

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

ARQUITECTURA DE UN AGENTE TUTOR INTELIGENTE BASADO EN MINERÍA DE DATOS EDUCACIONAL PARA INTERVENIR VACÍOS COGNITIVOS EN MATEMÁTICA UNIVERSITARIA

ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT TUTORING AGENT BASED ON EDUCATIONAL DATA MINING TO ADDRESS COGNITIVE GAPS IN UNIVERSITY MATHEMATICS

Jesús Armin Olivar Belandria¹



Recibido: 28/01/2026

Aceptado: 12/02/2026

Publicado: 28/02/2026

RESUMEN

Los vacíos cognitivos en matemática universitaria limitan el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería, arquitectura e informática. Este artículo propone una arquitectura de un Agente Tutor Inteligente (ATI) basado en Minería de Datos Educacional (EDM) para diagnosticar y corregir dichos vacíos de forma personalizada. Mediante instrumentos aplicados a docentes de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), se identificaron errores recurrentes en álgebra básica, comprensión conceptual de límites y derivadas, y procedimientos algorítmicos. La arquitectura del ATI se estructura en tres módulos interconectados: diagnóstico basado en EDM, que utiliza algoritmos de agrupamiento y clasificación para identificar perfiles de error; intervención con contenido validado y ejercicios

ABSTRACT

Cognitive gaps in university mathematics limit the academic performance of engineering, architecture, and computer science students. This article proposes an Intelligent Tutor Agent (ITA) architecture based on Educational Data Mining (EDM) to diagnose and correct these gaps in a personalized way. Using instruments applied to professors at the Ezequiel Zamora National Experimental University of the Western Plains (UNELLEZ), recurring errors were identified in basic algebra, conceptual understanding of limits and derivatives, and algorithmic procedures. The ITA architecture is structured in three interconnected modules: EDM-based diagnosis, which uses clustering and classification algorithms to identify error profiles; intervention with validated content and adaptive exercises; and explanatory and dynamic feedback, guided by scaffolding

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

adaptativos; y retroalimentación explicativa y dinámica, guiada por principios de andamiaje y carga cognitiva. Los resultados muestran una alta disposición docente hacia la implementación de ATI (92%), aunque se reconocen barreras como la infraestructura tecnológica y la necesidad de capacitación. La propuesta integra fundamentos pedagógicos, tecnológicos y éticos, ofreciendo una solución escalable y alineada con los planes de estudio institucionales. Se concluye que este modelo puede optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la personalización automática, siempre que se garantice la privacidad de datos, la equidad algorítmica y la transparencia en las decisiones del sistema. Futuras investigaciones deben validar el prototipo en entornos reales.

PALABRAS CLAVE: Agentes inteligentes; aprendizaje adaptativo; educación matemática; lagunas en el aprendizaje; minería de datos educativa.

and cognitive load principles. The results show a high level of faculty willingness to implement the ITA (92%), although barriers such as technological infrastructure and the need for training are acknowledged. The proposal integrates pedagogical, technological, and ethical foundations, offering a scalable solution aligned with institutional curricula. It concludes that this model can optimize the teaching and learning process through automatic personalization, provided that data privacy, algorithmic fairness, and transparency in system decisions are guaranteed. Future research should validate the prototype in real-world settings.

KEYWORDS: Intelligent agents; adaptive learning; mathematics education: learning gaps; educational data mining.

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

1. Introducción

A nivel global, la transición a la educación superior en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) enfrenta una crisis marcada por un desafío crítico: la persistencia de lagunas en el aprendizaje de matemáticas fundamentales. Cabe destacar STEM, es un enfoque educativo interdisciplinario que integra Ciencia (Science), Tecnología (Technology), Ingeniería (Engineering) y Matemáticas (Mathematics) para resolver problemas reales. Fomenta el aprendizaje activo, el pensamiento crítico y la innovación, preparando a los estudiantes para la alta demanda laboral en sectores técnicos.

De esta manera, la problemática no solo se traduce en un bajo rendimiento académico el cual denominamos vacíos cognitivos, sino que actúa como un factor determinante en la deserción estudiantil durante los primeros semestres en las instituciones universitarias (Hechinger Report, 2021; Bulut, 2025).

En el contexto específico de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social (VPDS), este fenómeno se manifiesta con especial rigor en el área de las ciencias básicas y aplicadas; por ello, durante la recolección de los datos a detallar en este artículo de la investigación en curso doctoral titulada: Modelo de Agente Tutor Inteligente para la intervención de vacíos cognitivos en matemática universitaria, el cuerpo docente convocados a reuniones han identificado que los estudiantes arrastran errores sistémicos en álgebra básica y conceptos de cálculo, como límites y derivadas. Lo que evidencia, que estas deficiencias actúan como un obstáculo acumulativo que impide la asimilación de contenidos complejos, comprometiendo la formación del futuro profesional (De Diego et al., 2020; Martínez, 2022).

En este sentido, con la evolución hacia la personalización tecnológica Ante la imposibilidad de abordar estos vacíos mediante métodos de enseñanza tradicionales y masivos, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han evolucionado para

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

ofrecer alternativas de personalización a gran escala. En este escenario, los Agentes Tutores Inteligentes (ATI) han emergido como una de las herramientas más prometedoras, al emular la guía individualizada de un tutor humano (VanLehn, 2011; Cardona et al., 2023). Sin embargo, la efectividad de un ATI depende de su capacidad para interpretar el comportamiento del estudiante.

En este sentido, es aquí donde la Minería de Datos Educacional (EDM) se vuelve indispensable, proporcionando las técnicas analíticas necesarias para transformar los datos académicos en diagnósticos precisos sobre el estado del conocimiento del alumno, permitiendo así una intervención pedagógica basada estrictamente en la evidencia (Baker & Yacef, 2009; López-Meneses, E., et al. 2025).

En consecuencia, a pesar de los avances en EDM, persiste la necesidad de arquitecturas que no solo detecten el error, sino que gestionen activamente la recuperación del aprendizaje. Por ello, este artículo propone una arquitectura de ATI diseñada específicamente para identificar y mitigar vacíos cognitivos en matemáticas universitarias. Cuya relevancia de este modelo radica en su enfoque multidimensional, integrando módulos de diagnóstico algorítmico con estrategias de intervención validadas. Dicho diseño no es meramente técnico, sino que se sustenta en principios de la psicología cognitiva, como el concepto de andamiaje y la teoría de la carga cognitiva, asegurando que el apoyo tecnológico sea pedagógicamente coherente con los procesos de aprendizaje del estudiante (Vygotsky, 1978; Sweller, 1988).

Ahora bien, desde el paradigma tecnológico, enfocado en una investigación estructurada de lo cuantitativo apoyado con mesas de trabajo la propuesta presentada se fundamenta en un análisis empírico realizado con docentes de la UNELLEZ-VPDS en el área de las matemáticas pertenecientes al entorno del programa ciencias básicas aplicadas y la asistencia de maestros de bachillerato, para concretar los vacíos cognitivos

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

se encuentran en qué nivel educativo, lo que permite alinear la arquitectura con las necesidades reales del entorno institucional.

Más allá de la eficiencia técnica, el desarrollo de este sistema considera la ética algorítmica y la privacidad de los datos como ejes transversales, garantizando una solución que sea tanto escalable como responsable (Adadi & Berrada, 2018; Jobin et al., 2019). A continuación, se detalla la configuración de los componentes del sistema, su lógica de funcionamiento y el potencial impacto que su implementación representa para la mejora de los indicadores de éxito académico para una institución universitaria.

2. Fundamentación Teórica

2.1. Agentes Tutores Inteligentes (ATI)

Los ATI son sistemas de software que emulan la tutoría humana mediante la adaptación del contenido, el ritmo y la retroalimentación a las necesidades individuales del estudiante (VanLehn, 2011; Bernal y Prado, 2024). Su arquitectura típica incluye:

- Modelo de Dominio: Representa el conocimiento experto del área.
- Modelo del Estudiante: Infiere el estado cognitivo del aprendiz.
- Modelo de Tutoría: Define las estrategias de intervención.
- Interfaz de Usuario: Media la interacción entre el sistema y el estudiante.

La eficacia de estos sistemas radica en su capacidad para ofrecer una personalización que los métodos masivos no alcanzan, permitiendo que el estudiante reciba apoyo justo a tiempo (Niño-Rojas et al., 2024). Recientemente, los ATI han evolucionado integrando entornos de aprendizaje contemporáneos que se alejan de los modelos conductistas rígidos, buscando una interacción más dinámica y natural (Du Boulay, 2019).

Asimismo, la implementación de estos tutores en la educación universitaria ha demostrado ser una herramienta clave para mejorar el rendimiento en áreas críticas como las matemáticas, logrando resultados que igualan la eficacia de la tutoría humana

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

individualizada (Létourneau et al., 2025). Estos sistemas no solo gestionan contenido, sino que adaptan sus estrategias pedagógicas basándose en la evolución constante del perfil del usuario (Park University, 2025).

2.2. Minería de Datos Educativa (EDM)

La Minería de Datos Educativa (MDE, o Educational Data Mining, EDM, por sus siglas en inglés) permite extraer patrones significativos de grandes volúmenes de datos académicos (Romero & Ventura, 2007). Mediante técnicas de agrupamiento o segmentación (clustering), como el algoritmo K-means, y de clasificación, como el algoritmo Bosques Aleatorios (Random Forest), se facilita la identificación de perfiles de error y lagunas de conocimiento. Este proceso proporciona una base empírica sólida para el diagnóstico de la Aptitud para la Instrucción (ATI).

En la actualidad, la EDM se posiciona como una disciplina puente que transforma datos brutos en conocimiento pedagógico accionable, permitiendo a las instituciones predecir el riesgo de deserción y bajo rendimiento (López-Meneses et al., 2025). El uso de algoritmos de segmentación permite que el sistema reconozca trayectorias de aprendizaje divergentes, optimizando la respuesta del tutor ante comportamientos específicos del estudiante (Andrade, 2025; Han et al., 2022).

En este contexto, el análisis profundo mediante estas técnicas permite descubrir relaciones no evidentes en la gestión educativa, ofreciendo soluciones escalables ante la masificación de las aulas virtuales (Arce et al., 2024). Esto es particularmente relevante en contextos universitarios, donde la diversidad de perfiles académicos requiere diagnósticos precisos y basados en evidencia para una intervención efectiva (Acosta et al., 2018).

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

2.3. Sustento Pedagógico-Cognitivo

La Teoría de la Carga Cognitiva (Sweller, 1988) y el Andamiaje (Vygotsky, 1978) guían el diseño de la retroalimentación adaptativa, asegurando que la intervención no sobrecargue al estudiante y se sitúe dentro de su Zona de Desarrollo Próximo.

En esta perspectiva, estos principios aseguran que el ATI proporcione el nivel de apoyo necesario (andamiaje) para que el estudiante supere el obstáculo cognitivo sin generar frustración, ajustando la ayuda a medida que el aprendiz gana autonomía (Wood et al., 1976; Honke & Becker-Genschow, 2025). La gestión de la carga cognitiva resulta vital en matemáticas, donde la complejidad de los conceptos puede saturar la memoria de trabajo si no se presenta de forma estructurada (Rizvi et al., 2025).

Por otro lado, la integración de estas teorías con la inteligencia artificial permite que el diseño instruccional sea verdaderamente adaptativo, respetando los ritmos individuales y las inteligencias múltiples (Gardner, 1983). Además, la base pedagógica garantiza que la tecnología no sea un fin en sí misma, sino un medio para potenciar el desarrollo intelectual humano de forma armónica (Varela, 2023).

3. Materiales y métodos:

El presente estudio se inscribe en el paradigma tecnológico-positivista, orientado hacia la creación de artefactos tecnológicos que resuelvan problemas educativos complejos, como lo establece la línea de investigación del Doctorado en TIC de la UNELLEZ (2020). Aunque se fundamenta en un enfoque cuantitativo para la medición objetiva de variables (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2020), se adopta una visión integradora que combina métodos mixtos o estructurales para asegurar la robustez del modelo propuesto, siguiendo el principio de que "todos los modelos son erróneos, pero algunos son útiles" (Box y Draper, 1987).

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

De esta manera, la investigación es de carácter aplicado, descriptivo y proyectivo, bajo un diseño no experimental y transversal (De Barrera, 2010; Pallela y Martins, 2010), lo que implica no solo interpretar la naturaleza de los vacíos cognitivos en matemática universitaria, sino también avanzar hacia la propuesta de una solución tecnológica específica: la arquitectura de un Agente Tutor Inteligente (ATI).

Para ello, en el diseño metodológico se desarrolló en tres fases secuenciales y articuladas; donde:

- Cuestionario cuantitativo (n=13) para identificar percepciones sobre vacíos cognitivos.
- Entrevista semiestructurada (grupo focal) para profundizar en ejemplos concretos de errores.
- Lista de verificación de errores aplicada a evaluaciones estudiantiles.

En cuanto, a la población de estudio fue estratificada e incluyó a docentes de matemáticas del Programa de Ciencias Básicas y Aplicadas de la UNELLEZ-VPDS (n=13), un corpus de evaluaciones académicas históricas, expertos en IA y educación, y estudiantes de carreras STEM. Para la fase diagnóstica con docentes, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, mientras que para la validación experimental futura con estudiantes se proyecta un muestreo aleatorio estratificado (con un N aproximado de 100), calculado con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Para garantizar una triangulación metodológica robusta, se emplearon diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos; donde, la percepción docente se capturó mediante un cuestionario con escala Likert, y la identificación concreta de errores se realizó a través de una lista de verificación (checklist) aplicada a exámenes reales. Para la validación técnica y pedagógica de la arquitectura propuesta se apoyó en una rúbrica

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

de evaluación heurística, aplicada por expertos en ingeniería de software e IA educativa, asegurando la usabilidad y la coherencia del diseño (Adadi y Berrada, 2018).

Ahora bien, en cuanto al análisis de los datos fue mixto, en los datos cuantitativos de encuestas y pruebas se procesaron mediante estadística descriptiva e inferencial (pruebas t-Student y ANOVA), mientras que la información cualitativa de grupos focales y juicio de expertos se analizó mediante análisis de contenido temático, asistido por el software Atlas.ti. La confiabilidad de los instrumentos psicométricos se validó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach (con un valor objetivo >0.70) y el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC), determinado por el juicio de expertos. En tanto, este rigor metodológico asegura que los hallazgos no se basen en interpretaciones subjetivas, sino en evidencia empírica validada, lo cual sustenta la viabilidad y escalabilidad potencial de la arquitectura del ATI propuesto.

4. Resultados

Los hallazgos de esta investigación, derivados de un proceso metodológico integrado que incluyó la aplicación de instrumentos a docentes y el análisis de datos académicos, permitieron identificar con claridad la naturaleza, frecuencia e impacto de los vacíos cognitivos en matemática universitaria. Por ello, estos resultados no solo validan la problemática planteada, sino que proporcionan la base empírica específica para el diseño de la arquitectura del Agente Tutor Inteligente (ATI) propuesto.

Tabla 1.

Percepción docente sobre vacíos cognitivos en matemática universitaria (n=13)

Afirmación	Totalmente de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	Neutral (%)	En desacuerdo (%)
Errores repetitivos en álgebra básica son frecuentes	85	15	0	0
Los errores preuniversitarios obstaculizan el aprendizaje avanzado	77	23	0	0

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

Los vacíos cognitivos afectan significativamente el rendimiento	92	8	0	0
Se pueden identificar patrones específicos de error	54	31	15	0
Existen perfiles de estudiantes según tipo de error	46	38	16	0
Se requiere retroceder a conceptos básicos para remediar	85	15	0	0
Factibilidad de implementar un ATI en la UNELLEZ-VPDS	77	15	8	0
Recomendaría el uso del ATI a sus estudiantes	92	8	0	

Fuente: Elaboración Propia (2026)

El análisis del instrumento cuantitativo aplicado a 13 docentes del Programa de Ciencias Básicas y Aplicadas de la UNELLEZ-VPDS reveló un consenso abrumador sobre la persistencia y gravedad de los errores. En cuanto a la presencia de errores repetitivos en reglas algebraicas básicas, como se observa en la Tabla 1, el 85% de los docentes identificó errores repetitivos en álgebra básica de los participantes se mostró “Totalmente de acuerdo”, identificando la ley de signos, las operaciones con fracciones y la factorización como las deficiencias más recurrentes.

De manera paralela, un 77% afirmó que estos errores preuniversitarios constituyen un “obstáculo frecuente” para el aprendizaje de la matemática avanzada, confirmando que los vacíos no son aislados, sino que generan un efecto cascada que compromete la comprensión de temas como cálculo diferencial e integral. Cabe destacar, la percepción refuerza con el dato de que el 92% de los docentes considera que los vacíos cognitivos “afectan significativamente el rendimiento académico” en sus asignaturas.

Al profundizar en la caracterización de los errores, los docentes aportaron una tipología detallada que se organiza en niveles de complejidad creciente. Los errores procedimentales y de manipulación simbólica (despeje de variables, simplificación incorrecta) fueron señalados por el 69% de los encuestados. No obstante, la

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

preocupación mayor recae en los errores de comprensión conceptual, como no entender el significado de límite, derivada o integral, mencionados por el 62%. Por ello, estos últimos son particularmente críticos, ya que según el 77% de los participantes, cuando un estudiante falla en un tema avanzado, “generalmente se debe a un mal entendimiento de un concepto o regla básica previa”.

Continuando, el 54% de los profesores afirmó poder identificar “patrones específicos de error” que se repiten entre los estudiantes, y un 46% considera que existen “perfiles definidos de estudiantes según su tipo de error principal”, lo que sugiere la posibilidad de una clasificación y una intervención personalizada. De allí, que esta percepción de patrones fue corroborada cualitativamente durante los grupos focales, donde se compartieron ejemplos concretos, como la aplicación incorrecta de la regla del producto en derivación o la confusión en la racionalización de límites.

Tabla 2.

Distribución de errores identificados en evaluaciones estudiantiles (muestra: 10 exámenes)

Bloque temático	Número de errores	Porcentaje (%)	Error más frecuente
Álgebra Básica	8	24.2	Ley de signos / Operaciones con fracciones
Límites	7	21.2	Confusión $0/0 = 0$
Derivadas	6	18.2	Regla de la cadena
Notación y Símbolos	6	18.2	Uso incorrecto de paréntesis
Geometría/Gráficos	6	18.2	Fórmula de distancia incorrecta
Total	33	100	

Fuente: Elaboración Propia (2026)

La aplicación de la Lista de Verificación de Errores a una muestra de exámenes permitió cuantificar objetivamente las dificultades académicas, identificando 33 fallos distribuidos principalmente en Álgebra Básica (24.2%), seguida de Límites (21.2%) y Derivadas (18.2%). Estas deficiencias, centradas en el manejo de signos, formas indeterminadas y

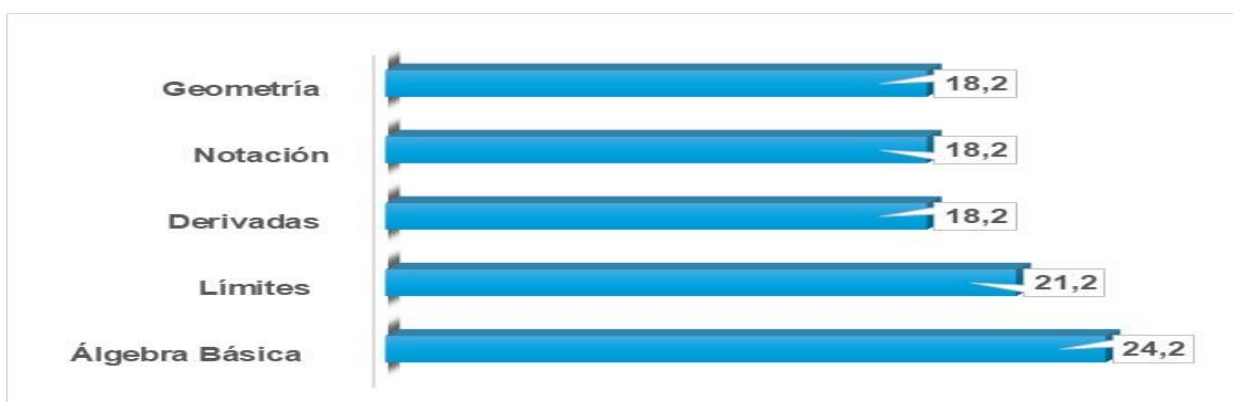
Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

la regla de la cadena, determinaron que el 70% de los estudiantes requiera una intervención de prioridad alta. Este hallazgo ratifica la urgencia de retroceder en la secuencia de aprendizaje para fortalecer las bases matemáticas, una necesidad previamente señalada por el 85% de los docentes.

Por consiguiente, los docentes manifestaron una alta disposición (77%) hacia la implementación de un Asistente Tecnológico Inteligente (ATI), definiendo criterios específicos para su operatividad. Las características más valoradas incluyeron la retroalimentación personalizada (92%), la generación de ejercicios adaptados (85%) y el diagnóstico de patrones de error (77%). Estas prioridades validan la arquitectura propuesta para el ATI, asegurando que los módulos de Retroalimentación Adaptativa e Intervención respondan directamente a las demandas pedagógicas y técnicas del entorno educativo (Ver Figura 1).

Figura 1.

Proporción de tipos de error identificados en evaluaciones estudiantiles



Fuente: Elaboración Propia (2026)

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

Tabla 3.

Características deseables del Agente Tutor Inteligente según percepción docente (n=13)

Característica prioritaria	Grado de acuerdo (%)	Ejemplo concreto sugerido	Módulo ATI correspondiente
Retroalimentación personalizada y explicativa	92% (12 docentes)	Explicaciones paso a paso que no solo señalen el error, sino su origen conceptual, usando analogías relacionadas con la carrera profesional del estudiante.	Módulo de Retroalimentación Adaptativa
Ejercicios adaptados al error específico y nivel del estudiante	85% (11 docentes)	Problemas con dificultad graduada que se ajusten automáticamente según el perfil de error identificado (ej: más problemas de factorización si ese es el vacío).	Módulo de Intervención
Diagnóstico automático de patrones y perfiles de error	77% (10 docentes)	Clasificación de estudiantes en perfiles como "débil en procedimientos algebraicos" o "confunde conceptos teóricos", permitiendo intervenciones diferenciadas.	Módulo de Diagnóstico (EDM)
Integración con el plan de estudios y contexto institucional	85% (11 docentes)	Contenido alineado con el syllabus oficial de cada asignatura y ejemplos contextualizados a las carreras de la UNELLEZ-VPDS (Ingeniería, Arquitectura, etc.).	Módulo de Intervención
Interfaz intuitiva, accesible y de fácil navegación	69% (9 docentes)	Diseño amigable que funcione en múltiples dispositivos, con menús claros y sin sobrecarga de información visual.	Módulo de Interfaz de Usuario
Capacidad de seguimiento del progreso y reportes	77% (10 docentes)	Reportes automatizados para el docente que muestren el avance individual y grupal, identificando tendencias y vacíos persistentes.	Módulo de Seguimiento y Análisis
Validación de calidad del contenido instruccional	62% (8 docentes)	Mecanismo que asegure que los ejercicios y explicaciones sean pedagógicamente sólidos, precisos y libres de errores.	Subsistema de Validación de Contenido

Fuente: Elaboración Propia (2026)

De esta manera, los principales obstáculos percibidos para la implementación se relacionaron con la infraestructura tecnológica y la capacitación docente, aspectos que

Sistema de Creación Intellectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

deberán ser abordados en la fase de pilotaje. En síntesis, los resultados demuestran de manera consistente y multi-método la existencia de vacíos cognitivos profundos y sistémicos, a la vez que validan la pertinencia y aceptación de una solución tecnopedagógica basada en un ATI con capacidad diagnóstica y de retroalimentación adaptativa (ver Figura 2).

Figura 2.

Arquitectura modular del Agente Tutor Inteligente (ATI) propuesto



Fuente: Elaboración Propia (2026)

5. Discusión

La convergencia de los hallazgos de este estudio, obtenidos mediante triangulación metodológica, trasciende el contexto local de la UNELLEZ-VPDS y se inserta en la discusión global sobre la crisis en la enseñanza de las matemáticas en STEM. Los resultados confirman y matizan lo expuesto por la literatura internacional, a la vez que delinean un camino de intervención tecnológicamente mediada.

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

En este contexto, sobre la naturaleza sistémica del error y los cimientos del aprendizaje; donde, el consenso docente sobre el impacto devastador de las lagunas de conocimiento en matemáticas básicas para el rendimiento superior corrobora la tesis de que estas deficiencias actúan como un "techo de cristal" para el éxito en STEM (Bulut, 2025; Hechinger Report, 2021).

Sin embargo, este estudio avanza al identificar la naturaleza encadenada y procedimental del error. La correlación entre la percepción docente y el análisis empírico de evaluaciones (Figura 1) no solo valida la intuición pedagógica, sino que revela un patrón de fragilidad acumulativa: el aprendizaje avanzado se construye sobre cimientos conceptuales inestables. Además, esto sostiene la necesidad, ampliamente discutida pero poco implementada a escala, de "retroceder" en la secuencia pedagógica para asegurar la comprensión de la matemática es fundamental antes de avanzar (Cuenca, et. al., 2024; VanLehn, 2011).

Sin embargo, la discusión debe ir más allá de la identificación del error para centrarse en su origen, el hecho de que un 62% de los docentes manifieste preocupación por la falta de comprensión conceptual (límites, derivadas) por encima de la mera ejecución mecánica de fórmulas, sugiere que la enseñanza tradicional ha priorizado el algoritmo sobre el significado. En esta perspectiva, La preocupación mayoritaria del profesorado por la falta de comprensión conceptual frente a la ejecución mecánica sugiere que, a pesar del discurso pedagógico contemporáneo, la enseñanza tradicional aún prioriza el algoritmo sobre el significado, perpetuando este ciclo de fragilidad.

En cuanto al componente de Minería de Datos Educativos (EDM), el descubrimiento de patrones específicos de error en el 54% de los casos abre la puerta a una personalización profunda del aprendizaje. Mientras que la educación masiva trata al grupo como una entidad homogénea, los hallazgos de esta investigación sustentan la

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

viabilidad de clasificar a los estudiantes en perfiles de error específicos, tales como "deficiencias algebraicas" o "errores de notación".

Ahora bien, la tutoría inteligente como andamiaje para el razonamiento. Es precisamente en esta brecha entre el procedimiento y la comprensión donde la arquitectura de un Agente Tutor Inteligente (ATI) encuentra su principal justificación. La abrumadora demanda docente por una retroalimentación "paso a paso" refleja el anhelo de aplicar el andamiaje vygotskiano de manera dinámica y personalizada. Como postulan VanLehn (2011) en sus inicios y Rodríguez (2021) actualmente, la tutoría inteligente debe desglosar el proceso de razonamiento, no solo señalar el error final.

En consecuencia, el ATI propuesto opera bajo este principio: su Módulo de Diagnóstico, alimentado por Minería de Datos Educativa (MDE), no clasifica solo respuestas correctas o incorrectas, sino perfiles de error (e.g., "deficiencias algebraicas", "errores de notación"). Además, esta capacidad, sustentada por técnicas como K-means (K-medias, por sus siglas en inglés) y Random Forest (modelo de Bosques Aleatorios) (Romero & Ventura, 2007; Baker & Yacef, 2009), transforma al sistema de un mero repositorio en un tutor adaptativo que gestiona la carga cognitiva.

Ejemplo de ello, es un error en la regla de la cadena activaría una intervención sobre composición de funciones, implementando el andamiaje de manera concreta, esta lógica se materializa en la arquitectura modular propuesta (Figura 2), donde el diagnóstico empírico activa de manera jerárquica y específica el Módulo de Intervención.

De esta manera, la aceptación, desafíos y la centralidad del contexto, es la alta disposición institucional y docente hacia una herramienta como el ATI indica un cambio de paradigma frente a las limitaciones de los métodos tradicionales. No obstante, esta aceptación está matizada por desafíos críticos que coinciden con las advertencias sobre la brecha digital en educación superior (UNESCO, 2024; Cardona et al., 2023). Con la implementación exitosa del ATI depende de superar barreras de infraestructura y, sobre

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

todo, de una integración curricular orgánica. Además, los resultados muestran que los docentes exigen una alineación estricta con el syllabus y la contextualización en sus carreras, lo que impone al diseño del ATI una flexibilidad pedagógica que evite la adopción acrítica de modelos descontextualizados. La tecnología más robusta fracasa sin pertinencia cultural y académica.

De igual manera, al declarar hacia una inteligencia artificial explicable y pedagógica, discusión sobre la efectividad del modelo debe integrar la dimensión ética. Como también, la preocupación docente por la calidad del contenido y la equidad del diagnóstico automático resuena con el llamado a una IA explicable y transparente en educación (Adadi & Berrada, 2018; Jobin et al., 2019). El ATI no debe percibirse (ni diseñarse) como un sustituto del docente, sino como un asistente cognitivo que libera al profesor de la corrección básica y repetitiva, permitiéndole enfocarse en la mediación pedagógica de alto nivel, la motivación y la guía personal; de allí, esta simbiosis es la que puede potenciar realmente el aprendizaje.

En síntesis, esta discusión teórica, contrastada con los hallazgos empíricos, permite concluir que el desarrollo de una arquitectura de ATI basada en MDE es una respuesta viable y necesaria para intervenir las lagunas en matemáticas. La investigación demuestra que existen las condiciones diagnósticas, la voluntad de cambio y un marco teórico sólido para que la tecnología esté al servicio de un aprendizaje más profundo y equitativo, sentando bases para implementaciones que mejoren la retención y el éxito en carreras STEM.

6. Conclusiones

Este artículo presenta los primeros hallazgos de una investigación en curso de enfoque cuantitativo, destinada a diagnosticar y abordar las lagunas en el aprendizaje de matemáticas universitarias. Los resultados obtenidos demuestran que la implementación

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

de un Agente Tutor Inteligente (ATI), sustentado en Minería de Datos Educativa (MDE), se constituye como una estrategia pedagógica y técnicamente sólida para intervenir este problema sistémico, que afecta la retención en carreras STEM. La arquitectura propuesta supera el paradigma de la retroalimentación correctiva estática al integrar un diagnóstico algorítmico (mediante técnicas como K-medias y Bosques Aleatorios (Random Forest)) con un modelo de tutoría inspirado en el andamiaje vygotskiano. Esta sinergia permitiría que el sistema identifique no solo el error, sino su origen procedimental y conceptual, generando así una intervención adaptativa que gestione activamente la carga cognitiva del estudiante.

La viabilidad del modelo, en esta fase inicial, queda respaldada por dos hallazgos centrales: primero, la existencia de patrones de error claramente identificables y cuantificables en la población estudiantil, que proveen una base de datos concreta para un diagnóstico automatizado; y segundo, la alta aceptabilidad por parte de la comunidad docente, que percibe en el ATI una herramienta complementaria valiosa. No obstante, esta viabilidad técnica y social está condicionada a un desafío crítico: una implementación exitosa en fases posteriores requerirá una integración curricular orgánica y la superación de brechas de infraestructura digital, exigiendo que el desarrollo del sistema sea profundamente contextual y flexible.

En consecuencia, la principal contribución de esta etapa de la investigación es triple: (1) ofrece un marco de integración entre la teoría del andamiaje cognitivo y las técnicas de analítica de aprendizaje, avanzando hacia sistemas de tutoría inteligente más explicables y pedagógicamente fundamentados; (2) proporciona un método diagnóstico replicable que permite a las instituciones transformar datos académicos en evidencia accionable para la mejora de la enseñanza; y (3) establece las bases para un desarrollo ético de la IA en educación, donde la personalización no sacrifique la transparencia ni reemplace al docente, sino que potencie su rol.

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

Por tanto, este trabajo trasciende la propuesta de un artefacto tecnológico para posicionarse como un modelo de referencia que vincula la investigación educativa con la innovación responsable. Las fases subsecuentes de esta investigación en curso se centrarán en la validación empírica del prototipo funcional y en el estudio longitudinal de su impacto en el rendimiento y la permanencia estudiantil, consolidando así un camino hacia una educación superior más adaptativa, inclusiva y basada en evidencia.

7. Referencias:

- Acosta, J. C., La Red Martínez, D. L., y Primorac, C. R. (2018). *Determinación de perfiles de rendimiento académico en la UNNE con Minería de Datos Educacional*. Repositorio Institucional UNNE. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/30369>
- Adadi, A., y Berrada, M. (2018). Observando el interior de la caja negra: una encuesta sobre inteligencia artificial explicable (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138-52160. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8466590>
- Andrade, J. E. (2025). *Aplicación de los algoritmos K-means y Random Forest para la segmentación de potenciales estudiantes del programa de maestría en estadística con mención en ciencia de datos e inteligencia artificial de la ESPOCH* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14997>
- Arce, J. M. C., Abreo, H. M. B., Arce, M. I. S., y Barzola, F. R. S. (2024). Explorando la minería de datos en la gestión educativa superior: desafíos y oportunidades en la era digital. *Reincisol.*, 3(5), 1368-1385. <https://doi.org/10.1177/15210251211073574>
- Baker, R. S., y Yacef, K. (2009). El estado de la minería de datos educativos en 2009: Una revisión y perspectivas futuras. *Revista de Minería de Datos Educativos*, 1(1), 3-17. <https://jedm.educationaldatamining.org/index.php/JEDM/article/view/8>

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

- Bernal, N. C., y Prados, M. Á. H. (2024). Impacto de los sistemas de tutoría inteligente. Una revisión sistemática. *Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (89), 121-143. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3025>
- Box, G. E. P., y Draper, N. R. (1987). *Empirical model-building and response surfaces*. John Wiley & Sons.
- Bulut, C. (2025). The role of mathematics in economics: Necessity or contradiction? *London Journal of Social Sciences*, (9), 20-27. <https://londonic.uk/js/index.php/libeh/article/view/320>
- Cardona, M., Rodríguez, R., e Ishmael, K. (2023). *Artificial Intelligence and the future of teaching and learning*. U.S. Department of Education. <https://www.ed.gov/sites/ed/files/documents/ai-report/ai-report.pdf>
- Cuenca, T. J. T., Tandazo, T. A. C., Balarezo, C. E. B., Romero, M. E. Y., y Calderón, B. G. L. (2024). Estrategias de aprendizaje para mejorar la comprensión de progresiones aritméticas en estudiantes de educación superior. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(1), 15-32. <https://estudiosyperspectivas.org/index.php/EstudiosyPerspectivas/article/view/69>
- De Barrera, J. H. (2010). *Metodología de la investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Quirón Ediciones.
- Du Boulay, B. (2019). Escape from the Skinner Box: The case for contemporary intelligent learning environments. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2902-2919. <https://doi.org/10.1111/bjet.12860>
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- Han, J., Pei, J., y Tong, H. (2022). *Data mining: Concepts and techniques*. Morgan Kaufmann.
- Hechinger Report. (2021). *The math problem: Why so many college students struggle with basic math*. <https://hechingerreport.org/the-math-problem/>

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Honke, N., y Becker-Genschow, S. (2025). Adaptive learning in bionics: Transforming science education. *Frontiers in Education*, 10, Artículo 1427083. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1427083>

Jobin, A., Ienca, M., y Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389-399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>

Létourneau, A., Deslandes Martineau, M., Charland, P., Karran, J. A., Boasen, J., y Léger, P. M. (2025). A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education. *npj Science of Learning*, 10(1), 29. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>

López-Meneses, E., Mellado-Moreno, P., Gallardo, C., y Pelicano-Piris, N. (2025). Minería de datos educativos y modelado predictivo en la era de la inteligencia artificial: un análisis profundo de la dinámica de la investigación. *Computadoras*, 14(2), 68. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1427083>

Niño-Rojas, F., Lancheros-Cuesta, D., Jiménez-Valderrama, M. T. P., Mestre, G., y Gómez, S. (2024). Revisión sistemática: Tendencias en sistemas de tutoría inteligente en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 203-229. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3421>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2024). *PISA 2022: Resultados de América Latina y el Caribe*. <https://www.unesco.org/es/articles/pisa-2022-el-panorama-de-los-paises-de-america-latina-y-el-caribe>

Paella, S., y Martins, F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. FEDUPEL.

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

- Rodríguez Chávez, M. H. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.868>
- Romero, C., y Ventura, S. (2007). Minería de datos educativos: Un estudio de 1995 a 2005. *Sistemas Expertos con Aplicaciones*, 33(1), 135-146. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.04.005>
- Sweller, J. (1988). Carga cognitiva durante la resolución de problemas: Efectos en el aprendizaje. *Ciencias Cognitivas*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. (2020). *Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicación*. UNELLEZ. <http://www.unellez.edu.ve/noticias/index.php?idCont=4438>
- VanLehn, K. (2011). La eficacia relativa de la tutoría humana, los sistemas de tutoría inteligente y otros sistemas de tutoría. *Psicólogo Educativo*, 46(4), 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Conflicto de interés:

El autor declara que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento:

El autor financió completamente la investigación.

Contribución de autoría:

Jesús Armin Olivar Belandria: Encabezó la conceptualización y gestión de recursos del proyecto. Bajo su dirección, el equipo ejecutó la recolección de datos, el análisis

Sistema de Creación Intelectual Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA)

estadístico y el desarrollo técnico, finalizando con una revisión crítica y validación exhaustiva para asegurar el rigor y la integridad científica del estudio.

Semblanza de la Autor (a)

Jesús Armin Olivar Blandria, Profesional de amplia trayectoria académica, con licenciaturas en Matemáticas y Física por la ULA. Posee tres maestrías en ciencias, metodología y docencia universitaria, junto a especializaciones en enseñanza de la física y desarrollo comunitario. Actualmente, es doctorante en Tecnologías de la Información y Comunicación, demostrando un compromiso continuo con la investigación pedagógica.



A.

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia utiliza Open Journal Systems 3.2.1.1, que es un gestor de revistas de acceso abierto y un software desarrollado, financiado y distribuido de forma gratuita por el proyecto [Public Knowledge Project](http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/resi/about/aboutThisPublishingSystem) sujeto a la Licencia General Pública de GNU. (<http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/resi/about/aboutThisPublishingSystem>).