

Elaboración de un curso virtual didáctico del software HEC-HMS aplicado en la hidrología en
ingeniería civil.

Sandra Juliana Ballesteros Ariza (1), José Miguel Torres Forero (2) y

Álvaro Xavier Pérez Rivera (3)

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

John Jairo Márquez Molina

Doctor en Ciencias Agropecuarias.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado, con todo nuestro amor y gratitud, a nuestros padres quienes, con su apoyo inquebrantable, sacrificio y cariño infinito iluminaron el camino que nos permitió alcanzar nuestras metas universitarias y profesionales. A ellos, que con paciencia y fe en nosotros nos enseñaron a soñar y luchar hasta hacer realidad este logro. También a nuestros familiares, cuya compañía, ánimo y afecto fueron piezas fundamentales para convertir esta meta en un triunfo compartido.

Agradecimientos

Primero, queremos agradecer a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de nuestro camino. A nuestros padres, hermanos y demás familiares, quienes con su amor y compañía constante nos sostuvieron en el transcurso de nuestras carreras y en la realización de este proyecto. A nuestros queridos amigos, que se convirtieron en una segunda familia y en un refugio de apoyo incondicional en los momentos más desafiantes. Y, de manera muy especial, a nuestro director de proyecto de grado, John Jairo Márquez Molina, quien con su paciencia, sabiduría y generoso acompañamiento hizo posible que este sueño académico se transformara en una realidad.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	10
Declaración de uso de inteligencia artificial.....	12
Introducción.....	13
1. Objetivos.....	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco teórico.....	16
2.1 Cuenca hidrográfica.....	16
2.1.1 Morfometría de cuencas hidrográficas.....	17
2.2 Software HEC-HMS.....	18
2.3 Precipitación.....	19
2.3.1 Precipitación Total.....	20
2.3.2 Precipitación Efectiva.....	20
2.3.3 Métodos de representación de la precipitación en HEC-HMS.....	21
2.3.3.1 Hietograma Especificado (Specified Hyetograph).....	21
2.3.3.2 Ponderación por Distancia Inversa (IDW).....	21
2.3.3.3 Ponderaciones de Pluviómetros (Gage Weights).....	22
2.4 Escorrentía.....	22
2.4.1 Escorrentía Superficial.....	23
2.4.2 Escorrentía Subterránea.....	23
2.5 Hidrograma.....	23

2.6 Infiltración y pérdidas	24
2.6.1 Número de curva (SCS Curve Number)	24
2.6.2 Método de pérdidas iniciales y constantes (Initial and Constant Loss)	25
2.7 Modelo de Transformación Escorrentía-Caudal.....	25
2.7.1 Hidrograma Unitario.....	26
2.7.2 Hidrogramas Unitarios Sintéticos	26
2.7.2.1 Hidrograma Unitario sintético de Snyder.	26
2.7.2.2 Hidrograma Unitario sintético del SCS.	27
2.7.2.3 Hidrograma Unitario sintético de Clark.....	27
2.8 Tránsito de avenidas	28
2.8.1 Método simple lag.....	28
2.8.2 Método de Muskingum	29
2.8.3 Método de Muskingum-Cunge	29
2.9 Embalses	29
2.10 Calibración de modelos hidrológicos.....	30
2.10.1 Calibración manual en Hec-Hms	30
2.10.2 Calibración automática en Hec-Hms	31
2.11 Hidrología de diseño	31
2.12 Educación virtual y didáctica.....	32
2.12.1 E-learning.....	33
2.12.2 Aprendizaje basado en proyectos (ABP)	33
2.12.3 Entornos virtuales de enseñanza aprendizaje (EVA).....	33
2.13 Antecedentes	34

3. Metodología	35
3.1 Fase 1: Diseño de la estructura y contenidos del curso virtual.....	35
3.2 Fase 2: Desarrollo de materiales Audiovisuales e interactivos.....	37
3.3 Fase 3: Implementación y evaluación del curso virtual.....	39
4. Resultados	40
4.1 Resultados de la Fase de Diseño y Estructura del Curso	40
4.1.1 Fundamentos del Diseño Pedagógico	40
4.1.2 Estructura Modular y Niveles de Aprendizaje.....	41
4.1.2.1 Nivel Básico.....	41
4.1.2.2 Nivel Intermedio.....	42
4.1.2.3 Nivel Avanzado.....	44
4.2 Desarrollo de materiales Audiovisuales e interactivos	46
4.2.1 Materiales didácticos Elaborados	46
4.2.1.1 Tutoriales en Video.....	46
4.2.1.2 Guías Descargables.....	47
4.2.1.3 Recursos Interactivos.....	49
4.2.2 Primera fase de Validación con Grupo piloto.....	50
4.2.3 Segunda fase de validación con grupo piloto	51
4.2.3 Contenido y Enfoque del curso.....	53
4.3 Resultados de la Fase de Implementación y Evaluación	55
4.3.1 Implementación en la Plataforma Moodle.....	55
4.3.2 Prueba de Calidad y Usabilidad.....	56
4.3.3 Coherencia y Efectividad del Entorno Virtual.....	57

4. Conclusiones y recomendaciones	58
Referencias Bibliográficas	60
Apéndices.....	67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Modelaciones de HEC-HMS en escenarios académicos</i>	34
Tabla 2 <i>Contenido y Enfoque del Curso Virtual en HEC-HMS</i>	53

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Estructura del nivel básico del curso en la plataforma Moodle</i>	42
Figura 2 <i>Estructura del nivel Intermedio del curso en la plataforma Moodle</i>	44
Figura 3 <i>Estructura del nivel Avanzado del curso en la plataforma Moodle</i>	45
Figura 4 <i>Sección de análisis de resultados que aparecerá en cada materia audiovisual</i>	47
Figura 5 <i>Guía descargable para consolidar las simulaciones audiovisuales</i>	48
Figura 6 <i>Guía descargable con ejercicio evaluativo de la modelación</i>	49
Figura 7 <i>Resultados de la encuesta sobre recursos preferidos para el desarrollo del curso virtual</i>	51
Figura 8 <i>Resultados de la prueba piloto sobre la percepción de los estudiantes en relación con la estructura, claridad de los videos, guías didácticas y accesibilidad de los recursos</i>	52
Figura 9 <i>Video introductorio del uso adecuado del Moodle</i>	56

Resumen

Título: Elaboración de un curso virtual didáctico del software HEC-HMS aplicado en la hidrología en ingeniería civil.*

Autor: Sandra Juliana Ballesteros Ariza (1) Alvaro Xavier Pérez Rivera (2) y José Miguel Torres Forero (3)**

Palabras Clave: Modelación hidrológica, Hec-Hms, curso virtual, recursos audiovisuales, Moodle.

Descripción: En la formación académica del curso de Hidrología, dentro del programa de Ingeniería Civil, se identificó una limitación en cuanto a la enseñanza práctica de la modelización hidrológica. En vista de lo anterior, se propone complementar el curso de hidrología del programa de pregrado de la Universidad Industrial del Santander mediante la implementación de un curso virtual, alojado en la plataforma Moodle. Este recurso tiene como propósito fortalecer el aprendizaje aplicado de la modelación hidrológica a través del uso del software HEC-HMS, fomentando el desarrollo de competencias técnicas y prácticas en los estudiantes. Además, busca organizar y optimizar la gestión de los materiales educativos, garantizando un acceso centralizado, eficiente y permanente a la información. El curso se organizó en tres niveles (básico, intermedio y avanzado), abordando desde el manejo inicial del software HEC-HMS hasta la calibración de modelos complejos. Cada módulo incluyó materiales audiovisuales, guías prácticas y ejercicios interactivos, evaluados mediante actividades aplicativas y retroalimentación continua. Esta propuesta busca fortalecer las habilidades de los estudiantes en el uso de herramientas digitales para la simulación hidrológica, mejorar su comprensión de los procesos del ciclo hidrológico y facilitar la aplicación de los conocimientos en escenarios reales de ingeniería civil. Esta iniciativa también responde a la necesidad de incorporar estrategias de enseñanza activas y entornos virtuales adaptativos, promoviendo así un aprendizaje progresivo, autónomo y significativo.

* Trabajo de Grado

** Facultad de ingenierías Físicomecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director: John Jairo Márquez Molina. Doctor en Ciencias Agropecuarias.

Abstract

Title: Development of an online educational course on HEC-HMS software applied to hydrology in civil engineering.*

Author(s): Sandra Juliana Ballesteros Ariza (1) José Miguel Torres Forero (2) and Álvaro Xavier Pérez Rivera (3)**

Key Words: Hydrological modeling, Hec-Hms, virtual course, audiovisual resources, learning.

Description: In the academic training of the Hydrology course, within the Civil Engineering program, a limitation was identified in terms of the practical teaching of hydrological modeling. In view of the above, it is proposed to complement the hydrology course of the undergraduate program at the Industrial University of Santander by implementing a virtual course, hosted on the Moodle platform. The purpose of this resource is to strengthen the applied learning of hydrological modeling through the use of HEC-HMS software, promoting the development of technical and practical skills in students. In addition, it seeks to organize and optimize the management of educational materials, ensuring centralized, efficient, and permanent access to information. The course was organized into three levels (basic, intermediate, and advanced), covering everything from the initial use of HEC-HMS software to the calibration of complex models. Each module included audiovisual materials, practical guides, and interactive exercises, evaluated through application activities and continuous feedback. This proposal seeks to strengthen students' skills in the use of digital tools for hydrological simulation, improve their understanding of the processes of the hydrological cycle, and facilitate the application of knowledge in real civil engineering scenarios. This initiative also responds to the need to incorporate active teaching strategies and adaptive virtual environments, thereby promoting progressive, autonomous, and meaningful learning.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: John Jairo Márquez Molina. Doctor of Agricultural Sciences.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Para la realización de este trabajo se ha utilizado ChatGPT y Perplexity AI como herramientas de apoyo en el proceso de investigación y redacción. ChatGPT se empleó para mejorar la redacción, ajustar el estilo académico y proponer ideas complementarias en algunos apartados de la tesis, mientras que Perplexity AI se utilizó para la búsqueda de referencias bibliográficas pertinentes, incluyendo tesis, libros y artículos que fortalecieron el marco conceptual.

Introducción

Dentro del plan de estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, la asignatura de Hidrología busca que los estudiantes comprendan y analicen los procesos hidrológicos y su interacción con los sistemas de gestión del agua (Universidad Industrial de Santander, 2025). Sin embargo, actualmente no se cuenta con un curso estructurado y dirigido específicamente a la aplicación de la modelación hidrológica mediante el software HEC-HMS, lo que limita la formación práctica en el uso de herramientas digitales especializadas para la resolución de problemas hidrológicos.

La modelación hidrológica es fundamental en la Ingeniería Civil, ya que permite analizar el comportamiento del agua en cuencas, optimizar la planificación de recursos hídricos y mitigar desastres naturales. Modelos como HEC-HMS son herramientas clave para el diseño de presas, drenajes y la gestión de inundaciones, pues permiten evaluar el impacto del uso del suelo en el ciclo hidrológico (Timbe Castro, Crespo Sánchez, & Cabrera-Balarezo, 2019). Diversos estudios resaltan la importancia de integrar la simulación y el aprendizaje basado en competencias en la formación de ingenieros, promoviendo habilidades prácticas mediante el uso de software especializado y escenarios reales (Dávalos, Lopes, & Aquere, 2024).

Ante esta situación, la creación de un curso virtual didáctico se plantea como una alternativa innovadora y necesaria, al facilitar el acceso al conocimiento en modelación hidrológica con HEC-HMS para los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander a través de la plataforma Moodle. Este curso no solo amplía las oportunidades de aprendizaje al estar disponible en línea, sino que también fomenta la autonomía al permitir que cada estudiante organice su ritmo de estudio y profundice en los temas según sus propias necesidades (Pérez Pinzón, 2022). Además, su estructura progresiva en niveles garantiza un aprendizaje gradual y

ordenado, lo que fortalece tanto la comprensión conceptual como la aplicación práctica del software (Zapata Jaramillo & Duarte Herrera, 2008). De esta manera, se convierte en una herramienta académica de gran utilidad, que contribuye a la formación integral de los futuros ingenieros civiles y que también puede servir como un recurso de actualización permanente para profesionales interesados en la modelación hidrológica aplicada a su formación académica y desempeño profesional. Este curso incluye materiales audiovisuales, guías prácticas y estudios de caso aplicados, con el objetivo de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje tanto para docentes como para estudiantes. De esta manera, se busca que los estudiantes desarrollen habilidades en modelación hidrológica que enriquezcan su formación académica y potencien su desarrollo en el ámbito profesional.

Los recursos educativos como videos, guías, evaluaciones e instructivos están alojados en la plataforma Moodle, con el propósito de crear un entorno de aprendizaje personalizado y fomentar la interacción entre profesor y estudiantes. El contenido está estructurado para facilitar una comprensión progresiva en ambientes virtuales (Pérez Pinzón, 2022).

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar un curso virtual didáctico sobre el software HEC-HMS, integrando aspectos técnicos y fundamentos de la hidrología, con el fin de mejorar el aprendizaje y la aplicación de la modelación hidrológica en ingeniería civil.

1.2 Objetivos Específicos

Diseñar la estructura y los contenidos del curso virtual, incorporando enfoques pedagógicos que favorezcan la comprensión progresiva del software HEC-HMS y su aplicación en hidrología.

Elaborar materiales audiovisuales y recursos interactivos, incluyendo videos explicativos, ejercicios prácticos y casos de estudio, para fortalecer la enseñanza de la modelación hidrológica en ingeniería civil.

Implementar y evaluar el curso virtual en la plataforma Moodle de la asignatura de Hidrología, asegurando su accesibilidad, funcionalidad y efectividad en el proceso de aprendizaje.

2. Marco teórico

2.1 Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es el área físico-geográfica delimitada por divisorias topográficas en donde las aguas superficiales confluyen a través de una red de drenaje natural hacia un río principal, un depósito natural de aguas, un pantano o directamente en el mar (Valderrama Plata, 1985). La divisoria de aguas constituye el límite entre dos cuencas y permite separar las aguas que pertenecen a cada una; esta se traza sobre un plano topográfico o mediante un modelo tridimensional, siguiendo las curvas de nivel de las máximas alturas que bordean la cuenca y determinan la dirección del escurrimiento de las aguas lluvias hacia uno u otro lado (Ministerio de Ambiente, 2021).

Un modelo digital de elevación (DEM) es una representación digital, visual y matemática de la topografía del terreno, que describe los valores de altura con respecto al nivel medio del mar. Este modelo permite caracterizar las formas del relieve y los elementos presentes en la superficie, ofreciendo información detallada sobre las elevaciones y características del terreno (Vásquez Pugo, 2023). Generalmente, los datos de un DEM se almacenan en archivos de tipo ráster con estructura regular, generados mediante equipos de cómputo y software especializados, lo que posibilita su aplicación en diversas áreas como Ciencias Medioambientales, Geología, Biología, Hidrología, Ingeniería, Telecomunicaciones entre otras (Mesa-Mingorance & Ariza-López, 2019).

En el caso de la hidrología, los DEM, apoyados en herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten realizar la delimitación de cuencas hidrográficas. Un SIG puede entenderse como un conjunto organizado de hardware, software, datos y técnicas diseñadas para la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, visualización y análisis de información geográficamente referenciada (Morad & Triviño Pérez, 2001).

En los procesos de modelamiento hidrológico, los archivos tipo Shapefile desempeñan un papel fundamental dentro de los Sistemas de Información Geográfica. Este formato, desarrollado por la empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI), es uno de los más utilizados debido a su compatibilidad, estructura sencilla y capacidad para almacenar información geoespacial en forma vectorial (ESRI, 1998). Los shapefiles permiten representar diferentes elementos espaciales de una cuenca hidrográfica mediante puntos, líneas y polígonos, cada uno asociado a una tabla de atributos que contiene información descriptiva. Gracias a ello, es posible modelar y analizar componentes como los parteaguas, drenajes, puntos de control, desfuegos y demás elementos que conforman la red de drenaje. Esta representación facilita la integración y el análisis de información hidrológica dentro de plataformas de modelamiento como HEC-HMS, permitiendo una comprensión más precisa del comportamiento espacial y dinámico de las cuencas hidrográficas.

2.1.1 Morfometría de cuencas hidrográficas.

Las características morfométricas de una cuenca hidrográfica describen su forma, extensión física y permiten predecir su respuesta hidrológica, lo que facilita realizar comparaciones entre diferentes cuencas y obtener conclusiones preliminares sobre las condiciones ambientales del territorio (Barroso & Salcedo Hurtado, 2017). A través de parámetros relacionados con la forma, el relieve y la red de drenaje, se obtiene una representación precisa de la geometría superficial e hidrográfica, aspecto fundamental en la modelación hidrológica para analizar la captación y el movimiento del agua de lluvia (Gaspari, Rodríguez Vagaría, Senisterra, Delgado, & Besteiro, 2013). Dentro de estas características físicas se incluyen las características morfométricas que el software HEC-HMS requiere para realizar una simulación hidrológica:

- **Área (A).** Es la superficie encerrada por la divisoria de aguas entendida como un polígono de terreno proyectado horizontalmente. Su unidad de medida convencionalmente es kilómetro cuadrado (Gaspari, Rodríguez Vagaría, Senisterra, Delgado, & Besteiro, 2013).
- **Tiempo de retardo (Tr).** Es tiempo transcurrido desde el centro de masa del exceso de lluvias al centro de masa de la escorrentía directa producida por la cuenca (Batanero, 2015).
- **Pendiente media de la cuenca (PM).** Es uno de los parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca hidrográfica, tiene relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea (Zhicay Lombaida, 2020).
- **Longitud del cauce principal (Ln).** La longitud del cauce principal corresponde a la distancia medida a lo largo del río más largo de la red de drenaje, desde la parte más alta de la cuenca, donde nace, hasta la parte más baja, en el punto de desfogue, hacia donde drenan todos los afluentes (Algeciras Castro & Bermúdez Bermúdez, 2016).
- **Tiempo de concentración (Tc).** Es el tiempo que tarda el flujo superficial en contribuir al caudal de salida, desde el punto más alejado hasta la desembocadura de la cuenca (Chow, Maidment & Mays, 1994).

2.2 Software HEC-HMS

El software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System) es un sistema de modelado hidrológico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, diseñado para simular los procesos hidrológicos de sistemas de cuencas dendríticas. Este software permite modelar eventos hidrológicos desde la precipitación hasta la

escorrentía y su tránsito a través de la red de drenaje, incluyendo procesos como infiltración, acumulación, transformación, almacenamiento y evacuación. HEC-HMS utiliza múltiples métodos para representar estos procesos, brindando flexibilidad y precisión en la simulación para diferentes condiciones de cuencas y eventos hidrológicos (U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2025).

El HEC-HMS es ampliamente utilizado en hidrología para estimar hidrogramas de escorrentía en distintas regiones, analizar eventos extremos, prever caudales máximos, apoyar el diseño y operación de infraestructuras hidráulicas como represas y sistemas de drenaje, y facilitar el desarrollo de proyectos de gestión y planificación de recursos hídricos. Su capacidad para trabajar con modelos de múltiples subcuencas y sistemas interconectados lo hace especialmente útil en la ingeniería civil, donde se requiere comprender y proyectar la respuesta hidrológica en territorios complejos para la toma de decisiones técnicas y ambientales (Centroredes, 2025).

Esta herramienta es fundamental en ingeniería civil porque ofrece un marco integrado para evaluar la disponibilidad, el control y el manejo del agua, elementos clave para el diseño, la construcción, operación y mantenimiento de obras hidráulicas, así como para la mitigación de riesgos de inundaciones y la gestión sostenible de cuencas. Además, su interfaz accesible y soporte continuo permiten a ingenieros y planificadores implementar simulaciones con datos reales, calibrar modelos y generar resultados útiles para optimizar diseños y operaciones, contribuyendo directamente a la seguridad, eficiencia y resiliencia de infraestructuras hídricas (Sánchez San Román, 2015).

2.3 Precipitación

La precipitación constituye la principal entrada de agua al sistema hidrológico, al ser el proceso mediante el cual el vapor de agua atmosférico se condensa y retorna a la superficie terrestre

en forma de lluvia, nieve, granizo o aguanieve. Este fenómeno regula el balance hídrico de una cuenca y determina la magnitud de la escorrentía superficial y la recarga de acuíferos. La precipitación representa el insumo fundamental de cualquier análisis hidrológico, ya que su distribución espacial y temporal condiciona directamente la respuesta de la cuenca (Chow, 1988). La precipitación suele medirse con pluviómetros y pluviógrafos, dispositivos que permiten registrar la cantidad de agua que cae sobre una superficie determinada, expresada en milímetros. Este dato resulta esencial en los estudios hidrológicos y climáticos, ya que brinda información clave para comprender el comportamiento del ciclo del agua y su influencia en los diferentes sistemas naturales.

2.3.1 Precipitación Total

La precipitación total corresponde a la cantidad total de agua que llega a la superficie terrestre en forma de lluvia, rocío, granizo o nieve durante un período específico. Se mide mediante pluviómetros y es un factor esencial para evaluar la disponibilidad del recurso hídrico en una zona. La precipitación total es fundamental para el análisis hidrológico porque representa la entrada principal de agua al sistema hidrológico y es base para la planificación y gestión de recursos hídricos y agrícolas (IDEAM, 2020).

2.3.2 Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que contribuye directamente a la escorrentía superficial y a la infiltración útil, descontando las pérdidas por evaporación, interceptación y capacidad de retención del suelo. Este concepto es clave para la modelación hidrológica, ya que representa el volumen de agua disponible para generar escurrimiento y recarga hídrica. Su cálculo depende de las características del suelo, la intensidad

de la lluvia, y la cubierta vegetal, siendo indispensable para obtener simulaciones precisas en programas como HEC-HMS (Estrada Sifontes, 2012).

2.3.3 Métodos de representación de la precipitación en HEC-HMS

En HEC-HMS, la representación de la precipitación puede realizarse mediante distintos enfoques que se categorizan en métodos hipotéticos y métodos históricos. Los métodos disponibles incluyen la asignación directa de hietogramas específicos (Specified Hyetograph), la construcción de tormentas sintéticas (SCS Design Storm, Frequency Storm), el uso de ponderaciones espaciales (Gage Weights e IDW) o incluso la incorporación de datos grillados provenientes de radar o satélite (U.S. Army Corps of Engineers, 2000).

2.3.3.1 Hietograma Especificado (Specified Hyetograph).

Este método permite al usuario especificar la serie temporal exacta que se utiliza en el hietograma de las subcuencas. El hietograma especificado resulta útil cuando los datos de precipitación son procesados externamente al programa y esencialmente importados sin alteración. También es útil cuando se puede utilizar un único pluviómetro para representar lo que ocurre en una subcuenca (U.S. Army Corps of Engineers, 2025).

Un hietograma debe almacenarse como pluviómetro antes de poder usarse en el Modelo Meteorológico. Los datos pueden provenir de un pluviómetro registrador o ser el resultado de cálculos complejos externos al programa (U.S. Army Corps of Engineers, 2025).

2.3.3.2 Ponderación por Distancia Inversa (IDW). La ponderación por distancia inversa se fundamenta en el principio de autocorrelación espacial, que establece que los puntos cercanos son más similares que los puntos distantes. Esta técnica asigna pesos que son inversamente proporcionales a la distancia desde el punto de estimación hasta cada estación de medición, elevada a una potencia determinada (Shepard, 1968). El valor de dicha potencia controla la influencia de

la distancia sobre el resultado: cuando la potencia es baja, las diferencias entre los pesos son pequeñas y las observaciones lejanas tienen una mayor influencia; en cambio, al aumentar la potencia, la influencia de los puntos cercanos se incrementa y la de los más distantes disminuye, generando una estimación más localizada (Navarrete Álvarez & López, 2019).

2.3.3.3 Ponderaciones de Pluviómetros (Gage Weights). El Método de Ponderaciones de Pluviómetros está diseñado para funcionar con pluviómetros con y sin registro. Los pluviómetros con registro suelen medir la precipitación en el momento en que se produce y luego los datos brutos se convierten a un intervalo de tiempo regular, como una hora. Los pluviómetros sin registro generalmente solo proporcionan una estimación de la profundidad total de la tormenta. El usuario puede elegir cualquier método para desarrollar las ponderaciones aplicadas a cada pluviómetro al calcular el hietograma de cada subcuenca. Para mayor flexibilidad, la profundidad total de la tormenta y el patrón temporal se desarrollan por separado para cada subcuenca. Opcionalmente, se puede asignar un índice de profundidad a cada pluviómetro y subcuenca. El índice se utiliza para ajustar el sesgo regional en la precipitación anual o mensual (U.S. Army Corps of Engineers, 2025).

2.4 Escorrentía

La escorrentía se entiende como la parte del agua precipitada que no es retenida en la superficie, no se evapotranspira ni se infiltra lo suficiente para permanecer en el suelo, sino que fluye, ya sea por la superficie o por medios subterráneos, hacia cauces, arroyos o embalses. Esta agua moviliza sedimentos y nutrientes, y su magnitud depende del balance entre precipitación, evaporación, tipo de suelo, vegetación y uso del suelo (Linsley et al., 1949).

2.4.1 Escorrentía Superficial

La escorrentía superficial corresponde al flujo de agua que se produce sobre la superficie del terreno cuando la intensidad de la precipitación supera la capacidad de infiltración del suelo. En este caso, el exceso de agua se desplaza rápidamente pendiente abajo, concentrándose en surcos, canales y cauces, donde contribuye directamente al caudal de los ríos durante o inmediatamente después de los eventos de lluvia. Este tipo de escorrentía responde de manera casi inmediata a las precipitaciones intensas y es el principal responsable de la generación de crecidas en las cuencas (Horton, 1940).

2.4.2 Escorrentía Subterránea

La escorrentía subterránea corresponde a la porción del flujo que se origina cuando el agua infiltrada alcanza los niveles freáticos o acuíferos, desplazándose gradualmente hacia los cauces superficiales. Su dinámica está determinada por las características hidrogeológicas del terreno, como la permeabilidad y la capacidad de recarga, influyendo directamente en el mantenimiento del caudal base durante las estaciones secas (Sophocleous, 2002).

2.5 Hidrograma

El hidrograma es una gráfica que representa el caudal o flujo de un río a lo largo del tiempo, mostrando la respuesta hidrológica de una cuenca a un evento específico de precipitación. Este instrumento permite analizar cómo varía el volumen de agua que circula por un punto concreto de la red hidrográfica durante y después de una lluvia, facilitando la identificación de fenómenos como el pico máximo de caudal, la crecida y la recesión. En el contexto de la simulación hidrológica con HEC-HMS, el hidrograma es esencial para modelar la dinámica del flujo en respuesta a lluvias de distintas intensidades y duraciones, constituyéndose en una herramienta

clave en el diseño y gestión de infraestructuras hidráulicas y el manejo de riesgos asociados a eventos hidrológicos (Sánchez San Román, 2015)

2.6 Infiltración y pérdidas

La infiltración es uno de los procesos hidrológicos más relevantes, ya que regula la distribución del agua entre la escorrentía superficial, el almacenamiento en el suelo y la recarga de acuíferos (Bengtsson & Singh, 2017). Este proceso está influenciado por factores como la conductividad hidráulica del suelo, la humedad antecedente, la intensidad de la lluvia, la cobertura vegetal y el uso del suelo. Dichas condiciones determinan la proporción de agua que logra penetrar en el perfil del suelo frente a la que se transforma en escorrentía superficial. La correcta estimación de las pérdidas por infiltración resulta esencial en la modelación hidrológica, pues permite cuantificar la precipitación efectiva, responsable de generar escurrimiento superficial directo. Para este propósito, el software HEC-HMS incorpora diferentes métodos de cálculo de pérdidas, los cuales son: Métodos Green-Ampt; Método Smith Parlange; SCS Curve Number y Gridded Curve Number; Método Initial y constant; Método Deficit y Constant; Método Exponential y Método SMA- Canopy Surface. De los cuales en este trabajo de grado se implementaron los siguientes:

2.6.1 Número de curva (SCS Curve Number)

El método del Número de Curva (Curve Number, CN) es un enfoque empírico desarrollado para estimar la precipitación efectiva a partir de la lluvia total y la capacidad de almacenamiento del suelo (Bengtsson & Singh, 2017). El valor del CN depende principalmente del grupo hidrológico del suelo, las condiciones de humedad antecedente y las características de cobertura y uso del suelo.

2.6.2 Método de pérdidas iniciales y constantes (Initial and Constant Loss)

Este método es una aproximación simplificada para representar las pérdidas iniciales y continuas durante un evento de precipitación. En donde se asume que, antes de que se genere escorrentía, debe satisfacerse una pérdida inicial fija, asociada a procesos como la intercepción por la vegetación, el almacenamiento en depresiones y la infiltración rápida inicial del suelo. Una vez superado este umbral, la precipitación efectiva se determina considerando una tasa de infiltración constante durante toda la tormenta.

En el HEC-HMS, este método se define a partir de dos parámetros principales: la pérdida inicial y la tasa de infiltración constante. Su aplicación resulta especialmente útil en estudios con información hidrológica limitada, donde se requiere un esquema sencillo para estimar las pérdidas de infiltración.

2.7 Modelo de Transformación Escorrentía-Caudal

La transformación escorrentía-caudal es un proceso hidrológico fundamental para entender cómo la precipitación que cae en una cuenca se convierte en flujo que llega a un punto específico, como la salida de la cuenca o un punto de control. Esta transformación es crucial para la modelación hidrológica, ya que permite predecir el comportamiento temporal del caudal después de un evento de lluvia, facilitando la planeación hidráulica y la gestión de riesgos por inundaciones en sitios con ausencia de monitoreos directos de caudal (Ponce, 2010). En HEC-HMS, los modelos de transformación desempeñan un papel central, ya que simulan la respuesta hidrológica de la cuenca a partir de sus características físicas y de los parámetros hidrológicos definidos. Esta transformación es realizada en el HEC-HMS mediante la aplicación de los siguientes modelos:

2.7.1 Hidrograma Unitario

El hidrograma unitario es un modelo hidrológico que describe la respuesta en caudal de una cuenca a un exceso de precipitación de magnitud unitaria distribuido uniformemente en el tiempo y espacio sobre dicha cuenca. Este modelo permite transformar la cantidad de lluvia efectiva en un hidrograma de esorrentía, facilitando el análisis temporal del flujo generado y la caracterización de la dinámica hidrológica de la cuenca. La importancia del hidrograma unitario en hidrología radica en su capacidad como herramienta predictiva para estimar caudales de crecidas, apoyar el diseño de infraestructuras hidráulicas y contribuir a la gestión integrada de recursos hídricos (Sánchez San Román, 2015).

El hidrograma unitario es un método útil para el análisis hidrológico en cuencas pequeñas; sin embargo, su validez disminuye en cuencas de gran extensión debido a la heterogeneidad en la distribución de la lluvia y los tiempos de concentración, lo que genera una respuesta no lineal que contradice los supuestos del modelo (Linsley et al., 1949).

2.7.2 Hidrogramas Unitarios Sintéticos

Los hidrogramas unitarios sintéticos se desarrollaron como una alternativa para representar la respuesta hidrológica de cuencas en las que no se dispone de registros completos de caudales. A diferencia del hidrograma unitario obtenido a partir de observaciones reales, estos métodos permiten estimar el comportamiento de una cuenca a partir de sus características físicas o de formulaciones generales. Entre los enfoques más utilizados se encuentra el método de Snyder, el método propuesto por el Soil Conservation Service (SCS) y el modelo de Clark.

2.7.2.1 Hidrograma Unitario sintético de Snyder. El método de Snyder es uno de los primeros hidrogramas unitarios sintéticos desarrollados. Se basa en la relación entre las características físicas de la cuenca y los parámetros del hidrograma. Permite estimar la forma del

hidrograma en cuencas donde no se cuenta con datos hidrológicos suficientes a partir de variables como el área de la cuenca, la pendiente y la longitud del cauce principal. Su aplicación resulta útil en regiones con información limitada, siendo una herramienta práctica para la modelación hidrológica regional (Snyder, 1938).

El método de Snyder presenta como principal limitación que, al ser un modelo empírico, su aplicación fuera de la región para la cual fue desarrollado puede generar resultados poco representativos. Además, asume homogeneidad espacial de la precipitación y de las características fisiográficas de la cuenca, lo que restringe su precisión en cuencas grandes o heterogéneas.

2.7.2.2 Hidrograma Unitario sintético del SCS. El método del Soil Conservation Service (SCS) propone un hidrograma unitario sintético de carácter adimensional, que puede adaptarse a cualquier cuenca a partir del tiempo de concentración y el tiempo de retardo. Este método ha sido ampliamente aplicado debido a su sencillez y generalidad, lo que lo convierte en uno de los enfoques más utilizados en el software HEC-HMS para representar la transformación lluvia–escorrentía. Su versatilidad radica en que puede aplicarse en cuencas de diferente tamaño y condición fisiográfica (Mina, 2018).

Aunque el hidrograma unitario sintético del SCS se caracteriza por su simplicidad y amplia aplicabilidad, presenta limitaciones asociadas a la generalización de sus parámetros, los cuales fueron desarrollados empíricamente bajo condiciones hidrológicas de Estados Unidos. Su precisión disminuye en cuencas con alta heterogeneidad fisiográfica o en eventos de lluvia no uniformes, por lo que se recomienda su calibración antes de aplicarlo en regiones con diferentes condiciones climáticas y de suelo (USDA-SCS, 1972).

2.7.2.3 Hidrograma Unitario sintético de Clark. El método de Clark combina el concepto de un hidrograma unitario adimensional con un modelo de almacenamiento lineal, lo que

permite representar tanto la propagación del flujo en el cauce como la atenuación debida al almacenamiento en la cuenca. A diferencia de otros métodos, este enfoque considera explícitamente los efectos del tránsito y almacenamiento, por lo que resulta más realista para modelar cuencas con características complejas. Además, su formulación lo hace especialmente útil en aplicaciones de calibración de modelos en HEC-HMS (Sánchez San Román, 2015). Sin embargo, su principal limitación radica en la necesidad de estimar con precisión parámetros como el tiempo de concentración y el coeficiente de almacenamiento, cuya calibración requiere información hidrométrica detallada. La ausencia de estos datos puede reducir la confiabilidad del modelo en cuencas con escasa instrumentación (Clark, 1945).

2.8 Tránsito de avenidas

El tránsito de avenidas es el proceso mediante el cual una onda de avenida (pico de caudal) experimenta modificaciones en su forma, magnitud y tiempo a medida que se desplaza a través de un cauce, un embalse o un sistema hidráulico. Dichos cambios se deben principalmente a los efectos de almacenamiento, fricción y distribución del flujo en el tiempo y el espacio. Este proceso resulta fundamental para estimar la influencia del almacenamiento en un canal sobre la forma y el desplazamiento de la onda de avenida (Ravelo García, 2005).

En HEC-HMS existe varios métodos para simular este tránsito ya sean hidráulicos o hidrológicos, entre los métodos más importantes que el software utiliza, se destacan:

2.8.1 Método *simple lag*

Este método modela el tránsito de avenidas introduciendo un retraso al hidrograma de entrada, el cual se traslada en el tiempo sin cambiar su forma. Se asume que no existen efectos de atenuación ni de almacenamiento en el tramo, por lo que resulta apropiado para canales cortos y simples donde la onda no se altera (Martínez, 2015).

2.8.2 Método de Muskingum

Este método de tipo hidrológico utiliza parámetros como K (tiempo de almacenamiento) y X (coeficiente de ponderación del almacenamiento entre caudal entrante y saliente). Con estos parámetros es posible modelar tanto la atenuación como el retraso de la onda de avenida, los cuales deben calibrarse para reflejar adecuadamente las condiciones hidráulicas de cada tramo (Martínez, 2015).

2.8.3 Método de Muskingum-Cunge

En este método de tipo hidráulico, los parámetros K y X se calculan de forma automática a partir de las propiedades físicas e hidráulicas del canal, tales como la pendiente del cauce, la longitud del tramo y la rugosidad del lecho. Este enfoque permite una representación más realista del flujo en función de las condiciones geométricas e hidráulicas del sistema, reduciendo la dependencia de datos observados y aumentando la capacidad de adaptación del modelo a distintos escenarios hidrológicos y morfológicos de la cuenca (Martínez, 2015).

2.9 Embalses

Un embalse es una estructura hidráulica que permite retener y almacenar agua de manera artificial mediante la construcción de una presa sobre el cauce natural de un río, arroyo o quebrada, con el fin de regular su caudal y aprovechar el recurso hídrico para distintos usos, como el abastecimiento, riego, control de inundaciones o generación de energía (Valderrama Plata, 1985). En HEC-HMS, la modelación de embalses permite simular, analizar y optimizar el comportamiento de los caudales de entrada y salida, con el propósito de evaluar su impacto hidrológico sobre la cuenca. Los embalses influyen significativamente en los flujos del sistema, ya que modifican la magnitud, el momento y la duración de los caudales, reduciendo los picos de crecida y garantizando una descarga más controlada durante periodos de sequía. Además, su

modelación es de gran importancia porque permite evaluar el desempeño del embalse ante diferentes escenarios hidrometeorológicos, planificar estrategias de operación para minimizar riesgos de inundación y optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico.

2.10 Calibración de modelos hidrológicos

La calibración de un modelo hidrológico consiste en ajustar los parámetros del modelo dentro de rangos aceptables para obtener resultados simulados que reproduzcan adecuadamente las condiciones observadas. Este proceso es un componente esencial en el desarrollo del modelo, ya que garantiza que la representación del sistema hidrológico sea coherente con la realidad. Dado que los modelos pueden emplearse para predecir comportamientos futuros o posibles cambios en una cuenca hidrográfica, es fundamental que sus resultados demuestren validez y eficacia. Para llevar a cabo la calibración, se requiere información observada, generalmente obtenida en campo, que permita comparar los resultados simulados con los valores medidos. Los datos más utilizados para este propósito son los caudales y los niveles registrados en la cuenca (U.S. Army Corps of Engineers, 2023).

2.10.1 Calibración manual en Hec-Hms

La calibración manual en HEC-HMS implica ajustar de forma iterativa y mediante juicio experto los parámetros del modelo hidrológico para optimizar el ajuste entre los hidrogramas simulados y los observados. Este proceso requiere modificar parámetros clave como el tiempo de concentración, el coeficiente de almacenamiento o el número de curva, evaluando cada cambio mediante indicadores de calidad de ajuste, hasta lograr un buen pronóstico hidrológico. Aunque es un método laborioso, permite un entendimiento profundo de la influencia de cada parámetro y la respuesta del modelo, siendo esencial para situaciones donde el conocimiento experto es clave para interpretar los datos (Cabrera, 2020).

2.10.2 Calibración automática en Hec-Hms

La calibración automática en modelos hidrológicos consiste en ajustar de manera sistemática los parámetros del modelo dentro de rangos físicamente aceptables, con el fin de minimizar las diferencias entre los resultados simulados y los datos observados. Este proceso emplea algoritmos numéricos que buscan optimizar una función objetivo, generalmente basada en medidas estadísticas del ajuste, como el error cuadrático medio o la eficiencia de Nash-Sutcliffe (Mousavi et al., 2012). A diferencia de la calibración manual, la calibración automática reduce la subjetividad del modelador y permite explorar múltiples combinaciones de parámetros de forma más eficiente (Kamali et al., 2012).

En el software HEC-HMS la calibración automática se implementa mediante la herramienta denominada Optimization Trial. Este módulo permite seleccionar los parámetros que serán ajustados un ejemplo de esto es, los coeficientes de pérdida, los retardos de escorrentía o las constantes de almacenamiento y definir los límites dentro de los cuales el programa puede modificar sus valores. Durante el proceso de calibración, HEC-HMS ejecuta iteraciones sucesivas en las que ajusta los parámetros definidos, evalúa el desempeño del modelo y calcula la función objetivo (USACE, 2023). La función objetivo es un componente central del proceso de calibración automática, ya que cuantifica la discrepancia entre los valores simulados y los observados.

2.11 Hidrología de diseño

El diseño hidrológico busca interpretar y cuantificar los fenómenos naturales del ciclo hidrológico, con el fin de proporcionar un soporte a estudios, proyectos y obras de ingeniería hidráulica, infraestructura y de medio ambiente (Ministerio de Ambiente, 2021). Para ello, los modelos hidrológicos son una herramienta clave, ya que permiten representar y predecir el comportamiento del ciclo hidrológico bajo diferentes condiciones de precipitación. En ingeniería

civil, su importancia radica en la estimación de caudales de diseño necesarios para dimensionar obras hidráulicas. Por ejemplo, en puentes y alcantarillas facilitan la determinación del caudal máximo que puede circular sin provocar desbordamientos; en sistemas de drenaje urbano permiten simular tormentas intensas para verificar la capacidad de evacuación de colectores y alcantarillas; y en embalses posibilitan evaluar la transformación de la lluvia en caudales afluentes, lo que resulta esencial para el diseño de estructuras de almacenamiento y vertederos que garanticen la seguridad frente a crecidas.

Un concepto clave en el diseño hidrológico es el periodo de retorno, el cual permite expresar la probabilidad de que ocurra un evento hidrológico extremo en un año cualquiera. Su importancia radica en que permite dimensionar adecuadamente las estructuras hidráulicas y civiles para resistir dichos eventos con un nivel de seguridad aceptable, constituyendo así una base esencial para la gestión del riesgo de inundaciones y la planificación territorial.

2.12 Educación virtual y didáctica

El uso de herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje se ha vuelto cada vez más relevante pues permite a los estudiantes robustecer su conocimiento de manera práctica. Asimismo, los docentes pueden diseñar y elaborar recursos didácticos apoyados en las TIC, fortaleciendo así su labor pedagógica. En este contexto, los objetos virtuales de aprendizaje (OVA) se destacan por facilitar la adquisición de conocimientos, además de ser reutilizables en diversos entornos educativos, lo que incrementa su valor pedagógico y su funcionalidad (Veytia, Lara, & Villanueva García, 2018).

Con el propósito de establecer una base sólida sobre las metodologías, estrategias y alternativas utilizadas en la enseñanza de cursos virtuales, se destaca que en el ámbito educativo se han desarrollado y documentado diversas propuestas en la literatura académica, orientadas a

optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en entornos virtuales. Dichos enfoques permiten comprender cómo las tecnologías digitales pueden apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como orientar el diseño de experiencias formativas en entornos virtuales. Entre las estrategias de enseñanza más relevantes se destacan:

2.12.1 E-learning

El e-learning es un enfoque educativo que utiliza tecnologías digitales y plataformas en línea para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Su principal ventaja radica en que brinda acceso a materiales y recursos formativos sin requerir la presencia física en un aula, lo que facilita la flexibilidad y la autogestión del aprendizaje (Universidad de Colima, 2023).

2.12.2 Aprendizaje basado en proyectos (ABP)

Es una metodología educativa que consiste en hacer que los alumnos se enfrenten a situaciones reales, incentivándolos a comprender y aplicar lo aprendido mediante herramientas orientadas a la resolución de problemas. El fin es promover que el alumnado desarrolle un pensamiento propio y esté motivado a aprender (De la Torre Neches, 2021).

2.12.3 Entornos virtuales de enseñanza aprendizaje (EVA)

Un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) es un espacio electrónico, no material en sentido físico, creado a partir de tecnologías digitales y alojado en la red, al cual se puede acceder de manera remota mediante dispositivos con conexión a Internet. Está conformado por aplicaciones o programas informáticos que sirven de soporte a las actividades formativas de docentes y estudiantes, donde la relación didáctica no ocurre de manera presencial “cara a cara”, sino mediada por herramientas digitales, lo que permite desarrollar procesos educativos sin necesidad de coincidir en el mismo lugar ni en el mismo momento (González & Granera, 2021).

2.13 Antecedentes

Se han identificado diversas experiencias en torno al desarrollo y aplicación del software HEC-HMS, las cuales permiten reconocer sus principales usos, alcances y aportes en los procesos de modelación hidrológica, así como su relevancia en el ámbito educativo (ver Tabla 1). En este sentido, se encontró que numerosos trabajos de grado emplean HEC-HMS como herramienta fundamental para la simulación hidrológica en distintos problemas de ingeniería, evidenciando su amplia aplicabilidad en el análisis de cuencas, estimación de escorrentía y evaluación de eventos extremos. Esto demuestra que el software no solo contribuye al fortalecimiento académico, al facilitar la comprensión y aplicación de conceptos hidrológicos, sino también al desarrollo profesional

Tabla 1

Modelaciones de HEC-HMS en escenarios académicos

Desarrollo de modelaciones en HEC-HMS en escenarios académicos	Vínculos
En la Escuela Colombiana de Ingeniería, se realizó un análisis de incertidumbre en modelos hidrológicos usando el módulo Monte Carlo de HEC-HMS para mejorar la precisión del modelo hidrológico.	Análisis de incertidumbre en modelos hidrológicos con HEC-HMS
En la Universidad Católica de Colombia, se aplicó el modelo computacional HEC-HMS para la estimación de caudales máximos en la cuenca del Río Frío, Cundinamarca.	Aplicación del modelo HEC-HMS en la cuenca del Río Frío - U. Católica de Colombia
En la Universidad Militar Nueva Granada, se validó y calibró el modelo HEC-HMS para la simulación del tránsito de avenidas en una cuenca hidrográfica con antecedentes de fenómenos hidrológicos.	Validación y calibración del modelo HEC-HMS - UMNG

Desarrollo de modelaciones en HEC-HMS en escenarios académicos	Vínculos
En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), se ha realizado un modelamiento hidrológico e hidráulico aplicado a sistemas de alerta temprana utilizando HEC-HMS.	Modelamiento hidrológico e hidráulico HEC-HMS en Quebrada Pedregal
En la Universidad de Cuenca, Ecuador, hay trabajos de pregrado dedicados al estudio del modelo hidrológico HEC-HMS.	Tesis de pregrado HEC-HMS Universidad de Cuenca
En la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Ecuador, se evaluó el modelo hidrológico HEC-HMS para la predicción hidrológica y de crecidas en la cuenca baja del río Cañar.	Evaluación de HEC-HMS en cuenca río Cañar - EPN
En la Universidad de Chile se aplicó y calibró el modelo hidrológico HEC-HMS en la cuenca del Río Vilcanota, Cusco.	Aplicación y calibración de HEC-HMS en cuenca Río Vilcanota

3. Metodología

El desarrollo metodológico de este trabajo de grado fue realizado mediante tres etapas. En la primera, se diseñó la estructura pedagógica y los contenidos temáticos del curso virtual. La segunda fase correspondió a la elaboración de los materiales didácticos digitales. Finalmente, en la tercera fase, se realizó la implementación del curso en la plataforma Moodle.

3.1 Fase 1: Diseño de la estructura y contenidos del curso virtual.

Para el diseño de la estructura y contenidos del curso virtual, se tomó como base el programa académico de la asignatura de Hidrología, seguido de una investigación de los principios teóricos y conceptuales. Esta indagación se enfocó en la selección de contenidos que faciliten la comprensión y aplicación de la modelación hidrológica, con especial énfasis en los procesos

físicos del ciclo hidrológico y su correspondiente representación matemática. Además, se incorporó los aspectos técnicos necesarios para el uso del software HEC-HMS.

Con base en esta investigación, se seleccionaron los conceptos clave que deben ser abordados en el curso, priorizando su relevancia para el desarrollo de competencias en la comprensión básica de la simulación hidrológica. Además, se identificaron y analizaron casos de estudio representativos que permitieran la aplicación práctica del software en contextos reales, fortaleciendo así el aprendizaje de los estudiantes.

Una vez definidos los contenidos temáticos, se procedió a estructurar el curso de forma modular, organizando los temas en tres niveles de complejidad. En el nivel básico se abordan modelaciones sencillas, como la creación de un proyecto, la construcción de un modelo de cuenca, la incorporación de canales, la inserción y delimitación de subcuencas, así como la carga de archivos tipo shapefile. Este nivel se enfoca en el reconocimiento de la interfaz y el manejo general del software HEC-HMS, con el fin de que los estudiantes aprendan a reconocer la interfaz y herramientas de HEC-HMS, descargar e instalar el software, delimitar una cuenca a partir de un DEM, crear un proyecto con archivos shapefile, configurar subcuencas, canales, sumideros y desarrollar un modelo hidrológico sencillo aplicando métodos de pérdidas iniciales, con el fin de ejecutar simulaciones y analizar el caudal pico generado por un evento de lluvia.

El nivel intermedio del curso se orienta al desarrollo de modelaciones hidrológicas de mayor complejidad, incorpora elementos y configuraciones más avanzadas del software HEC-HMS. En esta etapa, los estudiantes trabajan con la asignación de pluviogramas específicos para cada subcuenca, el análisis de caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno y la construcción de esquemas hidrológicos con múltiples subcuencas interconectadas.

Por otra parte, se abordan técnicas para la incorporación de eventos de lluvia por medio del método de isohietas (interpolación IDW) y los polígonos de Thiessen. Además, se emplea el tránsito del hidrograma mediante el método de Muskingum y se evalúan hidrogramas sintéticos.

Este nivel tiene como objetivo que los estudiantes fortalezcan sus competencias en HEC-HMS mediante la configuración de modelos hidrológicos con múltiples subcuencas interconectadas, integrando registros de precipitación independientes. Aprenden a ingresar y analizar datos de pluviómetros y pluviógrafos, evaluando la influencia de su ubicación y pesos a través de los métodos de interpolación de Polígonos de Thiessen e IDW. Asimismo, aplican técnicas de generación y tránsito de hidrogramas, como el hidrograma unitario de Snyder y el método de Muskingum, comprendiendo la atenuación del caudal en los cauces y la relación entre los parámetros hidrológicos y los resultados de simulación.

El nivel avanzado del curso se orienta a la aplicación de modelos hidrológicos en escenarios complejos. En esta etapa, los estudiantes fortalecen su dominio de HEC-HMS mediante la incorporación del caudal base, la calibración manual y automática de modelos, así como el análisis de la atenuación de hidrogramas a través de embalses o reservorios. Además, desarrollan la capacidad de integrar relaciones de almacenamiento y descarga, configurar procesos de optimización y validar los resultados de simulación, con el fin de afianzar sus competencias en el análisis y ajuste de modelos hidrológicos de mayor complejidad

3.2 Fase 2: Desarrollo de materiales Audiovisuales e interactivos

En esta fase se diseñó una encuesta diagnóstica orientada a identificar las preferencias de aprendizaje de los estudiantes y, con base en ello, adaptar los materiales del curso a sus necesidades. La encuesta se estructuró en torno a preguntas que buscaban: establecer la experiencia previa en el uso de software de modelación hidrológica, valorar la pertinencia del curso, definir la

estructura más adecuada en niveles de aprendizaje y explorar las expectativas frente a la modalidad virtual. Con base en lo anterior, se definieron los aspectos a trabajar en el diseño de los materiales didácticos, los cuales contemplaron la elaboración de tutoriales en video para las simulaciones y guías descargables aplicativas para cada ejercicio.

Con el fin de garantizar la claridad y efectividad pedagógica de los recursos desarrollados, se seleccionaron herramientas tecnológicas que permitieran combinar aspectos visuales, auditivos e interactivos. La integración de estos recursos buscó mejorar la comprensión de los procedimientos en HEC-HMS, dinamizar el aprendizaje autónomo y ofrecer una experiencia didáctica coherente con la modalidad virtual propuesta.

Para asegurar la calidad de los videos, se utilizaron diversas herramientas digitales que facilitaron la edición y presentación de los contenidos. Microsoft Clipchamp (Microsoft, 2025) se empleó como herramienta principal de grabación y edición; PowerPoint (Microsoft, 2025) para la elaboración de esquemas y análisis de resultados; y Filmora (Wondershare, 2025) para la incorporación de resaltados y gráficos que enfatizaran los aspectos clave de las simulaciones. Asimismo, se utilizó la herramienta de inteligencia artificial ElevenLabs (ElevenLabs, 2025) para generar la narración, lo que permitió mantener un tono uniforme y explicaciones consistentes a lo largo de todo el curso.

Los objetivos perseguidos en cada bloque temático de preguntas de la encuesta se definieron de la siguiente manera: en primer lugar, las preguntas orientadas a la experiencia previa con software de modelación hidrológica tuvieron como propósito identificar el nivel de conocimiento y uso de estas herramientas por parte de los estudiantes, con el fin de establecer la brecha existente entre la enseñanza teórica y la práctica aplicada. En segundo lugar, las preguntas sobre la pertinencia del curso buscaron validar la necesidad de contar con un recurso formativo

complementario que fortaleciera el proceso de enseñanza-aprendizaje. En tercer lugar, las preguntas relacionadas con la estructura del curso en niveles de aprendizaje (básico, intermedio y avanzado) se plantearon para fundamentar la progresividad pedagógica y organizar los contenidos de manera coherente. Finalmente, las preguntas acerca de la modalidad virtual tuvieron como objetivo reconocer las expectativas y disposiciones de los estudiantes frente al uso de entornos digitales, de modo que se asegurara la aceptación y viabilidad del curso propuesto.

3.3 Fase 3: Implementación y evaluación del curso virtual

Finalmente se implementó el curso virtual en la plataforma Moodle de la asignatura Hidrología, asegurando su integración eficiente con los recursos y herramientas académicas ya disponibles. Este proceso comprendió la configuración estructural del curso, la creación de unidades temáticas, etiquetas y recursos de apoyo, de acuerdo con el diseño establecido.

Con el propósito de garantizar la calidad y accesibilidad del entorno virtual, se desarrolló una fase de pruebas que abarcaron aspectos de navegación, accesibilidad y compatibilidad en diversos navegadores y dispositivos (Computadores, tabletas y teléfonos móviles). Este propósito permitió identificar y corregir posibles problemas técnicos, inconsistencias en la visualización y obstáculos en la interacción con los contenidos suministrados.

Todo este enfoque de implementación del curso se orientó a garantizar la coherencia en la secuencia de actividades, la facilidad de acceso a los materiales y la efectividad de los mecanismos de retroalimentación ejecutados.

4. Resultados

4.1 Resultados de la Fase de Diseño y Estructura del Curso

4.1.1 Fundamentos del Diseño Pedagógico

El diseño del curso virtual se fundamentó directamente en los contenidos del programa académico de la asignatura de Hidrología del plan de estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. Dicho programa contempla el estudio de los procesos hidrológicos y su representación matemática, como la precipitación, la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración, así como la aplicación de modelos determinísticos de transformación precipitación–escorrentía. Estos principios sirvieron como base conceptual para organizar y estructurar el curso, garantizando que los contenidos prácticos estuvieran alineados con la formación teórica de los estudiantes.

En coherencia con estos fundamentos, el curso se diseñó de manera que cada tutorial desarrollado en HEC-HMS respondiera a un eje teórico del programa, asegurando la integración entre teoría y práctica. La orientación pedagógica se centró en la comprensión de la modelación hidrológica como medio para vincular los procesos naturales del ciclo hidrológico con su representación en un entorno computacional.

Para ello, se recurrió a formulaciones ampliamente reconocidas en la disciplina: el método SCS-CN, para estimar la infiltración y las pérdidas iniciales; el hidrograma unitario, para transformar la precipitación efectiva en escorrentía directa; los métodos de tránsito de crecientes, como Muskingum, que permiten simular el desplazamiento y la atenuación de caudales; el método de Snyder, como hidrograma unitario sintético; la incorporación del caudal base, que representa de manera más realista el hidrograma total al diferenciar la contribución de la escorrentía directa,

flujo subterráneo y el análisis de series de tiempo, que aportó las herramientas estadísticas para generar hietogramas de diseño y evaluar eventos extremos.

De esta manera, la teoría impartida en la asignatura se tradujo en tutoriales aplicados en HEC-HMS, consolidando la modelación hidrológica y las representaciones matemáticas del ciclo hidrológico como pilares conceptuales del curso.

4.1.2 Estructura Modular y Niveles de Aprendizaje

4.1.2.1 Nivel Básico. Con el propósito de definir la base para los esquemas hidrológicos, se realizan dos modelaciones iniciales: en la primera se realiza la estimación de caudal mediante la implementación del método de pérdidas iniciales, con el objetivo de que los estudiantes hagan la transformación de la precipitación en escorrentía, y la delimitación de cuencas a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM), con la cual se busca que los estudiantes aprendan cómo se delimita una cuenca, se identifica una red de drenaje y los cauces principales, siendo esta la estructura del nivel básico (ver Figura 1).

En su conjunto, estos contenidos permiten que el estudiante se familiarice con el manejo de la interfaz del software y comprenda los fundamentos de los procesos básicos de configuración, carga de información espacial y simulación inicial en HEC-HMS, sentando así las bases para abordar los niveles de mayor complejidad del curso. En la Figura 1 se muestra la interfaz del nivel básico del curso virtual de HEC-HMS en Moodle, donde cada tema dispone de una lista desplegable con recursos didácticos como guías, videos y evaluaciones.

Figura 1

Estructura del nivel básico del curso en la plataforma Moodle

□ **NIVEL BÁSICO**



- > **Descarga e instalación de HEC-HMS**
- > **Configuración del Software**
- > **Herramientas Básicas de HEC – HMS**
- > **Creación de proyecto e inserción de archivos shapefiles**
- > **Estimación de caudal (pérdidas iniciales)**
- > **Inserción de cuencas (DEM)**

4.1.2.2 Nivel Intermedio. El nivel intermedio del curso se centra en la ampliación de las capacidades de modelación hidrológica mediante la incorporación de esquemas más complejos y métodos de análisis espacial de la precipitación. En esta etapa, los estudiantes desarrollan prácticas que les permiten comprender la interacción de múltiples componentes de una cuenca y su efecto en la respuesta hidrológica simulada en HEC-HMS.

En primer lugar, se trabaja la estimación del hidrograma de salida en un esquema con múltiples subcuencas, lo que posibilita organizar y representar el funcionamiento hidrológico de un sistema compuesto por múltiples subcuencas. El objetivo de esta práctica es que los estudiantes

aprendan a modelar dos subcuencas interconectadas para obtener la descarga total en un punto de salida común, a partir de un evento de lluvia registrado por dos pluviómetros independientes.

Posteriormente, se aborda la comparación de los métodos de interpolación de la precipitación mediante polígonos de Thiessen e IDW, con el fin de analizar cómo la representación espacial de los pluviómetros afecta la simulación hidrológica. El objetivo de este ejercicio consiste en que los estudiantes ingresen datos de múltiples pluviógrafos en HEC-HMS y evalúen el efecto de las ubicaciones y pesos asignados a cada estación sobre el hidrograma resultante.

En un tercer ejercicio, se realiza la aplicación de polígonos de Thiessen combinando registros de pluviómetros y pluviógrafos, lo que permite integrar datos de lluvia acumulada con la variación temporal de los eventos. El objetivo de esta práctica es que los estudiantes aprendan a ingresar datos de múltiples pluviómetros de tal forma que analicen cómo la ubicación y pesos asignados influyen en la forma del hidrograma de caudal.

Finalmente, se desarrolla una práctica correspondiente al método de transformación de Snyder y el método de tránsito de crecientes Muskingum, los cuales permiten representar tanto la generación de escorrentía como la propagación de caudales en los cauces. El objetivo de esta modelación es que los estudiantes puedan subdividir una cuenca en tres subcuencas, implementar el método del hidrograma unitario de Snyder en una de ellas, y posteriormente introducir cauces para evaluar el efecto de la atenuación hidrológica.

En conjunto, las prácticas del nivel intermedio fortalecen la capacidad de los estudiantes para analizar escenarios de simulación complejos, integrando información espacial y temporal en una estructura coherente de aprendizaje progresivo (**ver Figura 2**).

Figura 2

Estructura del nivel Intermedio del curso en la plataforma Moodle

Curso virtual didáctico del software HEC-HMS

Curso Configuración Participantes Calificaciones Informes Más

NIVEL BÁSICO NIVEL INTERMEDIO NIVEL AVANZADO

▢ NIVEL INTERMEDIO

NIVEL INTERMEDIO ESCUELA DE INGENIERÍA Civil

- > Modelación con múltiples subcuencas
- > Interpolación de la precipitación mediante polígonos de Thiessen
- > Interpolación de la precipitación mediante IDW
- > Integración de pluviómetros y pluviógrafos en polígonos de Thiessen
- > Método de Snyder y tránsito de crecientes con Muskingum

4.1.2.3 Nivel Avanzado. El nivel avanzado del curso está orientado a la incorporación de procesos hidrológicos complejos y la optimización de modelos, con el propósito de que los estudiantes adquieran competencias en la representación más realista de los sistemas y en la calibración de parámetros.

En primer lugar, se aborda la incorporación de embalses en HEC-HMS, práctica que permite representar el almacenamiento y la regulación del caudal en una cuenca. El objetivo es que los estudiantes aprendan a modelar estructuras de control como embalses o reservorios, comprendiendo cómo estos influyen en la retención, la atenuación de crecientes y la descarga a través de vertederos o compuertas, así como en la modificación del hidrograma aguas abajo.

Posteriormente, se trabaja con la incorporación del caudal base, con el fin de simular el aporte subterráneo que mantiene el flujo en los ríos en condiciones de no lluvia. El objetivo de esta práctica consiste en que los estudiantes entiendan la funcionalidad del flujo base en la hidrología

de cuencas e implementen su representación en el software mediante métodos como el flujo mensual y la recesión, diferenciando así la contribución del flujo subsuperficial y la escorrentía directa en el hidrograma total.

Finalmente, se desarrolla la práctica de auto calibración de modelos hidrológicos, orientada a optimizar los parámetros de simulación de manera automática para reducir el error respecto a datos observados. El objetivo del desarrollo de este tipo de prácticas es que los estudiantes adquieran la habilidad de aplicar herramientas de calibración en HEC-HMS, logrando mejorar la precisión de los resultados y fortaleciendo su criterio para evaluar la calidad de las simulaciones (ver Figura 3).

Figura 3

Estructura del nivel Avanzado del curso en la plataforma Moodle



En conjunto, este nivel consolida la formación en modelación hidrológica avanzada, dota a los estudiantes de herramientas para representar estructuras de regulación, procesos subterráneos y ajustes automáticos de parámetros, aspectos esenciales para el análisis de escenarios complejos en la práctica profesional de la ingeniería civil.

4.2 Desarrollo de materiales Audiovisuales e interactivos

4.2.1 *Materiales didácticos Elaborados*

Como resultado de esta fase, se diseñaron y produjeron materiales didácticos que constituyen el soporte pedagógico principal del curso virtual. Estos recursos se planearon con el objetivo de articular la teoría impartida en la asignatura de Hidrología con la práctica de simulaciones en HEC-HMS, garantizando la claridad en la explicación de los procedimientos, la posibilidad de ejercitación autónoma y la evaluación continua del aprendizaje.

4.2.1.1 Tutoriales en Video. Los tutoriales en video se diseñaron con el propósito de guiar paso a paso a los estudiantes en el desarrollo de las simulaciones hidrológicas en HEC-HMS, garantizando una comprensión clara de cada procedimiento. Estos materiales se estructuraron de manera que acompañaran cada una de las simulaciones previstas para los diferentes niveles del curso.

Cada tutorial fue diseñado con un enfoque didáctico que facilita al estudiante desarrollar de manera autónoma el proceso de construcción de los modelos. Las explicaciones integran teoría y práctica, mostrando en pantalla los pasos dentro del software, complementándolos con narraciones claras que orientan al usuario en la toma de decisiones y pasos a seguir para realizar una correcta modelación. Además, al final de cada video se incluyeron una sección de análisis de resultados, en la que se explican los datos obtenidos en cada modelación y se brindaron pautas para su correcta interpretación (**ver Figura 4**).

En conjunto, estos tutoriales conforman un recurso audiovisual esencial del curso, pues permiten a los estudiantes avanzar en el aprendizaje de HEC-HMS a su propio ritmo, fortalecer la relación entre teoría y práctica, además de ofrecer un material de consulta permanente para el

desarrollo de actividades académicas. El detalle del material audiovisual puede ser consultado en el **apéndice A**.

Figura 4

Sección de análisis de resultados que aparecerá en cada materia audiovisual



4.2.1.2 Guías Descargables. Como complemento a los tutoriales en video, se elaboraron guías descargables que refuerzan el aprendizaje autónomo mediante ejercicios prácticos. Cada guía corresponde directamente a un video y mantiene una estructura uniforme que facilita al estudiante seguir y aplicar los contenidos vistos en las simulaciones, incluyendo el objetivo de la guía,

orientado a delimitar la competencia a alcanzar, una descripción general, enfocada en contextualizar el tema tratado en el video y un paso a paso con capturas tomadas de la simulación en HEC-HMS, que permiten replicar de manera clara cada procedimiento realizado en el material audiovisual (ver Figura 5).

Figura 5

Guía descargable para consolidar las simulaciones audiovisuales

Archivo C:/Users/User/OneDrive%20-%20Universidad%20Industrial%20de%20Santander/TRABAJO%20DE%20GRADO%20DOC/NIVEL%20AVANZADO/Guias/GUIA%20N°2%20INCORPORACIÓN...

Dibujar | Pregunta a Copilot | 1 de 25

DIDÁCTICO DEL SOFTWARE HEC-HMS | **INGENIERIA** | Universidad Industrial de Santander

GUIA N°2 (AVANZADO) INCORPORACIÓN DE EMBALSES EN HEC-HMS

Objetivo: El objetivo de esta práctica es aprender a utilizar el software HEC-HMS para evaluar la atenuación de un hidrograma al pasar por un embalse o reservorio. Al finalizar el ejercicio, los estudiantes serán capaces de incorporar este tipo de estructuras en el modelo con el fin de analizar su efecto sobre la atenuación del caudal, así como emplear datos apareados en HEC-HMS para integrar las relaciones de almacenamiento-descarga y elevación-descarga, fortaleciendo así sus competencias en modelación hidrológica.



Figura 1: Esquema de la cuenca, ubicación de subcuencas y red de drenaje

Descripción: Para el desarrollo de este práctico, se consideró la implementación de un estudio hidrológico para la construcción de un puente sobre el Río Pijao, a su paso por la localidad de La Pintada. Debido a la superficie total de la cuenca (1380 km²) no es adecuado la aplicación del método racional para el cálculo del caudal máximo. Por lo tanto, es necesario la implementación de un modelo hidrológico de la cuenca mediante Hec-Hms.

Además, al final de cada guía se incluyó un ejercicio evaluativo, diseñado para que el estudiante replique una simulación similar a la vista en el video (ver Figura 6). En el nivel básico, este ejercicio consistió en realizar la modelación con datos asignados de acuerdo con el código estudiantil, mientras que en los niveles intermedio y avanzado se solicitó la interpretación crítica de los resultados. Este enfoque buscó no solo verificar la apropiación de los conceptos, sino también promover la capacidad de análisis y la toma de decisiones en el uso del software.

En conjunto, las guías descargables constituyen un recurso clave del curso, pues refuerzan los contenidos presentados en los videos mediante actividades prácticas. De este modo, garantizan la apropiación progresiva de las competencias en modelación hidrológica dentro de HEC-HMS. Para más detalle de las guías descargables puede consultarse en el **apéndice B**.

Figura 6

Guía descargable con ejercicio evaluativo de la modelación

C:/Users/User/OneDrive%20-%20Universidad%20Industrial%20de%20Santander/TRABAJO%20DE%20GRADO%20DOC/NIVEL%20INTERMEDIO/EVALUACION/TEST%20N°2%20(INTERM... Q

ibujar | A^N | Pregunta a Copilot | 1 de 2 | Q | f

CURSO VIRTUAL DIDÁCTICO DEL SOFTWARE HEC-HMS **INGENIERIA** Universidad Industrial de Santander

TEST N°2 (INTERMEDIO) USO DE POLÍGONOS DE THIESEN CON PLUVIÓMETROS Y PLUVIÓGRAFOS.

Objetivo: Aprender y aplicar el ingreso de datos de múltiples pluviómetros en HEC-HMS, utilizando el método de polígonos de Thiessen para asignar pesos en función de la ubicación de cada pluviómetro, con el fin de analizar la influencia de la distribución espacial de la precipitación sobre el hidrograma de caudal generado en la cuenca.

Duración: 60 minutos.

Configuración del modelo



1. Enumere los pasos principales realizados en HEC-HMS para construir el modelo de la cuenca del río Tona, desde la creación del proyecto hasta la definición de las especificaciones de control.
2. ¿Qué parámetros hidrológicos se configuraron en la práctica para el método de pérdidas (Loss Method) y para el método de transformación (Transform Method)?
3. ¿Por qué es necesario calcular y asignar manualmente los pesos de los pluviómetros en el método de Thiessen dentro de HEC-HMS?
4. ¿Cuál es la función de la opción *Gage Weights* en HEC-HMS y cómo se utiliza para integrar la información de múltiples pluviómetros en el modelo hidrológico?

4.2.1.3 Recursos Interactivos. Con el fin de fortalecer la relación entre teoría y práctica, el curso incorporó recursos interactivos diseñados para promover la participación de los estudiantes y garantizar la evaluación continua de su aprendizaje. Estos recursos se concibieron como un complemento directo a las guías descargables y a los tutoriales en video, permitiendo comprobar de manera inmediata la apropiación de los contenidos.

Este enfoque permitió que los recursos interactivos no se limitaran a ser simples pruebas de conocimiento, sino que funcionaran como herramientas pedagógicas dinámicas, orientadas a reforzar la comprensión, asegurar la participación y brindar retroalimentación sobre el proceso de aprendizaje. Las guías de evaluación pueden consultarse en el **Apéndice C**.

4.2.2 Primera fase de Validación con Grupo piloto

La validación de los materiales didácticos se inició con la aplicación de una encuesta diagnóstica a 38 estudiantes de Ingeniería Civil entre quinto y décimo semestre, con el fin de identificar las necesidades de formación en el manejo del software HEC-HMS y orientar la elaboración del curso virtual. Los resultados evidenciaron que el 97% de los encuestados no había tenido experiencia previa con la herramienta, lo que puso de manifiesto una brecha significativa entre los contenidos teóricos impartidos en clase y el uso de programas de modelación hidrológica.

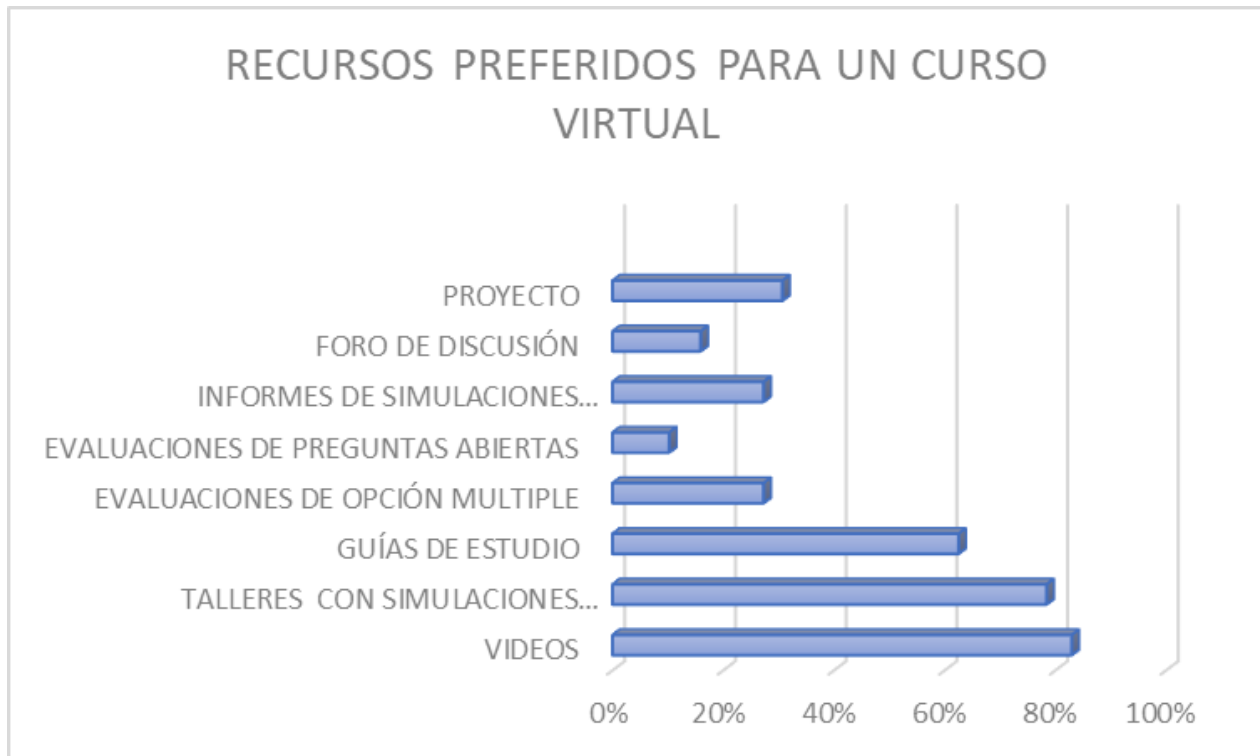
En cuanto a la pertinencia del curso virtual, el 98% de los estudiantes consideró necesaria su implementación, y en igual proporción, señalaron que este debía estructurarse en tres niveles de aprendizaje (básico, intermedio y avanzado), lo que valida la propuesta de progresividad pedagógica adoptada en el diseño del curso.

Respecto a los recursos más valorados, los estudiantes expresaron una clara preferencia por los videos explicativos (83%), los talleres con simulaciones hidrológicas (78%) y las guías de estudio (63%), mientras que recursos como evaluaciones de opción múltiple, informes de simulación o proyectos tuvieron menor aceptación (**ver Figura 7**). Estos hallazgos confirmaron la pertinencia de orientar los materiales hacia tutoriales audiovisuales, guías descargables y recursos interactivos que integren teoría, práctica y evaluación. Finalmente, el análisis sobre la disponibilidad de tiempo mostró que la mayoría de los estudiantes podía dedicar entre 2 y 4 horas semanales al curso, lo que orientó la organización de los contenidos y la duración de las

actividades. El detalle de las encuestas aplicadas y su respectiva respuesta puede consultarse en el **Apéndice D**.

Figura 7

Resultados de la encuesta sobre recursos preferidos para el desarrollo del curso virtual



4.2.3 Segunda fase de validación con grupo piloto

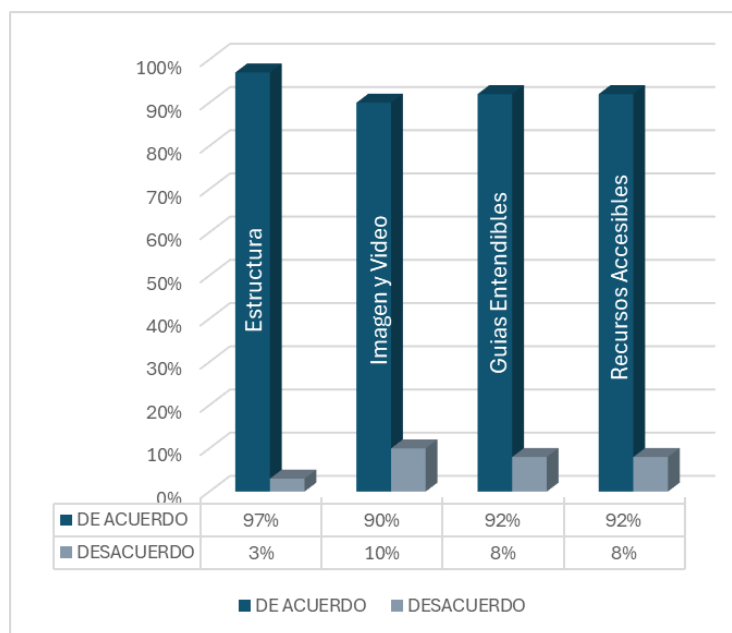
En la segunda fase de validación, se aplicó una prueba piloto con un grupo reducido de estudiantes para el nivel básico. Esta prueba, consistió en la ejecución de una modelación que incluía video tutorial, guía y evaluación interactiva. A través de esta actividad se evaluó la claridad de las explicaciones, la pertinencia de los recursos y la facilidad de uso en el entorno virtual por medio de una encuesta.

Los resultados evidenciaron una alta aceptación del material desarrollado. En términos de estructura, el 97% de los participantes consideró que el curso estaba claramente organizado, lo que

valida la secuencia pedagógica propuesta. La calidad de los videos fue valorada positivamente por el 90% de los estudiantes, aunque un 10% manifestó dificultades relacionadas principalmente con la nitidez del audio e imagen. De manera similar, el 92% calificó las guías como entendibles y útiles, y en la misma proporción resaltaron la accesibilidad de los recursos, lo que demuestra que los materiales facilitaron el aprendizaje autónomo (**ver Figura 8**). En síntesis, la prueba piloto confirmó la pertinencia del curso virtual diseñado, destacando la claridad de su estructura, la utilidad de los recursos y la efectividad de la evaluación. No obstante, también permitió identificar oportunidades de mejora, principalmente relacionadas con la optimización de la duración y calidad técnica de los videos, aspectos que serán tenidos en cuenta para el ajuste final del curso. El detalle de las encuestas aplicadas y su respectiva respuesta puede consultarse en el **Apéndice D**.

Figura 8

Resultados de la prueba piloto sobre la percepción de los estudiantes en relación con la estructura, claridad de los videos, guías didácticas y accesibilidad de los recursos



4.2.3 Contenido y Enfoque del curso

El curso virtual se estructuró en tres niveles progresivos básico, intermedio y avanzado, que agrupan un total de doce unidades de modelación hidrológica. Cada nivel responde a un enfoque pedagógico orientado a la adquisición gradual de competencias en el uso de HEC-HMS: desde la familiarización con el entorno del software, pasando por la construcción de esquemas intermedios con múltiples componentes, hasta la incorporación de procesos hidrológicos complejos y la calibración de modelos, para un total de 14 unidades.

En la Tabla 3 se presenta, para cada unidad del curso, la manera en que se integran los materiales didácticos desarrollados en la fase anterior, entre ellos tutoriales en video, guías descargables y recursos interactivos. La combinación de estos elementos aseguró que el estudiante pudiera acceder a explicaciones claras, replicar los procedimientos de forma autónoma y verificar sus aprendizajes mediante actividades evaluativas.

Tabla 2

Contenido y Enfoque del Curso Virtual en HEC-HMS

Unidad de Modelación	Enfoque Principal	Materiales Didácticos
Nivel Básico		
1. Descarga e instalación del software	Familiarización con la herramienta y configuración inicial	Guía
2. Configuración del Software	Ajuste de parámetros iniciales y preparación del entorno de trabajo en HEC-HMS	Guía
3. Herramientas Básicas de HEC – HMS	Reconocimiento y uso de las funciones esenciales de la interfaz del software	Guía + Video

Unidad de Modelación	Enfoque Principal	Materiales Didácticos
4. Creación de proyectos e inserción de shapefiles	Reconocimiento de la estructura de trabajo en HEC-HMS	Guía + Video
5. Estimación de caudal mediante el método de pérdidas iniciales	Introducción a la transformación precipitación–escorrentía	Guía + Video + Evaluación
6. Delimitación de cuencas a partir de un DEM	Identificación automática de límites de cuenca y red de drenaje	Guía + Video
Nivel Intermedio		
7. Modelación con múltiples subcuencas	Análisis de interacciones entre subcuencas y descarga en un punto común	Guía + Video + Evaluación
8. Interpolación de la precipitación mediante polígonos de Thiessen	Representación espacial de datos pluviométricos	Guía + Video + Evaluación
9. Interpolación de la precipitación mediante IDW	Comparación de métodos de interpolación y su efecto en la respuesta hidrológica	Guía + Video + Evaluación
10. Integración de pluviómetros y pluviógrafos en polígonos de Thiessen	Combinación de registros acumulados y series temporales	Guía + Video + Evaluación
11. Método de Snyder y tránsito de crecientes con Muskingum	Representación de generación y propagación de caudales	Guía + Video + Evaluación
Nivel Avanzado		
12. Incorporación de embalses en HEC-HMS	Simulación de almacenamiento, regulación de caudales y descarga controlada	Guía + Video + Evaluación
13. Representación del caudal base	Diferenciación entre flujo subsuperficial y escorrentía directa	Guía + Video + Evaluación

Unidad de Modelación	Enfoque Principal	Materiales Didácticos
14. Auto calibración de modelos hidrológicos	Optimización de parámetros y reducción de error frente a datos observados	Guía + Video + Evaluación

4.3 Resultados de la Fase de Implementación y Evaluación

4.3.1 Implementación en la Plataforma Moodle

El curso virtual de modelación hidrológica en HEC-HMS fue implementado en la plataforma Moodle de la asignatura de Hidrología, organizado en tres niveles de complejidad. Cada nivel se estructuró en módulos independientes, dentro de los cuales se integraron de manera secuencial los materiales didácticos elaborados.

Con el fin de facilitar la navegación, cada módulo fue acompañado de una imagen identificadora, lo que permitió a los estudiantes reconocer de manera visual el nivel y las unidades temáticas correspondientes. Asimismo, se elaboró un video introductorio general en el que se explicó la organización del curso dentro de Moodle, indicando la ubicación de carpetas, recursos y actividades, con el propósito de orientar al estudiante en el uso adecuado de la plataforma (**ver Figura 9**).

La implementación en el Moodle evidenció que el uso de etiquetas y carpetas facilitó la comprensión de la estructura del curso y la navegación en el entorno virtual, consolidando la plataforma como un espacio de aprendizaje organizado, accesible y coherente con los objetivos pedagógicos del proyecto.

Figura 9*Video introductorio del uso adecuado del Moodle*

Nota. El acceso del presente curso esta disponible en el siguiente enlace (<https://lms.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=21422>), una vez los participantes sean matriculados por el administrador del curso.

4.3.2 Prueba de Calidad y Usabilidad

Con el propósito de garantizar que el curso virtual en HEC-HMS cumpliera con estándares de calidad y ofreciera una experiencia de usuario adecuada, se realizó una fase de pruebas de usabilidad y funcionamiento antes de su implementación definitiva en la asignatura de Hidrología. Estas pruebas estuvieron orientadas a verificar tres aspectos principales: la navegabilidad dentro del entorno Moodle, la accesibilidad a los recursos didácticos y la compatibilidad en distintos dispositivos y navegadores.

La metodología consistió en la revisión técnica del curso desde la perspectiva del estudiante, accediendo a los módulos mediante computadores de escritorio, tabletas y teléfonos móviles. Asimismo, se evaluó el funcionamiento en navegadores de uso frecuente como Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge y Safari, simulando escenarios variados de acceso a la plataforma.

Los resultados obtenidos confirmaron que la estructura modular del curso es intuitiva y permite una transición fluida entre los diferentes niveles de complejidad. Los estudiantes del grupo piloto pudieron acceder sin dificultad a los contenidos, regresar a módulos anteriores y localizar de manera clara los materiales de aprendizaje.

En cuanto a la compatibilidad, se comprobó que los videos tutoriales se reproducen sin interrupciones en los distintos dispositivos, mientras que los archivos PDF de las guías se pudieron visualizar y descargar sin errores. La interfaz de Moodle mostró capacidad de adaptación responsiva en pantallas de tabletas y teléfonos, lo cual asegura una experiencia de aprendizaje consistente y accesible en diferentes entornos tecnológicos.

4.3.3 Coherencia y Efectividad del Entorno Virtual

La implementación del curso virtual en la plataforma Moodle se guio por el objetivo de crear un entorno que fuera no solo funcional, sino también pedagógicamente coherente y efectivo. La organización de los contenidos y las herramientas de la plataforma Moodle se alinearon para maximizar la efectividad del aprendizaje.

Se logró una integración coherente entre los materiales teóricos y las actividades prácticas. Cada unidad del curso combinó videotutoriales explicativos con guías descargables que permitían a los estudiantes aplicar de forma inmediata los conocimientos en el software. La plataforma

Moodle sirvió como un centro de operaciones, organizando estos recursos de manera que el estudiante tuviera un camino claro para la adquisición de competencias.

Los mecanismos de retroalimentación, como los cuestionarios de autoevaluación al final de cada módulo, fueron fácilmente accesibles y permitieron a los estudiantes monitorear su progreso. Esta facilidad de uso fomentó el aprendizaje autónomo y proporcionó al docente una herramienta para verificar la comprensión de los contenidos de manera continua.

Como resultado de la implementación, se comprobó que la secuencia de actividades fue percibida como clara y lógica, los recursos mantuvieron coherencia entre sí y los espacios de evaluación cumplieron su propósito de fortalecer la efectividad del aprendizaje. La integración de estos elementos evidenció que el diseño instruccional, la creación de materiales y la plataforma se unieron para ofrecer una experiencia de aprendizaje completa, estructurada y sin barreras de acceso.

4. Conclusiones y recomendaciones

El curso virtual de modelación hidrológica con HEC-HMS constituye un aporte pedagógico relevante dentro de la formación en Ingeniería Civil, al integrar conceptos teóricos con la práctica aplicada en un entorno digital. Su implementación en Moodle favorece el aprendizaje autónomo, el uso de herramientas tecnológicas y la vinculación con los contenidos de la asignatura de Hidrología, fortaleciendo la capacidad de los estudiantes para aplicar la modelación hidrológica en su formación académica y futura práctica profesional.

La elaboración de materiales audiovisuales, guías prácticas y recursos interactivos permitió consolidar un entorno de aprendizaje dinámico que favorece la comprensión y aplicación de la modelación hidrológica mediante el uso del software HEC-HMS. Estos recursos facilitaron la apropiación de los procedimientos de la simulación hidrológica, promoviendo la participación

activa de los estudiantes y fortaleciendo su aprendizaje autónomo, al tiempo que ofrece una experiencia didáctica accesible, flexible y coherente con las necesidades formativas en la enseñanza de la hidrología.

La experiencia permitió identificar la pertinencia y necesidad de este recurso, validada a través de la aceptación de los estudiantes, quienes reconocieron la claridad y utilidad de los materiales como apoyo en su aprendizaje. De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada, se valoró especialmente la estructura del curso y los recursos audiovisuales como herramientas clave para fortalecer la comprensión y aplicación de la modelación hidrológica. En conjunto, el curso se consolida como una herramienta académica innovadora que potencia la integración entre teoría y práctica, contribuye al fortalecimiento de competencias técnicas en el uso de software especializado y responde a las demandas actuales de la asignatura de Hidrología en el programa de Ingeniería Civil.

Se recomienda complementar y actualizar el curso con las nuevas versiones de HEC-HMS de ser necesario, dado que el presente trabajo se desarrolló con base en la versión 4.12. De esta manera, se asegura la vigencia, pertinencia y relevancia de los contenidos frente a los avances y mejoras implementadas en el software. Asimismo, resulta pertinente mejorar la calidad técnica de los materiales audiovisuales, optimizando aspectos como la resolución de video, el audio y la edición didáctica, con el fin de ofrecer recursos más claros y atractivos para el aprendizaje autónomo.

Como proyección futura, el curso podría complementarse con la integración de otros modelos hidrológicos e hidráulicos, como HEC-RAS, y vincularse a diferentes asignaturas del programa de Ingeniería Civil relacionadas con el manejo y aprovechamiento del recurso hídrico.

Referencias Bibliográficas

- Algeciras Castro, K. A., & Bermúdez Bermúdez, J. (2016). Determinación del caudal máximo para diseño del puente en la quebrada Tuaneca sobre la vía Siachoque – Toca [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Facultad Tecnológica. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/accc2b90-4ba9-4b90-95fa-17476f5d4ac2/content>
- Barroso, F. U., & Salcedo Hurtado, E. de J. (2017). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas (1.^a ed.). Programa Editorial Universidad del Valle. <https://programaeditorial.univalle.edu.co/gpd-guia-basica-para-la-caracterizacion-morfometrica-de-cuencas-hidrograficas-9789586708555-63324b79e35bd.html>
- Batanero Akerman, P. (2015). Análisis de la hidrología urbana mediante modelización matemática [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/38473/1/Paloma_Batanero_Akerman.pdf
- Bengtsson, L., & Singh, V. P. (2017). Lake hydrology. En V. P. Singh (Ed.), Handbook of hydrology (2.^a ed.). McGraw-Hill.
- Cabrera, J. (2020). Calibración de modelos hidrológicos. Instituto Mexicano de Formación en Ingeniería (IMEFEN), Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf
- Centro REDES. (2025). Modelos hidrológicos con HEC-HMS. Centro REDES. <https://centroredes.org.ar/index.php/hec-hms/>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied hydrology. McGraw-Hill. https://ponce.sdsu.edu/Applied_Hydrology_Chow_1988.pdf

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill.

Clark, C. O. (1945). Storage and the unit hydrograph. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 110, 1419–1446.

Dávalos, A., Lopes, M., & Aquere, F. (2024). Modelos de enseñanza activa en la educación superior para la ingeniería civil. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 7(14), 158–163.

De la Torre Neches, B. (2021). Aprendizaje basado en proyectos: Estudio de caso sobre el potencial del método como modelo de enseñanza-aprendizaje en educación secundaria [Tesis doctoral, Universidad de Valladolid]. Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48525/TEISIS-1872-210727.pdf>

ElevenLabs. (2025). ElevenLabs [Software de inteligencia artificial para generación de voz]. ElevenLabs Inc. Recuperado de <https://elevenlabs.io>

Environmental Systems Research Institute. (1998). ESRI Shapefile technical description. ESRI. <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecore-archive/Files/Pdfs/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

Estrada Sifontes, V., & Pacheco Moya, R. (2012). Aplicación del esquema hidrometeorológico para HEC-HMS en Las Coloradas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 33(3), 72-85.

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas [E-book]. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/109/460/1658-1>

- González, J. I., & Granera, J. (2021). Entornos virtuales de aprendizaje (EVA) para la enseñanza-aprendizaje de la matemática. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 10(Edición especial), 49–62. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i0.11607>
- Horton, R. E. (1940). The infiltration-theory of surface-runoff. *Transactions of the American Geophysical Union*, 21(2), 541–558. <https://doi.org/10.1029/TR021i002p00541>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). Informe de gestión 2020. https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/transparencia/planeacion/informe_de_gestion_2020.pdf
- Kamali, B., Mousavi, S. J., & Abbaspour, K. C. (2012). Automatic calibration of HEC-HMS using single-objective and multi-objective PSO algorithms. *Hydrological Processes*, 26(18), 2691-2702. <https://doi.org/10.1002/hyp.8346>
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L. H. (1949). *Applied hydrology [Hidrología aplicada] (McGraw-Hill civil engineering series)*. McGraw-Hill. <https://hdl.handle.net/2027/mdp.39015003727818>
- Martínez González, I. (2015). Modelización hidrológica e hidráulica de avenidas en cuencas pequeñas mediante métodos simples [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/39064/1/Ignacio_Martinez_Gonzalez.pdf
- Mesa-Mingorance, J. L., & Ariza-López, F. J. (2019). Evaluación de la calidad en modelos digitales de elevaciones. *Bibliografía comentada [Revisión bibliográfica en PDF]*.
- Microsoft. (2025). Clipchamp [Software de edición de video]. Microsoft Corporation. Recuperado de <https://www.clipchamp.com>

Microsoft. (2025). PowerPoint [Software de presentación]. Microsoft Corporation. Recuperado de <https://www.microsoft.com/powerpoint>

Mina, A. J., López, F., & García, M. (2018). Hidrología básica y aplicada. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>

Ministerio de Ambiente. (2021). Diseño hidrológico [Libro en formato digital]. Ministerio del Ambiente. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/libro_diseno_hidrologico_edicion_digital_2.pdf

Morad, M., & Triviño Pérez, A. (2001). Sistemas de información geográfica y modelizaciones hidrológicas: Una aproximación a las ventajas y dificultades de su aplicación [Artículo académico en PDF]. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (31), 23–46. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1122528.pdf>

Mousavi, S. J., Abbaspour, K. C., Kamali, B., Amini, M., & Yang, H. (2012). Uncertainty-based automatic calibration of HEC-HMS model using sequential uncertainty fitting approach. *Journal of Hydroinformatics*, 14(2), 286-309. <https://doi.org/10.2166/hydro.2011.071>

Navarrete Álvarez, M., & López, A. M. (2019). Importancia de los espacios comunes: una adaptación de la técnica de interpolación espacial Inverse Distance Weighted (IDW) en la predicción de datos socioeconómicos ausentes. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://ru.iiec.unam.mx/4646/1/4-114-Navarrete-Lopez.pdf>

OpenAI. (2025). ChatGPT (versión GPT-5) [Modelo de lenguaje AI]. OpenAI. <https://chat.openai.com>

- Pérez Pinzón, L. R. (2022). Tecnología educativa en América Latina: revisión de definiciones y artefactos. *Eduotec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (81), 122-136. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8586849>
- Perplexity AI. (2025). Perplexity [Motor de búsqueda basado en IA]. Perplexity AI. <https://www.perplexity.ai>
- Ravelo García, A. (2005). Métodos hidráulicos e hidrológicos para el tránsito de avenidas en cauces [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de la UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/jspui/bitstream/20.500.14330/TES01000601682/3/0601682.pdf>
- Sánchez San Román, F. J. (2015a). HEC-HMS manual elemental [Informe del Dpto. de Geología, Universidad de Salamanca]. Universidad de Salamanca / Hidrología USAL. <http://hidrologia.usal.es/Complementos/Hec-hms-4.pdf>
- Sánchez San Román, F. J. (2015b). Hidrología superficial (III): Relación precipitación-hidrograma. Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. http://hidrologia.usal.es/temas/Hid_Sup_3.pdf
- Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference* (pp. 517–524). ACM
- Snyder, F. F. (1938). Synthetic unit-graphs. *Transactions, American Geophysical Union*, 19, 447–454. <https://doi.org/10.1029/TR019i001p00447>
- Sophocleous, M. (2002). Interactions between groundwater and surface water: The state of the science. *Hydrogeology Journal*, 10(1), 52–67. Recuperado de https://blogs.egu.eu/network/water-underground/files/2018/06/Sophocleous_GW-SW-HJ-Journal-2002-KGS-Analysis-for-distribution.pdf

- Timbe Castro, L. M., Crespo Sánchez, P. J., & Cabrera-Balarezo, J. J. (2019). Evaluación del modelo HEC-HMS para la simulación hidrológica de una cuenca de páramo / Evaluation of the HEC-HMS model for the hydrological simulation of a paramo basin. *Dyna*, 86(210), 338–344. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738>
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2023). HEC-HMS Technical Reference Manual. Hydrologic Engineering Center. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Technical_Reference_Manual-20231018.pdf
- U.S. Army Corps of Engineers. (2000). Hydrologic modeling system HEC-HMS: Technical reference manual. Hydrologic Engineering Center. [https://www.hec.usace.army.mil/software/Hec-Hms/documentation/HEC-HMS_Technical%20Reference%20Manual_\(CPD-74B\).pdf](https://www.hec.usace.army.mil/software/Hec-Hms/documentation/HEC-HMS_Technical%20Reference%20Manual_(CPD-74B).pdf)
- U.S. Army Corps of Engineers. (2023). Introduction to calibrating an HEC-HMS model. Hydrologic Engineering Center (HEC). <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsguides/hms-modeling-applications/hec-hms-example-applications/hec-hms-examples-for-typical-dsod-applications/w5-introduction-to-calibrating-an-hec-hms-model>
- U.S. Army Corps of Engineers. (2025). HEC-HMS meteorologic model: Precipitation. Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.11/meteorology-description/precipitation>
- United States Department of Agriculture – Soil Conservation Service. (1972). National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Universidad de Colima. (2023). Gestión de e-Learning en la educación continua de la Universidad de Colima [Tesis doctoral, Universidad de Colima].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=133914>

Universidad de Jaén.

http://coello.ujaen.es/investigacion/web_giic/SubWeb_CartoCalidad/descargas/GIIC_EvaluacionCalidadMDE_Bibliograf%C3%ADaComentada.pdf

Universidad Industrial de Santander. (2025). Plan de estudios Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería Civil. <https://ingenieriacivil.uis.edu.co/eisi/>

Valderrama Plata, L. (1985). Algunas directrices para la planificación y ordenación de cuencas hidrográficas [Conferencia]. En Memorias del Tercer Congreso Colombiano de Cuencas Hidrográficas (pp. 608–632). Cali, Colombia.

Vásquez Pugo, A. D. (2023). Evaluación de precisión en modelos de elevación digital de dominio público (ASTER y ASF ALOS PALSAR), levantamiento de relieve por dron y topografía de precisión generada con RTK en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca [Trabajo de titulación en PDF]. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25480/4/UPS-CT010673.pdf>

Veytia, M., Lara, R., & Villanueva García, O. (2018). Objetos virtuales de aprendizaje en la educación superior. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Wondershare. (2025). Filmora [Software de edición de video]. Wondershare Technology Group. Recuperado de <https://filmora.wondershare.com>

Zapata Jaramillo, C. M., & Duarte Herrera, M. I. (2008). Consistency game: a didactic strategy for software engineering. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia,

31(1), 3–12. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702008000100002

Zhicay Lombaida, J. I. (2020). Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo (uso de SIG para parámetros morfométricos) [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18364>

Apéndices

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