



fecha de presentación: 15/03/2026, fecha de aceptación: 21/04/2026, fecha de publicación: 01/05/2026

Dennys Anibal Caiminagua-Iñaguazo

E-mail: dacaiminagui@ube.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-9149-0871>

Edwin Efraín Infante-Rosillo

E-mail: eeinfanter@ube.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-0088-8331>

Gregory Edison Naranjo-Vaca

E-mail: genaranjov@ube.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9927-1182>

Universidad Bolivariana del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Caiminagua-Iñaguazo, D. A., Infante-Rosillo, E. E., & Naranjo-Vaca, G. E. (2026). Enfoque STEAM como estrategia didáctica para fortalecer la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales en la Educación General Básica Superior. *Revista Sociedad & Tecnología*, 9(S2), 1502-1515, DOI: <https://doi.org/10.51247/st.v9iS2.824>

==== o ====

Enfoque STEAM como estrategia didáctica para fortalecer la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales en la Educación General Básica Superior

RESUMEN

La enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales presenta dificultades en la Educación General Básica debido a su nivel de abstracción y al predominio de metodologías tradicionales centradas en procedimientos mecánicos, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo analizar la incidencia del enfoque STEAM como estrategia didáctica en su enseñanza; la investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño preexperimental de tipo pretest–postest aplicado a 37 estudiantes de décimo año de Educación General Básica Superior, donde la intervención pedagógica integró trabajo colaborativo, resolución de problemas contextualizados y el uso de la herramienta tecnológica GeoGebra, promoviendo un aprendizaje activo y significativo. Los resultados evidenciaron una mejora en el rendimiento académico, al pasar de un promedio de 5.6 en el pretest a 8.0 en el postest, mientras que la prueba t de Student para muestras relacionadas ($t = 10.77$; $p < 0.001$) confirmó diferencias estadísticamente significativas entre ambas mediciones; asimismo, la ganancia de aprendizaje calculada mediante el índice normalizado de Hake se ubicó en un nivel medio-alto. En este sentido, el estudio aporta evidencia empírica de que la implementación del enfoque STEAM, mediada por herramientas tecnológicas, fortalece la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, contribuyendo de manera significativa a la didáctica de las matemáticas en contextos escolares.

Palabras clave: STEAM; sistemas de ecuaciones lineales; aprendizaje matemático; GeoGebra.

STEAM Approach as a Didactic Strategy to Strengthen the Teaching of Systems of Linear Equations in Upper Basic General Education

ABSTRACT

The teaching of systems of linear equations presents difficulties in Basic General Education due to their level of abstraction and the predominance of traditional methodologies focused on mechanical procedures; therefore, this study aimed to analyze the impact of the STEAM approach as a didactic strategy in their teaching. The research was conducted under a quantitative approach, using a pre-experimental pretest–posttest design applied to 37 tenth-grade students, in which the pedagogical intervention integrated collaborative work, contextualized problem-solving, and the use of the technological tool GeoGebra, promoting active and meaningful learning. The results showed an improvement in academic performance, increasing from an average of 5.6 in the pretest to 8.0 in the posttest, while the paired Student’s t-test ($t = 10.77$; $p < 0.001$) confirmed statistically significant differences between both measurements; likewise, the learning gain calculated using Hake’s normalized gain index was at a medium–high level. In this sense, the study provides empirical evidence that the implementation of the STEAM approach, supported by technological tools, strengthens conceptual understanding and the development of problem-solving skills, contributing significantly to the didactics of mathematics in school contexts.

Keywords: STEAM; systems of linear equations; mathematics learning; GeoGebra.

==== o =====

Abordagem STEAM como estratégia didática para fortalecer o ensino de sistemas de equações lineares no Ensino Básico II

RESUMO

O ensino dos sistemas de equações lineares apresenta dificuldades no Ensino Básico II devido ao seu nível de abstração e à predominância das metodologias tradicionais focadas nos procedimentos mecânicos. Assim sendo, este estudo teve como objetivo analisar o impacto da abordagem STEAM como estratégia didática no ensino destes sistemas. A investigação foi desenvolvida sob uma abordagem quantitativa, com um desenho pré-experimental pré-teste–pós-teste aplicado a 37 alunos do 10º ano do Ensino Básico II. A intervenção pedagógica integrou o trabalho colaborativo, a resolução de problemas contextualizada e a utilização da ferramenta tecnológica GeoGebra, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa. Os resultados mostraram uma melhoria no desempenho acadêmico, com um aumento da média de 5,6 no pré-teste para 8,0 no pós-teste. O teste t de amostras emparelhadas ($t = 10,77$; $p < 0,001$) confirmou diferenças estatisticamente significativas entre as duas avaliações. Além disso, o ganho de aprendizagem calculado pelo índice normalizado de Hake foi de nível médio-alto. Neste sentido, o estudo fornece evidências empíricas de que a implementação da abordagem STEAM, mediada por ferramentas tecnológicas, fortalece a compreensão conceptual e o desenvolvimento de competências de resolução de problemas, contribuindo significativamente para o ensino da matemática em contexto escolar.

Palavras-chave: STEAM; sistemas de equações lineares; aprendizagem da matemática; GeoGebra.

==== o =====

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos del sistema educativo a nivel global es la comprensión y el análisis de conceptos matemáticos abstractos, especialmente en el campo del álgebra, donde los estudiantes suelen presentar dificultades para interpretar y aplicar los contenidos de manera significativa (Veith et al., 2022). En este contexto, diversas investigaciones evidencian que la enseñanza tradicional de las matemáticas continúa centrada en la memorización de

procedimientos y en la repetición mecánica de ejercicios, lo que limita el desarrollo del pensamiento lógico, crítico y resolutivo en los educandos (Darmayanti et al., 2023). Asimismo, el proceso de enseñanza-aprendizaje tiende a enfocarse en los contenidos formales, en gran medida debido a su alto nivel de abstracción y a la escasa vinculación con situaciones reales, lo que dificulta la transferencia del conocimiento a contextos cotidianos (Sibgatullin et al., 2022).

El sistema educativo ecuatoriano ha venido enfrentando retos en el área de Matemática, particularmente en la Educación General Básica Superior, donde los resultados de evaluaciones estandarizadas muestran un bajo desempeño en razonamiento algebraico (Patiño Jr, 2023). El actual currículo promueve el desarrollo de destrezas con criterios de desempeño; sin embargo, en la práctica pedagógica persiste una brecha entre lo propuesto y lo ejecutado en el aula (Inca et al., 2024). Uno de los inconvenientes que más persisten en los estudiantes de EGB en proceso de aprendizaje es la comprensión de los sistemas de ecuaciones lineales, esto se debe a que la enseñanza tradicional limita a ejercicios mecánicos, lo que genera desinterés, ansiedad matemática y dificultades en la transferencia del conocimiento (Yaulema Castañeda et al., 2023).

Con esta realidad problemática que se vive no solamente en el contexto ecuatoriano, sino también a nivel de Latinoamérica, diversos estudios han destacado la aplicación del enfoque STEAM como una estrategia didáctica efectiva para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en diferentes áreas de formación de la Educación General Básica, los resultados de estos trabajos demuestran como la metodología STEAM contribuye a una mayor motivación estudiantil y a una comprensión más profunda de los contenidos curriculares, al promover el aprendizaje interdisciplinario y colaborativo (Quijano Cruz, 2025).

Es por ello, que a pesar de los avances que se han podido sustentar en los diversos trabajos de investigación, se identifica una limitada evidencia empírica sobre la aplicación del enfoque STEAM específicamente en la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales en el nivel de Educación General Básica Superior, lo que configura una brecha de investigación relevante. Por ende, el presente estudio tiene como objetivo analizar la incidencia del enfoque STEAM como estrategia didáctica en la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales, mediante un enfoque cuantitativo con diseño preexperimental de tipo pretest-postest aplicado a estudiantes de décimo año.

Justificación del estudio.

La presente investigación se justifica en la necesidad de innovar las prácticas pedagógicas en la enseñanza de las matemáticas, particularmente en el abordaje de los sistemas de ecuaciones lineales, debido a las dificultades persistentes en su comprensión por parte de los estudiantes. A pesar de los lineamientos curriculares orientados al desarrollo de destrezas, aún predomina una enseñanza tradicional centrada en procedimientos mecánicos, lo que limita el pensamiento crítico y la aplicación contextual del conocimiento (Cadena Ojeda et al., 2026). En este sentido, el enfoque STEAM se presenta como una alternativa didáctica pertinente al integrar el aprendizaje interdisciplinario, el uso de herramientas tecnológicas y la resolución de problemas contextualizados (Mendieta Fonseca et al., 2024). No obstante, se evidencia una limitada producción de estudios empíricos que analicen su aplicación específica en la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales en la Educación General Básica Superior, lo que configura un vacío en la literatura científica. Por ello, este estudio aporta evidencia cuantitativa sobre el impacto del enfoque STEAM en el rendimiento académico y la comprensión conceptual, contribuyendo al fortalecimiento de la didáctica de las matemáticas en contextos educativos similares.

Aprendizaje basado en proyectos STEAM

El enfoque STEAM, basado en el aprendizaje por proyectos, promueve la articulación de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas; mediante su implementación, los estudiantes serán capaces de resolver problemas reales y contextualizados (Chistyakov

et al., 2023). A través del STEAM, los alumnos se sentirán más activos dentro del salón de clases; asimismo, se fortalecerán sus competencias numéricas, fomentando de igual manera el trabajo colaborativo y la toma de decisiones fundamentadas (Domenici, 2022; Diego Mantecón et al., 2021). Resulta relevante observar cómo esta metodología transforma el rol del estudiante en el aula, ya que deja de ser un receptor pasivo para convertirse en protagonista de su propio aprendizaje.

Integración interdisciplinaria en el enfoque STEAM

La interdisciplinariedad del enfoque STEAM con otras áreas del conocimiento resulta altamente significativa, ya que permite a los estudiantes resolver problemas complejos alineados con la realidad; en este contexto, la aplicación del STEAM en la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales facilita la transferencia de los contenidos a escenarios científicos, tecnológicos y sociales (López y Yáñez-Urbina, 2024). Asimismo, esta integración fortalece habilidades cognitivas superiores como el análisis y la transferencia del conocimiento, lo que se refleja en una mejora de la comprensión conceptual y del rendimiento académico en matemáticas (Adiyono et al., 2024).

Uso de recursos tecnológicos en STEAM

Hablar de STEAM implica hacer referencia a una de sus esencias fundamentales, como es la tecnología; en la actualidad existen diversas herramientas digitales, como software matemático y plataformas interactivas, que permiten representar sistemas matemáticos entre ellos los sistemas de ecuaciones de forma gráfica y dinámica, lo que favorece la concentración y la interacción de los estudiantes en el aula, fortaleciendo así su aprendizaje (Körtési et al., 2022).

Integración de teorías del aprendizaje en el enfoque STEAM

La metodología STEAM se sustenta de diversas teorías de aprendizaje, entre ella se encuentra la perspectiva del aprendizaje significativo de Ausubel en cual se enfoca en que los nuevos conocimientos se integran con las estructuras cognitivas previas del estudiante, favoreciendo una comprensión duradera (Pinzón Arteaga, 2024). Asimismo, el constructivismo de Piaget, el cual plantea que el conocimiento se construye mediante la interacción con el entorno a través de procesos de asimilación y acomodación (Martínez-Alvarez y Martínez-López, 2024). De igual forma, la teoría sociocultural de Vygotsky en el que resalta el papel de la interacción social y el trabajo colaborativo en el desarrollo cognitivo (Benítez-Vargas, 2023). En este contexto, el enfoque STEAM integra estos principios mediante metodologías activas, el uso de herramientas tecnológicas y el aprendizaje basado en proyectos para fortalecer el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Comprensión conceptual de los sistemas de ecuaciones lineales

La comprensión conceptual de los sistemas de ecuaciones se centra en el entendimiento de la teoría, la interpretación gráfica y su aplicación en contextos reales, lo que permite que los estudiantes eviten un aprendizaje mecánico y desarrollen la capacidad de analizar y resolver cada situación desde una perspectiva contextualizada (Rahmadiani et al., 2024). Como resultado, se promueve un aprendizaje duradero y transferible, formando estudiantes más autónomos; además, investigaciones respaldan estas estrategias como metodologías activas que fortalecen significativamente la comprensión conceptual (Mittag y Pappu, 2022).

Desarrollo de habilidades de resolución de problemas

La habilidad para la resolución de problemas es fundamental en las matemáticas; sin embargo, constituye una de las destrezas más complejas de desarrollar en los estudiantes, por lo que resulta necesario fortalecer el currículo con un enfoque didáctico que permita incrementar sus competencias matemáticas (Mahanal et al., 2022). Un currículo orientado a la aplicación práctica favorece el razonamiento lógico y la toma de decisiones, además, de promover un aprendizaje significativo al vincular los contenidos con situaciones reales (Kaitera

y Harmoinen, 2022).

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el cual permitió medir de manera objetiva los cambios producidos en el aprendizaje de los estudiantes tras la implementación de una intervención didáctica basada en el enfoque STEAM. Este tipo de enfoque se caracteriza por el uso de procedimientos sistemáticos para la recolección y análisis de datos, orientados a la comprobación de hipótesis y la obtención de resultados verificables (Espinoza Freire, 2015). Asimismo, el estudio se enmarcó en una perspectiva aplicada, ya que buscó generar soluciones concretas a una problemática educativa relacionada con la enseñanza de los sistemas de ecuaciones lineales, contribuyendo al mejoramiento de la práctica pedagógica (Burgo Bencomo et al., 2019).

El diseño de la investigación fue de tipo preexperimental con esquema pretest–postest aplicado a un solo grupo, lo que permitió comparar el rendimiento académico de los estudiantes antes y después de la intervención. Este tipo de diseño resulta pertinente cuando se pretende analizar el efecto de una estrategia didáctica en contextos educativos reales, donde no siempre es posible contar con grupos de control (Espinoza Freire y Toscano Ruíz, 2015). A través de este diseño, se logró identificar las variaciones en la comprensión conceptual y procedimental de los estudiantes en relación con los sistemas de ecuaciones lineales, estableciendo así la incidencia del enfoque STEAM en el proceso de aprendizaje.

La población estuvo conformada por 37 estudiantes del décimo año de Educación General Básica Superior, pertenecientes a una institución educativa, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando la accesibilidad y disponibilidad del grupo. En este sentido, se trabajó con un grupo intacto, lo que es común en investigaciones educativas de carácter aplicado (Espinoza Freire, 2015). Además, se garantizó el cumplimiento de los principios éticos en la investigación, asegurando la confidencialidad de la información y el uso responsable de los datos, en concordancia con lo planteado por Espinoza Freire y Rad Camayd (2020) y Espinoza-Freire (2022).

Para la recolección de datos se utilizó como instrumento una prueba objetiva de conocimientos aplicada en dos momentos: antes y después de la intervención didáctica. El instrumento estuvo conformado por 10 ítems orientados a evaluar tanto la comprensión conceptual como la resolución de problemas relacionados con los sistemas de ecuaciones lineales. Previo a su aplicación, el instrumento fue sometido a un proceso de validación mediante juicio de expertos, lo que permitió asegurar su pertinencia, claridad y coherencia en relación con los objetivos de la investigación (Espinoza Freire, 2015). Este procedimiento contribuyó a mejorar la calidad del instrumento y garantizar la fiabilidad de los datos recolectados.

Tabla 1:

Validación del instrumento mediante el juicio de los evaluadores

Ítem	Descripción del ítem	Claridad	Pertinencia	Coherencia	Observaciones
1	Identificar el concepto de sistema de ecuaciones lineales	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Sin observaciones
2	Reconocer los elementos que conforman un sistema de ecuaciones lineales	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Ajuste menor en la redacción
3	Resolver un sistema de ecuaciones mediante el método de sustitución	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Ítem pertinente al contenido
4	Resolver un sistema de ecuaciones mediante el método de igualación	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Sin observaciones
5	Resolver un sistema de ecuaciones mediante el método de eliminación	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Ítem claro
6	Interpretar la solución de un sistema de ecuaciones lineales	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Ajuste menor en redacción

7	Representar gráficamente un sistema de ecuaciones lineales	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Pertinente para el análisis
8	Analizar la relación entre las ecuaciones en un sistema lineal	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Sin observaciones
9	Aplicar sistemas de ecuaciones en la resolución de problemas contextualizados	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Ítem pertinente
10	Verificar la solución de un sistema de ecuaciones utilizando herramientas tecnológicas	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Relacionado con GeoGebra

Nota: Proceso de validación mediante juicio de expertos, en el cual participaron tres especialistas en didáctica de las matemáticas.

Confiabilidad del instrumento

En cuanto a la confiabilidad del instrumento, se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de $\alpha = 0.86$, lo que evidenció un alto nivel de consistencia interna entre los ítems. Este indicador permitió afirmar que el instrumento fue adecuado para medir el aprendizaje de los estudiantes, garantizando la estabilidad y precisión de los resultados obtenidos. La utilización de este tipo de análisis estadístico es ampliamente recomendada en investigaciones educativas para validar la calidad de los instrumentos de medición (Espinoza Freire y Toscano Ruíz, 2015).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right)$$

donde:

- α = coeficiente Alfa de Cronbach
- k = número de ítems del instrumento
- s_i^2 = varianza de cada ítem
- s_T^2 = varianza total del test

En el presente estudio, el instrumento estuvo compuesto por 10 ítems, por lo que el cálculo se expresa de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{10}{10-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right)$$

Aplicando la formula se obtuvo un valor de $\alpha = 0.86$, lo que indica un alto nivel de consistencia interna del instrumento, evidenciando que los ítems presentan una adecuada homogeneidad para evaluar el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones lineales en los estudiantes participantes.

Fases de aplicación del enfoque STEAM

La intervención pedagógica se desarrolló mediante la implementación del enfoque STEAM, estructurada en cinco fases secuenciales: planificación didáctica, organización del trabajo colaborativo, desarrollo de actividades con apoyo tecnológico, socialización de resultados y evaluación final. Durante este proceso, se promovió el uso de herramientas digitales como GeoGebra, así como la resolución de problemas contextualizados, favoreciendo un aprendizaje activo y significativo. Este tipo de estrategias se alineó con las tendencias actuales en investigación educativa, que destacan la integración de la tecnología y metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Burgo Bencomo et al., 2019).

Fase 1. Planificación pedagógica y diseño de la intervención

Se diseñó la planificación didáctica alineada al enfoque STEAM, elaborándose las guías didácticas, los instrumentos de evaluación (pretest y postest) y seleccionándose los contenidos matemáticos relacionados con los sistemas de ecuaciones lineales. Para ello, se consideraron situaciones del contexto real de los estudiantes, con el propósito de favorecer la contextualización del aprendizaje y la pertinencia de las actividades propuestas.

Fase 2. Organización del trabajo colaborativo

Los estudiantes fueron organizados en grupos de trabajo colaborativo, promoviendo la cooperación, la comunicación y la responsabilidad compartida. A cada grupo se le planteó una situación problemática contextualizada que debía resolverse mediante sistemas de ecuaciones lineales, incentivando la participación activa y el intercambio de ideas en la construcción del conocimiento.

Fase 3. Desarrollo de actividades con apoyo tecnológico

Los estudiantes desarrollaron las actividades propuestas aplicando procedimientos matemáticos y utilizando la herramienta tecnológica GeoGebra para la representación gráfica, el análisis y la verificación de soluciones. En esta fase se integraron los componentes del enfoque STEAM, fomentándose el pensamiento lógico, el uso de la tecnología y la creatividad, lo que permitió fortalecer la comprensión conceptual de los contenidos abordados.

Fase 4. Socialización de resultados

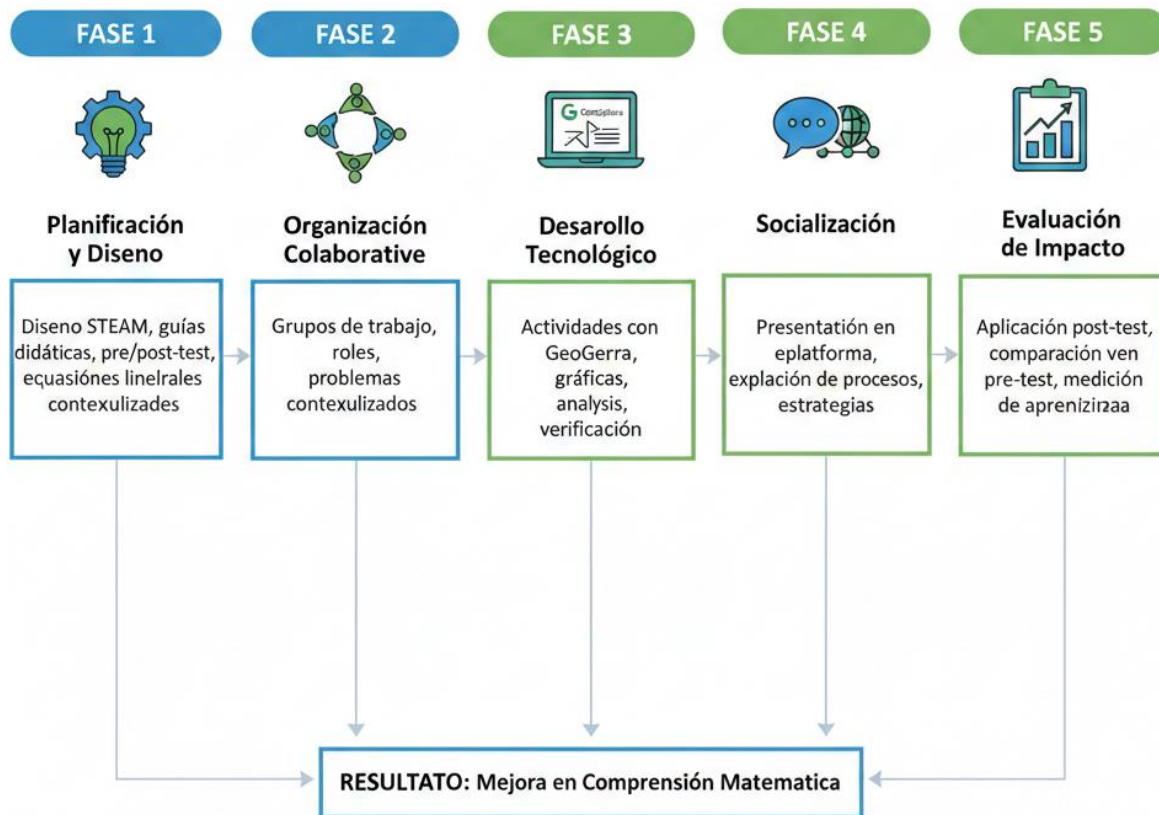
Los grupos socializaron los resultados obtenidos a través de una plataforma tecnológica, explicando el proceso seguido, las estrategias empleadas y las conclusiones alcanzadas. Esta fase fortaleció la comunicación matemática, el pensamiento crítico y el trabajo colaborativo, al permitir que los estudiantes reflexionaran sobre su propio proceso de aprendizaje.

Fase 5. Evaluación y medición de resultados

Al finalizar la intervención, se aplicó el postest, lo que permitió comparar los resultados con el pretest inicial. La evaluación se orientó a medir el nivel de comprensión conceptual, procedimental y la capacidad de resolución de problemas, determinando el impacto del enfoque STEAM en el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones lineales. Posteriormente, para el análisis de los datos se emplearon técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, entre las cuales se incluyó la prueba t de Student para muestras relacionadas, con el propósito de identificar diferencias significativas entre ambas mediciones. Asimismo, se calculó la ganancia de aprendizaje mediante el índice normalizado de Hake, lo que permitió valorar el impacto de la intervención en el rendimiento académico de los estudiantes, garantizando la rigurosidad del estudio y la validez de las conclusiones obtenidas (Espinoza-Freire, 2025).

Figura 1:

Flujo del enfoque STEAM



Nota: Flujograma del desarrollo de las fases de la metodología STEAM, en el proceso de la enseñanza de las matemáticas, ecuaciones lineales.

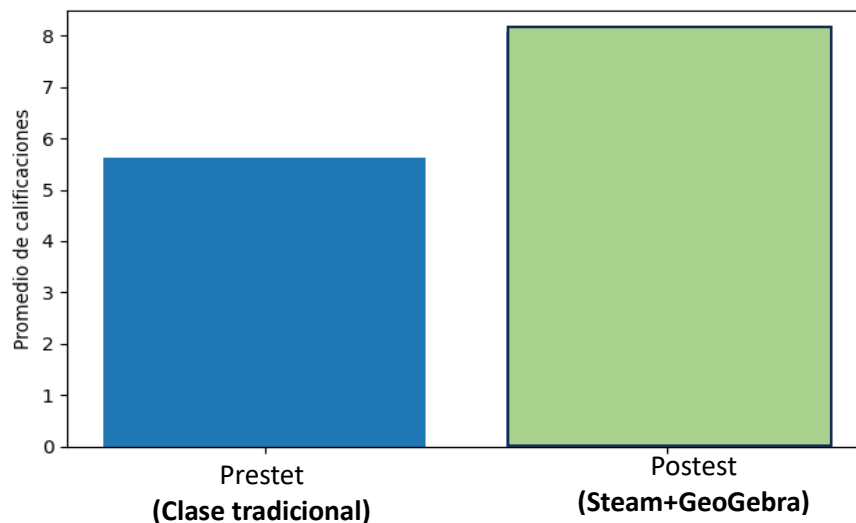
RESULTADOS

Los resultados inician con el análisis comparativo entre el pretest y el posttest, aplicados a los 37 estudiantes del décimo año de Educación General Básica Superior; en el cual como primera instancia se aplicó un pretest iniciando la clase con enfoque de enseñanza tradicional, todo ello se realizó con el propósito de identificar el nivel de comprensión de los sistemas de ecuaciones lineales, luego se procedió a desarrollar actividades pedagógica basada en el enfoque STEAM, en donde se integró: trabajo colaborativo, resolución de problemas contextualizados y el uso de la herramienta tecnológica GeoGebra.

En este mismo contexto, se aplicó el posttest con la finalidad de evaluar los cambios producidos en el aprendizaje de los estudiantes, con estos resultados se pudo determinar la existencia de diferencias significativas entre ambas mediciones, lo cual permitió aplicar una prueba t de Student para muestras relacionadas.

Figura 2:

Comparación del rendimiento académico

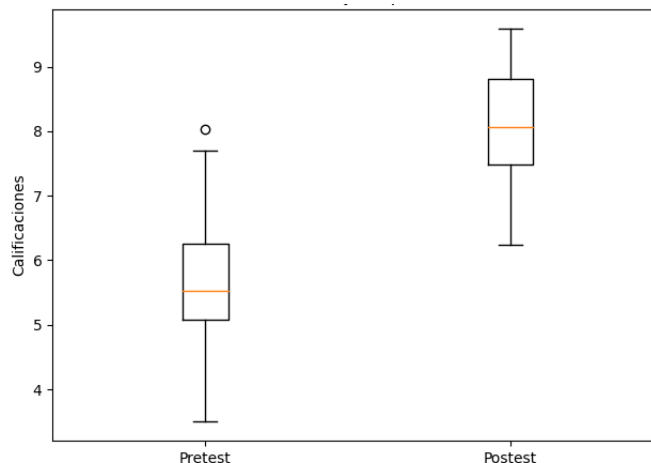


Nota: Comparación del rendimiento académico antes y después de la intervención

Para la comparación de los resultados se tomaron en cuenta las calificaciones de los 37 estudiantes, y es así como se puede evidencia en el gráfico 2 existe un incremento en el promedio de calificaciones de los estudiantes, pasando aproximadamente de 5.6 en el pretest a 8.0 en el postest, con ello, se puede indicar que la aplicación de estrategias basadas en aprendizaje colaborativo, resolución de problemas y uso de herramientas tecnológicas favoreció significativamente la comprensión de los sistemas de ecuaciones lineales. De esta forma, la metodología STEAM transformó el proceso de aprendizaje, pasando de una enseñanza centrada en la explicación del docente a un modelo donde los estudiantes participan activamente en la construcción del conocimiento.

Figura 3:

Distribución de los resultados antes y después de la intervención STEAM



Notas: Distribución de las calificaciones obtenidas por los estudiantes antes y después de la intervención.

Como se puede ver en el diagrama de cajas, que en el pretest existe mayor dispersión de los resultados, lo cual refleja que los estudiantes presentaban diferentes niveles de comprensión sobre los sistemas de ecuaciones lineales. Sin embargo, en contraste, en el postest los

resultados se concentran en valores más altos, lo que indica una mejora generalizada en los estudiantes. Con ello, el enfoque STEAM queda evidenciado como aporta a mejorar el rendimiento académico, sino que también permitió reducir la brecha de aprendizaje entre los estudiantes, favoreciendo una comprensión más homogénea del contenido matemático.

Análisis de diferencias mediante la prueba t de Student

Para analizar las diferencias entre los resultados del pretest y el postest, se aplicó una prueba t de Student para muestras relacionadas, con ello, se comparó dos mediciones realizadas al mismo grupo de estudiantes antes y después de una intervención pedagógica:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

donde:

\bar{d} = media de las diferencias entre el postest y el pretest;

s_d = desviación estándar de las diferencias;

n = número de estudiantes evaluados.

En este estudio, la prueba se aplicó a 37 estudiantes, por lo que los grados de libertad fueron:

$$gl = n - 1$$

$$gl = 37 - 1 = 36$$

Al aplicar la prueba T-Student, se obtuvo un valor de $t = 10.77$, con 36 grados de libertad y un p-valor < 0.001 , lo que indica que la diferencia entre ambas mediciones es estadísticamente significativa. Con ello, se afirma que la implementación del enfoque STEAM, apoyado en el trabajo colaborativo y el uso de GeoGebra, tuvo un efecto positivo en el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones lineales.

Ganancia de aprendizaje (Normalized Gain de Hake)

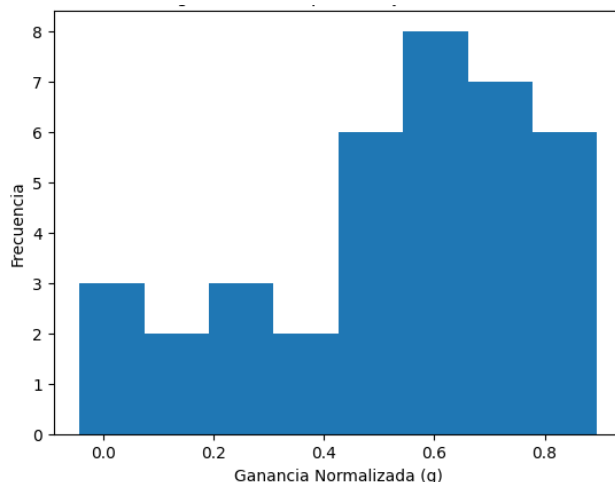
Dentro de este trabajo de investigación se realizó la medición de ganancia del aprendizaje, con la finalidad de analizar el impacto pedagógico de la intervención, para ello, se aplicó la siguiente fórmula:

$$g = \frac{\text{Postest} - \text{Pretest}}{10 - \text{Pretest}}$$

En el cual se obtuvo el siguiente resultado: *Promedio de ganancia(g) $\cong 0.53$*

Figura 4:

Distribución de la ganancia de aprendizaje



Notas: Distribución de las calificaciones obtenidas por los estudiantes antes y después de la intervención.

Con el resultado obtenido de la fórmula de ganancia, el impacto de aprendizaje se encuentra en media-alta de acuerdo con la escala Hake, con ello, se evidencia que la implementación del enfoque STEAM, apoyado en el trabajo colaborativo y el uso de herramientas tecnológicas como GeoGebra, contribuyó significativamente a mejorar la comprensión de los sistemas de ecuaciones lineales.

DISCUSIÓN

En diversas investigaciones de propuestas educativas, el enfoque STEAM ha adquirido relevancia al integrar ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas en procesos de aprendizaje interdisciplinarios que buscan fortalecer la comprensión conceptual. En este sentido, (Tomalá-Vera, 2024) señala que con la aplicación de esta metodología se han podido fortalecer las competencias numéricas logrando así un aprendizaje significativo. De la misma forma, (López-Bermúdez et al., 2025) destacan que la implementación de proyectos STEAM en el aula contribuye a mejorar el desarrollo de competencias matemáticas al fomentar la exploración, la colaboración y el pensamiento crítico. En este mismo contexto los entornos educativos basados en aprendizaje por proyectos favorecen una comprensión más profunda de los contenidos científicos y matemáticos al involucrar activamente a los estudiantes en la construcción del conocimiento (Lam-Byrne, 2023).

Sin embargo, el uso de aplicaciones dentro del proceso de enseñanza/aprendizaje se ha vuelto tendencia, ya que los docentes se les hace más dinámico el comprender los contenidos de las asignaturas, así lo manifiesta (Castillo-Castillo, 2025) que el uso de herramientas computacionales en la enseñanza de las matemáticas facilita la exploración de conceptos complejos y contribuye al desarrollo de métodos de aprendizaje más activos e innovadores. Así lo afirman (Ortiz-Laso et al., 2023), destacan que la incorporación de software matemático en el aula permite mejorar la comprensión de los procedimientos algebraicos al combinar visualización, experimentación y análisis en la resolución de problemas.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que el uso de estrategias didácticas activas, apoyadas en herramientas tecnológicas, contribuye significativamente a mejorar el aprendizaje de las matemáticas, así se puede constatar que, desde la perspectiva de Ausubel, los estudiantes lograron relacionar los nuevos contenidos con conocimientos previos, lo que facilitó una comprensión más profunda de los sistemas de ecuaciones lineales. Del mismo modo, desde el enfoque sociocultural de Vygotsky, el trabajo colaborativo permitió fortalecer los procesos de construcción colectiva del conocimiento, promoviendo la participación y el intercambio de ideas entre los estudiantes.

La implementación de la metodología STEAM permitió evidenciar tres aportes fundamentales en el proceso de aprendizaje. En primer lugar, el uso de herramientas digitales como GeoGebra facilitó que los procedimientos algebraicos dejaran de percibirse como procesos abstractos pudieran comprenderse mediante representaciones visuales más claras, lo que favoreció una construcción del conocimiento más cercana a la experiencia del estudiante. En segundo lugar, el trabajo colaborativo generó espacios de diálogo, intercambio de ideas y análisis conjunto de los problemas planteados, fortaleciendo la participación y el aprendizaje compartido dentro del aula. Y tercero lugar, la integración de recursos tecnológicos con metodologías activas contribuyó a un proceso de aprendizaje más dinámico y significativo, en el que los estudiantes no solo resolvieron ejercicios, sino que lograron comprender con mayor sentido los conceptos matemáticos abordados.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Entre las principales limitaciones del presente estudio se encuentra el uso de un diseño preexperimental sin grupo de control, lo que restringe la posibilidad de establecer relaciones causales con mayor precisión. Asimismo, el tamaño de la muestra fue reducido y correspondió a un único contexto educativo, lo que limita la generalización de los resultados a otras

poblaciones. Además, el tiempo de intervención fue relativamente corto, por lo que no se pudo evaluar el impacto a largo plazo del enfoque STEAM en el aprendizaje de los estudiantes.

ESTUDIOS FUTUROS

Se sugiere que futuras investigaciones incorporen diseños experimentales con grupos de control que permitan fortalecer la validez interna de los resultados. Asimismo, sería pertinente ampliar el tamaño de la muestra y considerar diferentes contextos educativos para mejorar la generalización de los hallazgos. De igual manera, se recomienda analizar el impacto del enfoque STEAM a largo plazo, así como explorar su aplicación en otros contenidos matemáticos y niveles educativos.

RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a los especialistas que contribuyeron en el proceso de validación del instrumento y en el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, se reconoce el valioso aporte de los colegas especialistas que brindaron orientación académica durante el proceso investigativo. De manera especial, se extiende el reconocimiento a los docentes de la Maestría en Educación Básica de la Universidad Bolivariana del Ecuador, por su acompañamiento y formación académica, los cuales fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dennys Aníbal Caiminagua Iñaguazo: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, recolección de datos y redacción del manuscrito.

Edwin Efraín Infante Rosillo: análisis estadístico de los datos, interpretación de resultados y revisión crítica del contenido.

Gregory Edison Naranjo Vaca: revisión teórica, apoyo en la estructuración del artículo y validación final del documento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés en relación con la investigación, autoría y publicación del presente artículo.

REFERENCIAS

- Adiyono, A., Fitri, A. Z., & Matari, A. S. A. (2024). Uniting Science and Faith: A Re-STEAM Interdisciplinary Approach in Islamic Education Learning. *International Journal of Social Learning (IJSLS)*, 4(3), 332-355. <https://doi.org/10.47134/ijsl.v4i3.281>
- Benítez-Vargas, B. (2023). El Constructivismo. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3*, 10(19), 65-66.
- Burgo Bencomo, O. B., León González, J. L., Cáceres Mesa, M. L., Pérez Maya, C. J., & Espinoza Freire, E. E. (2019). Algunas reflexiones sobre investigación e intervención educativa. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48.
- Cadena Ojeda, E. A., Rodríguez Pabón, A. Y., & Padilla Rincón, M. (2026). Experiencia de aprendizaje en matemáticas a través del juego y el enfoque STEAM en educación infantil. *Voces Y Silencios. Revista Latinoamericana De Educación*, 17(1), 196-213. <https://doi.org/10.18175/VyS17.1.2026.11>
- Castillo-Castillo, M. (2025). Adaptación y aplicación de la metodología STEAM en entornos educativos con recursos limitados. *Episteme Koinonía. Revista Electrónica de Ciencias de la Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 8(16), 437-459.
- Chistyakov, A. A., Zhdanov, S. P., Avdeeva, E. L., Dyadichenko, E. A., Kunitsyna, M. L., & Yagudina, R. I. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based

- learning for science and STEAM education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(5), em2256. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13128>
- Diego Mantecón, J. M., Blanco, T. F., Otiz Laso, Z., & Lavicza, Z. (2021). Proyectos STEAM con formato KIKS para el desarrollo de competencias clave. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, (66), 33-43.
- Darmayanti, R., Utomo, D. P., Rahmah, K., Fauza, M. R., Laila, A. R. N., & Choirudin, C. (2023). Challenges of Indigenous Students in Overcoming Difficulties in Learning Algebra: A Problematic Perspective of Ethnomathematical. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(2), 2636-2646.
- Domenici, V. (2022). STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers. *Education Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/educsci12010030>
- Espinoza Freire, E. E. (2015) Aspectos teóricos e instrumentos de la Metodología de la Investigación Educativa. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. URI: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6651>
- Espinoza Freire, E. E., & Rad Camayd, Y. (2020). A ética na pesquisa inclusiva, uma ferramenta didáctica. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 139-146.
- Espinoza Freire, E. E., & Toscano Ruíz, D. F. (2015). Metodología de la investigación educativa y. *Machala: UTMach*.
- Espinoza-Freire, E. E. (2022). Ética en la investigación científica. *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, 1(2), 35-43.
- Espinoza-Freire, E. E. (2025). Estrategias de búsqueda de información en bases de datos científicas: Una guía práctica. *Sociedad & Tecnología*, 8(S2), 647-658.
- Inca, C., Morocho, A., Coronel, F., Mena, A., Inca, E., & Guerra, J. (2024). Experience of Information Students from an Ecuadorian University for the Application of ICT in Project-Based Mathematics Learning (ABP). *WSEAS Transactions on Computer Research*, 12, 391-403. <https://doi.org/10.37394/232018.2024.12.39>
- Patiño Jr, J. C. (2023). Students? Level of Procedural Fluency and Difficulties in College Algebra: A Flexible Learning Set-Up. *Get International Research Journal*, 1(2).
- Kaitera, S., & Harmoinen, S. (2022). Developing Mathematical Problem-Solving Skills in Primary School by Using Visual Representations on Heuristics. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(2), 111-146.
- Körtesi, P., Simonka, Z., Szabo, Z. K., Guncaga, J., & Neag, R. (2022). Challenging Examples of the Wise Use of Computer Tools for the Sustainability of Knowledge and Developing Active and Innovative Methods in STEAM and Mathematics Education. *Sustainability*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142012991>
- Lam-Byrne, A. G. (2023). El aprendizaje STEAM: Una práctica inclusiva. *Revista Científica Episteme y Tekne*, 2(1), e466-e466. <https://doi.org/10.51252/rceyt.v2i1.466>
- López, V., & Yáñez-Urbina, C. (2024). Promoting steam education: from an interdisciplinary approach to the challenges of transdisciplinarity in villa alemana, Chile. *ICERI2024 Proceedings*, 9967-9972. 17th annual International Conference of Education, Research and Innovation. <https://doi.org/10.21125/iceri.2024.2509>
- López-Bermúdez, F. L., López-Solís, S. C., López-Solís, M. N., & Solís-Pérez, S. A. (2025). Implementación de proyectos en la enseñanza de las matemáticas en estudiantes. *Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa Reicomunicar*. ISSN 2737-6354., 8(15), 16-26.

- Mahanal, S., Zubaidah, S., Setiawan, D., Maghfiroh, H., & Muhaimin, F. G. (2022). Empowering College Students' Problem-Solving Skills through RICOSRE. *Education Sciences*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/educsci12030196>
- Martínez-Alvarez, N., & Martínez-López, L. (2024). Sinergia Piaget, Vygotsky y la inteligencia artificial en la educación universitaria. *Vinculatégica EFAN*, 10(4), 70-84. <https://doi.org/10.29105/vtga10.4-948>
- Mendieta Fonseca, L. A. (2024). La Metodología STEAM y el ABP en la integración de saberes y desarrollo de competencias Matemáticas. *Revista Torreón Universitario*, 13(38), 82-102.
- Mittag, T., & Pappu, R. V. (2022). A conceptual framework for understanding phase separation and addressing open questions and challenges. *Molecular Cell*, 82(12), 2201-2214. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2022.05.018>
- Ortiz-Laso, Z., Diego-Mantecón, J.-M., Lavicza, Z., & Blanco, T. F. (2023). Teacher growth in exploiting mathematics competencies through STEAM projects. *ZDM – Mathematics Education*, 55(7), 1283-1297. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01528-w>
- Pinzón Arteaga, J. (2024). Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel en el Desarrollo de Estrategias de Aprendizaje Hacia un Pensamiento Crítico. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(3), 8858-8870.
- Quijano Cruz, B. (2025). Educación STEAM en el aula de matemáticas: una mirada crítica. *Educación y ciencia*, 14(64), 167-179.
- Rahmadiani, R., Alfisyahra, A., Lefrida, R., & Pathuddin, P. (2024). Concept Understanding Students on the Two-Variables Linear Equation System Material in Terms of Mathematics Ability. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 12(1), 160-171. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v12i1.10532>
- Sibgatullin, I. R., Korzhuev, A. V., Khairullina, E. R., Sadykova, A. R., Baturina, R. V., & Chauzova, V. (2022). A Systematic Review on Algebraic Thinking in Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1).
- Tomalá-Vera, V. V. (2024). La metodología STEAM y su aporte en el aprendizaje matemático. *Episteme Koinonía. Revista Electrónica de Ciencias de la Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 7(13), 222-239. <https://doi.org/10.35381/e.k.v7i13.3215>
- Yaulema Castañeda, J. L., Valverde Aguirre, P. E., Zapata Gaibor, M. C., Vique Lopez, D. F., Noboa Casanova, G. A. N., & Pombosa Guijarro, A. A. P. (2023). Application of mathematical software for the improvement of teaching-learning to the teachers of mathematics of the accalaureate of the school year 2021-2022, in the fiscal college of the canton Chambo. *Russian Law Journal*, 11(6S), 518-531.
- Veith, J. M., Bitzenbauer, P., & Girnat, B. (2022). Exploring Learning Difficulties in Abstract Algebra: The Case of Group Theory. *Education Sciences*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/educsci12080516>