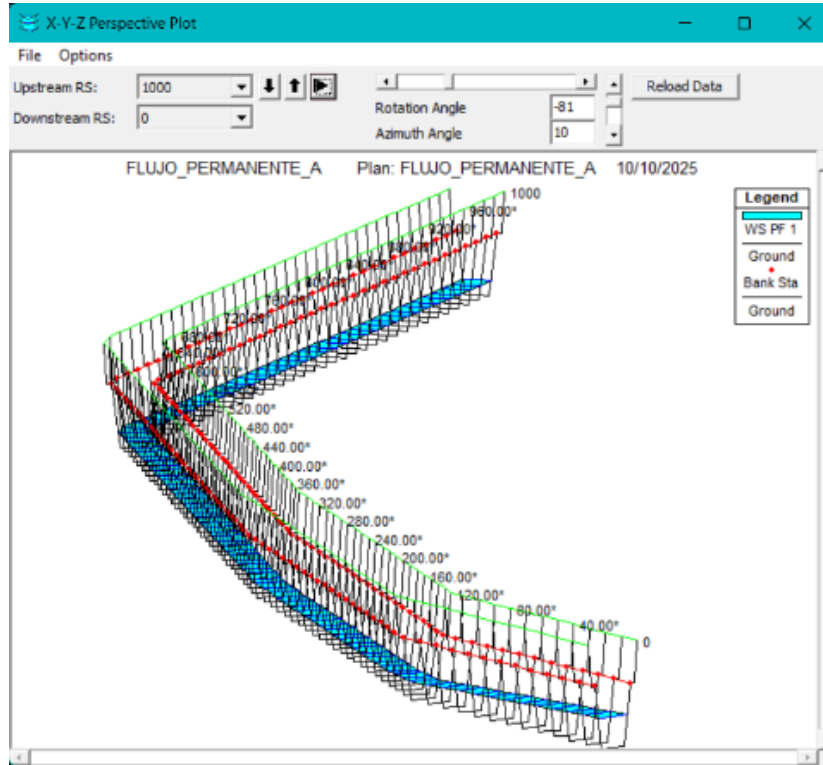
Figura O22
Profile plot del periodo de retorno de 10 años.



2. **X-Y-Z Perspective Plote:** Para una vista tridimensional donde se puede observar el canal.

Figura O23

Vista tridimensional del canal.



3. **Cross Section Output:** para consultar valores numéricos.

Figura O24

Tabla de resultados.

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River:	Canal1	Profile:	PR 10		
Reach:	Tramo1	RS:	500.00*	Plan:	PN1
Plan: PN1 Canal1 Tramo1 RS: 500.00* Profile: PR 10					
E.G. Elev (m)	4.92	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.07	Wt. n-Val.		0.017	
W.S. Elev (m)	3.85	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	4.12	Flow Area (m2)		15.35	
E.G. Slope (m/m)	0.005282	Area (m2)		15.35	
Q Total (m3/s)	70.40	Flow (m3/s)		70.40	
Top Width (m)	12.70	Top Width (m)		12.70	
Vel Total (m/s)	4.58	Avg. Vel. (m/s)		4.58	
Max Chl Dpth (m)	1.35	Hydr. Depth (m)		1.21	
Conv. Total (m3/s)	968.6	Conv. (m3/s)		968.6	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		13.83	
Min Ch El (m)	2.50	Shear (N/m2)		57.53	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		263.78	
Frcn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)		8.92	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		6.53	
Errors, Warnings and Notes					
Select River Station					

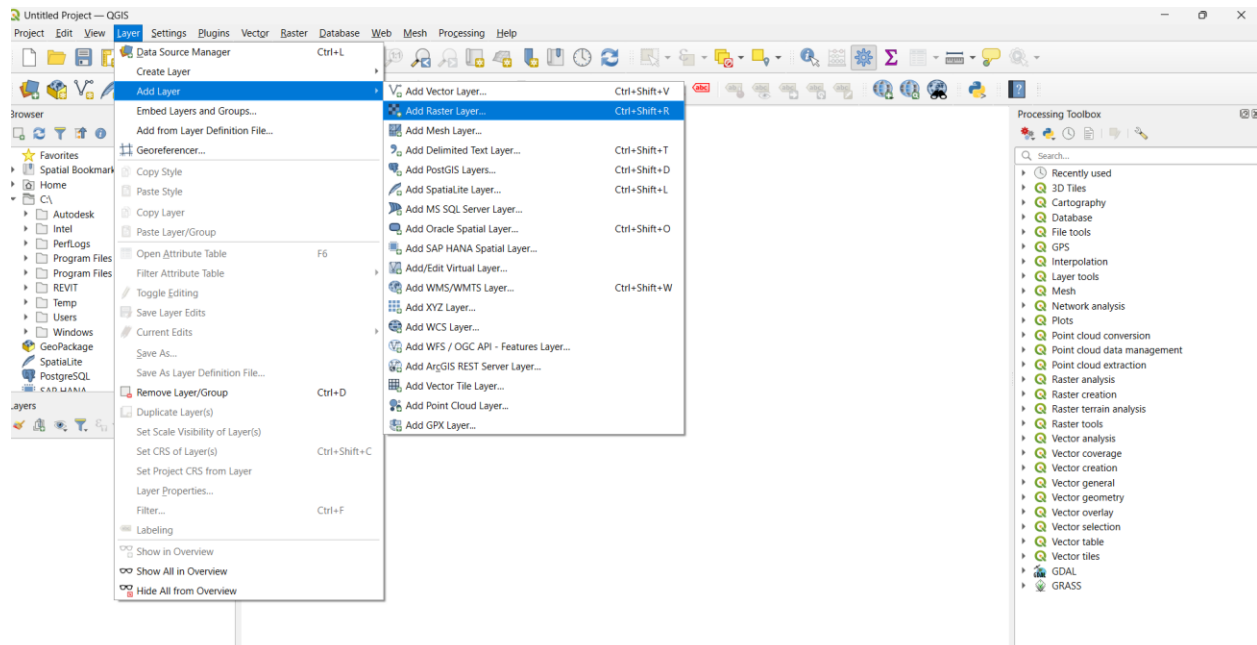
Apéndice P. Ajustar DEM

Para preparar los datos topográficos utilizados en las actividades del módulo, fue necesario ajustar el archivo raster (DEM) tomado del repositorio académico. El objetivo principal era dividir el DEM original en dos partes para asignar un archivo distinto a cada grupo de estudiantes. A continuación, se describe el procedimiento realizado en QGIS para llevar a cabo este recorte.

Paso 1. Cargar el DEM en QGIS

Primero, se abrió el software QGIS y se cargó el archivo DEM original. Para ello, se seleccionó la opción Capa → Añadir capa → Añadir capa raster, y se buscó el archivo descargado desde el repositorio. Una vez cargado, el DEM se visualizó en la ventana principal, como se muestra en la Figura P1.

Figura P1
Carga del archivo DEM en QGIS.



Paso 2. Delimitar el área de recorte

Para dividir el raster en dos partes, se creó previamente un polígono de corte que sirviera como referencia. Este polígono se ubicó aproximadamente en una zona de 1000 m de longitud de cauce, asegurando que ambas áreas resultantes fueran de tamaño similar. La delimitación se realizó mediante la herramienta Capa → Crear capa → Nueva capa shapefile, tal como se observa en la Figura P2.

Figura P2

Creación de la capa de delimitación para el recorte.

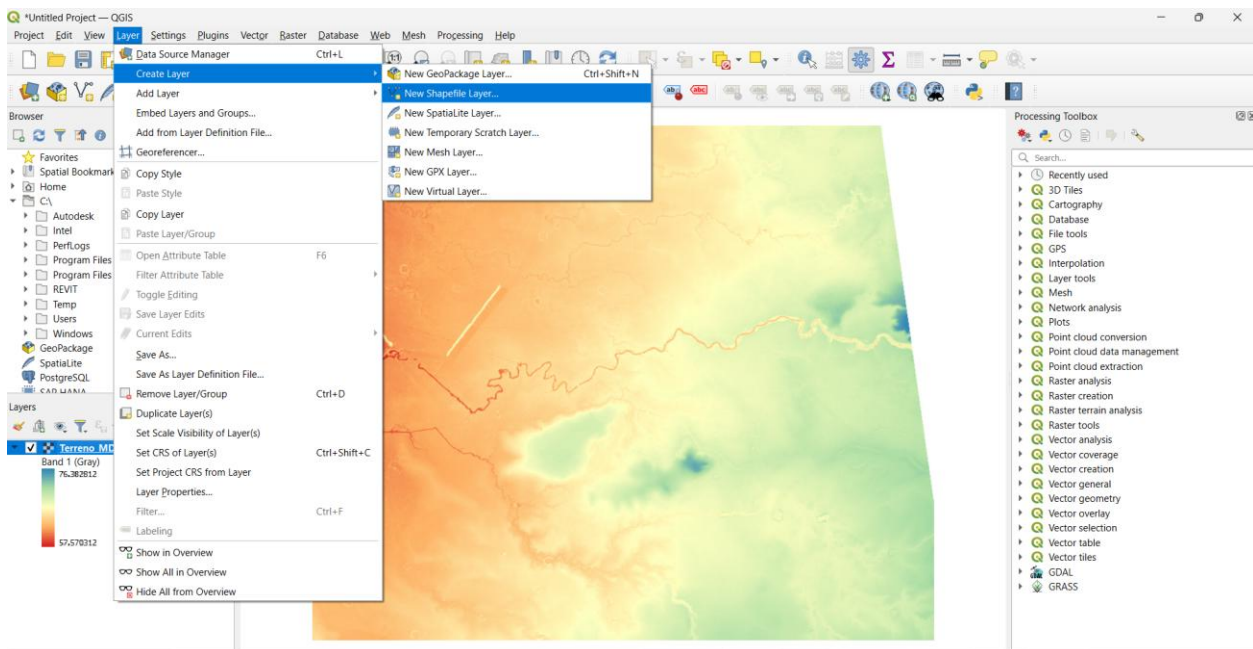
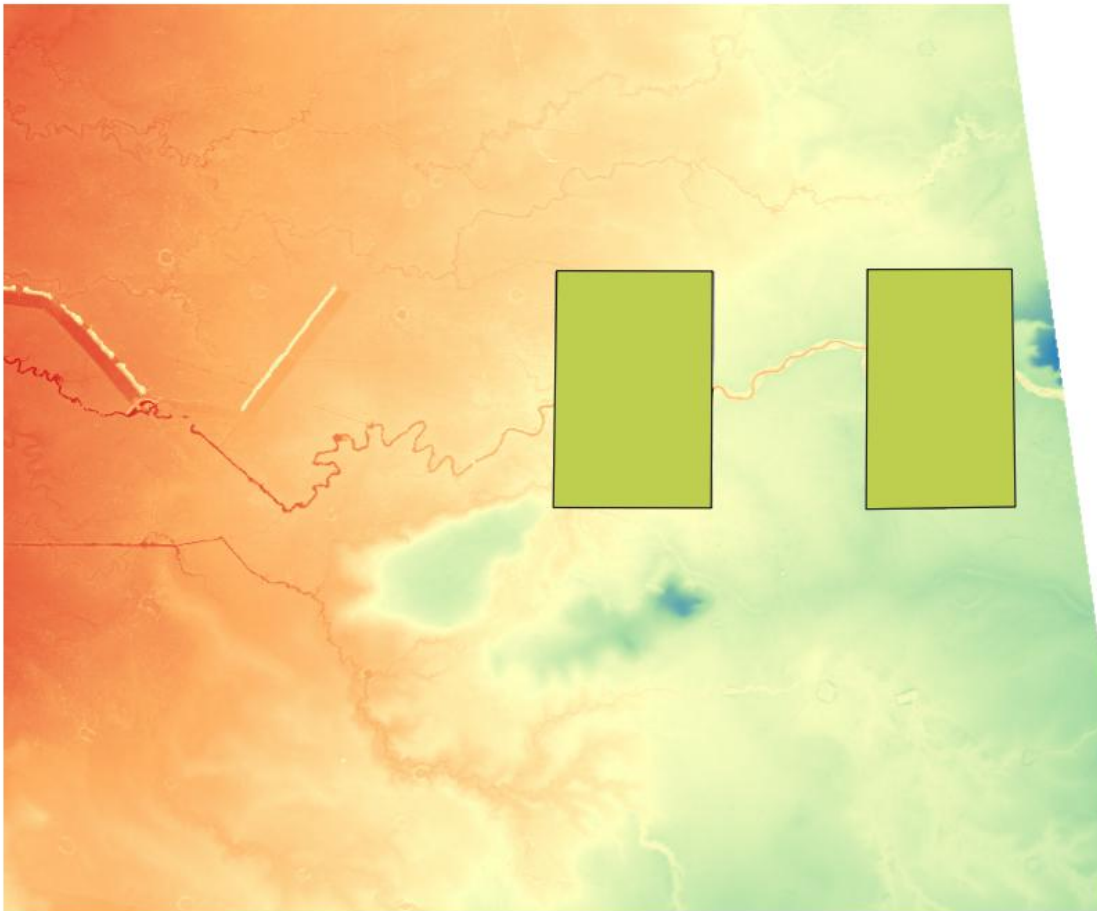


Figura P3

Polígonos de recorte.



Paso 3. Recorte del DEM en dos secciones

Con el DEM y la capa de delimitación cargados, se procedió al recorte. Para ello, se utilizó la herramienta Raster → Extracción → Recortar por máscara Como se muestra en la Figura P4. En esta herramienta se seleccionó:

- Capa de entrada: DEM original
- Capa de máscara: polígono de recorte

Al ejecutar el proceso, QGIS generó el primer DEM recortado, como se muestra en la Figura P6.

Figura P4
Recorte a partir de un shapefile.

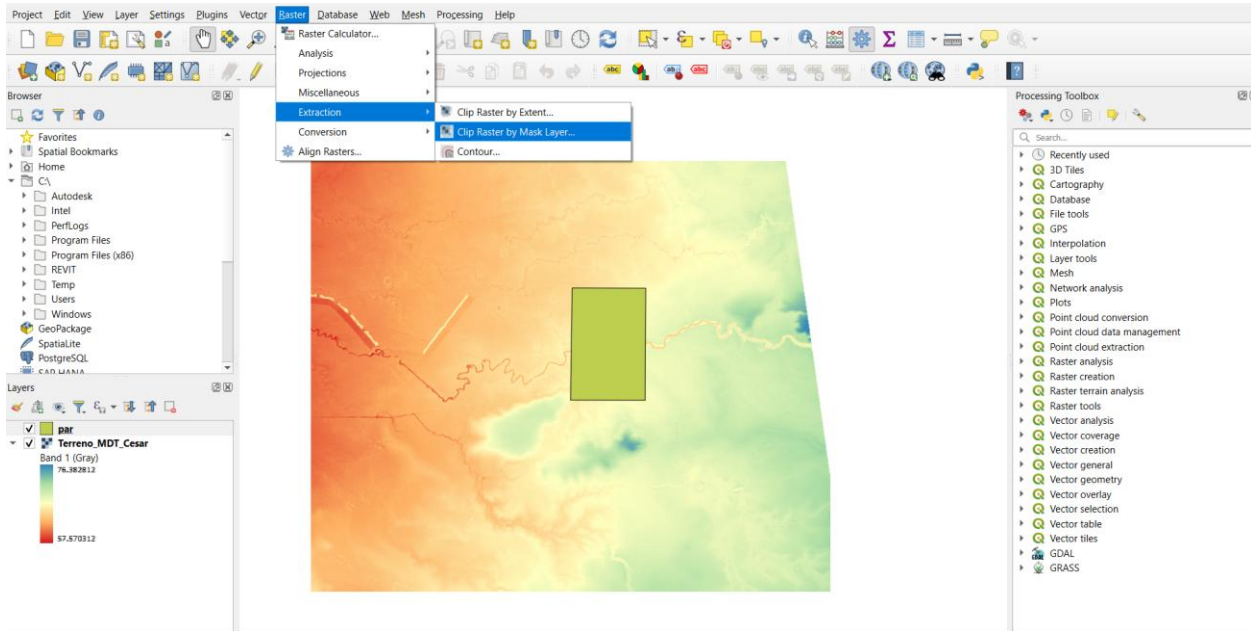


Figura P5
Herramienta de recorte.

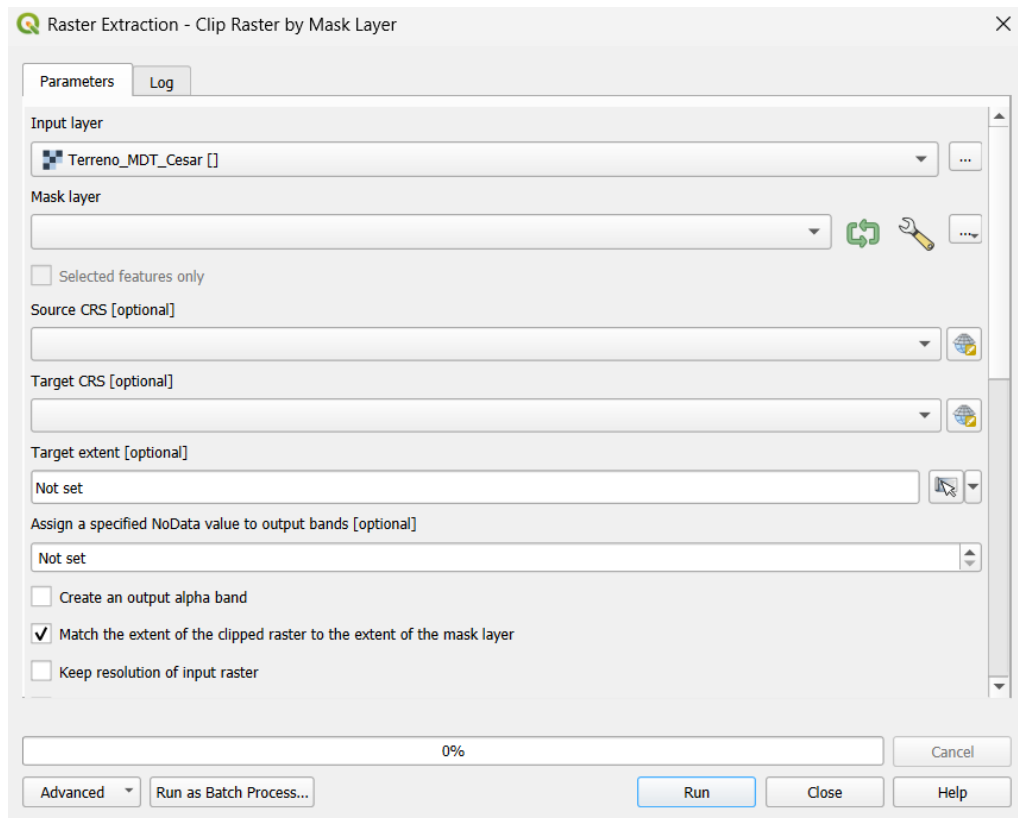
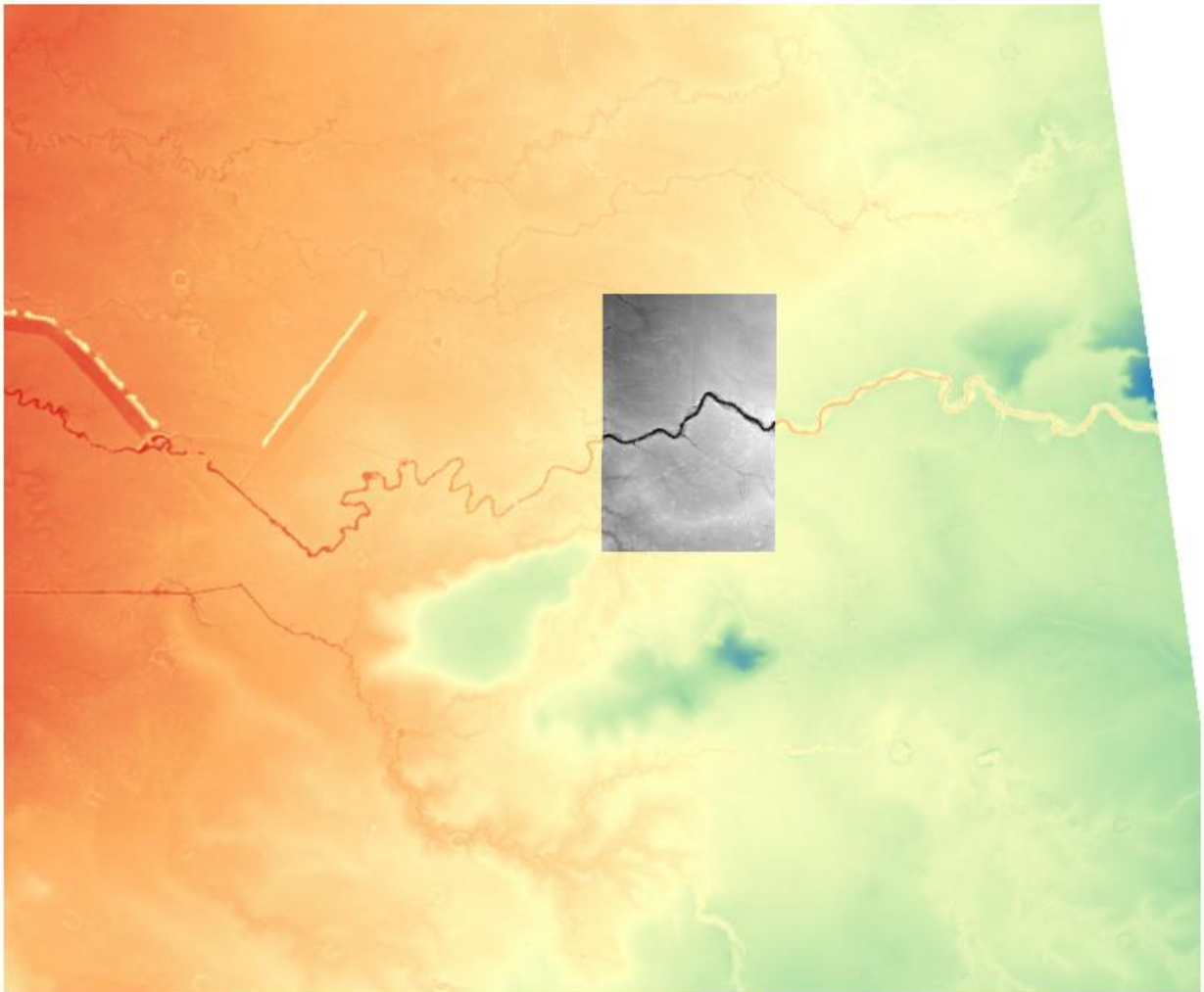


Figura P6

Recorte de la primera parte del DEM.



Posteriormente, se repitió el procedimiento para la segunda parte, utilizando el otro polígono, obteniendo así dos archivos DEM independientes.

Paso 4. Renombrar y organizar los archivos

Una vez obtenidas ambas secciones del DEM, se guardaron con nombres diferenciados que facilitarían su entrega a los estudiantes: DEM_Par.tif y DEM_Impar.tif. Estos archivos fueron ubicados dentro de los recursos del AVA, asegurando que cada grupo tuviera acceso al archivo asignado.

Paso 5. Verificación en HEC-RAS

Finalmente, ambos DEM recortados fueron cargados en HEC-RAS Mapper para verificar que se visualizara correctamente, la distancia coincidiera con el diseño de las actividades y no hubiera errores al cargarlos.

Con esta verificación concluida, los archivos quedaron listos para ser utilizados por los estudiantes en las actividades de modelación topográfica.