

**IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS APOYADAS EN MATHGPT
PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE DE HIDROSTÁTICA
IMPLEMENTATION OF TEACHING STRATEGIES SUPPORTED BY MATHGPT TO
STRENGTHEN LEARNING IN HYDROSTATICS**

Autores: ¹Fabricio Alexander Ñauñay Sagñay y ²Narcisa de Jesús Sánchez Salcán.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-9763-7742>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9064-9094>

¹E-mail de contacto: fabricio.naunay@unach.edu.ec

²E-mail de contacto: nsanchez@unach.edu.ec

Afiliación: ^{1*2*}Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

Artículo recibido: 27 de Febrero del 2026

Artículo revisado: 29 de Febrero del 2026

Artículo aprobado: 4 de Marzo del 2026

¹Estudiante de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

²Docente tutor de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

Resumen

El aprendizaje de la hidrostática representa un desafío significativo para los estudiantes de bachillerato debido a la complejidad de sus conceptos abstractos y el uso de enfoques tradicionales de enseñanza. El presente estudio tiene como objetivo implementar estrategias didácticas apoyadas en MathGPT para fortalecer el aprendizaje de la hidrostática. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental, de tipo explicativa. La población corresponde a los estudiantes de segundo año de bachillerato de la Unidad Educativa Velasco Ibarra del cantón Guamote, provincia de Chimborazo. La muestra corresponde a un muestreo no probabilístico de tipo intencional distribuidos en tres grupos: un grupo control sin acceso a la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT, un grupo experimental con acceso regulado a MathGPT y otro grupo con acceso libre. La recolección de datos se realizó mediante una prueba de conocimiento y un cuestionario de escala Likert. Los hallazgos revelan que la implementación de MathGPT mejoró significativamente el rendimiento académico de los estudiantes, siendo el grupo con acceso regulado por el docente el que obtuvo los mejores resultados, promoviendo la comprensión conceptual, procedimental y reflexiva de los contenidos. Se concluye que la integración pedagógica regulada de MathGPT constituye una estrategia efectiva para el aprendizaje de la física, reafirmando el rol

indispensable del docente como mediador del proceso educativo.

Palabras clave: Aprendizaje, Estrategia didáctica, Hidrostática, MathGPT.

Abstract

Learning hydrostatics poses a significant challenge for high school students due to the complexity of its abstract concepts and the use of traditional teaching approaches. The present study aims to implement teaching strategies supported by MathGPT to strengthen the learning of hydrostatics. The research adopted a quantitative approach with a quasi-experimental, explanatory design. The population consists of second-year high school students at the Velasco Ibarra Educational Unit in the canton of Guamote, province of Chimborazo. The sample is a non-probabilistic, intentional sample distributed into three groups: a control group without access to the MathGPT digital tool, an experimental group with regulated access to the MathGPT digital tool, and another group with free access. Data collection was carried out using a knowledge test and a Likert scale questionnaire. The findings reveal that the implementation of MathGPT significantly improved the academic performance of the students, with the group with regulated access by the teacher obtaining the best results, promoting conceptual, procedural, and reflective understanding of the content. It is concluded that the regulated pedagogical integration of MathGPT is an effective strategy for learning physics,

reaffirming the indispensable role of the teacher as a mediator in the educational process.

Keywords: Learning, Didactic strategies, Hydrostatic, MathGPT.

Sumário

Aprender hidrostática representa um desafio significativo para alunos do ensino médio devido à complexidade de seus conceitos abstratos e ao uso de abordagens de ensino tradicionais. Este estudo visa implementar estratégias didáticas apoiadas pelo MathGPT para fortalecer o aprendizado de hidrostática. A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa com um delineamento quase-experimental e explicativo. A população foi composta por alunos do segundo ano do ensino médio da Unidade Educacional Velasco Ibarra, no cantão de Guamote, província de Chimborazo. A amostra foi obtida por meio de amostragem não probabilística por conveniência, distribuída em três grupos: um grupo controle sem acesso à ferramenta digital baseada em IA MathGPT, um grupo experimental com acesso controlado ao MathGPT e um terceiro grupo com acesso irrestrito. A coleta de dados foi realizada por meio de um teste de conhecimento e um questionário com escala Likert. Os resultados revelam que a implementação do MathGPT melhorou significativamente o desempenho acadêmico dos alunos, sendo que o grupo com acesso controlado pelo professor obteve os melhores resultados. Essa melhoria na implementação promoveu a compreensão conceitual, procedimental e reflexiva do conteúdo. Conclui-se que a integração pedagógica regulamentada do MathGPT constitui uma estratégia eficaz para o aprendizado de física, reafirmando o papel indispensável do professor como mediador no processo educativo.

Palavras-chave: Aprendizado, Estratégia de ensino, Hidrostática, MathGPT.

Introducción

La integración activa de la inteligencia artificial (en adelante, IA) en la educación se ha convertido en una de las tendencias clave de los

últimos años, transformando radicalmente la naturaleza de la cognición y la forma en que los estudiantes resuelven problemas educativos. La complejidad y la naturaleza abstracta de la física como disciplina suelen plantear desafíos tanto para profesores como para estudiantes. La enseñanza de la física es un eje fundamental dentro de la educación en ciencias y, con el paso del tiempo, se ha consolidado como un área de investigación dentro de la pedagogía que propone varias maneras de orientar los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el aula (Ibáñez, 2024). El problema del aprendizaje de la hidrostática presenta desafíos significativos debido a la complejidad de sus conceptos, que son abstractos, como presión, densidad, peso específico, principio de Pascal y principio de Arquímedes, entre otros. Estos requieren un nivel cognitivo más elevado por parte del alumnado. Además, en varias ocasiones, el aprendizaje se da en un ambiente descontextualizado, lo cual imposibilita que los estudiantes relacionen los conocimientos conceptuales con los procedimentales. Estas limitaciones se relacionan con la forma en que se concibe el aprendizaje: como un proceso técnico y no como un fenómeno dialéctico, histórico y cultural (Cobeña et al., 2025).

En el contexto de la educación a nivel de bachillerato, la enseñanza de la física suele representar diversos desafíos para que los estudiantes asimilen los contenidos teóricos y los relacionen con la práctica. Entre estos se encuentran: dificultades en la comprensión de la teoría, para identificar los datos del problema, para transcribir los ejercicios al lenguaje matemático, con las unidades de medida y con operaciones matemáticas. Específicamente, la asimilación de contenidos de hidrostática se ve obstaculizada por la falta de conexión con el contexto de la vida cotidiana; en muchos casos, se enseña bajo enfoques tradicionales,

enfocándose únicamente en la memorización e instrucción del alumnado (Üral y Yalçın, 2025). Las estrategias y recursos actuales, como las clases con enfoque tradicionalista, los libros de texto y la pizarra, no siempre permiten a los estudiantes alcanzar una comprensión profunda de los principios de la hidrostática ni desarrollar las habilidades y destrezas necesarias para la resolución de ejercicios. Esta limitación dificulta la articulación entre la teoría y la práctica, impidiendo que los estudiantes construyan el conocimiento a partir de la experimentación con situaciones cotidianas. En consecuencia, se evidencia un bajo rendimiento académico y una disminución en la motivación de los alumnos (Silva y Medeiros, 2023).

Ante esta problemática, la inteligencia artificial se presenta como una herramienta emergente e innovadora para transformar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la hidrostática en el bachillerato. Las herramientas basadas en IA permiten explorar los conceptos teóricos y actúan como asistentes personales que se adaptan al ritmo de aprendizaje de los alumnos, facilitando la visualización de fenómenos físicos que, en algunos casos, son difíciles de observar a simple vista en la vida cotidiana. Además, la IA permite la retroalimentación inmediata y guía la resolución de ejercicios, dado que orienta al estudiante en el proceso hasta llegar al resultado. En este sentido, la implementación de la inteligencia artificial en las aulas está redefiniendo los métodos tradicionales de aprendizaje, ya que brinda experiencias personalizadas e interactivas que apoyan el aprendizaje significativo (Guevara et al., 2025). MathGPT es un modelo de lenguaje basado en inteligencia artificial diseñado para brindar apoyo en el aprendizaje de matemáticas y física, mediante la resolución guiada de ejercicios y la explicación detallada de los conceptos fundamentales de la hidrostática.

Esta herramienta ofrece respuestas precisas y coherentes, y actúa como un tutor virtual para el estudiante, favoreciendo la identificación de datos, la aplicación correcta de las fórmulas y la interpretación de los resultados. Diversos estudios evidencian que el uso de chatbots como MathGPT fortalece la comprensión procedimental y el rendimiento académico de los alumnos, ya que ofrece retroalimentación inmediata y personalizada, adaptándose al ritmo de aprendizaje del estudiante (Álvarez, 2024).

En Ecuador, la enseñanza de la física enfrenta múltiples desafíos relacionados con bajos niveles de comprensión conceptual, altos índices de reprobación y escasa motivación estudiantil, especialmente en temas como la hidrostática. Según datos del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL), una proporción significativa de estudiantes de bachillerato no alcanza el nivel satisfactorio en ciencias naturales, lo cual repercute directamente en su desempeño en la educación superior (Villacreses et al., 2024). En muchos casos, la enseñanza sigue centrada en clases expositivas y evaluaciones tradicionales, lo que dificulta la apropiación significativa del conocimiento. Ante esta problemática, la Unidad Educativa Velasco Ibarra enfrenta desafíos similares en la enseñanza de la hidrostática, evidenciados en el bajo rendimiento académico y la limitada motivación de los estudiantes de segundo año de bachillerato.

En síntesis, el problema central radica en que el uso de estrategias tradicionales no permite un aprendizaje significativo en los estudiantes, lo cual se ve reflejado en la baja comprensión de los conceptos de la hidrostática y en las dificultades para la resolución de problemas. Por ello, surge la pregunta ¿MathGPT impacta positivamente en el rendimiento de los

estudiantes de segundo año de bachillerato en el aprendizaje de la hidrostática? La presente investigación tiene como objetivo general determinar el efecto de las estrategias didácticas apoyadas en MathGPT en el aprendizaje de la hidrostática en los estudiantes de segundo año de Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa Velasco Ibarra. Considerando que las estrategias pueden contribuir a un aprendizaje significativo, se plantea la siguiente hipótesis: La implementación de estrategias didácticas apoyadas en MathGPT incide significativamente en el aprendizaje de la hidrostática en los alumnos de segundo año de Bachillerato General Unificado.

Materiales y Métodos

La presente investigación se enmarcó bajo un enfoque cuantitativo, dado que buscó observar, medir y describir objetivamente la implementación de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial para el aprendizaje de la Hidrostática. Investigaciones desarrolladas bajo este enfoque en áreas como la educación permiten identificar patrones, relaciones de causa-efecto, correlaciones y verificar hipótesis, lo que brinda resultados confiables (Espinoza, 2025). El tipo de investigación fue explicativa, ya que tuvo como propósito determinar el efecto de la implementación de estrategias didácticas mediadas por MathGPT en el aprendizaje de la hidrostática. Este tipo de investigación busca establecer relaciones de causa y efecto entre las variables estudiadas, permitiendo explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da (Hernández et al., 2014).

La investigación se desarrolló bajo un diseño cuasiexperimental de tres grupos con mediciones en dos momentos (antes y después de la intervención), para registrar los cambios en el rendimiento, la profundidad de

razonamiento y las habilidades metacognitivas de los estudiantes, lo que permitió identificar relaciones causales entre el modo de uso de la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT y los resultados académicos. La población objeto del estudio involucró a 125 estudiantes de segundo año de bachillerato de la unidad educativa Velasco Ibarra del cantón Guamote, provincia de Chimborazo. Para la selección de la muestra se optó por un muestreo no probabilístico por conveniencia, puesto que los grupos estaban establecidos, la cual se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. *Composición de la muestra por grupo*

Grupo	Paralelo	Número de estudiantes
Grupo control (tareas sin IA).	A	22
Grupo experimental 1 (utilizó el asistente digital en un entorno controlado).	B	20
Grupo experimental 2 (grupo de libre acceso que utilizó la IA sin restricciones).	C	19
Total		61

Fuente: Elaboración propia

Esta distribución nos permitió comparar no solo el impacto del uso del sistema inteligente en sí, sino también el grado de autonomía del asistente digital en las actividades educativas. Para la recolección de la información se aplicaron instrumentos acordes al enfoque cuantitativo de la investigación. Se utilizó una prueba de conocimiento relacionada con la hidrostática para medir el aprendizaje de los estudiantes antes y después de la intervención con la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT. El pretest y postest estuvieron conformados por 15 ítems, divididos en tres bloques. El primer bloque contenía preguntas conceptuales sobre los principios fundamentales de la hidrostática, el segundo bloque se centró en la resolución de problemas y el último estuvo enfocado en preguntas de razonamiento, aplicación y reflexión sobre la

hidrostática; estos tres ejes permitieron evaluar integralmente el aprendizaje conceptual, procedimental y reflexivo de los estudiantes. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron sometidos a un proceso de validación mediante juicio de tres expertos en el área, quienes evaluaron la pertinencia, coherencia y claridad de los ítems en relación con los objetivos de la investigación. Este procedimiento permitió confirmar la validez de contenido del instrumento. Asimismo, se verificó la confiabilidad de los datos obtenidos, garantizando la consistencia y estabilidad de las mediciones realizadas. Los resultados del proceso de validación y confiabilidad se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach de los instrumentos aplicados*

Instrumento	Cronbach's alpha	Número de ítems	Criterio
Prueba de conocimiento	0.77	15	Aceptable
Cuestionario	0.96	16	Excelente

Fuente: Elaboración propia

El valor del alfa de Cronbach de la prueba de conocimientos corresponde a un valor de 0.77, lo que indica un nivel de confiabilidad aceptable, dado que se ubica en el rango de 0.70 a 0.79 (Taber, 2018). Para el cuestionario corresponde un valor de 0.96 que indica un nivel excelente (Taber, 2018), por lo tanto, resulta adecuado para cualquier análisis estadístico. El análisis de datos se realizó mediante el uso de estadística descriptiva e inferencial combinando métodos cuantitativos y cualitativos, y con el software RStudio. Se emplearon estadísticas descriptivas (media [M] y desviación estándar [SD]) y estadística inferencial para verificar los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas y prueba de hipótesis; para ello, se utilizó la prueba Shapiro-Wilk para determinar si los

datos presentaban una distribución normal. Una vez verificados estos supuestos, se aplicó la prueba paramétrica ANOVA mixto para analizar los datos y extraer conclusiones sobre las diferencias significativas en el rendimiento entre los grupos experimentales (GE) y el grupo de control (GC). El componente cualitativo se basó en el análisis del cuestionario. Los principios éticos del estudio se garantizaron mediante el consentimiento informado obligatorio de todos los participantes, así como la anonimización completa de los datos. Se prohibió la carga de información personal.

Dado que la investigación es de diseño cuasiexperimental y busca demostrar el efecto de las estrategias mediadas con la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT en el aprendizaje de hidrostática, se plantean las siguientes hipótesis: Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico en hidrostática entre los grupos (control, acceso regulado y acceso libre). Hipótesis alternativa (H_1): Existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico en hidrostática entre los grupos (control, acceso regulado y acceso libre). La finalidad de implementación de la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT como apoyo didáctico en el aprendizaje de la hidrotática, fue potenciar la comprensión conceptual, el razonamiento lógico y la resolución estructurada de problemas físicos, promoviendo además el desarrollo de competencias digitales y el aprendizaje autónomo en los estudiantes. La estrategia se enmarcó en un enfoque constructivista, donde el docente cumplió el rol de mediador del aprendizaje y orientador crítico del uso de la tecnología. La herramienta permitió brindar retroalimentación inmediata, diversificar explicaciones y adaptar la dificultad de los

ejercicios según el nivel de comprensión del estudiante.

La intervención se realizó durante diez sesiones de clases con una duración de dos horas pedagógicas por sesión, los estudiantes del grupo experimental 1 utilizaron el asistente digital en un entorno controlado, tuvieron acceso a la IA MathGPT para estudiar temáticas relacionadas con la hidrostática. De igual manera el grupo experimental 2 tuvieron acceso a la IA MathGPT, pero con libre acceso sin restricciones. En contraste, el grupo de control recibió instrucción tradicional presencial con las mismas temáticas, utilizando libros de texto convencionales, apuntes de clase y explicaciones dirigidas por el docente. Después de la intervención, los grupos realizaron una prueba final (post-test) idéntica, con preguntas similares a las del pre-test, pero con valores y escenarios diferentes. Para valorar las percepciones y experiencias de los estudiantes sobre el uso de la IA MathGPT identificando su motivación, interés y utilidad de la herramienta en el aprendizaje de la física, se utilizó un cuestionario con valoración tipo Likert de 5 puntos donde 1=Totalmente en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=Neutral, 4=De acuerdo, 5=Totalmente de acuerdo). A continuación, se expone una muestra de la intervención didáctica implementada de manera generalizada:

Introducción al uso académico de la inteligencia artificial (1 y 2 sesión)

Como parte de la introducción al uso de IA MathGPT, se abordó inicialmente el fundamento conceptual de la inteligencia artificial, con el propósito de que los estudiantes comprendieran el funcionamiento general de estas herramientas y su papel en los procesos de aprendizaje actuales. En este contexto, se presentó la herramienta digital basada en IA MathGPT como un recurso de apoyo para el

estudio de la Matemática, la Física y la Química, destacando su utilidad para la resolución guiada de problemas, la generación de explicaciones paso a paso y el planteamiento de ejercicios de práctica. Posteriormente, se desarrolló una orientación formativa centrada en el uso ético, crítico y responsable de la inteligencia artificial en el ámbito académico. Se enfatizó que estas herramientas no sustituyen el razonamiento ni el análisis personal, sino que deben emplearse como complemento que fortalezca la comprensión conceptual y el aprendizaje autónomo.

Asimismo, se explicaron las principales características de la herramienta, resaltando que la calidad de las respuestas generadas depende en gran medida de la formulación de las solicitudes (prompts). Se indicó que cuanto más clara, específica y detallada sea la petición, más precisa, estructurada y útil será la respuesta obtenida. De esta manera, se promovió el desarrollo de habilidades para la elaboración adecuada de prompts como parte del proceso formativo. Finalmente, se establecieron normas básicas para su utilización, consolidando su uso como un recurso de apoyo pedagógico orientado a potenciar el aprendizaje significativo y no como un mecanismo de sustitución del esfuerzo intelectual del estudiante.

Secuencia metodológica de uso de la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT (3-8 sesión)

La intervención realizada al grupo experimental 1 la cual tuvieron acceso regulado a herramienta digital basada en IA MathGPT fue desde la sesión 3 hasta la sesión 8, las temáticas abordadas fueron: presión en líquidos y gases, principio de Pascal, presión atmosférica, principio fundamental de la hidrostática, dispositivos de medición de presión, principio

de Arquímedes, experimento de Torricelli. Paso 1. Los estudiantes accedieron al sitio web <https://math-gpt.org/>. En dicha interfaz (Figura 1) se identificaron los principales elementos de navegación y las funcionalidades disponibles para el usuario, lo que permitió familiarizar a los estudiantes con el entorno digital antes de iniciar las actividades académicas. Paso 2. Una vez obtenido el acceso a la herramienta digital, se realizó el proceso de registro mediante la creación de una cuenta personal, con la finalidad de habilitar el uso completo de sus funcionalidades académicas. Paso 3. Se les pidió dar clic en PhysicGPT y subir un problema de física, escribir una ecuación o ingresar alguna instrucción. Para ello los estudiantes elaboraron prompts claros y directos, variando desde una sola oración hasta un párrafo extenso, interactuaron escribiendo preguntas en el campo de entrada y recibían respuestas en un lenguaje familiar. A continuación, se presenta una propuesta de prompts para el fortalecimiento de la comprensión conceptual de la presión hidrostática.

Figura 1. Interfaz inicial de la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT



Tabla 1. Prompt

Actúa como un profesor de Física con formación pedagógica y experiencia en enseñanza a nivel de bachillerato superior y primeros años universitarios. Explica de manera puramente conceptual el siguiente fenómeno o concepto: Presión hidrostática
Sigue esta estructura: La idea principal: Define el concepto en una sola oración muy simple, como si se lo explicarás a un niño de 5.º grado. Analogía visual: Utiliza una comparación con la vida cotidiana para que pueda visualizar cómo funciona el concepto.
¿Por qué sucede? (El mecanismo): Explica la lógica física detrás del fenómeno paso a paso, usando secciones separadas por líneas horizontales.
La "fórmula mágica": Si existe una ecuación fundamental, muéstrala
¿Por qué es importante?: Menciona una aplicación real donde veamos este concepto y mantén un lenguaje sencillo y directo."

Fuente: Elaboración propia

Después de que el estudiante introdujo el prompt, la IA MathGPT lo analizó y generó una respuesta basada en los datos textuales ingresados. La solución apareció en el área de salida, desde donde pudieron descargarse, copiarse o editarse si era necesario. Se les indicó a los estudiantes que, en investigación educativa, ningún sistema basado en inteligencia artificial garantiza exactitud del 100%, por tanto, las respuestas generadas por la IA MathGPT no siempre son perfectas; por ello, fue fundamental evaluar críticamente la información proporcionada para determinar si satisface las necesidades o expectativas del estudiante. En cuanto a las situaciones problemáticas relacionadas con la hidrostática fueron abordadas mediante la aplicación sistemática del método de George Pólya, siguiendo sus fases: comprensión del problema, elaboración de un plan, ejecución y verificación de la solución. Para la estructuración del prompt en la herramienta digital basada en IA MathGPT, se empleó un patrón metodológico compuesto por los elementos: rol + tarea + algoritmo + verificación, lo cual permitió orientar el procesamiento de la inteligencia artificial hacia la generación de una respuesta precisa y coherente en una única interacción.

Evaluación y metacognición (sesión 9 y 10)

La integración de la herramienta digital basada en inteligencia artificial MathGPT facilitó la retroalimentación inmediata. Los estudiantes generaron cuestionarios tipo examen mediante la herramienta, resolvieron los ítems propuestos y realizaron procesos de autoevaluación y coevaluación. Se promovió la reflexión sobre errores conceptuales frecuentes. Además, se desarrolló una actividad de reflexión final sobre la experiencia de aprendizaje asistido por inteligencia artificial. Los estudiantes identificaron fortalezas, limitaciones y aportes de la herramienta en su proceso formativo. Se

aplicó una encuesta de percepción académica para valorar el impacto de la estrategia. Por otra parte, el grupo de control sin acceso a la herramienta digital basada en IA MathGPT, utilizaron libros de texto convencionales y recursos educativos tradicionales para solicitar explicaciones detalladas de conceptos fundamentales relacionadas con la Hidrostática. Posteriormente, reformularon las explicaciones en sus propias palabras y participaron en discusiones guiadas para contrastar la información con el texto base de la asignatura. Finalmente, el grupo experimental 2 quienes utilizaron la herramienta digital MathGPT sin restricciones ni lineamientos específicos, formularon sus solicitudes (prompts) de manera autónoma, sin aplicar las reglas ni los criterios previamente establecidos para su correcta elaboración.

Resultados y Discusión

En primera instancia se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas; para ello, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 3. *Resultados de la Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk por Grupo*

Grupo	Tiempo	W	Valor p	Normalidad
Grupo A	Postest	0.972	0.757	Normal
Grupo A	Pretest	0.968	0.665	Normal
Grupo B	Postest	0.857	0.007	No Normal
Grupo B	Pretest	0.969	0.740	Normal
Grupo C	Postest	0.973	0.831	Normal
Grupo C	Pretest	0.977	0.898	Normal

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3, muestra en su mayoría que los datos se distribuyen de manera normal, excepto el grupo B del postest. Una vez verificados estos supuestos, se aplicó la prueba paramétrica Anova mixto, para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas atribuibles a la intervención y considerando 2 factores:

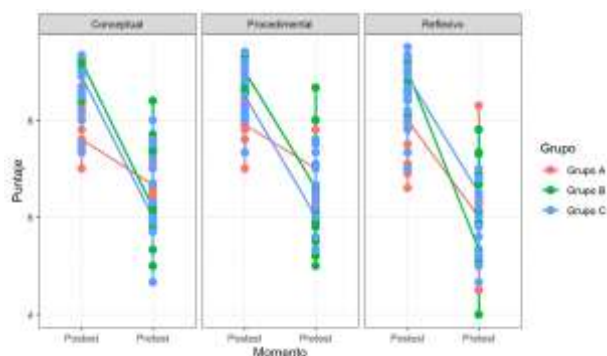
Evolución de puntajes por grupo y dimensión

El diseño experimental consideró como factor entre sujetos el grupo de estudio, estructurado en tres niveles diferenciados según el acceso a herramientas de inteligencia artificial durante el proceso de aprendizaje. El Grupo A correspondió al grupo de control, integrado por 22 participantes, quienes desarrollaron las actividades académicas sin acceso a herramientas de inteligencia artificial. Por su parte, el Grupo B fue definido como grupo experimental 1, compuesto por 20 participantes, quienes tuvieron acceso regulado a herramientas de inteligencia artificial, es decir, bajo ciertas orientaciones pedagógicas y limitaciones establecidas por el docente para su utilización durante las tareas académicas. Finalmente, el Grupo C se configuró como grupo experimental 2, integrado por 19 participantes, quienes dispusieron de acceso libre a herramientas de inteligencia artificial, pudiendo utilizarlas sin restricciones específicas durante el desarrollo de las actividades propuestas.

El segundo componente del diseño correspondió al factor intra sujetos, definido como el momento de medición, el cual se estructuró en dos niveles temporales. El primero fue el pretest, aplicado al inicio del proceso experimental con el propósito de establecer la línea base del desempeño o condición inicial de los participantes antes de la intervención pedagógica. El segundo momento correspondió al postest, aplicado al finalizar la intervención, con el objetivo de evaluar los posibles cambios o efectos derivados de las condiciones experimentales aplicadas a cada uno de los grupos. Este diseño permitió comparar tanto las diferencias entre grupos como los cambios a lo largo del tiempo, posibilitando un análisis integral del impacto de las distintas

modalidades de acceso a herramientas de inteligencia artificial en el proceso evaluado.

Figura 2. Evolución de puntajes por grupo y dimensión



La Figura 2 presenta un gráfico de interacción con medidas repetidas de la evolución de los puntajes obtenidos por los grupos A, B y C en las dimensiones conceptual, procedimental y reflexiva, comparando los resultados del pretest y postest, evidencia un incremento generalizado en las puntuaciones del pretest al postest en las tres dimensiones evaluadas (conceptual, procedimental y reflexiva). Sin embargo, la magnitud del cambio varía según el grupo. El Grupo B (IA regulada) presenta la mayor pendiente en todas las dimensiones, lo que indica un efecto diferencial de la intervención. La línea del grupo A se cruza con las líneas de los grupos B y C, esto significa que el rendimiento académico cambia de manera diferente en el tiempo. Existe un cambio de forma similar en el puntaje entre los grupos B y C en la parte conceptual y procedimental esto se corrobora porque las líneas son paralelas. La mejora sostenida en todas las dimensiones sugiere la efectividad de la intervención y respalda el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación. Se observa que el uso controlado de la IA desarrolla habilidades metacognitivas y mejora el rendimiento, mientras que el uso libre reduce la profundidad de la comprensión y genera dependencia. Se aplicó un modelo lineal mixto con estructura de

medidas repetidas para analizar el efecto del grupo y el momento de evaluación sobre el rendimiento académico. Los grados de libertad fueron estimados mediante el método de Kenward-Roger. La Tabla 4 y 5 representan un análisis inferencial mediante ANOVA mixto para contrastar hipótesis relacionadas con efectos principales (Grupo y Momento) y su interacción.

Tabla 4. Medias marginales estimadas (emmeans) por grupo y momento

Grupo	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL
<i>Momento=Postest</i>					
Grupo A	8.00	0.125	110	7.75	8.24
Grupo B	8.86	0.131	110	8.60	9.12
Grupo C	8.40	0.135	110	8.13	8.67
<i>Momento=Pretest:</i>					
Grupo A	6.46	0.125	110	6.21	6.71
Grupo B	6.28	0.131	110	6.02	6.54
Grupo C	6.26	0.135	110	5.99	6.52

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4 muestra las medias marginales estimadas (emmeans) del pretest y postest. En el postest; el Grupo B obtuvo la media más alta (8.86), le sigue el Grupo C (8.40) y el Grupo A obtuvo la media más baja (8.00). Los intervalos de confianza muestran que el Grupo B tiene un rendimiento claramente superior al Grupo A. Dentro del pretest; las medias son muy similares entre los tres grupos, los intervalos de confianza se superponen ampliamente. Esto indica que no existían diferencias iniciales significativas entre los grupos antes de la intervención, lo que muestra que los grupos partían en condiciones similares.

Tabla 5. Contrastes por pares entre grupos en cada momento de medición

Contrastes	Estimate	SE	df	t. ratio	p.value
<i>Momento=Postest</i>					
Grupo A - Grupo B	-0.867	0.182	110	-4.780	<0.0001
Grupo A - Grupo C	-0.404	0.184	110	-2.200	0.0900
Grupo B - Grupo C	0.463	0.188	110	2.460	0.0460
<i>Momento=Pretest:</i>					
Grupo A - Grupo B	0.180	0.182	110	0.990	0.9690
Grupo A - Grupo C	0.204	0.184	110	1.110	0.8130
Grupo B - Grupo C	0.023	0.188	110	0.120	1.0000

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 muestra las comparaciones (Contrastes), se aplicó ajuste Bonferroni para controlar error tipo I.

Postest

Grupo B vs Grupo A: Diferencia altamente significativa porque el p valor ($p=0.0001$) es menor que el valor de significancia 0,05, esto significa que el Grupo B obtuvo resultados significativamente mejores que el Grupo A. Grupo C vs Grupo B: Diferencia significativa el p valor ($p = 0.046$) está muy cerca del límite y es menor al nivel de significancia 0,05, lo que indica que el Grupo B también supera al Grupo C, pero no extremadamente fuerte. Grupo A vs Grupo C: No hay diferencia estadísticamente significativa el p valor ($p = 0.09$) es mayor que el nivel de significancia 0,05.

Pretest

No existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el pretest. Esto confirma que los grupos eran equivalentes antes de la intervención. Estos resultados sugieren que la intervención aplicada al Grupo B tuvo un efecto positivo y mayor impacto en el rendimiento académico de la hidrostática.

Análisis de la percepción de los estudiantes del uso de MathGPT

Los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes sobre el uso de MathGPT como herramienta de apoyo en el aprendizaje de la hidrostática reflejan una percepción mayoritariamente positiva en todos los ítems evaluados. En cuanto al aprendizaje y comprensión, los ítems relacionados con la comprensión de conceptos y la relación entre presión, densidad y fuerza obtuvieron un 91% de acuerdo o totalmente de acuerdo, siendo uno de los porcentajes más altos de toda la encuesta. De igual manera, el ítem referido a sentirse más seguro al aprender hidrostática con el apoyo de

MathGPT alcanzó un 82%, lo que evidencia que la herramienta contribuyó significativamente a la confianza y comprensión teórica de los estudiantes.

Figura 3 Resultados del cuestionario sobre percepción del uso de MathGPT



Respecto a la motivación e interés, el ítem sobre la motivación para practicar ejercicios fuera de clase alcanzó un 91% de aceptación, mientras que el incremento del interés por aprender hidrostática fue valorado positivamente por el 86% de los encuestados, lo que sugiere que MathGPT generó un impacto favorable en la actitud de los estudiantes hacia la asignatura. En relación a la resolución de problemas, los ítems vinculados a resolver ejercicios paso a paso y a la aplicación de fórmulas obtuvieron un 82% de respuestas favorables, indicando que la herramienta facilitó el desarrollo de habilidades procedimentales en los estudiantes. Sobre el aprendizaje autónomo y comparación con métodos tradicionales, el ítem sobre aprendizaje autónomo registró un 77% de acuerdo, al igual que la comparación con métodos tradicionales, la verificación de resultados y la explicación de temas que antes resultaban difíciles, lo que indica que, aunque positiva, la percepción es ligeramente menor en estos aspectos, posiblemente porque los estudiantes aún valoran la mediación docente.

En términos generales, ningún ítem registró porcentajes de desacuerdo superiores al 18%, y la mayoría de las respuestas negativas no

superaron el 9%, lo que refleja una alta aceptación de MathGPT como herramienta pedagógica. Estos resultados sugieren que su implementación tuvo un efecto positivo tanto en la motivación como en la comprensión y resolución de problemas de hidrostática. Este estudio explica la integración de MathGPT como asistente de enseñanza y aprendizaje de la hidrostática, destacando su potencial para transformar los enfoques pedagógicos tradicionales. MathGPT facilita el aprendizaje interactivo basado en la indagación y en la teoría del aprendizaje constructivista, lo que permite a los estudiantes participar activamente en experimentos y comprender mejor los conceptos abstractos mediante actividades prácticas.

La integración de MathGPT en la enseñanza y aprendizaje de la física ofrece una valiosa oportunidad para mejorar la participación y la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes mediante un apoyo interactivo y personalizado. Es importante señalar que, si bien MathGPT tiene el potencial de ser una herramienta útil para la enseñanza de la física, no reemplaza a los instructores humanos y debe utilizarse junto con otros recursos y métodos de enseñanza y aprendizaje, pero requiere un uso cuidadoso y responsable. Los resultados demuestran que la implementación de estrategias didácticas reguladas con MathGPT produjo mejoras significativas en el aprendizaje de la hidrostática en comparación con otros enfoques metodológicos aplicados. El grupo que mostró un desempeño académico más consistente fue aquel que tuvo acceso a la IA de manera regulada y controlada por el docente. Esto sugiere que la implementación de MathGPT en las aulas tuvo un impacto positivo en la comprensión conceptual y la resolución de problemas.

La capacidad de MathGPT para simular problemas de física del mundo real y proporcionar retroalimentación inmediata fomenta el aprendizaje experiencial, haciendo que los conceptos complejos sean más accesibles y promoviendo el pensamiento crítico. Al ofrecer intervenciones personalizadas y adaptarse a los ritmos de aprendizaje individuales, MathGPT facilita una experiencia educativa personalizada que se adapta a las necesidades únicas de cada estudiante. Los hallazgos obtenidos son consistentes con otras investigaciones recientes que evidencian efectos positivos del uso estructurado de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial. La mejora significativa observada en el paralelo B ($d=0.91$) coincide con lo encontrado por Álvarez (2024), quien evidenció que los estudiantes que emplearon inteligencia artificial como tutor virtual obtuvieron mejoras significativas en el aprendizaje y la resolución de problemas, en comparación con aquellos cuya enseñanza se basó en métodos tradicionales. En esta misma línea, Essel et al. (2022) concluyen que la implementación de IA en las aulas potencia significativamente el rendimiento académico frente a metodologías tradicionales, generando un impacto pedagógico relevante que favorece la comprensión conceptual y facilita la resolución de problemas.

Es importante señalar que, si bien MathGPT tiene el potencial de ser una herramienta útil para la enseñanza de la física, no reemplaza a los instructores humanos y debe utilizarse junto con otros recursos y métodos de enseñanza y aprendizaje. Por otra parte, el hecho de que el grupo C con acceso libre a MathGPT obtuviera un rendimiento académico menor que el grupo B constituye un hallazgo relevante. Esto puede explicarse con base en la investigación de Ding et al. (2023), quienes señalan que la falta de

conocimiento sobre el uso de la inteligencia artificial puede generar exceso de confianza en las respuestas generadas. Esto respalda los resultados obtenidos, ya que el uso de IA sin restricción alguna pudo haber fomentado una dependencia cognitiva, lo que pudo haber limitado la construcción de un aprendizaje profundo y significativo. La mejora observada en el grupo B en la dimensión reflexiva se alinea directamente con las recomendaciones de la UNESCO (2021), que enfatiza que la integración del uso de Inteligencia artificial en las aulas no debe reemplazar el pensamiento humano, sino ser el complemento que promueva un uso responsable, ético y enfocado a un aprendizaje integral. La integración entre el grupo y el momento evidencia que no es únicamente el uso de la IA en sí lo que determina una mejora significativa, sino la forma en que esta se integra pedagógicamente. Aunque tanto el grupo B como el C muestran mejoras significativas con respecto al grupo A, el uso de la IA en un entorno controlado mostró un incremento significativamente mayor del pretest al posttest, lo que demuestra que la intervención docente favoreció un proceso cognitivo más profundo en el aprendizaje de los estudiantes. El uso controlado permitió a los estudiantes analizar, contrastar y justificar las respuestas generadas, promoviendo un aprendizaje significativo que, según Ausubel (1963), la nueva información se integra con los conocimientos previos para crear un aprendizaje integral. Sin embargo, el uso libre pudo haber limitado la elaboración conceptual al fomentar una dependencia de la IA.

La encuesta sobre la percepción de los estudiantes respecto a la implementación de MathGPT en el aula revela información significativa. Esto se alinea con los resultados encontrados por Valenzuela et al. (2024), quienes argumentan que el aprendizaje con la

ayuda de IA resulta más interesante y mejora la comprensión de los contenidos. De esta manera, los estudiantes de nuestro estudio reconocieron que esta herramienta permitió abordar con mayor facilidad temáticas que bajo un enfoque tradicional serían de gran complejidad, lo cual coincide con lo señalado por Culebro Castillo et al. (2025), quienes demostraron que, aunque los estudiantes perciben la implementación de herramientas tecnológicas de gran ayuda, también expresan preocupación por su impacto en el desarrollo del pensamiento crítico. Esto reafirma que el docente sigue siendo un mediador del conocimiento que, a pesar de la implementación tecnológica en la educación, es quien controla y regula los procesos que se realizan en el aula. La integración de MathGPT en la educación en física ofrece una valiosa oportunidad para mejorar la participación y la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes mediante un apoyo interactivo y personalizado

Conclusiones

La implementación de estrategias didácticas mediadas por MathGPT permitió fortalecer la comprensión conceptual, procedimental y reflexiva en contenidos de la hidrostática en los estudiantes de la Unidad Educativa Velasco Ibarra del segundo año de bachillerato. Esta herramienta facilitó la comprensión de conceptos abstractos de la hidrostática como la densidad, presión hidrostática, Principio de Pascal y Principio de Arquímedes, que vistos desde una perspectiva tradicional son temáticas complejas de comprender para los estudiantes. Los resultados evidenciaron mayor participación, mejora en la estructuración de procedimientos matemáticos y físicos, así como un fortalecimiento en la autonomía académica.

El uso de MathGPT regulado en las aulas constituyó una estrategia efectiva para el

aprendizaje, ya que esta herramienta permitió adaptar el ritmo de aprendizaje de cada estudiante, brindando retroalimentación inmediata y personalizada, orientando al estudiante en la resolución de problemas.

El análisis del rendimiento académico evidenció que los estudiantes que utilizaron MathGPT de manera regulada, bajo la supervisión del docente, obtuvieron los mejores resultados en comparación con aquellos que emplearon la IA sin supervisión o siguieron un enfoque tradicional en el aula. Esto enfatiza que no basta con la implementación de herramientas tecnológicas, sino que es fundamental la manera en que el docente las integra pedagógicamente para garantizar un aprendizaje significativo. De esta manera, el docente continúa siendo un facilitador y guía del proceso de aprendizaje, promoviendo la reflexión crítica y la aplicación práctica de los conceptos. Finalmente, la combinación de IA generativa y pedagogía tiene el potencial de transformar la educación científica, fomentando una mayor comprensión y curiosidad entre los estudiantes. Cualquier implementación de herramientas tecnológicas en entornos educativos debe realizarse de manera planificada y regulada, sin sustituir por completo al docente en sus prácticas educativas, sino que estas herramientas se utilicen como complemento para fortalecer un aprendizaje conceptual, procedimental, socioemocional y reflexivo.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, J. (2024). Evaluating the impact of AI-powered tutors MathGPT and Flexi 2.0 in enhancing calculus learning. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 8(2), 495–508.
<https://doi.org/10.22437/jiituj.v8i2.34809>
- Ausubel, D. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. Grune & Stratton.
- Cobena, J., Solórzano, N., & Alcívar, E. (2025). Errores conceptuales en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física clásica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(4).
<https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4374>
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Routledge.
- Culebro, K., Garizurieta, J., & Gazca, L. (2025). Estudio sobre la percepción del uso de la Inteligencia Artificial Generativa en los procesos de aprendizaje en estudiantes de educación superior. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 16(31).
<https://doi.org/10.23913/ride.v16i31.2661>
- Ding, L., Li, T., Jiang, S., & Gapud, A. (2023). Students' perceptions of using ChatGPT in a physics class as a virtual tutor. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), Article 63.
<https://doi.org/10.1186/s41239-023-00434-1>
- Espinoza, E. (2025). La investigación cuantitativa: fundamentos, características y aplicaciones en las ciencias sociales. *Sociedad & Tecnología*, 8(S3), 1283–1298.
<https://doi.org/10.51247/st.v8iS3.47>
- Essel, H., Vlachopoulos, D., Tachie-Menson, A., Johnson, E., & Baah, P. (2022). The impact of a virtual teaching assistant (chatbot) on students' learning in Ghanaian higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), Article 57.
<https://doi.org/10.1186/s41239-022-00362-6>
- Guevara, A., Gutiérrez, O., & Huerta, H. (2025). Impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza de la Física. *Ixaya. Revista Universitaria de Desarrollo Social*, 15(29), 167–196.
<https://revistaixaya.cucsh.udg.mx/index.php/ixa/article/view/7842>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Ibáñez, E. (2024). La importancia del pensamiento crítico en la enseñanza de la

- física. *Noria Investigación Educativa*, 1(13), 81–90.
<https://doi.org/10.14483/nie.v1i13.17066>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. UNESCO.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2023). OECD principles on AI. OECD.
<https://oecd.ai/en/ai-principles>
- Silva, J., & Medeiros, G. (2023). El uso de la secuencia didáctica en la enseñanza de la Física. *Brazilian Journal of Science*, 2(9), 70–75.
<https://doi.org/10.14295/bjs.v2i9.360>
- Taber, K. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296.
<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Üral, Y., & Yalçın, P. (2025). Difficulties of students in learning high school physics courses and suggestions for solutions. *Online Science Education Journal*, 10(2), 53–77.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/ofed/article/1650033>
- Valenzuela, A., García, V., Meza, J., & Romero, Y. (2024). Percepción de los estudiantes sobre el uso de la inteligencia artificial en el nivel superior. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, 8(1), 154–162.
- Villacreses, J., Rosado, K., & Cevallos, C. (2024). Tracker para la enseñanza de la Física I: Una experiencia con estudiantes de educación superior. *MQRInvestigar*, 8(3).
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.5765-5779>



Esta obra está bajo una licencia de **Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional**. Copyright © **Fabrizio Alexander Nauñay Sagñay y Narcisa de Jesús Sánchez Salcán**.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo
Contribución de los autores (Taxonomía CRediT) Fabrizio Alexander Nauñay Sagñay: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.
Declaración de conflicto de intereses Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.
Declaración de financiamiento La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.
Declaración del editor El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.
Declaración de los revisores Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.
Declaración ética de la investigación Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.
Declaración sobre el uso de inteligencia artificial Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.
Disponibilidad de datos Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

