

**Guía metodológica: Modelación del transporte de sedimentos en cauces utilizando
HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil.**

Juan José Orduz Zárate y Gina Marcela Echeverría Luque

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 mis padres, Mercedes Zárate y Rodrigo Durán, y a mis hermanos, Kelly Jhoanna Orduz Zárate y César Andrés Orduz Zárate, por su amor, apoyo incondicional y confianza. Gracias por ser el pilar de mi vida y por impulsarme a alcanzar cada una de mis metas.

A mi prima, María Paula, por su compañía, sus palabras de aliento y el apoyo brindado durante este camino.

A la profesora Tatiana Guarín, por su orientación, confianza y dedicación. Su acompañamiento fue fundamental para mi formación y para el desarrollo de este trabajo de grado.

Finalmente, a mi compañera Gina Echeverría, por compartir este proceso conmigo. Gracias por el esfuerzo, la colaboración y el apoyo mutuo que hicieron posible culminar esta etapa con éxito.

Att: Juan Orduz

Dedico este trabajo a mi mamá, Carmen Luque, mi mayor inspiración, mi refugio y el corazón que impulsó cada uno de mis pasos. A mis ángeles en el cielo, mi papá, Oscar Echeverría, y mi abuelo, Horacio Luque, porque, aunque hoy no puedan abrazarme, sé que estuvieron guiando mi camino.

A mis hermanas, por creer siempre en mí y recordarme, incluso en la distancia, que nunca estaba sola. A mi compañera fiel, Akira. Con su compañía silenciosa, pero poderosa, me transmitía la fuerza y el aliento necesario para alcanzar este maravilloso honor.

A Jean Carlos, por su amor incondicional. Gracias por acompañarme desde otra forma de existencia y por ser la luz que me dio fuerzas para llegar hasta aquí.

A mi compañero Juan Orduz y a la profesora Tatiana Guarín, gracias por creer en mí y por acompañarme con tanta calidad humana.

Finalmente, a mis amigas, Angie, Alba, Yulieth y Liliana, porque conocerlas fue mi momento favorito de la universidad.

Att: Gina Echeverría

Agradecimientos

La culminación de este trabajo de grado representa el cierre de una etapa llena de aprendizajes, retos, crecimiento personal y profesional. Ninguno de estos logros habría sido posible sin el apoyo de quienes nos acompañaron durante este proceso.

En primer lugar, expresamos nuestra gratitud a Dios por guiarnos con fortaleza y sabiduría en cada desafío, permitiéndonos mantener la determinación necesaria para alcanzar esta meta.

A nuestras familias, les agradecemos por creer en nosotros incluso en los momentos de mayor incertidumbre. Su cariño, paciencia y apoyo constante fueron la base que nos permitió avanzar con confianza y no desistir ante las dificultades.

Extendemos un especial reconocimiento a nuestra directora de trabajo de grado, Ing. Tatiana Constanza Guarín Corredor, por compartir generosamente su conocimiento, por cada observación, consejo y orientación brindados durante el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento fue indispensable para fortalecer nuestras capacidades académicas y profesionales.

También queremos agradecer a los estudiantes y docentes que hicieron parte de las actividades desarrolladas durante la investigación. Su participación, compromiso y disposición permitieron obtener resultados que dieron sentido y valor al presente proyecto.

Finalmente, este trabajo simboliza mucho más que el cumplimiento de un requisito académico; representa el esfuerzo compartido, la perseverancia y el aprendizaje construido a lo largo de nuestra formación como ingenieros civiles. A todas las personas que hicieron parte de este camino, nuestro más sincero agradecimiento.

Tabla de contenido

Reconocimiento del uso de inteligencia artificial	11
Introducción.....	12
1. Objetivos.....	14
1.1. Objetivo general	14
1.2. Objetivos específicos	14
2. Marco pedagógico	14
2.1. Estrategia de enseñanza	14
2.2. Metodología.....	15
2.3. Evaluación del aprendizaje	17
3. Diseño metodológico del proyecto del aula	18
3.1. Contenidos desarrollados.....	18
3.1.1. HEC-RAS Básico	18
3.1.2. HEC-RAS: Transporte de sedimentos	18
3.2. Material didáctico	19
3.2.1. Programa del curso	19
3.2.2. Preparación de material de clase	19
3.2.3. Guía metodológica: Modelación de transporte de sedimentos en cauces utilizando HEC-RAS	20
3.2.4. Actividades evaluativas	21

3.2.5.	Desarrollo e implementación del aula virtual moodle.....	21
3.3.	Estrategias de evaluación.....	28
4.	Desarrollo de la experiencia docente.....	29
4.1.	Actividades realizadas	29
4.1.1.	Actividades HEC-RAS Básico	29
4.1.2.	Actividades HEC-RAS: Transporte de sedimentos	30
4.1.3.	Cuestionarios	32
4.1.4.	Proyecto final.....	34
4.2.	Interacción con los estudiantes	34
4.3.	Evaluación del proceso	35
4.4.	Evaluación del aprendizaje.....	37
5.	Reflexión pedagógica	37
6.	Conclusiones.....	39
7.	Recomendaciones	40
	Referencias Bibliográficas.....	41

Lista de Tablas

Tabla 1.	Actividades realizadas	21
Tabla 2.	Actividades HEC-RAS Básico	30
Tabla 3.	Actividades realizadas en el curso HEC-RAS: Transporte de sedimentos.	31
Tabla 4.	Cuestionarios.....	33

Lista de Figuras

Figura 1.	Presentación del curso.....	23
Figura 2.	HEC-RAS Fundamentación de transporte de sedimentos.	25
Figura 3.	HEC-RAS Aplicación de transporte de sedimentos.....	27
Figura 4.	Proyecto final.	28

Resumen

Título: Guía metodológica: Modelación del Transporte de Sedimentos en cauces utilizando HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil.

Autor(es): Juan José | Zárate, Gina Marcela Echeverría Luque

Palabras clave: HEC-RAS, Transporte de sedimentos, Aprendizaje Basado en Proyectos, Moodle, Modelación hidráulica, Hidráulica.

Descripción:

El presente trabajo desarrolló una guía metodológica para la enseñanza de la modelación del transporte de sedimentos mediante el software HEC-RAS, dirigida a estudiantes de la asignatura Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. La propuesta surge con el propósito de complementar el módulo existente de HEC-RAS, fortaleciendo la comprensión de los procesos de transporte de sedimentos y su aplicación en la modelación hidráulica.

La estrategia pedagógica se fundamentó en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y estuvo apoyada por recursos didácticos, actividades evaluativas y un módulo organizado en la plataforma Moodle, que permitieron el desarrollo progresivo de competencias en modelación hidráulica. Durante su implementación, la guía fue retroalimentada a partir de la experiencia en la práctica docente y de las observaciones realizadas por los estudiantes, permitiendo su ajuste y fortalecimiento. Como resultado, se elaboró una guía metodológica que integra el procedimiento para la modelación del transporte de sedimentos en HEC-RAS y un proyecto aplicado al río San Antonio.

* 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: Methodological Guide for Sediment Transport Modeling in River Channels Using HEC-RAS for the Hydraulics Course at the School of Civil Engineering.

Author(s): Juan José Orduz Zárate, Gina Marcela Echeverría Luque

Keywords: HEC-RAS, Sediment transport, Project-Based Learning (PBL), Moodle, Hydraulic modeling, Hydraulics.

Description:

This study developed a methodological guide for teaching sediment transport modeling using HEC-RAS software, intended for students enrolled in the Hydraulics course at the School of Civil Engineering of the Industrial University of Santander. The proposal was designed to complement the existing HEC-RAS module by strengthening the understanding of sediment transport processes and their application in hydraulic modeling.

The pedagogical strategy was based on Project-Based Learning (PBL) and supported by instructional resources, assessment activities, and a Moodle-based course module, which promoted the progressive development of hydraulic modeling skills. During its implementation, the guide was refined based on teaching experience and student feedback. As a result, a methodological guide integrating the procedure for sediment transport modeling in HEC-RAS and an applied project for the San Antonio River was developed.

* Teaching practice

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

Reconocimiento del uso de inteligencia artificial

Durante la elaboración del presente trabajo se utilizó una herramienta de inteligencia artificial generativa (ChatGPT) como apoyo en la organización, estructuración y mejora de la redacción de algunos apartados del documento. Su uso estuvo orientado a fortalecer la claridad, la coherencia y la presentación del texto, a partir de contenido desarrollado por los autores.

La herramienta no fue utilizada para generar el contenido técnico, definir la metodología de la investigación, desarrollar los análisis, interpretar los resultados ni formular las conclusiones. Todas las decisiones académicas, el desarrollo conceptual, la implementación metodológica y la validación de la información corresponden a los autores, quienes asumieron la responsabilidad sobre el contenido final del documento.

El uso de inteligencia artificial se limitó al apoyo en aspectos de escritura y edición, manteniendo en todo momento la autoría intelectual y el criterio académico de la investigación.

Introducción

Los sedimentos que se transportan en ríos y canales generan problemas para las infraestructuras y los ecosistemas, en Colombia, el río Magdalena es el principal contribuyente de sedimentos en suspensión, con un total de 183 millones de toneladas; le siguen el río Meta con 44 millones, el río Guaviare con 28 millones y el río Patía con 19 millones, según datos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Restrepo, 2022). Estos sedimentos son materiales que varían en tamaño, origen mineral y orgánico, asimismo, son los contaminantes de las cuencas hídricas.

Los sedimentos pueden ocasionar procesos como la erosión (Rodríguez Díaz, 2010), esta puede causar problemas de socavación y afectar las cimentaciones de estructuras, provocando pérdidas de su capacidad portante e induciéndolas a fallos estructurales. Por otro lado, está la sedimentación (Flores, 1984), que, al ser ignorada, genera problemas en la infraestructura, como la disminución de la capacidad de almacenamiento en embalses, lo que afecta su funcionalidad y provoca una menor disponibilidad de agua para el consumo, el riego o la generación de energía. Adicionalmente, el mal manejo de sedimentos contribuye al aumento de la probabilidad de ocurrencia de inundaciones y a la reducción de la vida útil de la infraestructura.

Con esto en mente, se resalta la necesidad de capacitar a profesionales de ingeniería civil con competencias en análisis hidráulico para resolver este tipo de problemas. Actualmente, herramientas tecnológicas como el software HEC-RAS, utilizado para el modelamiento hidráulico, permiten resolver las ecuaciones de sedimentos y los aspectos hidráulicos mediante simulaciones computacionales, proporcionando detalles sobre la erosión y la sedimentación (Mohd Nasir & Abustan, 2021). Adicionalmente, el proyecto

educativo del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander promueve el uso de la tecnología y el desarrollo de competencias digitales mediante software especializado para analizar y formular soluciones a desafíos propios de la ingeniería civil, fortaleciendo las competencias técnicas de los estudiantes. Por consiguiente, la actividad académica de hidráulica cuenta actualmente con un módulo de aprendizaje básico en HEC-RAS. Sin embargo, dicho módulo presenta limitaciones en el modelamiento del transporte de sedimentos, lo que restringe el conocimiento del modelamiento hidráulico e impide avanzar y profundizar en el uso del software. A partir de esta problemática, surge la siguiente pregunta: ¿de qué manera el desarrollo de un módulo pedagógico para la simulación del transporte de sedimentos en HEC-RAS contribuye al fortalecimiento de la enseñanza del software, ¿facilitando el aprendizaje de la hidráulica y la integración entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica?

Para abordar este reto, se propone desarrollar una guía metodológica mediante un módulo de apoyo en Moodle, con una estrategia basada en proyectos (ABP), a fin de que los estudiantes adquieran conocimientos, comprendan la importancia del transporte de sedimentos en HEC-RAS y, a la vez, desarrollen habilidades y competencias que les permitan resolver problemas reales. Asimismo, se reduce la brecha entre teoría y práctica, otorgándoles la capacidad de integrarse en el campo profesional con una habilidad algo más desarrollada. Adicionalmente, el módulo y la guía metodológica han sido diseñados como una herramienta que fomenta el trabajo independiente del estudiante al proponer material de fácil comprensión, que promueve la autonomía del estudiante y su participación orientada a potenciar su aprendizaje.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

- Desarrollar un módulo pedagógico para la simulación del transporte de sedimentos en HEC-RAS que fortalezca la enseñanza del software y facilite la comprensión de los procesos hidráulicos, integrando el conocimiento teórico con su aplicación práctica.

1.2. Objetivos específicos

- Relacionar los fundamentos de la hidráulica a superficie libre con los procesos de transporte, erosión y sedimentación mediante su aplicación en el software HEC-RAS.
- Diseñar material didáctico y recursos digitales, integrándolos en la plataforma virtual Moodle mediante un módulo orientado al aprendizaje y al uso del software HEC-RAS.
- Aplicar una estrategia de enseñanza soportada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que permita integrar los fundamentos teóricos con su aplicación práctica mediante el uso del software.

2. Marco pedagógico

2.1. Estrategia de enseñanza

Durante el desarrollo del curso se implementó como principal estrategia de enseñanza el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), una metodología activa que promueve la construcción del conocimiento mediante la resolución de un problema o caso de estudio que simula situaciones propias del ejercicio profesional. Este enfoque favorece el aprendizaje significativo al permitir que los estudiantes integren los conocimientos adquiridos y los apliquen en un contexto real, fortaleciendo competencias como el análisis crítico, la

resolución de problemas, la toma de decisiones y la aplicación de herramientas computacionales. (Gonzalo Cobo Gonzales, 2017)

La elección del ABP respondió a la necesidad de que los estudiantes no solo aprendieran el manejo operativo del software HEC-RAS, sino que también desarrollaran criterios técnicos para comprender el comportamiento hidráulico de los cauces y el transporte de sedimentos, relacionando los fundamentos teóricos con su aplicación práctica en la ingeniería civil.

Como estrategia complementaria, el ABP estuvo apoyado por clases magistrales, mediante las cuales se presentaron los fundamentos conceptuales necesarios para el desarrollo del curso. Estas sesiones permitieron explicar los principios de la hidráulica fluvial, el transporte de sedimentos y el funcionamiento del software HEC-RAS, proporcionando las bases teóricas que posteriormente fueron aplicadas en las actividades prácticas y en el desarrollo del proyecto integrador.

Finalmente, la estrategia de enseñanza se fortaleció mediante el uso del aula virtual Moodle, donde se organizaron los contenidos del curso, las actividades, los recursos de consulta y el material complementario, favoreciendo tanto el aprendizaje autónomo como el acceso permanente a la información suministrada durante las clases.

2.2. Metodología

La metodología implementada durante la práctica docente se desarrolló de manera secuencial, permitiendo que los estudiantes adquirieran progresivamente las competencias necesarias para la modelación hidráulica mediante el software HEC-RAS.

Inicialmente, se orientó a los estudiantes en la instalación del software y en la configuración de los parámetros necesarios para garantizar su correcto funcionamiento y prevenir posibles inconvenientes durante el desarrollo de las prácticas. Posteriormente, se

realizó una explicación detallada de la interfaz del programa y de las principales herramientas utilizadas para la construcción de modelos hidráulicos.

Una vez familiarizados con el entorno del software, los estudiantes desarrollaron ejercicios guiados enfocados en la edición de la geometría del cauce, la definición de las condiciones de flujo y la configuración de las condiciones de frontera, con el propósito de comprender el funcionamiento básico de HEC-RAS y adquirir las competencias necesarias para la construcción de modelos hidráulicos.

Posteriormente, se abordaron los fundamentos teóricos del transporte de sedimentos mediante clases magistrales apoyadas en presentaciones, material bibliográfico y recursos audiovisuales disponibles en el aula virtual Moodle. Para fortalecer estos conocimientos se desarrollaron actividades relacionadas con la balanza de Lane y el criterio de Shields, las cuales permitieron comprender los procesos de erosión, sedimentación e inicio del movimiento de las partículas, estableciendo las bases conceptuales necesarias para interpretar el funcionamiento del módulo de transporte de sedimentos implementado en HEC-RAS.

Finalmente, los estudiantes desarrollaron el proyecto final utilizando como caso de estudio el río San Antonio. Durante esta actividad configuraron el modelo hidráulico, incorporaron la información hidrológica y granulométrica requerida, seleccionaron la ecuación de transporte de sedimentos más apropiada de acuerdo con las características del cauce y analizaron los resultados obtenidos, relacionándolos con los conceptos teóricos estudiados previamente.

Como apoyo permanente al proceso de enseñanza se empleó el aula virtual Moodle para la organización de los contenidos, la entrega de actividades y el acceso a los recursos académicos. Asimismo, se utilizaron herramientas como Kahoot para la aplicación de

cuestionarios y Microsoft Excel para el suministro de la información hidráulica e hidrológica requerida en las actividades y en el proyecto final.

2.3. Evaluación del aprendizaje

La evaluación del aprendizaje se concibió como un proceso formativo orientado a verificar el logro de los resultados de aprendizaje planteados para el curso y el desarrollo progresivo de las competencias relacionadas con la modelación hidráulica y el transporte de sedimentos mediante el software HEC-RAS.

Durante el desarrollo de las sesiones, los estudiantes ejecutaban las actividades propuestas de manera simultánea con la explicación del docente. Cuando surgían dudas o dificultades durante el desarrollo de los ejercicios, estas eran atendidas durante la clase, permitiendo que los estudiantes continuaran el proceso de aprendizaje con una comprensión adecuada de los procedimientos y conceptos abordados.

Con el propósito de realizar un seguimiento al aprendizaje, al finalizar cada uno de los módulos del curso —HEC-RAS Básico y HEC-RAS: Transporte de Sedimentos— se aplicó un cuestionario mediante la plataforma Kahoot, el cual permitió evaluar la comprensión de los contenidos desarrollados e identificar aquellos aspectos que requerían mayor refuerzo antes de continuar con el siguiente módulo.

La consolidación del aprendizaje se realizó mediante el desarrollo de un proyecto final, en el cual los estudiantes aplicaron de manera integrada los conocimientos adquiridos durante el curso. La evaluación del proyecto estuvo orientada a valorar la correcta configuración del modelo hidráulico, la selección adecuada de la ecuación de transporte de sedimentos, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos y la capacidad para sustentar técnicamente las decisiones adoptadas durante el proceso de modelación. La

evidencia del aprendizaje se presentó mediante la entrega de un informe escrito y la participación de los estudiantes durante el desarrollo de las sesiones.

3. Diseño metodológico del proyecto del aula

3.1. Contenidos desarrollados

Para el desarrollo de los contenidos se tomó como recurso principal el repositorio público de GitHub de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, el cual incluye material introductorio, ejemplos de modelación y tutoriales diseñados para facilitar la comprensión de los conceptos de transporte básicos de la modelación hidráulica y la modelación del transporte de sedimentos en el software. Adicionalmente, esta información se complementó con la consulta de los manuales oficiales de HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC)), lo que permitió reforzar y ampliar el entendimiento del funcionamiento del programa.

3.1.1. HEC-RAS Básico

Inicialmente, se realizó un repaso de los conceptos fundamentales de hidráulica con el propósito de fortalecer los conocimientos necesarios para el uso del programa HEC-RAS. Posteriormente, se llevó a cabo la instalación del software y su respectiva configuración, con el fin de prevenir inconvenientes durante su utilización. Finalmente, se desarrollaron ejercicios básicos apoyados en el módulo de HEC-RAS trabajado durante el semestre 2025-II en Moodle, permitiendo que los estudiantes adquirieran los conocimientos básicos sobre el funcionamiento del programa. (Robles Niño & Villalobos Chacón, 2026)

3.1.2. HEC-RAS: Transporte de sedimentos

A continuación, se presentan los contenidos que se abordaron en el curso, para consultar este material remítase al anexo O:

- Transporte de sedimentos.

- Morfología de cauces.
- Predicción general sobre la respuesta de un río al cambio.
- Analogía de la balanza de Lane.
- Potencia de la corriente.
- Movimiento incipiente.
- Acorazamiento.
- Caudal sólido en suspensión.
- Ecuación de Exner.
- Capacidad total de transporte de sedimentos.
- Ecuaciones de transporte de sedimentos.
- Funcionamiento del modelo.

Este proceso aseguró el acompañamiento de la construcción del aprendizaje de los estudiantes al fortalecer el fundamento teórico, los principios hidráulicos y las bases metodológicas sobre las cuales se fundamenta el programa para la simulación del transporte de sedimentos y la evolución morfológica de los cauces.

3.2. Material didáctico

3.2.1. Programa del curso

Inicialmente, se elaboró un documento en el que se describe el propósito del curso, las competencias que se espera desarrollar en los estudiantes, los contenidos programáticos, las estrategias de aprendizaje y el sistema de evaluación implementado para el curso de HEC-RAS: Transporte de Sedimentos. Para consultar este material, remítase al Anexo A.

3.2.2. Preparación de material de clase

3.2.2.1. Diapositivas HEC-RAS Básico

Se elaboró un conjunto de diapositivas destinadas al repaso de los conceptos fundamentales de hidráulica necesarios para el desarrollo del curso. Para consultar este material, remítase al Anexo B.

3.2.2.2. Diapositivas HEC-RAS: Transporte de sedimentos

Se adaptaron diapositivas provenientes del repositorio público disponible en GitHub de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, adecuándolas a los contenidos teóricos del módulo de transporte de sedimentos. Para consultar este material, remítase al Anexo C.

3.2.3. Guía metodológica: Modelación de transporte de sedimentos en cauces utilizando HEC-RAS

Finalmente, el producto principal desarrollado corresponde a la guía pedagógica titulada Modelación de transporte de sedimentos en cauces mediante el uso de HEC-RAS, tomando como caso de estudio el río San Antonio. Esta guía incluye contenidos orientados a definir los aprendizajes esperados para el estudiante, una metodología de trabajo para su implementación, recomendaciones previas al uso del software y una descripción detallada del procedimiento para ejecutar el modelo junto con su respectiva explicación. Asimismo, aborda el proceso de calibración del modelo, la interpretación y visualización de los resultados obtenidos, los errores más frecuentes que suelen presentarse durante el desarrollo del modelado y una actividad práctica (proyecto final) destinada a aplicar los conocimientos adquiridos. Esta guía fue alimentada con la experiencia en clase y comentarios por parte de los estudiantes. Para consultar esta guía, remítase al anexo D.

3.2.4. Actividades evaluativas

A continuación, se presenta la información correspondiente a cada una de las actividades evaluables desarrolladas durante el curso de HEC-RAS: Transporte de sedimentos 2026-1, junto con sus respectivas soluciones.

Tabla 1.

Actividades realizadas

ACTIVIDADES EVALUABLES		ANEXO
ACTIVIDADES	Ecuación de Lane	E
	Método de Shields	F
	Calibración del modelo	D y G
CUESTIONARIOS	HEC-RAS Básico	H
	HEC-RAS Transporte de sedimentos	H
PROYECTO FINAL	Informe Escrito	D y G

3.2.5. Desarrollo e implementación del aula virtual moodle

Se revisaron los recursos disponibles en Moodle y se evaluaron distintas herramientas que facilitaron la organización y estructuración del módulo, garantizando una configuración funcional y ajustada a los requerimientos del curso. Durante este proceso, se contó con el acompañamiento y la orientación del ingeniero Jorge Iván Torres, profesional del CEDEUIS.

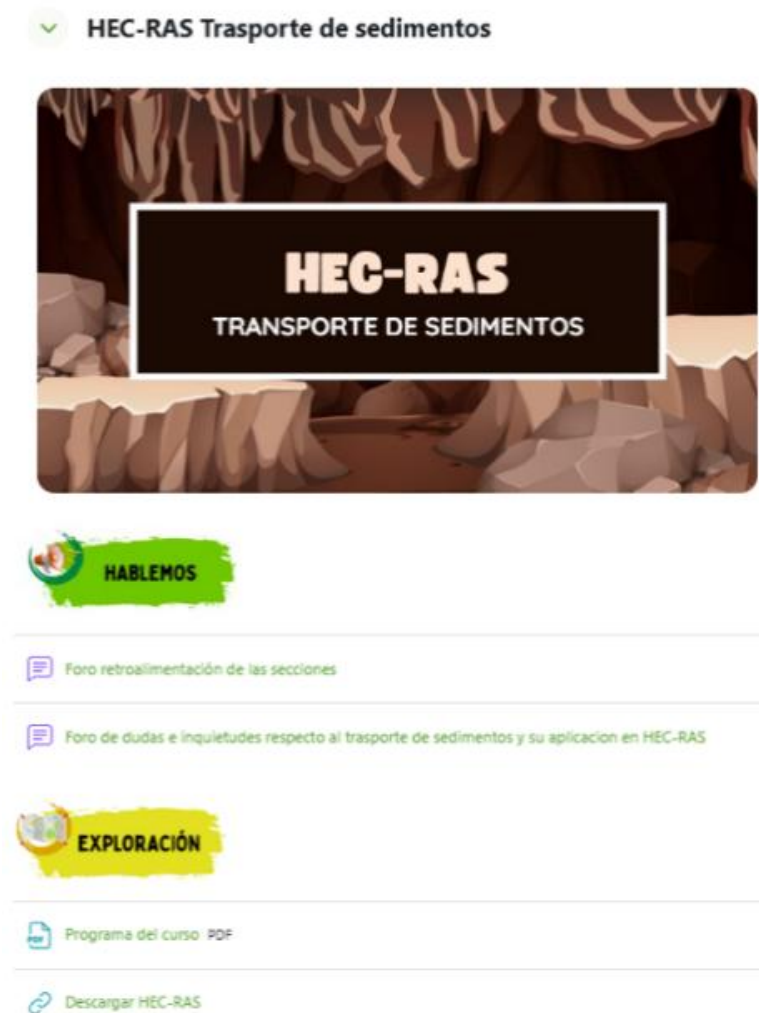
El módulo de HEC-RAS: Transporte de Sedimentos, está organizado en cuatro pestañas. La primera corresponde a la presentación del curso; la segunda reúne los fundamentos teóricos del transporte de sedimentos; la tercera aborda la aplicación de estos conceptos mediante HEC-RAS, y la cuarta está destinada al desarrollo del proyecto final. A continuación, se describe el contenido de cada una de estas pestañas.

3.2.5.1. HEC-RAS: Transporte de sedimentos

Esta pestaña contiene la información introductoria del módulo que será desarrollado durante el curso. En ella se incluye un encabezado principal que identifica el módulo y dos etiquetas organizadoras que facilitan la navegación y el acceso a los recursos disponibles.

La primera etiqueta, denominada "Hablemos", integra dos foros de interacción. El primero está destinado a que los estudiantes formulen preguntas y expresen inquietudes relacionadas con las sesiones desarrolladas durante el curso. El segundo tiene como propósito recopilar retroalimentación sobre las actividades y los contenidos abordados, con el fin de fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La segunda etiqueta, denominada "Exploración", reúne recursos de apoyo para el aprendizaje. Entre estos se encuentran el documento correspondiente al programa del curso (Anexo A) y un enlace para la descarga del software HEC-RAS, herramienta utilizada para el desarrollo de las actividades académicas.

Figura 1.*Presentación del curso*

3.2.5.2. Fundamentación transporte de sedimentos

En esta pestaña, el objetivo principal es que los estudiantes comprendan los fundamentos teóricos del transporte de sedimentos, los cuales constituyen la base para entender el funcionamiento del programa. Para ello, el contenido se organiza en tres etiquetas:

- **Profundización:** Contiene las diapositivas elaboradas para el repaso de los conceptos fundamentales del curso de Hidráulica, así como el material adaptado para explicar los principios del transporte de sedimentos.
- **Actividad:** Reúne las actividades evaluativas que se desarrollarán durante las clases, con el propósito de promover la participación de los estudiantes y fortalecer el proceso de aprendizaje en las sesiones magistrales dirigidas.

- **Exploración:** Incluye videos complementarios a los contenidos teóricos presentados, con el fin de ampliar la comprensión de los temas abordados y facilitar la apropiación de los conceptos por parte de los estudiantes.

Figura 2.

HEC-RAS Fundamentación de transporte de sedimentos.

▢ **FUNDAMENTACIÓN DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**



HEC-RAS básico - Repaso Módulo PDF

Fundamentación transporte de sedimentos PDF



Actividad 1 - Módulo Hec-Ras básico PDF

Actividad 1

Actividad 2 - Módulo Hec-Ras básico PDF

Actividad 2

Actividad 3 - Ecuación de Lame PDF

Actividad 3
Completado a los estudiantes

Actividad 4 - Método de Shields PDF

Actividad 4



Transporte de sedimentos

Visualización real transporte de sedimentos

Efectos de la instalación de presas de baja altura en el transporte de sedimentos gruesos

Transporte de sedimentos en ríos

3.2.5.3. Aplicación de transporte de sedimentos

En esta pestaña se busca que los estudiantes apliquen los conceptos teóricos adquiridos sobre la fundamentación del transporte de sedimentos mediante el uso del

software HEC-RAS. Para ello, se plantea la modelación hidráulica del río San Antonio, proyecto final desarrollado por los estudiantes durante el curso. Con el propósito de facilitar el proceso de aprendizaje, esta sección se organiza en tres etiquetas:

- **Documentación:** Reúne toda la información necesaria para el desarrollo de la modelación del río San Antonio en HEC-RAS. Para ello, se proporciona un archivo comprimido (.zip) que contiene la geometría del modelo hidráulico y un archivo en formato Excel con la información requerida para la simulación, incluyendo los registros diarios de caudales líquidos en las estaciones de monitoreo, la granulometría del cauce, el caudal sólido y demás datos de entrada necesarios para la ejecución del modelo.
- **Actividad:** Contiene una actividad evaluativa diseñada para verificar la apropiación de los conocimientos adquiridos durante el proceso de construcción del modelo en HEC-RAS, así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos mediante la simulación.
- **Exploración:** Reúne apartados del manual técnico de HEC-RAS relacionados con las ecuaciones de transporte de sedimentos, además de recursos complementarios disponibles en el repositorio público de GitHub de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Estos materiales tienen como propósito fortalecer la comprensión de los criterios utilizados para la selección de la ecuación de transporte de sedimentos más adecuada, de acuerdo con las características del caso de estudio. Asimismo, permiten que los estudiantes comprendan la influencia de esta elección sobre la precisión y la confiabilidad de los resultados obtenidos en la simulación.

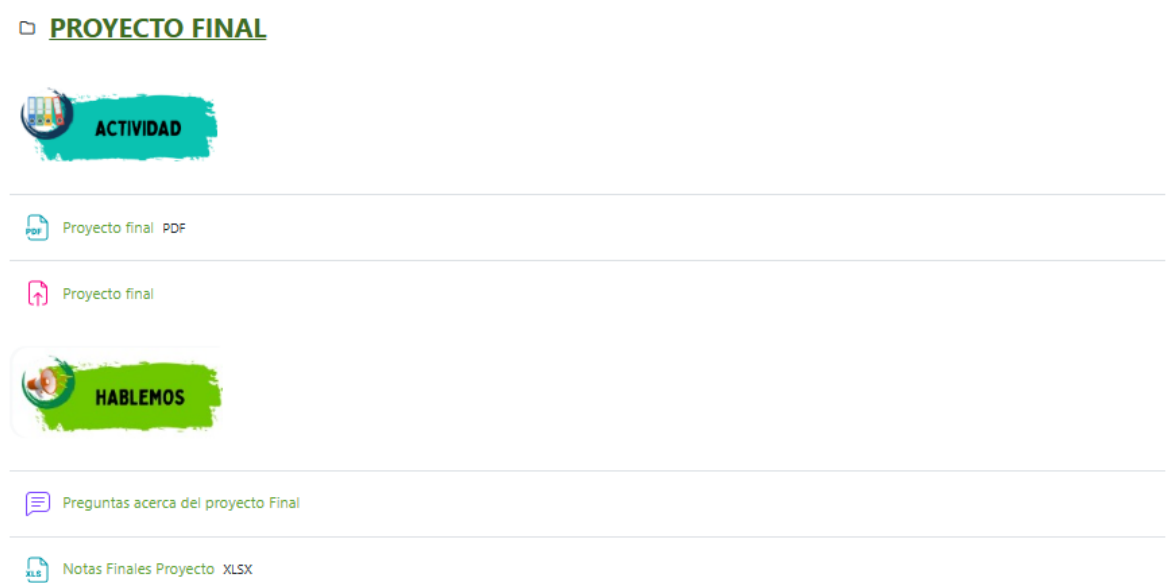
Figura 3.

HEC-RAS Aplicación de transporte de sedimentos.



Finalmente, esta pestaña reúne el principal producto desarrollado en el marco del proyecto: Guía pedagógica para la modelación de cauces utilizando el software HEC-RAS (Anexo D). Este documento presenta de manera detallada el procedimiento para el montaje del modelo hidráulico, así como las orientaciones necesarias para el desarrollo del proyecto final del curso.

Adicionalmente, se incluye una etiqueta denominada "Hablemos", en la que se habilitó un foro de discusión destinado a resolver inquietudes relacionadas con el desarrollo del proyecto y a comunicar información de interés, incluyendo observaciones generales y las notas finales del curso.

Figura 4.*Proyecto final.***3.3. Estrategias de evaluación**

En el curso de HEC-RAS se implementaron diferentes estrategias de evaluación orientadas a valorar el aprendizaje de los estudiantes de manera integral. Estas comprendieron el desarrollo de actividades y cuestionarios durante el curso, así como la elaboración de un proyecto final. La distribución de los porcentajes fue de la siguiente manera: las actividades fueron el 30%, cuestionarios 20% y proyecto final 50%, para un total del 100%.

Con el fin de evaluar el aprendizaje de los estudiantes de manera continua, se implementaron diversas estrategias de evaluación a lo largo del curso. Estas comprendieron cinco actividades evaluativas, de las cuales dos correspondieron al curso de HEC-RAS Básico, implementado durante el semestre 2025-II, y tres al curso de HEC-RAS: Transporte de Sedimentos.

Adicionalmente, se aplicaron tres cuestionarios. El primero tuvo un carácter diagnóstico y permitió identificar los conocimientos previos de los estudiantes, con el propósito de reconocer los conceptos que requerían mayor refuerzo; por esta razón, no tuvo incidencia en la calificación del curso. Los dos cuestionarios restantes tuvieron un carácter formativo y estuvieron orientados a evaluar la comprensión de los fundamentos teóricos del transporte de sedimentos y el manejo e interpretación de resultados en el software HEC-RAS.

Finalmente, se implementó un proyecto integrador como estrategia de evaluación sumativa, fundamentado en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). A través de este proyecto, los estudiantes aplicaron los conocimientos adquiridos durante el curso mediante la resolución de un caso de estudio. La evaluación contempló la participación en clase, la entrega de un informe escrito y la sustentación de los resultados obtenidos.

4. Desarrollo de la experiencia docente

4.1. Actividades realizadas

4.1.1. Actividades HEC-RAS Básico

Las actividades correspondientes al módulo HEC-RAS Básico fueron diseñadas y desarrolladas en el marco del trabajo de grado titulado *Desarrollo de un módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS en la asignatura Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil* (Robles Niño & Villalobos Chacón, 2026). Estas actividades tuvieron como propósito fortalecer la comprensión del proceso de modelación de la geometría de un canal, ya fuera natural o artificial, así como la asignación del flujo permanente en el software HEC-RAS.

Tabla 2.*Actividades HEC-RAS Básico*

HEC-RAS básico		
Actividades	Descripción	Objetivo
Flujo permanente: Canal regular	Construcción de la geometría básica de un canal trapezoidal regular en HEC-RAS mediante el ingreso de coordenadas y cotas previamente definidas, incorporando la asignación de los coeficientes de rugosidad correspondientes a los materiales presentes en cada una de las zonas del canal añadiendo un flujo permanente con diferentes periodos de retorno. Con esta actividad se mostró los análisis que se pueden realizar en HEC-RAS como la vista 3D X-Y-Z, perfil de velocidad, rating curve, perfil de flujo y la información hidráulica que nos arroja las tablas de HEC-RAS.	Capacitar al estudiante en la elaboración y configuración de la geometría y la rugosidad de un canal regular como paso inicial del modelado hidráulico en HEC-RAS y 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.
Cargue de información topográfica	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.	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.

4.1.2. Actividades HEC-RAS: Transporte de sedimentos

Para el curso HEC-RAS: Transporte de sedimentos, se implementaron las siguientes actividades con el fin de comprender conceptos teóricos y funcionamiento del software:

Tabla 3.

Actividades realizadas en el curso HEC-RAS: Transporte de sedimentos.

HEC-RAS transporte de sedimentos		
Actividades	Descripción	Objetivo
Ecuación de Lane	La actividad consistió en el análisis cualitativo de la respuesta de un río ante diferentes escenarios de intervención y modificación de sus condiciones naturales, empleando como base la analogía de la balanza de Lane. A partir de cuatro casos propuestos, los estudiantes debían interpretar cómo los cambios en variables como el caudal, la pendiente, el ancho del cauce y el aporte de sedimentos afectan el equilibrio del sistema fluvial, identificando si la respuesta esperada del río correspondía a procesos de erosión o sedimentación, la actividad y su respectiva solución se presentan en el Anexo E.	Comprender la influencia de las variables hidráulicas en los procesos de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales, con el fin de predecir la respuesta del cauce frente a diferentes condiciones, a partir de las observaciones realizadas en campo.
Método de Shields	La actividad consistió en aplicar el criterio de Shields para evaluar el inicio del movimiento de sedimentos en un cauce, mediante el cálculo de los parámetros hidráulicos requeridos y la interpretación del diagrama de Shields La actividad y su respectiva solución se presentan en el Anexo H.	Comprender el criterio de Shields empleado por HEC-RAS para determinar el inicio del movimiento de las partículas del lecho.

Calibración del modelo	La actividad consistió en analizar, a partir de las condiciones hidráulicas del cauce, cuál ecuación de transporte de sedimentos representaba de mejor manera el comportamiento observado en la realidad. Posteriormente, se realizó la calibración del modelo mediante el ajuste del parámetro de capacidad de transporte, empleando el indicador estadístico RMSE para evaluar la calidad del ajuste. Asimismo, se enfatizó la importancia de utilizar, en aplicaciones reales, al menos tres métodos estadísticos para validar el proceso de calibración y garantizar la confiabilidad de los resultados. Esta actividad era el ítem 3 del proyecto final por lo tanto se encuentra en el anexo D y la solución se encuentra en el anexo G.	Comprender la aplicación de las ecuaciones de transporte de sedimentos en HEC-RAS y analizar la influencia del parámetro de capacidad de transporte en el comportamiento del cauce.
------------------------	--	---

4.1.3. Cuestionarios

Durante el desarrollo del curso se aplicaron tres cuestionarios utilizando la plataforma Kahoot como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta estrategia promovió la participación de los estudiantes en un ambiente dinámico, interactivo y competitivo, favoreciendo su motivación e interés por las actividades propuestas. Asimismo, los cuestionarios tuvieron como propósito evaluar el nivel de comprensión y los conocimientos adquiridos a lo largo del curso, así como identificar los conceptos que habían sido asimilados y aquellos que requerían un mayor fortalecimiento. Para consultar las preguntas de los cuestionarios y sus respectivas soluciones, remítase al Anexo H.

Tabla 4.*Cuestionarios.*

Cuestionarios	Descripción
Pre-conocimientos	Este cuestionario tuvo como propósito diagnosticar el nivel de conocimientos previos de los estudiantes en el área de hidráulica antes de iniciar el curso de modelación con HEC-RAS. Los resultados obtenidos permitieron identificar las fortalezas y debilidades de los participantes, con el fin de reforzar los conceptos hidráulicos fundamentales durante la explicación y aplicación del software, garantizando así una mejor comprensión de las herramientas y procedimientos empleados en el proceso de modelación.
HEC-RAS básico	Este cuestionario tuvo como objetivo evaluar la comprensión de los estudiantes sobre la interfaz del software HEC-RAS, verificando su capacidad para identificar las principales herramientas y funciones del programa. En particular, se buscó que los estudiantes reconocieran la ubicación de las opciones destinadas a la edición de la geometría del canal, la configuración del tipo de flujo y la visualización e interpretación de los resultados obtenidos durante la simulación.
HEC-RAS transporte de sedimentos	Este cuestionario busca evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los fundamentos teóricos del transporte de sedimentos, así como su capacidad para interpretar los resultados generados por el software HEC-RAS. De esta manera, se buscó verificar que los participantes comprendieran los conceptos fundamentales involucrados en los procesos de erosión y sedimentación, y que fueran capaces de relacionar dichos conceptos con los resultados obtenidos durante las simulaciones.

4.1.4. Proyecto final

Después de abordar los conceptos teóricos relacionados con el transporte de sedimentos, se realizó la modelación del río San Antonio mediante el programa HEC-RAS. Para ello, se elaboró una guía metodológica que describe detalladamente cada una de las etapas del procedimiento, junto con la justificación técnica correspondiente. Esta guía sirvió como material de apoyo para los estudiantes, especialmente para aquellos que no pudieron asistir a la práctica o que presentaron dificultades durante su desarrollo debido a omisiones o errores en la ejecución del procedimiento. De esta manera, los estudiantes pudieron repetir el ejercicio de forma autónoma hasta lograr una correcta implementación del modelo. Asimismo, los errores identificados y reportados durante la práctica permitieron complementar la guía con recomendaciones orientadas a explicar las causas más frecuentes de dichas dificultades y las estrategias para solucionarlas.

Posteriormente, se explicó el proceso de calibración del modelo. Para este propósito, se presentó el error cuadrático medio (RMSE) como indicador estadístico para evaluar el ajuste del modelo, haciendo énfasis en la importancia de emplear diferentes métricas estadísticas durante el proceso de calibración. Finalmente, se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos en HEC-RAS, concluyendo así los contenidos correspondientes al módulo de transporte de sedimentos y proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para el desarrollo del proyecto. La información detallada de este proceso se encuentra consignada en la guía pedagógica elaborada que puede verse en detalle en el *Anexo D* y su respectiva solución en el *Anexo G*.

4.2. Interacción con los estudiantes

La interacción con los estudiantes se desarrolló de manera permanente tanto en las sesiones presenciales como a través del aula virtual Moodle. Durante las clases se promovió

la participación mediante preguntas, análisis de casos y resolución de ejercicios prácticos en HEC-RAS. Asimismo, se brindó retroalimentación continua sobre las actividades y cuestionarios, orientando a los estudiantes en la comprensión de los conceptos relacionados con el transporte de sedimentos.

Como complemento, se habilitó el foro "Hablemos" en el aula virtual, el cual permitió atender las inquietudes surgidas durante el desarrollo del curso y del proyecto final. Además, se intercambiaron mensajes mediante la opción de Messaging en moodle favoreciendo una comunicación constante entre el docente y los estudiantes permitiendo así solucionar las dudas que no fueron atendidas durante la clase.

La entrega de las actividades se realizó principalmente a través del aula virtual Moodle, lo que permitió centralizar las evidencias de aprendizaje y facilitar el seguimiento del progreso de los estudiantes. En aquellos casos en los que fue necesario, las actividades también fueron enviadas mediante el correo asegurando una comunicación oportuna y la recepción de los trabajos.

4.3. Evaluación del proceso

Para realizar un debido análisis de nuestra propuesta pedagógica que se trabajó en el semestre 2026-I, se realizó una encuesta a los estudiantes acerca de la calidad del aula, los resultados de la encuesta se encuentran en el Anexo M.

Con base a estos resultados se puede concluir lo siguiente:

- Las respuestas obtenidas en las dos primeras preguntas de la encuesta evidencian una evolución positiva en la percepción de los estudiantes respecto a su nivel de conocimiento sobre el software HEC-RAS. Antes de la implementación del curso, el 83 % de los estudiantes calificaba su nivel de conocimiento con una valoración igual o inferior a 3. Al finalizar el curso, el 84 % manifestó haber alcanzado un nivel

avanzado en el manejo del software, lo que refleja un incremento significativo en la confianza y en la percepción de las competencias adquiridas durante el proceso de formación.

- En cuanto a la organización de los contenidos del aula virtual, los resultados muestran una valoración positiva por parte de los estudiantes. El 85,7 % de los encuestados otorgó una calificación igual o superior a 4, en una escala de 1 a 5, lo que sugiere que la distribución de los recursos y actividades fue adecuada y permitió un acceso ordenado a los contenidos, favoreciendo el seguimiento del curso y la comprensión de los temas abordados.
- Más del 85 % de los estudiantes calificó positivamente la Guía pedagógica: Modelamiento de transporte de sedimentos en cauces (Anexo D), destacando la claridad en la presentación de los contenidos, la organización de la información y la comprensión de las instrucciones del proyecto final. Estos resultados indican que la guía constituyó un recurso didáctico adecuado para orientar el desarrollo de las actividades y favorecer el cumplimiento de los resultados de aprendizaje propuestos.
- La percepción de los estudiantes respecto al desempeño de los docentes en práctica fue positiva. Más del 85 % de los encuestados manifestó que las explicaciones proporcionadas durante las sesiones de clase fueron claras y comprensibles, además de reconocer el dominio de los contenidos por parte de los docentes en práctica.
- El 98,4 % de los estudiantes consideró que durante el desarrollo del curso se promovió la participación y la resolución oportuna de dudas. Este resultado evidencia una percepción positiva sobre el acompañamiento docente y el ambiente de aprendizaje generado, aspectos que favorecieron el desarrollo de las actividades académicas.

- Los resultados de la encuesta evidenciaron una percepción favorable de los estudiantes respecto a la metodología de enseñanza implementada, fundamentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), así como de los criterios de evaluación establecidos para el curso. La mayoría de los participantes manifestó estar de acuerdo con la metodología empleada y consideró que los criterios de evaluación fueron claros, pertinentes y coherentes con las actividades desarrolladas y los resultados de aprendizaje esperados.

4.4. Evaluación del aprendizaje

Todas las actividades desarrolladas por los estudiantes fueron entregadas a través de la plataforma Moodle o, cuando fue necesario, enviadas al correo electrónico estudiantes de practica en docencia. Los cuestionarios se aplicaron mediante la plataforma Kahoot, permitiendo evaluar de forma dinámica la comprensión de los contenidos abordados durante el curso. De igual manera, el proyecto final fue entregado a través de los mismos medios establecidos para las actividades. Las calificaciones obtenidas en las actividades, cuestionarios y proyecto final fueron registradas y consolidadas en archivos de Excel, los cuales se presentan en los Anexos I, J y K, como evidencia del proceso de evaluación y del desempeño académico de los estudiantes.

5. Reflexión pedagógica

La experiencia permitió comprender que el proceso de enseñanza va más allá de la transmisión de conocimientos teóricos, ya que durante su desarrollo surgen diversas dificultades relacionadas con la atención de los estudiantes, la verificación de la comprensión de los conceptos explicados y la resolución de inconvenientes presentados durante el modelado en el software HEC-RAS. En varias ocasiones se identificaron errores en los

modelos elaborados por los estudiantes cuya causa no era evidente en el momento, lo que representó un reto tanto para el proceso de enseñanza como para el aprendizaje.

Esta experiencia permitió reconocer que uno de los principales desafíos del docente es afrontar estas dificultades de manera oportuna, manteniendo el interés de los estudiantes por la asignatura y favoreciendo un aprendizaje significativo. Para ello, durante las clases magistrales de teoría se implementaron estrategias como la formulación constante de preguntas y el desarrollo de actividades mientras se explicaban los conceptos, promoviendo un diálogo continuo con los estudiantes. Esto permitió verificar su nivel de comprensión y fomentar una participación más activa durante las sesiones.

De igual manera, cuando surgían errores en el proceso de modelación que no podían resolverse de forma inmediata, se asumió el compromiso de investigar sus posibles causas y profundizar en el funcionamiento del software para brindar una respuesta en la siguiente clase. Posteriormente, se explicaba a los estudiantes el origen del error, las razones por las que se presentaba y el procedimiento adecuado para corregirlo. Esta situación evidenció la importancia de la actualización constante del docente y del aprendizaje continuo como elementos fundamentales para ofrecer un acompañamiento efectivo a los estudiantes y fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Otro de los desafíos más significativos identificados durante la práctica pedagógica fue la gestión del tiempo. Aunque las actividades se planifican con base en un cronograma previamente establecido, en la práctica resulta difícil prever el tiempo que cada estudiante o grupo requerirá para desarrollar los ejercicios, especialmente cuando estos implican procesos de análisis y modelación que demandan diferentes ritmos de aprendizaje. Esta situación puede generar retrasos en el cumplimiento de la programación y obliga al docente a tomar decisiones sobre la marcha para equilibrar el avance del curso con la calidad del aprendizaje.

Esta experiencia permitió comprender que enseñar no consiste únicamente en cumplir con una planeación, sino también en adaptarse a las necesidades reales de los estudiantes. En algunas ocasiones fue necesario ajustar el ritmo de las explicaciones para dar continuidad a los contenidos programados, procurando siempre que los conceptos fundamentales quedaran suficientemente claros. De esta manera, se evidenció que una adecuada gestión del tiempo requiere flexibilidad, capacidad de adaptación y un equilibrio entre el cumplimiento de los objetivos propuestos y el respeto por los diferentes ritmos de aprendizaje de los estudiantes, priorizando siempre la comprensión de los temas sobre el simple cumplimiento del cronograma.

Finalmente, la experiencia en las prácticas de docencia contribuyó significativamente a desarrollar habilidades de planeación, comunicación, redacción y acompañamiento del proceso de aprendizaje. Asimismo, permitió reconocer la importancia de la retroalimentación continua como una herramienta fundamental para identificar oportunamente las dificultades que presentan los estudiantes, comprender sus necesidades de aprendizaje y plantear estrategias que faciliten la apropiación de los conocimientos. En conjunto, esta experiencia reafirmó que la labor docente implica un proceso permanente de aprendizaje, reflexión y mejora continua, orientado a promover una enseñanza cada vez más efectiva y significativa.

6. Conclusiones

- Se cumplió satisfactoriamente el objetivo de desarrollar un curso de HEC-RAS: Transporte de Sedimentos que trascendiera la enseñanza basada únicamente en un procedimiento paso a paso, permitiendo que los estudiantes comprendieran los fundamentos teóricos que sustentan los procesos y cálculos realizados por el software.

- Se logró desarrollar el material didáctico propuesto, el cual constituyó un apoyo fundamental para el adecuado desarrollo del curso y facilitó el proceso de aprendizaje de los estudiantes.
- La estrategia de enseñanza basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se implementó satisfactoriamente, permitiendo a los estudiantes integrar y aplicar los conocimientos adquiridos en la resolución de una problemática propia del ámbito profesional de la ingeniería civil.

7. Recomendaciones

- Desarrollar clases dinámicas que promuevan la participación de los estudiantes mediante el uso de videos, actividades prácticas y herramientas lúdicas, como juegos o cuestionarios interactivos, favoreciendo una mejor comprensión y apropiación de los conceptos.
- Mantener la calma al momento de resolver las inquietudes de los estudiantes. En caso de no conocer la respuesta a una pregunta, es preferible investigarla y brindar posteriormente una respuesta fundamentada, evitando proporcionar información incorrecta o imprecisa.
- Planificar adecuadamente las clases mediante un cronograma de actividades, con el fin de optimizar el manejo del tiempo y garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos durante cada sesión.

Referencias Bibliográficas

- Cañotte, G. C. (2017). *Aprendizaje Basado en Proyectos* .
- Chang, H. H. (1988). *Fluvial Processes in River Engineering*. (J. W. Sons, Ed.) New York , Estados Unidos. Obtenido de https://books.google.com.co/books/about/Fluvial_Processes_in_River_Engineering.html?id=IuNRAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Gonzalo Cobo Gonzales, S. M. (2017). *Aprendizaje Basado en Proyectos*. Perú: Instituto de Docencia Universitaria, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Obtenido de <https://encuentro.educatic.unam.mx/educatic2020/pdf/docencia-camp/aprendizaje-basado-en-proyectos.pdf>
- Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC). (s.f.). *1D Sediment Transport Technical Reference Manual*. Obtenido de Hydrologic Engineering Center's (CEIWR-HEC) River Analysis System (HEC-RAS): <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rassed1d/1d-sediment-transport-technical-reference-manual>
- Jiménez Puig, P. (2006). *Estudio sobre estabilidad de traviesas y lechos de escollera* . Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona. Obtenido de <https://hdl.handle.net/2099.1/3306>
- Julien, P. Y. (2010). *Erosion and Sedimentation*. Cambridge: Cambridge University Press. Obtenido de <https://www.cambridge.org/core/books/abs/erosion-and-sedimentation/contents/495AEA84655E3ED110F634771AA333BA?>
- Latouche Facenda, M. F. (s.f.). *M.TSED - Curso básico de transporte de sedimentos en HEC-RAS 1D*. Bogotá, Colombia: Centro de Estudios Hidráulicos. Obtenido de <https://github.com/mflatouche/M.TSED>
- Robles Niño, J. S., & Villalobos Chacón, D. (2026). *Desarrollo de un módulo de apoyo para la enseñanza práctica del software HEC-RAS*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander .
- Vanoni, V. A. (2006). *Sedimentation Engineering*. Roston, Virginia.: American Society of Civil Engineers (ASCE). Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784408230>