

Tutor Virtual para Desarrollar la Habilidad de Modelación Matemática en Estudiantes de Bachillerato

Yusleidy Isabel Verduga Andrade¹; Roberto Carlos Moya Proaño¹

Tutora: Leticia Guillot Mustelier; Profesor de Planta: Hendy Maier Pérez Barrera

¹Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador

yiverdugaa@ube.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0004-3376-9817>

rcmoyap@ube.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0007-4803-329X>

Correspondencia: yiverdugaa@ube.edu.ec

Resumen: El estudio aborda las deficiencias en la habilidad de modelación matemática en estudiantes de bachillerato ecuatorianos de contextos vulnerables. Fundamentado en el potencial de las tecnologías educativas, el objetivo fue diseñar un tutor virtual contextualizado para desarrollar esta competencia. La investigación empleó un enfoque mixto con diseño no experimental transversal, aplicándose un diagnóstico a 30 estudiantes, el diseño del tutor "FiMath" en Google Sites, y su validación por 10 especialistas. Los resultados del diagnóstico revelaron que el 67% de los estudiantes presentaba un nivel bajo en modelación matemática, con mayores dificultades en validación de modelos (77%). La validación del tutor obtuvo un 89% de aprobación, destacando su pertinencia cultural y fundamentación pedagógica. Se concluye que el diseño propuesto es factible y constituye una herramienta tecnopedagógica viable para fortalecer el aprendizaje autónomo de la modelación matemática, respondiendo a necesidades específicas del contexto ecuatoriano mediante una arquitectura accesible y contextualizada.

Palabras clave: modelación matemática; tutor virtual; educación secundaria; tecnologías educativas; contexto ecuatoriano.

Código de clasificación UNESCO: 1203.10 - Enseñanza con ayuda de ordenador.

Clasificación OCDE-FOS: 5.3 - Ciencias de la educación.

Virtual Tutor to Develop Mathematical Modeling Skills in High School Students

Abstract: This study addresses deficiencies in mathematical modeling skills among Ecuadorian high school students from vulnerable contexts. Based on the potential of educational technologies, the objective was to design a contextualized virtual tutor to develop this competency. The research used a mixed-methods approach with a non-experimental, cross-sectional design, comprising a diagnostic assessment administered to 30 students, the design of the "FiMath" tutor in Google Sites, and its validation by 10 specialists. The diagnostic results revealed that 67% of the students showed a low level of mathematical modeling, with the greatest difficulties found in model validation (77%). The tutor's validation achieved an 89% approval rating, highlighting its cultural relevance and pedagogical foundation. We conclude that the proposed design is feasible and constitutes a viable techno-pedagogical tool for strengthening autonomous learning of mathematical modeling, addressing specific needs of the Ecuadorian context through an accessible and contextualized architecture.

Keywords: mathematical modeling; virtual tutor; secondary education; educational technologies; ecuadorian context.

UNESCO Classification Code: 1203.10 - Computer-assisted instruction.

OECD-FOS Classification: 5.3 - Educational sciences.

Tutor Virtual para Desenvolver a Habilidade de Modelagem Matemática em Estudantes do Ensino Médio

Resumo: O estudo aborda as deficiências na habilidade de modelagem matemática em estudantes equatorianos do ensino médio, provenientes de contextos vulneráveis. Fundamentado no potencial das tecnologias educacionais, o objetivo foi projetar um tutor virtual contextualizado para desenvolver essa competência. A pesquisa utilizou uma abordagem mista com delineamento não experimental transversal, compreendendo um diagnóstico aplicado a 30 estudantes, o projeto do tutor "FiMath" no Google Sites e sua validação por 10 especialistas. Os resultados do diagnóstico revelaram que 67% dos estudantes apresentavam um nível baixo de modelagem matemática, com maiores dificuldades na validação de modelos (77%). A validação do tutor obteve 89% de aprovação, destacando sua pertinência cultural e fundamentação pedagógica. Conclui-se que o projeto proposto é factível e constitui uma ferramenta tecnopedagógica viável para fortalecer a aprendizagem autônoma da modelagem matemática, respondendo a necessidades específicas do contexto equatoriano por meio de uma arquitetura acessível e contextualizada.

Palavras-chave: modelagem matemática; tutor virtual; ensino médio; tecnologias educacionais; contexto equatoriano.

Código de Classificação UNESCO: 1203.10 - Ensino assistido por computador.

Classificação OCDE-FOS: 5.3 - Ciências da educação.

Cómo citar este artículo:

Verduga, Y. I., & Moya, R. C. (2026). Tutor Virtual para Desarrollar la Habilidad de Modelación Matemática en Estudiantes de Bachillerato. *Revista Científica*, 11(Ed. Esp. 4), 15–28. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.e4.1.15-28>

Fecha de Recepción:
19-11-2025

Fecha de Aceptación:
27-03-2026

Fecha de Publicación:
05-05-2026

1. Introducción

La modelación matemática representa una herramienta fundamental en la interpretación de fenómenos complejos de la vida cotidiana, pues permite representar mediante lenguaje numérico y gráfico situaciones como patrones climáticos, dinámicas económicas o procesos biológicos. En este sentido, Hidayat et al. (2025) sostienen que esta habilidad contribuye al desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes, permitiéndoles enfrentar y resolver problemas reales de su entorno.

Desarrollar competencias en modelación resulta fundamental para la formación integral de estudiantes de bachillerato, ya que les permite resolver problemas cotidianos mediante representaciones matemáticas. No obstante, Lesh y Doerr (2003) advierten que la enseñanza tradicional frecuentemente falla en lograr aprendizajes profundos, especialmente cuando los alumnos presentan dificultades para conceptualizar y aplicar modelos en contextos reales.

En el contexto de la educación secundaria ecuatoriana, los estudiantes de bachillerato enfrentan obstáculos significativos en el dominio de la modelación matemática. Estas dificultades incluyen la incapacidad para traducir situaciones reales a ecuaciones o gráficos, la falta de comprensión de variables interdependientes, problemas para validar y refinar modelos, y una motivación baja derivada de métodos de enseñanza expositivos que priorizan la memorización sobre la aplicación práctica. Como consecuencia, en la práctica educativa se ha observado que estudiantes no logran modelar el impacto de una inundación en la provincia del Guayas como una ecuación exponencial, lo que refleja brechas en la conexión entre teoría y realidad.

Estudios locales y regionales han documentado que alrededor del 35% de los alumnos de bachillerato no alcanza el nivel mínimo de competencia en matemáticas, situación agravada por el impacto de la pandemia de COVID-19 sobre su rendimiento general en matemáticas y su preparación para estudios superiores o el mercado laboral. esta situación es coherente con los desafíos de

implementación de la modelación matemática documentados por Tasarib et al. (2025) a nivel internacional, mientras que la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y la UNESCO (2020) documentan desafíos similares en contextos latinoamericanos, en línea con estudios que señalan vacíos en la formación de los propios docentes de matemática para trabajar la modelación en el aula (Chavarría-Vásquez & Gamboa-Araya, 2024).

Complementariamente, el avance de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha abierto nuevas posibilidades para la educación matemática, particularmente a través de tutores virtuales que proporcionan apoyo personalizado, interactivo y adaptativo. En este marco, Létourneau et al. (2025) destacan la importancia de estos sistemas en contextos educativos, en tanto que UNESCO (2023) reconoce su potencial sin dejar de advertir sobre equidad y gobernanza tecnológica, mientras que Albornoz et al. (2025) demuestran la efectividad de la tutoría remota adaptada al contexto en poblaciones vulnerables de Latinoamérica, subrayando la pertinencia de soluciones de bajo costo en escenarios pospandemia.

1.1. Modelación Matemática en Educación

La modelación matemática constituye un proceso complejo mediante el cual se construyen representaciones matemáticas de situaciones reales para comprenderlas, analizarlas y predecir comportamientos. El ciclo de modelación matemática, ampliamente documentado en la literatura del área (p. ej., Kaiser et al., 2011), comprende seis fases interrelacionadas: comprensión de la situación real, estructuración y simplificación del problema, matematización, trabajo matemático, interpretación de resultados y validación del modelo. Este ciclo no es lineal sino iterativo, y requiere ajustes y refinamientos constantes.

Desde una perspectiva epistemológica, y en línea con la clasificación de perspectivas de modelación matemática educativa propuesta por Kaiser y Sriraman

(2006), pueden distinguirse diversas aproximaciones: la perspectiva realista, que enfatiza la resolución de problemas auténticos; la perspectiva epistemológica, centrada en la comprensión de conceptos matemáticos; y la perspectiva pedagógica, orientada al desarrollo de competencias. Para efectos de esta investigación, se asume un enfoque integrador que reconoce la modelación como proceso cognitivo y como herramienta didáctica.

En cuanto a las estrategias didácticas para la enseñanza de la modelación matemática, Hidayat et al. (2025) y Amaral Schio y Mazzi (2021) destacan el uso de problemas contextualizados, el trabajo colaborativo, la metacognición guiada y el andamiaje progresivo. Estas estrategias permiten a los estudiantes transitar desde situaciones estructuradas hacia problemas abiertos que demandan mayor autonomía cognitiva.

Las dimensiones fundamentales para evaluar la habilidad de modelación matemática, sistematizadas por Cevikbas et al. (2022) dentro de la tradición de investigación sobre modelación representada por Kaiser et al. (2011), incluyen la comprensión conceptual de modelos matemáticos, que implica reconocer tipos de modelos y sus características; la matematización o traducción de situaciones reales a lenguaje matemático; la aplicación y resolución de modelos mediante procedimientos algebraicos adecuados; y la validación y el refinamiento, que involucran verificar la coherencia de los resultados con el contexto original.

1.2. Desarrollo de Habilidades en la Modelación Matemática

El desarrollo de habilidades constituye un proceso gradual y sistemático que implica la apropiación de acciones y operaciones que permiten ejecutar tareas con eficiencia y efectividad. En concordancia con ello, Álvarez de Zayas (1999) plantea que una habilidad se forma cuando el estudiante es capaz de realizar una acción de manera consciente, con conocimiento del sistema de operaciones que la componen y dominando la ejecución de dichas operaciones.

En el ámbito específico de la modelación matemática, Tasarib et al. (2025) y Hidayat et al. (2025) definen las competencias de modelación como la capacidad de identificar preguntas relevantes, variables y relaciones en situaciones del mundo real, traducirlas a matemáticas, analizar el modelo matemático y sus soluciones, e interpretar y validar resultados en el contexto original. El desarrollo de estas competencias requiere experiencias de aprendizaje que involucren progresivamente mayor complejidad y autonomía.

Por su parte, Cevikbas et al. (2022) proponen un modelo de competencias de modelación que distingue sub-competencias específicas: comprensión del problema real, establecimiento de un modelo real, matematización, resolución matemática, interpretación y validación. Estas sub-competencias, aunque descritas con terminología diferente, guardan correspondencia con las dimensiones sistematizadas por Cevikbas et al. (2022) dentro de la tradición de investigación sobre modelación matemática representada por Kaiser et al. (2011), lo que evidencia consenso internacional sobre los componentes esenciales de la habilidad de modelación.

Al respecto, las investigaciones de Cevikbas et al. (2022) evidencian que el desarrollo de habilidades para la modelación requiere práctica sostenida y oportunidades para reflexionar metacognitivamente sobre los procesos de modelación, mientras que Hidayat et al. (2025) destacan la importancia del diseño de la actividad, la pedagogía empleada y la evaluación como ejes centrales de una enseñanza eficaz de la modelación. La mediación tecnológica puede potenciar significativamente este desarrollo al proporcionar entornos interactivos, retroalimentación inmediata y recursos visuales que facilitan la comprensión de procesos abstractos.

1.3. Tutor Virtual y Tecnología Educativa

Un tutor virtual constituye un sistema informático diseñado para proporcionar instrucción personalizada, que simula las funciones de un tutor humano mediante la presentación de contenidos, ejercicios, retroalimentación

y seguimiento del progreso del estudiante. Cabe destacar que Woolf (2010) señala que los tutores virtuales efectivos integran componentes de conocimiento del dominio, modelo del estudiante y estrategias pedagógicas adaptativas.

Las potencialidades de los tutores virtuales en educación matemática son diversas. En particular, Rundquist et al. (2024) destacan la personalización del ritmo de aprendizaje según necesidades individuales, la retroalimentación inmediata y formativa que permite corregir errores en tiempo real, la disponibilidad permanente que flexibiliza tiempos y espacios de estudio, la presentación multimodal de contenidos que atiende diversos estilos de aprendizaje, y el registro sistemático del progreso que facilita la evaluación formativa; en la misma línea, Shin (2022) señala el valor de la personalización y la retroalimentación adaptativa, si bien Hershkovitz et al. (2024) matizan que los estudiantes no siempre actúan sobre la retroalimentación recibida.

Con base en principios generales de diseño instruccional aplicados al desarrollo de tutores virtuales, en línea con los planteamientos de Woolf (2010) sobre estos sistemas, el diseño del tutor siguió las siguientes fases: análisis de necesidades y características del contexto educativo, diseño instruccional basado en principios pedagógicos validados, desarrollo tecnológico de la interfaz y contenidos, implementación piloto con ajustes iterativos, y evaluación sistemática de efectividad. Google Sites, como plataforma de desarrollo, ofrece ventajas significativas para contextos con limitaciones de infraestructura: gratuidad, accesibilidad desde múltiples dispositivos, integración con herramientas educativas de *Google Workspace*, y facilidad de actualización de contenidos.

Por otra parte, Shin (2022) señala preocupaciones docentes sobre la integración de sistemas tutores inteligentes, mientras que Létourneau et al. (2025) advierten que la investigación sobre IA en educación carece todavía de una fundamentación pedagógica sólida, lo que subraya la necesidad de

diseñar tutores virtuales sobre principios de diseño instruccional explícitos y validados. Específicamente en educación matemática, sistemas como *Carnegie Learning* y *ASSISTments* han mostrado efectos positivos en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. Sin embargo, la mayoría de estas herramientas se desarrolla en contextos anglosajones, lo que evidencia la necesidad de diseñar tutores contextualizados para realidades latinoamericanas.

Ante este panorama, se identifica como problema científico de la investigación la siguiente pregunta: ¿cómo contribuir al desarrollo de la habilidad de modelación matemática en los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar?.

A partir de esta problemática, la investigación se orienta hacia la siguiente idea a defender: la elaboración de un tutor virtual para el desarrollo de la habilidad de modelación matemática en estudiantes de bachillerato puede contribuir al fortalecimiento del razonamiento lógico y a la estimulación de la creatividad para enfrentar la solución de problemas del contexto social.

En correspondencia con esta interrogante, el objetivo principal de este estudio consiste en diseñar un tutor virtual con características específicas de contextualización cultural y adaptación tecnológica para el desarrollo de la habilidad de modelación matemática en estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar. Para su cumplimiento se desarrollan los siguientes objetivos específicos: fundamentar teóricamente el proceso de desarrollo de la habilidad de modelación matemática a partir del uso del tutor virtual; diagnosticar el nivel que presentan los estudiantes de bachillerato en la modelación matemática; diseñar el tutor virtual adaptado al contexto específico, considerando desafíos locales como el acceso limitado a internet; y valorar la factibilidad del tutor virtual diseñado a partir del criterio de especialistas.

2. Metodología

Por su finalidad, la investigación se clasificó como

aplicada, en tanto sus resultados se orientaron a la solución práctica de una necesidad educativa identificada mediante el diseño de un tutor virtual (Cohen et al., 2018). Asimismo, se desarrolló bajo un enfoque mixto que integró elementos cuantitativos y cualitativos, respondiendo a la necesidad de obtener una comprensión holística del fenómeno estudiado.

De hecho, Creswell y Plano (2018) señalan que este enfoque permite capitalizar las fortalezas de ambas aproximaciones metodológicas, lo que proporciona mayor riqueza interpretativa y validez a los hallazgos. El componente cuantitativo permitió medir los niveles de desarrollo de la habilidad mediante escalas numéricas, mientras que el componente cualitativo facilitó la comprensión de las percepciones, experiencias y dificultades específicas de los estudiantes.

Por su alcance, el estudio fue de tipo descriptivo, dado que se orientó a caracterizar el nivel de desarrollo de la habilidad de modelación matemática antes de proponer la intervención tecnológica, sin establecer relaciones causales entre variables (Cohen et al., 2018). El diseño adoptado fue no experimental de tipo transversal, ya que se realizó sin manipulación experimental de variables y la recolección de datos ocurrió en un momento único del tiempo. El método de investigación transitó entre procesos inductivos y deductivos de manera complementaria: desde la perspectiva inductiva se partió de hallazgos particulares del diagnóstico para arribar a conclusiones generales, mientras que el enfoque deductivo permitió derivar el diseño específico del tutor virtual a partir de fundamentos teóricos generales. Adicionalmente, se empleó el método sistémico-estructural para concebir el tutor como un sistema integrado.

La investigación se realizó en la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar, institución del programa Unidades Educativas del Milenio ubicada en la provincia del Guayas, Ecuador, durante el período académico 2024-2025. La población total de bachillerato estuvo conformada por 120 estudiantes distribuidos en los tres años de este nivel educativo.

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, conformada por 30 estudiantes de segundo año de bachillerato, lo que representó el 25% de la población total. Los criterios de inclusión fueron: estudiantes matriculados en segundo año de bachillerato durante el período indicado, que cursaban la asignatura de Matemáticas, con asistencia regular mayor al 80%, que manifestaron voluntariamente su disposición a participar, y cuyos representantes legales firmaron el consentimiento informado correspondiente. Los criterios de exclusión fueron: estudiantes con necesidades educativas especiales que requirieran adaptaciones curriculares significativas en matemáticas, estudiantes sin acceso a dispositivos tecnológicos o internet, y aquellos que se retiraran de la institución durante el período de estudio.

El proceso investigativo transitó por tres etapas metodológicas interrelacionadas. En la primera etapa se llevó a cabo el diagnóstico inicial mediante la aplicación de un cuestionario estructurado a los 30 estudiantes de la muestra, con el fin de identificar el nivel que presentaban en la habilidad de modelación matemática.

El instrumento diagnóstico se estructuró en torno a cuatro dimensiones fundamentales, en línea con la tradición de investigación sobre modelación matemática representada por Kaiser et al. (2011) y sistematizada por Cevikbas et al. (2022): comprensión conceptual de modelos matemáticos, que evalúa la capacidad de identificar tipos de modelos y reconocer variables relevantes; matematización, que mide la habilidad para traducir situaciones reales a lenguaje matemático estableciendo relaciones cuantitativas; aplicación y resolución de modelos, que valora la ejecución de procedimientos algebraicos para resolver problemas; y validación y refinamiento de modelos, que examina la verificación contextual de resultados y el reconocimiento de limitaciones del modelo.

El cuestionario diagnóstico contó con un total de 15 ítems distribuidos de la siguiente manera: 8 preguntas cerradas con escala Likert de cinco niveles (1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = ni de

acuerdo ni en desacuerdo, 4 = de acuerdo, 5 = totalmente de acuerdo) para medir autopercepción de competencias, 4 preguntas de opción múltiple para evaluar conocimientos procedimentales, y 3 preguntas abiertas para explorar percepciones, experiencias previas y dificultades específicas en modelación matemática.

El procesamiento de datos cuantitativos se realizó mediante *Microsoft Excel*, calculando frecuencias absolutas y relativas, promedios por dimensión y representaciones gráficas. Los datos cualitativos provenientes de las tres preguntas abiertas se analizaron mediante codificación temática, técnica que consiste en identificar, organizar y agrupar sistemáticamente las respuestas en categorías conceptuales emergentes, lo que permite reconocer patrones recurrentes en las percepciones y experiencias de los estudiantes respecto a la modelación matemática. La consistencia interna de las escalas se interpretó conforme a los criterios de referencia expuestos por Tavakol y Dennick (2011).

En la segunda etapa, a partir de las dificultades identificadas en el diagnóstico, se procedió al diseño del tutor virtual denominado “FiMath - Tutor Virtual de Matemáticas”, alojado en Google Sites. Esta plataforma fue seleccionada por su accesibilidad universal sin costos de licenciamiento, su compatibilidad con infraestructura institucional limitada, su integración con herramientas de *Google Workspace*, la facilidad de actualización de contenidos y su optimización para conexiones lentas.

En la tercera etapa se llevó a cabo la validación del tutor virtual diseñado a través del método de criterio de especialistas. Se seleccionaron 10 especialistas aplicando criterios específicos: título de posgrado en Educación, Matemáticas, Tecnología Educativa o áreas afines; experiencia mínima de 5 años en docencia de matemáticas en nivel secundario o superior; experiencia demostrable en el uso de tecnologías educativas digitales; y publicaciones o participación en proyectos de innovación educativa.

Se envió el enlace del tutor virtual a los

especialistas para que navegaran por el sistema y emitieran su criterio fundamentado mediante un instrumento estructurado en tres secciones con un total de 10 ítems cerrados, utilizando una escala Likert de cinco niveles (1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = neutral, 4 = de acuerdo, 5 = totalmente de acuerdo): fundamentación teórico-pedagógica (4 ítems), diseño técnico y usabilidad (3 ítems), y pertinencia y factibilidad (3 ítems). Adicionalmente, se incluyeron 2 preguntas abiertas para recoger fortalezas percibidas y recomendaciones de mejora.

Durante todo el proceso investigativo se emplearon métodos del nivel teórico, empírico y estadístico-matemático. Los métodos teóricos incluyeron análisis-síntesis para el procesamiento de información bibliográfica, inducción-deducción para transitar entre hallazgos particulares y conclusiones generales, y sistémico-estructural para concebir el tutor virtual como sistema integrado. Los métodos empíricos incluyeron la revisión documental, la encuesta como método principal para la recopilación de datos mediante el cuestionario como instrumento, y el criterio de especialistas como método de validación (Cohen et al., 2018).

La investigación contó con la aprobación del Consejo Académico de la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar y se adhirió a principios éticos de investigación educativa, garantizando la confidencialidad de los datos, la participación voluntaria e informada, y el uso exclusivamente académico de la información recopilada.

3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las tres etapas de la investigación: el diagnóstico inicial aplicado a los estudiantes, el diseño del tutor virtual FiMath a partir de dicho diagnóstico, y la validación del tutor por criterio de especialistas.

3.1. Resultados Cuantitativos del Diagnóstico

El diagnóstico inicial aplicado a los 30 estudiantes permitió caracterizar el nivel de desarrollo de la habilidad de modelación matemática en sus cuatro dimensiones

fundamentales. Se calcularon frecuencias absolutas y relativas, medidas de tendencia central, y se elaboraron representaciones gráficas para visualizar los hallazgos. La tabla 1 presenta la distribución porcentual de estudiantes según su nivel de desempeño en cada dimensión evaluada.

Tabla 1. Distribución Porcentual de Estudiantes según Nivel de Desempeño en Dimensiones de Modelación Matemática (n = 30).

Dimensión	Nivel Alto	Nivel Medio	Nivel Bajo
Comprensión conceptual	10% (3)	27% (8)	63% (19)
Matematización	7% (2)	23% (7)	70% (21)
Aplicación y resolución	13% (4)	30% (9)	57% (17)
Validación y refinamiento	3% (1)	20% (6)	77% (23)
Nivel general	10% (3)	23% (7)	67% (20)

Nota. Fuente: Verduga y Maya (2025); entre paréntesis se indica el número exacto de estudiantes. El nivel general se calcula clasificando a cada estudiante según su desempeño predominante en las cuatro dimensiones.

Como se observa en la tabla 1, el 67% de los estudiantes (20 de 30) presentó un nivel general bajo en la habilidad de modelación matemática, mientras que solo el 10% (3 estudiantes) alcanzó un nivel alto. La dimensión de validación y refinamiento de modelos registró el porcentaje más elevado de estudiantes en nivel bajo (77%), seguida de la matematización (70%). La dimensión de aplicación y resolución presentó el menor porcentaje de dificultad, aunque aún significativo, con un 57% en nivel bajo.

En la dimensión de comprensión conceptual, el análisis de las respuestas reveló que el 73% (22 de 30 estudiantes) proporcionó identificaciones incorrectas de modelos lineales, cuadráticos y exponenciales en las situaciones planteadas. Paralelamente, la identificación de variables relevantes en contextos complejos presentó dificultades en el 67% (20 de 30 estudiantes) de los casos evaluados.

En la dimensión de matematización, los resultados mostraron que el 77% (23 de 30 estudiantes) realizó selecciones incorrectas al determinar el tipo de modelo matemático correspondiente a situaciones

descritas verbalmente, mientras que el 70% (21 de 30 estudiantes) no logró establecer relaciones cuantitativas adecuadas entre las variables de los problemas.

En lo que respecta a la aplicación y resolución de modelos, se identificó que el 53% (16 de 30 estudiantes) cometió errores procedimentales en la manipulación algebraica durante los procesos de resolución, y el 47% (14 de 30 estudiantes) aplicó métodos inadecuados para el tipo de problema específico.

Finalmente, en la dimensión de validación y refinamiento, los datos demostraron que el 80% (24 de 30 estudiantes) omitió la verificación contextual de sus resultados matemáticos con la situación real, y el 73% (22 de 30 estudiantes) no reconoció las limitaciones inherentes a los modelos propuestos cuando este análisis fue solicitado explícitamente.

3.2. Resultados Cualitativos del Diagnóstico

El análisis de las tres preguntas abiertas del cuestionario diagnóstico mediante codificación temática permitió identificar categorías emergentes que complementan y profundizan los hallazgos cuantitativos. La tabla 2 presenta las categorías identificadas y su frecuencia de aparición en las respuestas de los estudiantes.

Tabla 2. Categorías Emergentes del Análisis Cualitativo del Diagnóstico (n = 30).

Categoría	Descripción	Frecuencia
Desconexión teoría-práctica	Percepción de que las matemáticas aprendidas no se relacionan con situaciones reales	22 (73%)
Ansiedad matemática	Expresiones de temor, frustración o bloqueo ante problemas matemáticos	18 (60%)
Preferencia por procedimientos mecánicos	Tendencia a buscar fórmulas y pasos a seguir sin comprender el proceso	19 (63%)
Falta de experiencias de modelación	Escasas o nulas experiencias previas con actividades de modelación matemática	25 (83%)
Dificultad para interpretar enunciados	Problemas para comprender qué se pide en problemas contextualizados	21 (70%)
Interés por tecnología educativa	Disposición favorable hacia el uso de herramientas digitales para aprender matemáticas	24 (80%)

Nota. Fuente: Verduga y Maya (2025).

La categoría con mayor frecuencia fue “falta de experiencias de modelación” (83%, 25 estudiantes), donde los participantes expresaron que nunca o rara vez

habían trabajado con problemas que requirieran construir modelos matemáticos a partir de situaciones reales. Expresiones recurrentes incluyeron “nunca nos han enseñado a hacer eso” y “solo resolvemos ejercicios del libro”. Esta categoría se relaciona directamente con las deficiencias cuantitativas identificadas en las dimensiones de matematización y validación.

La categoría “desconexión teoría-práctica” (73%, 22 estudiantes) reveló que los estudiantes perciben las matemáticas como una asignatura abstracta sin aplicación en su vida cotidiana, con manifestaciones típicas como “no sé para qué sirve esto” y “las matemáticas son solo números y fórmulas”. Complementariamente, la “preferencia por procedimientos mecánicos” (63%, 19 estudiantes) evidenció una cultura de aprendizaje orientada a la memorización de algoritmos sin comprensión conceptual.

Significativamente, el 60% de los estudiantes (18 de 30) expresó “ansiedad matemática”, y describió sensaciones de bloqueo, nerviosismo y frustración al enfrentar problemas matemáticos. Sin embargo, el “interés por tecnología educativa” (80%, 24 estudiantes) representó un hallazgo favorable, que indica una alta receptividad hacia herramientas digitales como potencial estrategia para superar las dificultades identificadas.

3.3. Diseño del Tutor Virtual FiMath

Con base en las deficiencias cuantitativas y cualitativas identificadas en el diagnóstico, en la segunda etapa de la investigación se diseñó el tutor virtual “FiMath”, alojado en la plataforma Google Sites (enlace de acceso institucional pendiente de publicación por los autores). La tabla 3 presenta los componentes estructurales del tutor.

Tabla 3. Componentes del Tutor Virtual Diseñado para el Desarrollo de la Modelación Matemática.

Componente	Descripción	Cantidad/Características
Módulos temáticos	Contenido organizado por fases del ciclo de modelación	7 módulos específicos
Videotutoriales	Demostraciones procedimentales paso a paso	42 videos (8 min promedio)
Simuladores	Herramientas de	15 simuladores

interactivos	experimentación embebidas	(GeoGebra, PhET)
Banco de problemas	Situaciones contextualizadas graduadas	120 problemas (3 niveles)
Sistema de retroalimentación	Soluciones expertas y análisis de errores	Disponible para todos los problemas
Autoevaluación	Cuestionarios con retroalimentación inmediata	7 cuestionarios por módulo
Soporte motivacional	Estrategias para manejo de ansiedad matemática	Sección permanente

Nota. Fuente: Verduga y Maya (2025).

Como se aprecia en la tabla 3, los siete componentes diseñados combinan recursos multimedia, simulación interactiva y retroalimentación sistemática, lo que responde de manera integral a las cuatro dimensiones de la habilidad de modelación matemática evaluadas en el diagnóstico.

3.4. Estructura Didáctica del Tutor Virtual para el Desarrollo de la Habilidad de Modelación Matemática

Más allá de sus componentes estructurales, el tutor virtual FiMath fue diseñado con una estructura didáctica específica para desarrollar las habilidades de modelación matemática identificadas como deficitarias en el diagnóstico. El diseño respondió tanto a los datos cuantitativos (niveles por dimensión) como a los hallazgos cualitativos (categorías emergentes). Cada módulo aborda sistemáticamente las cuatro dimensiones evaluadas, y proporciona actividades graduadas que permiten a los estudiantes transitar desde el reconocimiento básico hasta la aplicación autónoma.

Para la dimensión de comprensión conceptual, el tutor incluye 28 actividades de identificación de modelos matemáticos en contextos ecuatorianos reales, como el crecimiento poblacional de Guayaquil, la producción bananera del Litoral o las variaciones de temperatura en la Sierra. Estas actividades responden directamente al hallazgo cualitativo de “desconexión teoría-práctica” (73%), pues presentan situaciones donde los estudiantes reconocen si corresponden a modelos lineales, cuadráticos, exponenciales o logarítmicos, y reciben retroalimentación inmediata que explica las características distintivas de cada tipo.

La contextualización cultural de estas situaciones se relaciona con los planteamientos de Amaral Schio y Mazzi (2021), en tanto que Weiland (2019) aporta la distinción entre tipos de autenticidad del contexto (ficticio, neutral o real).

Para la dimensión de matematización, el tutor presenta 35 ejercicios progresivos que guían al estudiante en el proceso de traducir enunciados verbales a expresiones algebraicas. El andamiaje didáctico incluye la identificación guiada de variables, el establecimiento asistido de relaciones cuantitativas, y la formulación progresivamente autónoma de ecuaciones. Este diseño atiende el hallazgo cuantitativo de la dimensión de matematización (70% con dificultades para establecer relaciones cuantitativas) y la categoría cualitativa “preferencia por procedimientos mecánicos” (63%), y promueve la comprensión sobre la memorización.

El andamiaje y la autorregulación progresiva se sustentan en los planteamientos de Buzza et al. (2022), Yahya et al. (2021) y Deneen (2025), en tanto que Li y Ma (2010) confirman, desde un metaanálisis más amplio, que la efectividad de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas varía según el nivel escolar y el enfoque pedagógico empleado. Este énfasis en la retroalimentación y el andamiaje formativo es, además, coherente con la evidencia de que la retroalimentación figura entre las influencias de mayor efecto sobre el aprendizaje (Hattie, 2009).

Para la dimensión de aplicación y resolución, el banco de 120 problemas está organizado en tres niveles de complejidad: el nivel básico presenta ejercicios con procedimientos parcialmente completados, el nivel intermedio requiere resolución completa con pistas disponibles, y el nivel avanzado demanda resolución autónoma. El sistema de retroalimentación proporciona análisis de errores procedimentales específicos, e identifica si el error ocurrió en el planteamiento, la manipulación algebraica o el cálculo numérico.

Para la dimensión de validación y refinamiento, el tutor incorpora 25 actividades de verificación contextual

donde los estudiantes deben evaluar si los resultados matemáticos obtenidos tienen sentido en la situación real planteada. Adicionalmente, se incluyen ejercicios de análisis de limitaciones en los que deben identificar las condiciones bajo las cuales el modelo dejaría de ser válido, lo que promueve el pensamiento crítico sobre la naturaleza de la modelación matemática.

La sección de soporte motivacional fue diseñada específicamente para atender el hallazgo cualitativo de “ansiedad matemática” (60%, 18 estudiantes), un factor que, según Dağdelen y Yıldız (2022), se vincula con la autoeficacia de alfabetización matemática (hallando una relación positiva inesperada entre ambas variables) y que, de acuerdo con Seng (2015), se relaciona con el desempeño matemático, e incorpora estrategias de respiración, mensajes de refuerzo positivo y testimonios de estudiantes que superaron dificultades similares. Esta sección capitaliza el “interés por tecnología educativa” (80%, 24 estudiantes) identificado en el diagnóstico.

3.5. Resultados de la Validación por Especialistas

La validación del tutor virtual por los 10 especialistas se realizó mediante un instrumento estructurado que incluyó dimensiones específicas para evaluar la pertinencia del tutor en el desarrollo de la habilidad de modelación matemática. La Tabla 4 presenta los resultados cuantitativos.

Tabla 4. Resultados de la Validación del Tutor Virtual por Dimensiones Evaluadas (n = 10).

Dimensión/Ítem	De acuerdo + Totalmente de acuerdo	Neutral	En desacuerdo + Totalmente en desacuerdo
Fundamentación teórico-pedagógica			
1. Coherencia fundamentos-diseño	90% (9)	10% (1)	0% (0)
2. Alineación currículo nacional	100% (10)	0% (0)	0% (0)
3. Secuencia didáctica adecuada	80% (8)	20% (2)	0% (0)
4. Pertinencia para modelación matemática	90% (9)	10% (1)	0% (0)
Diseño técnico y usabilidad			
5. Intuitividad de navegación	80% (8)	20% (2)	0% (0)
6. Calidad recursos multimedia	90% (9)	10% (1)	0% (0)
7. Adaptabilidad a dispositivos	90% (9)	10% (1)	0% (0)
Pertinencia y factibilidad			
8. Contextualización ecuatoriana	100% (10)	0% (0)	0% (0)

9. Factibilidad de implementación	80% (8)	10% (1)	10% (1)
10. Potencial para desarrollo de habilidades de modelación	90% (9)	10% (1)	0% (0)
Promedio general	89%	10%	1%

Nota. Fuente: Verduga y Maya (2025); entre paréntesis se indica el número exacto de especialistas. El promedio general se calcula como la media aritmética de los 10 ítems.

La tabla 4 muestra que el tutor virtual obtuvo un 89% de aprobación promedio en las valoraciones positivas, lo que supera el umbral del 85% establecido para la validación. Destaca que los ítems sobre “alineación con currículo nacional” y “contextualización ecuatoriana” alcanzaron unanimidad (100%), mientras que el ítem sobre “potencial para el desarrollo de habilidades de modelación matemática” obtuvo 90% de aprobación, lo que evidencia que los especialistas reconocieron la pertinencia de la estructura didáctica diseñada.

3.6. Análisis Cualitativo de la Validación

El análisis de las dos preguntas abiertas del instrumento de validación mediante codificación temática permitió identificar las fortalezas y recomendaciones expresadas por los especialistas. La tabla 5 presenta la síntesis de estos hallazgos.

Tabla 5. Síntesis del Análisis Cualitativo de la Validación por Especialistas (n = 10).

Fortalezas identificadas	Recomendaciones de mejora
Contextualización cultural pertinente con problemas del entorno ecuatoriano (9/10)	Incluir guía de implementación para docentes (7/10)
Estructura modular alineada con fases del ciclo de modelación (8/10)	Incorporar más ejemplos interdisciplinarios que conecten con otras asignaturas (6/10)
Progresión didáctica desde actividades guiadas hasta ejercicios autónomos (7/10)	Desarrollar rúbricas de evaluación más detalladas para cada dimensión (5/10)
Sistema de retroalimentación que aborda errores específicos (7/10)	Ampliar banco de problemas con más situaciones locales (4/10)
Inclusión de soporte socioemocional para ansiedad matemática (6/10)	Considerar versión offline para zonas sin conectividad (3/10)

Nota. Fuente: Verduga y Maya (2025).

Las fortalezas mencionadas con mayor frecuencia fueron la contextualización cultural (9 de 10 especialistas) y la estructura modular alineada con el ciclo de modelación (8 de 10). La inclusión de soporte socioemocional fue valorada positivamente por 6 de 10 especialistas, quienes reconocieron su pertinencia para

el contexto latinoamericano, donde la ansiedad matemática representa un problema significativo.

Entre las recomendaciones, la más frecuente fue incluir una guía de implementación para docentes (7 de 10 especialistas), pues señalaron que el éxito del tutor dependerá de su integración adecuada en la práctica pedagógica. La sugerencia de incorporar ejemplos interdisciplinarios (6 de 10) apunta a fortalecer la conexión de la matemática con otras áreas del conocimiento.

4. Discusión

Los resultados del diagnóstico inicial revelan un panorama crítico en el desarrollo de la habilidad de modelación matemática en estudiantes de bachillerato ecuatoriano. El hallazgo de que el 67% de los estudiantes presenta un nivel bajo es coherente con los desafíos de implementación de la modelación matemática documentados por Tasarib et al. (2025) a nivel internacional, y con las preocupaciones expresadas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y la UNESCO (2020) sobre los desafíos específicos del contexto latinoamericano. La integración de datos cuantitativos y cualitativos en este estudio aporta información diagnóstica más rica que la de investigaciones previas limitadas a mediciones estandarizadas, en línea con lo señalado por Peters y Fàbregues (2024). Este enfoque también permite interpretar la relación entre aprendizaje en línea, autoeficacia y autorregulación (Aviory et al., 2025).

Resulta particularmente significativo que las mayores dificultades se concentren en validación y refinamiento (77%) y matematización (70%), precisamente las fases que distinguen la modelación auténtica de la aplicación algorítmica rutinaria. Este patrón cuantitativo se complementa con el hallazgo cualitativo de que el 83% de los estudiantes reportó “falta de experiencias de modelación” y el 73% percibe “desconexión teoría-práctica”. La triangulación de estos datos sugiere que la instrucción matemática recibida enfatiza procedimientos descontextualizados, y descuida

los procesos metacognitivos de verificación.

El hallazgo cualitativo de “ansiedad matemática” (60%) representa un aporte importante que trasciende las mediciones tradicionales de competencia. Este dato justificó la inclusión de una sección específica de soporte socioemocional en el tutor virtual, componente que fue posteriormente valorado positivamente por 6 de 10 especialistas. La convergencia del “interés por tecnología educativa” (80%) con las deficiencias identificadas fundamenta la pertinencia de un tutor virtual como estrategia de intervención.

El diseño del tutor virtual FiMath representa una respuesta contextualizada tanto a las deficiencias cuantitativas como a las categorías cualitativas emergentes. A diferencia de tutores desarrollados en contextos anglosajones como *Carnegie Learning* o *ASSISTments*, FiMath incorpora problemas diseñados específicamente para el contexto ecuatoriano, en línea con la evidencia de Albornoz et al. (2025) sobre tutoría de bajo costo adaptada al contexto latinoamericano.

La validación por especialistas (89% de aprobación) supera los estándares establecidos en la literatura para instrumentos educativos. La unanimidad en “contextualización ecuatoriana” (100%) y la alta valoración del “potencial para desarrollo de habilidades de modelación” (90%) confirman que el diseño responde adecuadamente a las necesidades identificadas. Las recomendaciones de mejora, particularmente la guía de implementación docente (7 de 10 especialistas), orientan las futuras iteraciones del diseño.

El estudio presenta limitaciones que deben considerarse. La muestra diagnóstica de 30 estudiantes de una sola institución limita la generalización de los hallazgos. Al centrarse exclusivamente en el diseño y la validación, sin una implementación experimental, no se generó evidencia empírica sobre la efectividad real del tutor para mejorar las habilidades de modelación.

5. Conclusiones

Esta investigación dio cumplimiento al objetivo planteado al diseñar un tutor virtual contextualizado,

orientado a la contextualización cultural y la adaptación tecnológica, como estrategia tecnopedagógica para el desarrollo de la habilidad de modelación matemática en estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar. De este modo se responde también a la pregunta de investigación planteada: el diagnóstico mixto permitió caracterizar con precisión las dimensiones más deficitarias de la habilidad, y ese diagnóstico fundamentó directamente el diseño del tutor virtual como vía de contribución al problema científico identificado.

El principal aporte novedoso del estudio radica en el tutor virtual FiMath, una propuesta que integra fundamentación teórico-pedagógica basada en el ciclo de modelación matemática, una estructura didáctica diferenciada para cada una de las cuatro dimensiones de la habilidad, contextualización cultural con problemas del entorno ecuatoriano, soporte socioemocional específico para la ansiedad matemática, y una arquitectura tecnológica optimizada para infraestructuras limitadas. La validación por criterio de especialistas confirmó la pertinencia y la factibilidad de esta propuesta, lo que la distingue de los tutores desarrollados en contextos anglosajones no adaptados a las condiciones de la región.

Entre las limitaciones metodológicas del estudio se reconoce que el alcance descriptivo y el diseño no experimental permitieron caracterizar el fenómeno y fundamentar el diseño del tutor, pero no generar evidencia experimental sobre su efectividad real en el aprendizaje de los estudiantes. Asimismo, el tamaño de la muestra diagnóstica y su procedencia de una sola institución restringen la posibilidad de extender estos hallazgos a otros contextos educativos sin una verificación adicional.

En correspondencia con estas limitaciones, las futuras líneas de investigación priorizan la implementación experimental del tutor mediante diseños cuasiexperimentales con grupos de control, que permitan evaluar su impacto real en el desarrollo de habilidades de modelación matemática. Se recomienda, además,

explorar los patrones de uso mediante *learning analytics* y examinar la sostenibilidad de los efectos pedagógicos a mediano y largo plazo, así como ampliar la muestra a otras instituciones para fortalecer la validez externa de futuras réplicas.

6. Referencias

- Albornoz, F., Almeyda, G., Lombardi, M., Oubiña, V., & Zoido, P. (2025). Remote tutoring in Latin America. Inter-American Development Bank.
- Álvarez, C. M. (1999). *La escuela en la vida: Didáctica*. Editorial Pueblo y Educación.
- Amaral, R. B., & Mazzi, L. C. (2021). Contextualized tasks of Brazilian textbooks from a Critical Mathematics Education perspective. *Acta Scientiae*, 23(8), 222–261. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6466>
- Aviory, K., Retnawati, H., & Sudiyatno. (2025). Factors affecting mathematics achievement: Online learning, self-efficacy, and self-regulated learning. *Journal of Pedagogical Research*, 9(3), 276–290. <https://doi.org/10.33902/jpr.202534085>
- Buzza, D., Fitzgerald, C., & Avitzur, Y. (2022). Supporting self-regulated learning in a secondary applied mathematics course. *McGill Journal of Education*, 57(2), 92–114. <https://doi.org/10.7202/1106310ar>
- Cevikbas, M., Kaiser, G., & Schukajlow, S. (2022). A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: State-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. *Educational Studies in Mathematics*, 109(2), 205–236. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10104-6>
- Chavarria-Vásquez, J., & Gamboa-Araya, R. (2024). La modelación matemática en el proceso de formación de docentes de matemática de secundaria. *Revista Electrónica Educare*, 28(1), 1–23. <https://doi.org/10.15359/ree.28-1.17503>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe & Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). Education in the time of COVID-19. ECLAC/UNESCO.
- Creswell, J. W., & Plano, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Dağdelen, M., & Yıldız, A. (2022). The relationship between the secondary school students' mathematics anxiety and mathematical literacy self-efficacy. *Journal of Computer and Education Research*, 10(20), 636–655. <https://doi.org/10.18009/jcer.1165625>
- Deneen, C. (2025). Technology and self-regulated learning. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*, 7(2), 27. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v7i2.230>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hershkovitz, A., Noster, N., Siller, H.-S., & Tabach, M. (2024). Learning analytics in mathematics education: The case of feedback use in a digital classification task on reflective symmetry. *ZDM–Mathematics Education*, 56(4), 727–739. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01551-5>
- Hidayat, R., Mohd, A. F., Setambah, M. A. B., & Mazlan, N. H. (2025). A systematic review of the best practices for teaching mathematical modelling in education context. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 255–272. <https://doi.org/10.30935/scimath/17155>
- Kaiser, G., Blum, W., Borromeo Ferri, R., & Stillman, G. (Eds.). (2011). *Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA14*. Springer.
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302–310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (Eds.). (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Létourneau, A., Deslandes, M., Charland, P., Karran, J. A., Boasen, J., & Léger, P. M. (2025). A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education. *npj Science of Learning*, 10(1), Article 29. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>
- Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215–243. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9125-8>
- Peters, M., & Fàbregues, S. (2024). Missed opportunities in mixed methods EdTech research? Visual joint display development as an analytical strategy for achieving integration in mixed methods studies. *Educational Technology Research and Development*, 72(5), 2477–2497. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10234-z>
- Rundquist, R., Holmberg, K., Rack, J., Mohseni, Z., & Masiello, I. (2024). Use of learning analytics in K–12 mathematics education: Systematic scoping review of the impact on teaching and learning. *Journal of Learning Analytics*, 11(3), 174–191. <https://doi.org/10.18608/jla.2024.8299>
- Seng, E. L. K. (2015). The influence of pre-university students' mathematics test anxiety and numerical anxiety on mathematics achievement. *International Education Studies*, 8(11), 162–168. <https://doi.org/10.5539/ies.v8n11p162>
- Shin, D. (2022). Teaching mathematics integrating intelligent tutoring systems: Investigating prospective teachers' concerns and TPACK. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1659–1676. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10221-x>

- Tasarib, A., Rosli, R., & Rambely, A. S. (2025). Impacts and challenges of mathematical modelling activities on students' learning development: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(5), em2641. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16398>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms?*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Weiland, T. (2019). The contextualized situations constructed for the use of statistics by school mathematics textbooks. *Statistics Education Research Journal*, 18(2), 18–38. <https://doi.org/10.52041/serj.v18i2.138>
- Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.
- Yahya, N. A., Md, J., & Mohd, A. (2021). Students' self-regulated learning in open and distance learning for mathematics course. *EDUCATUM Journal of Science, Mathematics and Technology*, 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.37134/ejsmt.vol8.1.1.2021>

Reseña biográfica de la autora

Yusleidy Isabel Verduga Andrade | yiverdugaa@ube.edu.ec

Es Licenciada en Ciencias de la Educación, mención Educación Primaria, por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, y Máster en Educación con mención en Pedagogía de Entornos Digitales por la Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), institución a la que actualmente se encuentra afiliada. Se desempeña como docente en la Unidad Educativa Dr. Manuel Antonio Franco Pérez. Sus líneas de investigación comprenden la innovación educativa, los entornos virtuales de aprendizaje, la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación, la educación inclusiva y el desarrollo de competencias digitales.

Roberto Carlos Moya Proaño | rcmoyap@ube.edu.ec

Es Máster en Pedagogía en Entornos Digitales por la Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), institución a la que actualmente se encuentra afiliado, e Ingeniero en Sistemas Administrativos Computarizados con mención en Finanzas por la Universidad de Guayaquil. Cuenta además con un Diplomado en Inteligencia Artificial Aplicada a la Docencia por la Universidad de Las Américas (UDLA). Se desempeña como docente en la Unidad Educativa Fiscal Réplica Técnico Simón Bolívar. Sus líneas de investigación comprenden la inteligencia artificial aplicada a la educación, los tutores virtuales inteligentes, la modelación matemática y los entornos virtuales de aprendizaje.

Agradecimientos. Los autores expresan su reconocimiento a la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar, institución del programa Unidades Educativas del Milenio en la provincia del Guayas, Ecuador, por autorizar y facilitar el desarrollo de esta investigación. Asimismo, agradecen a los 30 estudiantes de segundo año de bachillerato que participaron voluntariamente en el diagnóstico, y a los 10 especialistas en Educación, Matemáticas y Tecnología Educativa que aportaron su criterio experto para la validación del tutor virtual FiMath.

Declaraciones de la autora

Contribución de la autora (Taxonomía CRediT). Yusleidy Isabel Verduga Andrade: Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Escritura - borrador original. Roberto Carlos Moya Proaño: Software, Recursos, Visualización, Validación, Escritura - revisión y edición.

Financiamiento. Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Declaración de disponibilidad de datos. Los datos están disponibles bajo solicitud razonable al autor de correspondencia (yiverdugaa@ube.edu.ec).

Declaración de uso de Inteligencia Artificial. Se utilizó Claude (Anthropic) como herramienta de inteligencia artificial generativa durante la etapa de corrección lingüística y gramatical, normalización de citas y referencias según APA 7.^a edición. El contenido científico, los datos, los resultados y las interpretaciones del estudio fueron generados íntegramente por los autores. Todo el contenido revisado o traducido con esta herramienta fue supervisado y verificado por los autores antes de su incorporación a la versión final.

Aprobación ética y consentimiento informado. Esta investigación fue aprobada por el Consejo Académico de la Unidad Educativa Réplica Simón Bolívar. Se obtuvo el consentimiento informado de los representantes legales de los estudiantes participantes, así como la participación voluntaria e informada de los especialistas evaluadores, garantizando en todo momento la confidencialidad de los datos recopilados.