

Fecha de recepción: 06 de marzo de 2026, fecha de publicación en línea: junio de 2026.

Análisis Genético en Objetos de Aprendizaje: La Enseñanza Personalizada del Álgebra

Moisés Ramírez Bonilla, Yesenia Nohemí González Meneses, José Federico Ramírez Cruz, y Blanca Estela Pedroza Méndez

Tecnológico Nacional de México–Instituto Tecnológico de Apizaco. San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, C.P. 90491, México.

Autor de correspondencia: Moisés Ramírez Bonilla (correo electrónico: moisesramireznb@gmail.com)

Abstract. This article presents a specific overview of algebra learning among students at the National Technological Institute of Mexico, Apizaco Technological Institute, analyzing the main difficulties in achieving accreditation in different algebra-related subjects. It also presents a detailed analysis of the software used in classroom sessions to strengthen student learning. Finally, it presents a genetic analysis of performance on monomial exercises solved using a learning object called "Components of Mixed Monomials," employing a focused genetic algorithm to identify error patterns and propose personalized recommendations to students. The responses to 200 exercises were analyzed, identifying that fractional coefficients accounted for 49.5% of the total errors. The genetic algorithm achieved an accuracy of 85.62% in predicting success, selecting 8 out of 12 characteristics as critical. The research findings demonstrate that time management and the handling of fractional coefficients are the most determining factors in the performance of this learning object.

Keywords: Mathematics education, monomials, personalized learning, educational data mining, genetic algorithms.

I. INTRODUCCIÓN

El contexto áulico de las matemáticas como un espacio dinámico, donde se organiza el aprendizaje influenciado notablemente por las características del estudiante y el contexto donde este se desarrolla [1], fue durante muchos años la repetición de algoritmos para resolver ejercicios; destacando los principios fundamentales de las matemáticas: manipular, expresar y abstraer. La presente investigación muestra los resultados de tres ejercicios de análisis de información y recopilación de datos: dificultades de aprobación, usabilidad de software y análisis de objeto de aprendizaje, con la finalidad de conocer la realidad en el entorno de la enseñanza del álgebra.

La enseñanza de las matemáticas en ocasiones fue condicionada y estereotipada en el proceso de pizarrón-cuaderno-examen, está sujeta a métodos tradicionales; el docente con un rol activo que transmite conocimientos mediante clases magistrales, resolución de ejercicios o uso de memorización y repetición de problemas dirigidos a estudiantes con un rol pasivo: observando, escuchando y memorizando, mayormente en busca de un resultado infalible, cuando no es siempre lo más importante ni el único objetivo en la enseñanza. Este contexto áulico tradicional no siempre considera el fortalecimiento de la identidad personal y la cultura del estudiante, el desarrollo integral de su personalidad, la regulación de sus emociones y el

incremento de sus habilidades blandas; colaboración, empatía, liderazgo, adaptación, resolución de dificultades y conflictos, cuidado de su salud física, mental y social [2], entre muchos otros objetivos inherentes a la docencia como lo es: la ética, la integridad, la responsabilidad, la imparcialidad y el respeto.

El estudiante universitario enfrenta distintos retos académicos que debe resolver, por lo que debe emplear sus conocimientos, habilidades blandas, madurez metacognitiva y sus estilos predilectos de aprendizaje. Sin embargo, cuando el estudiante fracasa no siempre es claro donde se localiza determinada debilidad y no conoce si ésta es acerca de contenidos y su dominio, de sus habilidades blandas, de su zona de desarrollo próximo o de su madurez metacognitiva, por ello, el estudiante entra en un estado de vulnerabilidad académica, por lo que, según las estadísticas se presenta el fracaso o deserción académica. Según la Secretaría de Educación Pública en México descendió a 8.1% la tasa de abandono escolar en Educación Superior en el ciclo escolar 2021-2022, representando una disminución en comparación con el ciclo escolar 2020-2021 que fue del 8.8%. El abandono escolar ha variado, en el ciclo 2022-2023 fue del 7.2% y en el 2020-2021, el más alto registrado, en 8.8% (posiblemente influenciado por el COVID-19) [43];[44], sin embargo, estas cifras no revelan los fenómenos relacionados con dificultades internas en el

ambiente áulico, tales como asimilación de contenidos, dificultades de aprendizaje y habilidades blandas.

A. Planteamiento del Problema

Esta investigación se llevó a cabo con estudiantes del Tecnológico Nacional de México campus Apizaco en las asignaturas de: cálculo diferencial, cálculo integral, álgebra lineal y cálculo vectorial durante el ciclo escolar 2023, grupos mixtos de entre 21 a 39 estudiantes. Se registraron los resultados de 1510 evaluaciones de unidad, de los cuales se focalizó una muestra de alumnos con dificultades de aprobación; 371 de ellos no lograron aprobar la unidad correspondiente, la figura 1. Diagrama de dificultades, presenta los tres principales motivos, El primero acerca de (C) comprensión de los contenidos, 202 alumnos asumen que no comprendieron los contenidos planteados y las sesiones áulicas y que los recursos proporcionados no estuvieron aproximados a resolver sus dudas e inquietudes acerca del tema o temas vistos. El segundo acerca de (A) adaptación al estilo de aprendizaje, 162 alumnos no siempre identifican el estilo favorable para ellos; teórico, activo o reflexivo, destacando que entre los estilos se les presenta una mayor dificultad en los procesos donde requiere reflexionar acerca de lo que se debe ejecutar, y el tercero, (H) situaciones relacionadas con sus habilidades blandas, 226 alumnos consideran tener dificultades en sus habilidades, es decir, en su autodeterminación, responsabilidad, puntualidad, asistencia, comunicación entre pares, gestión de tiempo, gestión de estrés, pensamiento crítico, entre otras:

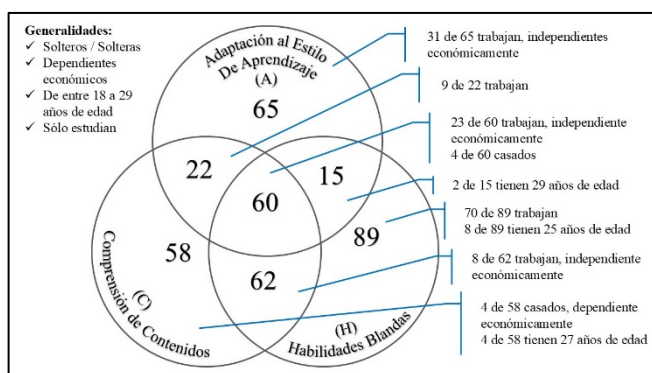


Figura 1. Dificultades de aprendizaje

De tal forma, se puede realizar un análisis acerca del comportamiento de estos datos, como se muestra en la Figura 1, de los 371 alumnos reprobados: 60 de ellos, es decir el 16.17% presentan dificultad en los tres factores observados, 58 alumnos, ósea un 15.63% presentan únicamente dificultad en la comprensión de contenidos, 65 de ellos, es decir el 17.52% su reprobación es explicada desde la no adaptación a los estilos de aprendizaje y el 23.99% de los alumnos, es decir 89 de los reprobados lo atribuyen a sus habilidades blandas, o bien, los casos

localizados que presentan dos o las tres dificultades como se presenta en la Tabla I:

Tabla I. Casos en intersecciones

Cantidad de Casos	Intersección de Dificultades
22	Dificultad en Adaptación al estilo de aprendizaje Y Comprensión de contenidos.
15	Dificultad en Adaptación al estilo de aprendizaje Y Habilidades Blandas.
62	Dificultad en Comprensión de contenidos Y Habilidades Blandas.
60	Dificultad en Adaptación al estilo, Comprensión de contenidos, y Habilidades Blandas.

La presuposición de los datos indica que, en el caso de la intersección mayor, con 62 casos la dificultad en comprensión de contenidos y habilidades blandas se presentan a menudo de manera conjunta, además una gran cantidad de estudiantes presentan un patrón de dificultades complejas con 60 casos.

Respecto a las probabilidades de ocurrencia específicas, los datos ayudan a determinar la probabilidad de que un alumno presente una dificultad independientemente de las otras, como se observa en la Tabla II, es más probable que un alumno con dificultades presente problemas con sus habilidades blandas.

Tabla II. Independencia de probabilidades

Dificultad (Evento E)	Casos Favorables (NE)	Cálculo de P(E)	Probabilidad (Aprox.)
Adaptación al estilo (A)	65+22+60+15=162	$P(A)=162/371$	43.66%
Comprensión de contenidos (C)	58+22+60+62=202	$P(C)=202/371$	54.45%
Habilidades Blandas (H)	89+15+60+62=226	$P(H)=226/371$	60.92%

Observando la probabilidad de que un alumno tenga dificultades de Habilidades Blandas (H) dado que ya tiene dificultades de Comprensión de contenidos (C):

- ✓ Evento F: El caso tiene dificultades de Comprensión de contenidos ($P(C) = 202/371$).
- ✓ Evento E: El caso tiene dificultades de Habilidades Blandas.
- ✓ Intersección ($E \cap F$): El caso tiene ambas dificultades ($P(C \cap H) = 122/371$).

$$P(H|C) = \frac{P(C \cap H)}{p(C)} = \frac{122/371}{202/371} = 0.6040 \quad (1)$$

De tal forma, se identifica que un estudiante con dificultades de Comprensión de contenidos tiene una probabilidad del 60.40% de que también tenga dificultades de Habilidades Blandas. Analizando la probabilidad exclusiva de dificultades:

$$P(\text{Solo } H) = \frac{89}{371} = 0.2399 \quad (2)$$

$$P(\text{Solo UNA}) = \frac{65+58+89}{371} = 0.5714 \quad (3)$$

Es así como podemos establecer el criterio que es más probable que un alumno presente dificultades con las habilidades blandas que con la adaptación al estilo o la comprensión de contenidos.

A manera de cierre, en todos los niveles de la educación formal en el país; los contenidos, objetos de aprendizaje, procesos de desarrollo y aprendizaje, las estrategias, técnicas para la enseñanza y aprendizaje, así como las secuencias didácticas están subordinadas a la mediación de un experto con base en la información que proporcionan instrumentos de medición: diagnóstica, de estilos de aprendizaje, de conocimientos previos y de habilidades concretas adquiridas, ya sean disciplinares, blandas o genéricas, aun cuando se trata de sistemas tutoriales inteligentes, se requiere la opinión de expertos en la disciplina educativa para seleccionar los objetos de aprendizaje adecuados para el proceso de desarrollo, estos objetos acordes a las características del estudiante y pertinentes a su zona de desarrollo próximo. En los siguientes capítulos se aborda lo referente el uso de software y su desarrollo con base en esta personalización de objetos.

II. MARCO TEÓRICO

A. Las Zonas de Desarrollo próximo en los Estudiantes Universitarios.

Algunos estudios recientes han destacado la relevancia de la ZDP para el aprendizaje potencial de los estudiantes universitarios. Un estudio que abordó el rendimiento de los estudiantes en actividades prácticas encontró que el andamiaje, recibir atención particular del profesor, y el esfuerzo conjunto de la enseñanza integrada junto con la acción de un compañero entrenado son más efectivos para alcanzar la ZDP que el simple empleo del andamiaje en la enseñanza [10]. Esto refuerza el valor de la retroalimentación y el enfoque guiado hacia la educación.

Además, el aprendizaje colaborativo electrónico (e-Collaborative learning), ha sido estudiado para promover la ZDP de Vygotsky en los estudiantes a nivel universitario, sin embargo no necesariamente garantiza la calidad del aprendizaje, destacando la importancia de un diseño instruccional bien pensado que fomente interacciones efectivas [16]. El concepto de tareas genuinamente interrelacionadas en lugar de simples agrupaciones de mini-tareas es un concepto importante al contextualizar el aprendizaje colaborativo a una ZDP grupal, particularmente en entornos virtuales [22].

Las consideraciones teóricas con la ZDP todavía están bajo un intenso escrutinio. Por ejemplo, se compara con la idea de Barbara Rogoff sobre la participación guiada, y el aprendizaje situado de Lave y Wenger como desarrollos

particulares que podrían expandir la comprensión del enfoque sociocultural en la psicología educativa [7]. La teoría Vygotskiana también ha inspirado la pedagogía como en la educación musical de Karl Orff, cuyas técnicas pedagógicas muestran cómo la ZDP se ha aplicado al pensamiento sobre el contexto sociocultural, el desarrollo del lenguaje y el juego como una herramienta lúdica y creativa [20].

La ZDP también está implicada en la comprensión y tratamiento de la dependencia emocional, en la medida en que la activación de la ZDP y la conceptualización del entorno socialmente construido de desarrollo, regulado por actividades socioculturales, son claves para la prevención y el control [9]. En la educación virtual, conceptos Vygotskiana como la mediación, ZDP y el andamiaje son asuntos epistemológicos de referencia para las prácticas pedagógicas [18].

B. Estilos de Aprendizaje

Actualmente, es más esencial investigar los estilos de aprendizaje de los estudiantes en entornos de educación superior debido a cómo los estudiantes perciben, procesan y construyen conocimiento, ya que esto representa el tema más importante y urgente. Esto también está directa e inversamente asociado a si el aprendizaje está más centrado en el logro y la adaptación académicos (Benavente Tónel, 2013; [4]; [8].

Estos enfoques son clínicamente relevantes para planificar estrategias y metodologías que aborden la variedad de estilos de aprendizaje de estos estudiantes y fomenten una educación superior de calidad. Por lo tanto, presentan alguna posibilidad de evitar la deserción escolar temprana en la educación vocacional [4]; [8].

Están disponibles varios modelos o instrumentos que se han desarrollado para describir y categorizar los estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios. Las obras de referencia son:

- ✓ Modelo de cerebro completo de Herrmann [20].
- ✓ Inventario de estilos de aprendizaje (LSI) [4].
- ✓ Cuestionario de Honey-Alonso de estilos de aprendizaje (CHAEA) [1]; [5];[6]; [12]; [14]; [25].
- ✓ Modelo Felder-Silverman (Gutiérrez-Espinoza et al., 2023).
- ✓ Test VAK [18]

También podemos perfilar la aplicación del estilo de aprendizaje de los estudiantes en otras facultades y campos de estudio usando estos instrumentos. En relación con el aprendizaje reflexivo, este método se encontró especialmente en espacios pedagógicos virtuales [1]; [2]; [6]; [12].

También fue el estilo que prevaleció [2]. "Al final, (los estudiantes de primer año) simplemente pueden estar interesados en tener algo más dinámico, y que el profesor trabaje más para ofrecer algo, es solo que lo encuentran más vivo y cercano a la realidad".

También hay evidencia de que los recursos educativos abiertos desarrollados para estilos de aprendizaje específicos (p. ej., los de Honey y Mumford) pueden motivar más a los estudiantes o ayudar a tener una mejor comprensión del contenido estudiado [5]. Además, algunas investigaciones han considerado estrategias de enseñanza basadas en la educación que apoyan la comprensión de conocimientos complejos como el pensamiento lógico-matemático en consonancia con los estilos de aprendizaje del receptor y mediante el aprendizaje basado en problemas, el uso de tecnología o tomando en cuenta las estrategias de aprendizaje activo [11].

C. Habilidades Blandas en el Contexto Universitario

Por el momento, en un cambio agitado y movimiento acelerado hacia prácticas como la Industria 4.0, la educación completa de los estudiantes es esencial, especialmente con la aplicación de la tecnología [17]; [26]. Ya no se trata solo de conocimiento técnico (habilidades duras) y se lleva a cabo a nivel sistémico, abarcando valores, habilidades y particularmente habilidades blandas. Ahora la inteligencia emocional ocupa un lugar preponderante junto al desarrollo de habilidades sociales [24], que están siendo cada vez más importantes para un correcto desempeño y mayor adaptación académica y desempeño en el mercado laboral [18];[19].

Para dar respuesta positiva a estos desafíos, a las Instituciones de Educación Superior (IES) se les ha instado a reformular sus paradigmas educativos debido a "la educación actual considera preponderante el enfoque educativo centrado en el estudiante" [21], con el fin de apoyar estas competencias clave. Respecto a LOS Efectos en el Aprendizaje: La evidencia muestra una fuerte relación entre las habilidades blandas que el estudiante es capaz de desarrollar respecto al éxito en la escuela debido a ellas. Por ejemplo, [15] se encontró que un programa de refuerzo de habilidades blandas tendrá un efecto positivo en el aprendizaje de conocimientos en estudiantes universitarios. También tiene una influencia positiva en su aprendizaje conceptual, procedimental y actitudinal en la escuela secundaria [17]. Además, el pensamiento crítico está positivamente vinculado con el desempeño académico en la universidad, aunque esta conexión puede estar influenciada por la disciplina y el tipo de evaluación (Enríquez Canto et al., 2021). Estas habilidades blandas enlazan la condición emocional del aprendiz, que está media regulada a través de estas habilidades blandas, con la disposición para aprender [23].

El desarrollo de habilidades blandas también circunscribe la investigación formativa e implicaciones para la empleabilidad, las habilidades blandas son esenciales no solo para aprender el contenido, sino también para abordar desafíos académicos complejos como la investigación formativa. Por ejemplo, las personas con habilidades blandas de orden superior (es decir, liderazgo, trabajo en equipo, resolución de problemas, etc.) pueden beneficiarse

de tales procesos (Valle Vargas et al., 2022). Lo mismo sucede en el lugar de trabajo, donde esta competencia es en realidad lo que las empresas realmente buscan [19]. Debido a esto, la falta de habilidades blandas (por ejemplo, habilidades de comunicación y habilidades de gestión) puede incluso disminuir la empleabilidad de los graduados técnicamente calificados [13];[18]. La capacitación en emprendimiento también tiene efectos positivos, no solo generando intención emprendedora, sino también generando las habilidades y capacidades que se requieren [3].

III. ESTADO DEL ARTE

El aprendizaje del álgebra en distintos contextos se enriquece a pasos acelerados gracias al desarrollo tecnológico de estrategias que permiten hacer de la enseñanza y el aprendizaje un ejercicio dinámico, diverso y rico en recursos digitales.

Se presentan los hallazgos relevantes en el uso de estos recursos digitales en estudiantes del Tecnológico Nacional de México campus Apizaco en las asignaturas de: cálculo diferencial, cálculo integral, análisis numérico, álgebra lineal, cálculo vectorial, durante el ciclo escolar 2024. Los temas de la unidad se desarrollaron apoyados en el software para entender; métodos, procedimientos y resultados, las opiniones de los 186 estudiantes encuestados. Este capítulo presenta los datos referentes a la usabilidad del software predilecto de los estudiantes, por ejemplo, GeoGebra, PhotoMath, Symbolab entre otras. Los resultados recopilan información de la experiencia de estudiantes de ingeniería acerca de la usabilidad del software, evaluando la eficacia en su propósito, eficiencia, la facilidad de memorización y de aprendizaje, la percepción subjetiva de las interfaces gráficas y la tasa de errores que se cometen.

Estos hallazgos confirman que el software como una estrategia de enseñanza apoyando en el aprendizaje reflexivo consiguen resultados favorables en el desempeño académico de los estudiantes mitigando la dificultad de aprendizaje por adaptación al estilo (A) y Comprensión de contenidos (C). De tal forma que se pretende indagar en la realidad del contexto universitario con el fin de entender como el uso del software puede influir en el desarrollo de habilidades blandas (H).

A. Software en la enseñanza del aprendizaje en álgebra

Este corpus de investigación se ha centrado en la tecnología digital. Como primero, se integra esta tecnología en la enseñanza del álgebra universitaria [38], y luego se elabora la formación de esta integración dado el tipo de usos y costumbres tecnológicas de hoy en relación con las diferentes etapas del sistema educativo [29], incluyendo destacar la importancia de las herramientas tecnológicas para la enseñanza de las matemáticas, en particular, el álgebra, así como GeoGebra [28], Photomath[33], Symbolab [27], entre otras aplicaciones y software en el

proceso de aprendizaje. Se presentan múltiples experiencias respecto al software usado durante las sesiones los cursos: cálculo diferencial, cálculo integral, análisis numérico, álgebra lineal, cálculo vectorial, los problemas en el campo de implementación, el conjunto de beneficios potenciales y problemas, los factores para el nivel de operación, así como el impacto en el rendimiento y capacidad de alcanzar resultados exitosos al resolver problemas.

Los autores [30] en su estudio indicaron que GeoGebra es una herramienta poderosa en manos de estudiantes a nivel de escuela secundaria y que los estudiantes enseñados con la ayuda de GeoGebra obtuvieron calificaciones más altas que sus contrapartes que fueron enseñados utilizando métodos tradicionales. También se ha estudiado el efecto cognitivo del uso de GeoGebra ejemplo, la introducción de una secuencia didáctica sobre polinomios en la que obtuvieron avances en el aprendizaje sobresaliente fue debido al uso de GeoGebra [31]. También investigaron el impacto de las tareas de visualización de secciones cónicas en la articulación del desempeño algebraico y geométrico en el aprendizaje del alumno [36]. En general, los estudiantes valoran a GeoGebra como un mediador de aprendizaje eficaz [28].

Otros estudios confirmaron que Photomath aumenta los logros en ecuaciones algebraicas [35], enfatizando su uso bajo orientación para no depender de respuestas automáticas. También se apoyan estudios reportando que el uso de Photomath mejoró el rendimiento de los estudiantes y fomentó el interés en el álgebra [37], otras investigaciones [32] encontraron que la Calculadora Symbolab era más efectiva en comparación con un método tradicional en la enseñanza de ecuaciones simultáneas a nivel elemental. A continuación, en la Tabla III, se presenta un listado del software utilizado en las sesiones áulicas y su descripción detallada, mostrando características, fortalezas e inconvenientes.

Tabla III. Análisis de software usado con mayor frecuencia por estudiantes universitarios.

Software y plataforma	Característica	Fortaleza	Inconveniente
GeoGebra	Software de matemáticas dinámicas para geometría, álgebra, cálculo y estadística.	Herramienta versátil para visualizar conceptos matemáticos. Gratuito y de código abierto.	Curva de aprendizaje para usuarios nuevos. Enfocado principalmente en matemáticas.
Web, iOS, Android, Windows, macOS.			
Photomath	Aplicación que resuelve problemas matemáticos escaneando ecuaciones con la cámara del teléfono.	Soluciones paso a paso. Fácil de usar y rápida. Cubre aritmética, álgebra, cálculo y más.	Dependencia excesiva de la app puede limitar el aprendizaje. No siempre explica el razonamiento detrás de los pasos.
iOS, Android			
Symbolab	Calculadora avanzada que resuelve problemas matemáticos y	Amplio rango de temas (álgebra, cálculo, ecuaciones diferenciales,	Versión gratuita con limitaciones. Puede ser abrumador para

Web, iOS, Android	muestra pasos detallados.	etc.). Explicaciones detalladas.	usuarios principiantes.
Mathway	Herramienta para resolver problemas matemáticos en áreas como álgebra, trigonometría, cálculo y más.	Interfaz sencilla y fácil de usar.	Explicaciones limitadas en la versión gratuita.
Web, iOS, Android		Soluciones rápidas y precisas.	Requiere suscripción para ver pasos detallados.
Cymath	Aplicación que resuelve problemas matemáticos y muestra pasos intermedios.	Enfoque en explicaciones paso a paso.	Menos funciones que otras herramientas como Symbolab o Mathway.
Web, iOS, Android		Gratuita y fácil de usar.	

B. Características de usabilidad

Se presentan los hallazgos relevantes en el uso de estos programas. Los temas de la unidad se desarrollaron apoyados en el software para entender; métodos, procedimientos y resultados, las opiniones de los 186 estudiantes encuestados con la prueba estandarizada SUS (System Usability Scale), Test de usabilidad, entrevistas y cuestionarios se concentraron en el siguiente análisis:

Tabla IV. Foco de usabilidad.

Software	Eficacia (¿Logra su objetivo?)	Eficiencia (Tiempo/Esfuerzo)	Percepción de Satisfacción (SUS estimado)	Curva de Aprendizaje	Tasa de errores aproximada
GeoGebra	100%. Herramientas enfocadas	91%, Interfaz compleja	72%	Alta, requiere explicación de expertos	25%, Herramientas ocultas
Photomath	73%, Escaneo preciso	100%, Resultados instantáneos	85%	Muy baja, intuitiva y fácil de comprender	5%, Interpretación errónea de símbolos, resultados incongruentes
Symbolab	100%, Resoluciones paso a paso	91%, Buena velocidad	80%	Media, requiere explicación de expertos	20%, Pasos de solución poco entendibles
Mathway	67%, Amplio rango de temas	100%, Interfaz rápida	82%	Baja, ideal para principiantes	15%, Funciones de pago bloqueadas
Cymath	45%, Funcionalidad limitada	91%, Rápido y básico	75%	Muy baja, intuitiva y fácil de comprender	30%, Explicaciones generales poco entendibles

Esta solución es comparada con los métodos y procedimientos analizados en el aula, de tal forma que, esta tendencia a buscar los procedimientos mecanizados se diluye al realizar ejercicios de análisis comparativo desde el pensamiento reflexivo. La Tabla V presenta las preferencias de los estudiantes desde un análisis estadístico comparativo según la norma ISO/IEC 25010 [39] respecto a la calidad del software, enfocado a 6 sub características respectivas a la usabilidad. Cada una de ellas se ponderó preguntando la satisfacción de los usuarios en una escala de 1 (deficiente), 2 (Inaceptable), 3 (Aceptable), 4 (Muy bueno), 5(Excelente). Se registra el promedio de las seis preferencias analizadas: Adecuación reconocible ¿El propósito del software es claro?, Aprendizaje ¿Cuán fácil es usar el software?, Operatividad ¿La interfaz permite una operación fluida y sin esfuerzo?, Protección frente a errores ¿El sistema previene, detecta y ayuda a recuperarse de errores?, Estética de la UI ¿El diseño es limpio, moderno y agradable?, y Accesibilidad ¿Es usable por personas con discapacidades?.

Tabla V. Foco de usabilidad.

Métricas	GeoGebra	Photomat	Symbolab	Mathway	Cymath	Media	Desviación estándar
Adecuación reconocible	4.2	5	4.9	4.6	3.8	4.30	0.49
Aprendizaje	2.3	5	4	4.6	3.7	3.92	1.01
Operatividad	3	4.9	3.9	4.8	3.7	3.88	0.77
Protección frente a errores	3.5	5	3.8	4	2.6	3.78	0.96
Estética de la UI	2.7	4.8	4	4.9	2.6	3.60	1.05
Accesibilidad	3	3.2	2.9	3.8	2.7	3.12	0.45
Media	3.1	4.7	3.9	4.5	3.2		

La metrica mejor percibida es la adecuación reconocible, las más consistentes son accesibilidad y adecuación reconocible, y las que los alumnos identifican como más distintas entre si son la estetica UI y el aprendizaje. Los datos estadísticos brindan un panorama acerca de las predilecciones del usuario. A lo largo de la investigación surgieron dos principales inquietudes; ¿El uso de software mejora la efectividad en la comprensión de contenidos? y ¿el uso de software puede mitigar las dificultades de aprobación antes descritas? Por lo que se comenzó a bitacorar los resultados en la solución de distintos ejercicios.

Tabla VI. Resultados de ejercicios correctos

	Inicio de clase	Desarrollo del ejercicio	Cierre de clase	En examen
Sin Software	62	72	69	81
Con Software	107	179	179	142
Después del uso	123	153	112	128

Se registró la efectividad de los alumnos al usar la metodología propuesta en clase para la solución de problemas. La Tabla VI, presenta los hallazgos en resultados de evaluar ejercicios exitosos con y sin el uso de herramientas tecnológicas, mostrando un comparativo de los alcances en el

desarrollo y asimilación de aprendizajes antes, durante y después de la adopción de estas herramientas.

Como se señaló en el corpus de la investigación, la relevancia teórica afirma los resultados obtenidos en el desempeño de los alumnos, por ejemplo; mientras que 81 alumnos lograban resultados exitosos sin el apoyo de software en el examen, una vez conocido y practicado durante el desarrollo de los distintos temas con apoyo del software ahora 128 alumnos alcanzaron ejercicios exitosos.

La última evidencia en la enseñanza del álgebra y las matemáticas usando software parece favorecer el aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes. La efectividad de las plataformas, el software y los recursos tecnológicos depende de variables como la mediación y formación del docente, la definición de estrategias pedagógicas y la integración equilibrada con las tradicionales [34]. La personalización de estas herramientas puede significar que el estudiante derrumbe barreras de aprendizaje persistentes históricamente. De tal forma, el corpus de investigación anterior dio origen al desarrollo de software mediante distintos objetos de aprendizaje, el cual se analiza en el siguiente capítulo.

IV. DESARROLLO

Partiendo del argumento de las tres principales dificultades de aprobación en el aprendizaje del álgebra, los estudiantes universitarios disponen de una variedad de software para incrementar sus habilidades en el aprendizaje, como se desarrolló en capítulos anteriores. Estas consideraciones dieron inspiraron el “desarrollo de software para el aprendizaje del algebra” para que permita conocer la asimilación del alumno con base en respuestas a problemas sugeridos en distintos objetos de aprendizaje.

Se desarrolla un software (programado en Python 3.14.1) de “aprendizaje inteligente en la enseñanza del algebra” para estudiantes preuniversitarios y universitarios. El Software presenta al usuario distintos objetos de aprendizaje con problemas algebraicos de dificultad progresiva, en distintos temas. Para fines de esta investigación se analizará un objeto de aprendizaje; el tema inicial “monomios” como se muestra en la Figura 2. El objeto de aprendizaje es el último de una serie de 4 entrenamientos referidos a monomios, donde el alumno aprende a identificar los tipos de monomios: simples, de coeficiente fraccionario y de tipo fraccionarios.



Figura 2. Objeto de aprendizaje “Componentes de monomios mixtos”

Como se mencionó en los primeros capítulos, el desempeño académico de estudiantes universitarios se ha transformado significativamente con el desarrollo de software aplicado [40]. Este estudio fundamenta la incorporación de algoritmos genéticos para evaluar el objeto de aprendizaje propuesto y reconocer dificultades de aprendizaje en dicho objeto, para generar posibles recomendaciones personalizadas de mejora. Los algoritmos genéticos, como así lo indica la teoría; inspirados en los procesos de selección natural, son fundamentalmente efectivos para identificar patrones complejos en datos, en el caso de estudio, datos educativos [41]. A continuación, se desarrolla la metodología en la implementación del algoritmo “informado” con los resultados obtenidos en la respuesta de estudiantes de ingeniería.

A. Metodología

Se registraron 200 respuestas en el objeto de aprendizaje. Los datos registran las características: Calificaciones por componente (signo, numerador, denominador, coeficiente, variable, exponente, tipo), Tiempo de respuesta, Calificación total, Dificultad del ejercicio, Tipo de monomio. Los ejercicios (10) se distribuyen en: 40% simples, 30% fraccionarios, 30% coeficientes fraccionarios. La siguiente figura presenta el procesamiento del algoritmo.

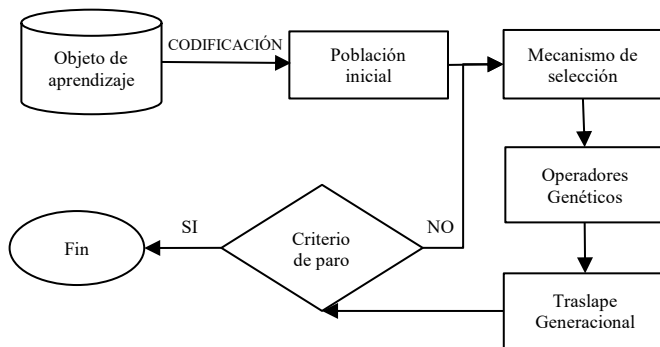


Figura 3. Algoritmo genético informado

Como se muestra en la Tabla VII y VIII, se implementó un algoritmo genético informado con las siguientes características:

Tabla VII. Parámetros ajustables

Parámetro	Valor	Efecto
Tamaño de la población	50	Más individuos = mayor diversidad, más lento
Generaciones	100	Más generaciones = mejor optimización, más lento
Probabilidad de cruce	0.8	Alta = mayor exploración, baja = más conservador
Tasa de mutación	0.1	Alta = mayor diversidad, baja = converge más rápido

Tabla VIII. Ejemplo de procesamiento

Paso 1. Preparación de datos “objeto de aprendizaje”	
ejercicio número: “2”, tiempo en segundos: “54.93” calificación total: “7.14” tipo: “coeficiente fraccionario”, dificultad: “alta”, es simplificable: “true”, monomio: “2\frac{z}{8}”, signo: “-”, numerador: “2”, denominador: “8”, coeficiente: “1/4”, variable: “z”, exponente: “1”, numerador simplificado: “1”, denominador simplificado: “4”, coef no simplificado: “2/8”	respuestas usuario: signo: “+”, numerador: “1”, denominador: “8”, coeficiente: “1/4”, variable: “z”, exponente: “2”, tipo: “simple” calificaciones por componente: signo: 0, numerador: 50, denominador: 100, coeficiente: 100, variable: 100, exponente: 50, tipo: 0 tiempo: 42.5, calificación total: 75.0, dificultad: 2, tipo monomio: 1 es simplificable: 1

Convierten los datos de los ejercicios de monomios en un vector numérico, se otorgan al usuario tres calificaciones según sus respuestas: correcto=100, Aproximado=50 e incorrecto=0

Se convierte a vector numérico:

Individuo de 11 índices: [0,50,100,100,100,50] [0, 42.5, 75, 2, 1]

Paso 2. Inicialización de población “Codificación”

Se normalizan los datos y se crean individuos binarios aplicando un umbral >0.5, ya que es el punto medio entre 0 y 1, así convierte valores altos en 1 y bajos en 0. (0 o 1), 1 = característica seleccionada, 0 = característica no seleccionada.

Ejemplo:

Población (200 individuos, 11 características):

Individuo 1: [1,0,0,1,0,1,0,0,1,0,0] → Selecciona 0, 3, 5, 8

Individuo 2: [0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0] → Selecciona 1, 2, 5, 9

Individuo 180: [1,1,0,0,1,0,1,1,0,0,0] → Selecciona 0,1, 4,6,7

Individuo 200: [0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0] → Selecciona 2, 3 y 4

Paso 3. Función de evaluación “Fitness”

Para Individuo 1: [1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0]

1. Verificar que selecciona al menos una característica

2. Seleccionar características según el individuo

Individuo 1 selecciona índices: 0, 3, 5, 8. signo (0), coeficiente (3), exponente (5), calificación total (8)

X original (3×11):

[[0.0, 1.2, 0.0, 0.8, 0.0, 0.0, 0.0, -1.3, 1.5, -0.8, -0.8],

[0.0, -1.6, 0.0, -1.2, 0.0, 0.0, 0.0, 1.4, -1.5, 1.3, 1.2],

[0.0, 1.2, 0.0, -0.2, 0.0, 0.0, 0.0, 0.5, 0.0, 2.4, 2.0]]

X seleccionado (3×4):

[[0.0, 0.8, 0.0, 1.5], Ej1: signo=0.0, coeficiente=0.8, exponente=0.0, calificación total=1.5

[0.0, -1.2, 0.0, -1.5], Ej2: signo=0.0, coeficiente=-1.2, exponente=0.0, calificación total=-1.5

[0.0, -0.2, 0.0, 0.0], Ej3: signo=0.0, coeficiente=-0.2, exponente=0.0, calificación total=0.0

3. Entrenar KNN con validación cruzada (2 folds)

Como hay 3 muestras, usamos 2 folds (ej1, ej2) vs (ej3)

Fold 1: Entrenar con [Ej1, Ej2], probar con [Ej3]

Vecinos más cercanos a Ej3: Ej1 ($\text{dist}=\sqrt{[(0.0-0.0)^2+(0.8+0.2)^2+(0.0-0.0)^2+(1.5-0.0)^2]}=1.58$).

Ej2 ($\text{dist}=\sqrt{[(0.0-0.0)^2+(-1.2+0.2)^2+(0.0-0.0)^2+(-1.5-0.0)^2]}=1.80$)

Predicción para Ej3: Ej1=éxito (1), Ej2=fracaso (0) → Predice 1 (correcto)

Fold 2: Entrenar con [Ej1, Ej3], probar con [Ej2]

Vecinos más cercanos a Ej2: Ej3 ($\text{dist}=1.80$), Ej1 ($\text{dist}=2.53$)

Predicción para Ej2: Ej3=éxito (1), Ej1=éxito (1) → Predice 1 (incorrecto, debería ser 0)

4. Calcular accuracy

Fold 1: 1 correcto de 1 = 100%

Fold 2: 0 correctos de 1 = 0%

Accuracy promedio = $(1.0 + 0.0) / 2 = 0.5$

5. Aplicar penalización por muchas características (4 características)

Feature penalty = $0.1 * (\text{n_selected} / \text{n_features})$
 $= 0.1 * (4/11) = 0.0364$

6. Fitness final

accuracy = 0.5

fitness = accuracy - feature_penalty
 $= 0.5 - 0.0364 = 0.4636$

Paso 4. “Mecanismos de Selección” método de Ruleta

Ind	Fitness	Probabilidad	Sector en Ruleta
1	0.4636	0.2081 (20.81%)	[0.000 - 0.208]
2	0.7200	0.3258 (32.58%)	[0.208 - 0.534]
3	0.3800	0.1719 (17.19%)	[0.534 - 0.706]
4	0.6500	0.2941 (29.41%)	[0.706 - 1.000]

Giro de ruleta:

Giro 1: 0.878 → Selecciona Individuo #4

Giro 2: 0.431 → Selecciona Individuo #2

Padres seleccionados: Ind4 e Ind2

Paso 5. Cruce (Crossover) “Operadores genéticos”

Cruce entre padres:

Padre 1 (Ind4): 10001101010

Padre 2 (Ind2): 01001011010

✓ CRUCE ACTIVADO en punto 5

Hijo 1: 10001011010 (10001|011010)

↑↑↑↑ ↓↓↓↓

Padre1|Padre2 (del punto 5 en adelante)

Hijo 2: 01001101010 (01001|101010)

↑↑↑↑ ↓↓↓↓

Padre2|Padre1 (del punto 5 en adelante)

Análisis de los hijos:

Hijo 1: [signo, denominador, tiempo, tipo, dificultad]

10001|011010 = 10001011010. Características: signo (1), exponente (0), tipo (0), tiempo (1), tipo (1), dificultad (0)

Hijo 2: [numerador, coeficiente, exponente, calif_total, tipo monomio]

01001|101010 = 01001101010. Características: numerador (0), variable (1), exponente (0), tipo (1), calificación total (1), dificultad (0), tipo monomio (1)

Paso 6. Mutación “Traslape”

Individuo antes: 10001011010

MUTACIÓN en bits: [3, 9]

Características afectadas: ['coeficiente', 'dificultad']

Individuo después: 10011011110

Cambió Bit 3 (índice 3): 0→1 → Ahora INCLUYE "coeficiente"

Cambió Bit 9 (índice 9): 0→1 → Ahora INCLUYE "dificultad"

Nuevo individuo: [signo, coeficiente, tiempo, tipo, dificultad, tipo_monomio]

1 0 0 1 1 0 1 1 1 0

Paso 7. Elitismo

Conservando el mejor individuo

Mejor individuo: #2 (de la generación anterior)

Vector: 01001011010

Fitness: 0.7200

Características: ['numerador', 'variable', 'tipo', 'tiempo', 'tipo monomio']

ESTE INDIVIDUO PASA DIRECTAMENTE A LA NUEVA GENERACIÓN

El algoritmo genético encuentra las características más importantes para predecir el aprendizaje del estudiante, cómo: Calificación en exponentes, Tiempo de respuesta, Tipo de monomio (fraccionario vs simple), además de hacer una recomendación, por ejemplo: "Enfócate en practicar ejercicios con exponentes y monomios fraccionarios". Se realizó la ejecución del algoritmo genético mostrando los resultados posteriormente descritos.

V. RESULTADOS

A. Resultados del análisis genético

Se realizaron 10 ejecuciones, el comportamiento de la evolución del Fitness, en la siguiente figura se muestra su comportamiento:

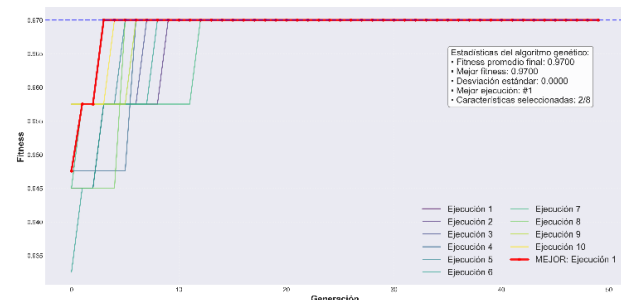


Figura 4. 10 ejecuciones de prueba

La siguiente tabla muestra las estadísticas básicas del conjunto de datos registrados:

Tabla X. Métricas de componentes

Métrica	Valor
Total, de ejercicios	200
Ejercicios exitosos ($\geq 70\%$)	154 (77.0%)
Ejercicios fallidos ($< 70\%$)	46 (23.0%)
Tiempo promedio	35.5 segundos
Distribución por tipo	
Simple	80 (40%)
Fraccionario	60 (30%)
Coeficiente fraccionario	30 (30%)

El algoritmo genético logró un fitness máximo del 85.62%, seleccionando 8 de las 11 características

disponibles. La precisión final con validación cruzada fue de 0.8200 (± 0.0428). Las características más importantes identificadas fueron: **Calificación de signo, Calificación de numerador, Calificación de denominador, Calificación de coeficiente, Calificación de variable, Tiempo de respuesta, Calificación total y Dificultad del ejercicio.**

B. Análisis de componentes problemáticos

La siguiente tabla muestra la distribución de errores por componentes:

Tabla XI. Componentes problemáticos

Componente	Errores	Porcentaje
Coeficiente	99	49.5%
Variable	39	19.5%
Signo	30	15.0%
Tipo	24	12.0%
Numerador	23	11.5%
Denominador	18	9.0%
Exponente	15	7.5%

B. Análisis de dificultad por tipo

Los coeficientes fraccionarios presentaron la mayor dificultad (31.2%), seguidos por los fraccionarios (21.8%) y los simples (18.1%). Como se observa en la Tabla XII, el tiempo promedio de los ejercicios errados fue mayor.

Tabla XII. Componentes problemáticos

Métrica	Éxitos	Fallos
Tiempo promedio	30.9s	48.2s
Rango mínimo	14.8s	29.4s
Rango máximo	58.1s	117.9s
Desviación estándar	10.2s	15.8s

Los ejercicios fallidos tomaron en promedio 56% más tiempo que los exitosos. La combinación coeficiente + variable incorrecta (35% de fallos), Signo incorrecto + tipo mal identificado (25% de fallos), Tiempo excesivo + múltiples errores (20% de fallos).

VI. DISCUSIÓN

Los resultados indican que los coeficientes fraccionarios representan el mayor desafío para los estudiantes, estadísticamente se constatan los desafíos acerca del dominio de fracciones [42] que, en la práctica docente, se identifica como problemática. La alta tasa de error (49.5%) sugiere la necesidad de intervenciones específicas, dichas intervenciones relacionadas con el uso de distintas estrategias de enseñanza, generación de hábitos que desarrollen habilidades blandas y diferentes mecanismos de aseguramiento en la comprensión de una variedad de ejercicios.

La correlación entre tiempo y desempeño (56% más tiempo en fallos) sugiere que los estudiantes se pueden estar enfocando en estrategias ineficientes o careciendo de automatización en procedimientos básicos. Las características identificadas como importantes por el algoritmo genético proporcionan información valiosa.

Como se demostró en el estudio, según los datos proporcionados por las 200 pruebas en el objeto de aprendizaje, hay un énfasis en coeficientes; Debe priorizarse la enseñanza de operaciones con fracciones, además de incorporar estrategias de gestión de tiempo en la enseñanza y la resolución de problemas. Como se muestra en la Figura 5 se presentan el resumen del desempeño individual al usuario. El algoritmo genético permite identificar los errores en cada componente del objeto de aprendizaje para focalizar la solución. De forma personalizada, al usuario se le presenta un resumen de su desempeño y sugerencias para mejorar

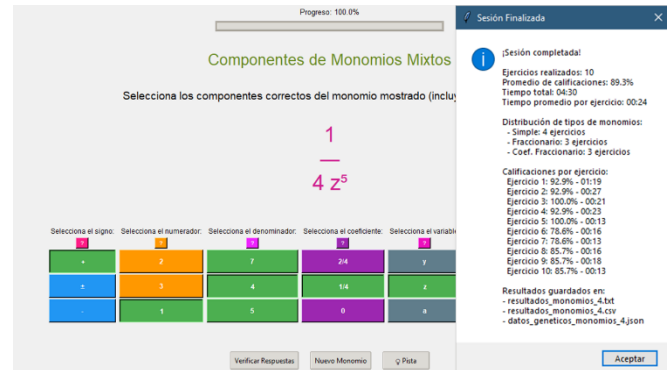


Figura 5. Resultados de los ejercicios

En la Figura 6, al alumno se le presenta el análisis genético destacando su desempeño; resultados, características más importantes y recomendaciones personalizadas.

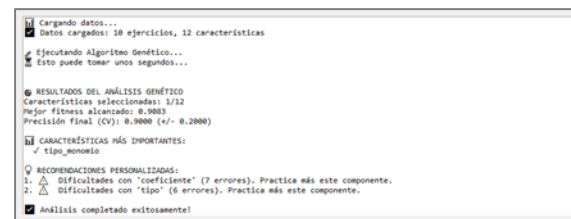


Figura 4. Resultados y recomendaciones del análisis genético.

VII. CONCLUSIONES

La investigación demostró la efectividad de los algoritmos genéticos para analizar el desempeño estudiantil mediante un objeto de aprendizaje "Componentes de monomios mixtos" donde se presentan distintos tipos de monomios. Los resultados principales son: los coeficientes fraccionarios representan el 49.5% de los errores totales. El algoritmo genético logró una precisión de 85.62% identificando características críticas. Los ejercicios fallidos toman 56% más tiempo que los exitosos.

El sistema propuesto ofrece un enfoque personalizado para la identificación de dificultades específicas y la generación de recomendaciones focalizadas.

REFERENCIAS

- [1] A. M. C. Alanes-Fernandez, "Estilos de aprendizaje de estudiantes universitarios en ciencias de la salud y su proceso de desempeño," *MEMORIA DEL POSGRADO*, vol. 3, no. 2, 2022. doi: 10.53287/bapf8840rr92r.
- [2] C. Albornoz, L. Silarayan, y M. Hidalgo, "Estilos de aprendizaje 2022 en la enseñanza virtual en estudiantes universitarios," *Mendive*, vol. 20, no. 1, 2022.
- [3] M. D. Aledo Ruiz, "Development of soft skills and entrepreneurial intention in university students | Desarrollo de habilidades blandas e intención emprendedora en los estudiantes universitarios," *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review /Revista Internacional De Tecnología, Ciencia Y Sociedad*, vol. 12, no. 4, 2022. doi: 10.37467/revtechno.v11.4468.
- [4] J. Caizapanta Suárez, "Estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios: una descripción integral al iniciar la formación profesional," *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 4, no. 1, 2023. doi: 10.56712/latam.v4i1.534.
- [5] R. Campos Ortuño, M.-J. Hernández-Serrano, P. Renes-Arellano, y F. J. Lena-Acebo, "Recursos Educativos Abiertos adaptados a estilos de aprendizaje para la enseñanza de competencias digitales en Educación Superior," *Revista de Estilos de Aprendizaje*, vol. 16, no. 31, 2023. doi: 10.55777/rea.v16i31.4602.
- [6] T. H. Cruz Sánchez, J. M. Gomero Mancesidor, N. C. Jamanca Gonzales, y L. H. Tosso Pineda, "Relación de preferencias en estilos de aprendizaje con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de ingeniería," *Alpha Centauri*, vol. 3, no. 1, 2022. doi: 10.47422/ac.v3i1.70.
- [7] B. A. Delabra Ríos y E. P. Romero Mancilla, "Una Aproximación Histórica a Las Aportaciones Del Paradigma Sociocultural a La Psicología Educativa," *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, vol. 24, no. 1, 2021.
- [8] A. Freiberg Hoffmann, M. Fernández Liporace, y F. Uriel, "¿Cómo aprenden los estudiantes de educación secundaria y universitaria? Un análisis integral desde los estilos de aprendizaje," *Avances en Psicología Latinoamericana*, vol. 40, no. 3, 2023. doi: 10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.10980.
- [9] H. Gil Alba, L. del C. Alba Pérez, y A. E. Gutiérrez Díaz, "La dependencia emocional: un problema de la psicología y otras ciencias humanísticas," *Edumecentro*, vol. 13, no. 2, 2021.
- [10] D. González-Lomeli et al., "Zona de Desarrollo Próximo y Desempeño de Universitarios en una Prueba de Ejecución," *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica*, vol. 58, no. 1, pp. 95-109, 2021. doi: 10.21865/ridep58.1.08.
- [11] C. A. Hernández Dávila, R. S. Velastegui Hernández, L. A. Mayorga Ases, y S. V. Hernández Del Salto, "Métodos de enseñanza del razonamiento lógico matemático para estudiantes universitarios," *AlfaPublicaciones*, vol. 5, no. 4, 2023. doi: 10.33262/ap.v5i4.409.
- [12] A. Jiménez, C. F. S. Ruiz, y L. A. H. Tupia, "Estilos de aprendizaje 2022 en la enseñanza virtual en estudiantes universitarios," *MENDIVE*, vol. 20, no. 1, 2022.
- [13] E. F. Loayza Maturrano, "Competencias digitales y habilidades blandas de los estudiantes universitarios en el aprendizaje electrónico en tiempos de COVID-19," *Tierra Nuestra*, vol. 17, no. 1, 2023. doi: 10.21704/rtn.v17i1.2010.
- [14] J. M. Mendoza Puertas, "Renuencia a hablar en clase y estilos de aprendizaje entre los estudiantes de ELE en Taiwán," *Revista Internacional de Lenguas Extranjeras / International Journal of Foreign Languages*, no. 16, 2022. doi: 10.17345/rile16.3265.
- [15] W. E. Mucha-Huamán, "Habilidades blandas para el logro de aprendizaje de los estudiantes de nivel superior," *Investigación Valdizana*, vol. 17, no. 2, 2023. doi: 10.33554/riv.17.2.1837.
- [16] F. P. Naupari Rafael, "Google drive y aprendizaje colaborativo en estudiantes universitarios," *Revista Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad*, vol. 9, no. 1, pp. 1-12, 2021. doi: 10.18848/2474-588x/cgp/v08i01/1-12.
- [17] A. V. Palacios Zenteno, "Coaching docente y habilidades blandas en el aprendizaje de estudiantes de nivel secundario, Lima, Perú," *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, vol. 6, no. 25, 2022. doi: 10.33996/revistahorizontes.v6i25.433.
- [18] G. Salgado-Oviedo, "Desarrollo de habilidades blandas a los estudiantes de medicina," *Polo del Conocimiento*, vol. 8, no. 9, 2023.
- [19] G. Sánchez Ambriz, A. Yáñez Hernández, y M. L. Sánchez Ambriz, "Talento humano en las organizaciones: Competencias blandas para la empleabilidad de estudiantes universitarios," *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, vol. 13, no. 24, 2022. doi: 10.22201/fesc.20072236e.2022.13.24.2.
- [20] M. Segarra, M. Estrada, y D. Monferrer, "Estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios: lateralización vs. interconexión de los hemisferios cerebrales," *Revista Española de Pedagogía*, vol. 73, no. 262, 2023. doi: 10.22550/2174-0909.2633.
- [21] J. Tapia, "Habilidades blandas y la ética en la formación del docente universitario," Universidad Abierta Para Adultos, 2022.
- [22] L. M. Tarco Sánchez, "Aprendizaje colaborativo en entornos virtuales," *UCV-SCIENTIA*, vol. 14, no. 1, 2022. doi: 10.18050/revucv-scientia.v14n1a7.
- [23] M. R. Torres Cueva et al., "Neuroeducación en los ambientes escolares. Un despertar desde el binomio: Emoción-aprendizaje," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 2, 2023. doi: 10.37811/cl_rcm.v7i2.5298.
- [24] L. Vázquez-González et al., "Estudio sobre habilidades blandas en estudiantes universitarios: El caso del TECN M Coatzacoalcas," *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, vol. 7, no. 1, 2022. doi: 10.25214/27114406.1311.
- [25] J. E. Villarreal Fernández, "Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje (CHAEA). Propiedades psicométricas en estudiantes universitarios colombianos," *Psicogente*, vol. 26, no. 50, 2023. doi: 10.17081/psico.26.50.6231.
- [26] M. E. Zepeda Hurtado, J. A. Cortés Ruiz, y E. O. Cardoso Espinosa, "Estrategias para el desarrollo de habilidades blandas a partir del aprendizaje basado en proyectos y gamificación," *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 13, no. 25, 2022. doi: 10.23913/ride.v13i25.1348.
- [27] 2 Akpan, E. T., Charles-Ogan, G. I., Eze, F. B., Okafor-Agbala, U. C., & Onyeka, E. C. (2023). Technology Enhanced Learning: Utilization of SymboLab Manipulative Instruction and Performance of Students in Quadratic Graphs. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*, 17(11), 32-42. doi:10.9734/ajarr/2023/v17i11551
- [28] 8 Córdoba Gómez, F. J., Mariño, L. F., & Pabón Galán, C. A. (2023). Percepciones estudiantiles y uso de GeoGebra en la enseñanza de matemáticas: un análisis comparativo entre grados. *Revista Perspectivas*, 8(S1), 386-395. doi:10.22463/25909215.4155
- [29] 11 Flores Cuevas, F., Vásquez Martínez, C. R., & González González, F. A. (2021). El uso de las TIC en la enseñanza de conceptos geométricos en la educación básica. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 12(23). doi:10.23913/ride.v12i23.1024
- [30] 13 Lucas Espinoza, D. M., & Zambrano Zambrano, E. J. (2023). Las tecnologías de la información y comunicación como herramienta y su uso por docentes de matemática. *Unian des Episteme. Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(3), 352-364. doi:10.61154/rue.v10i3.3027
- [31] 14 Mera Miele, C. C., & Fosado Tellez, O. (2022). Propuesta metodológica para el uso de Geogebra en la enseñanza de funciones Polinómicas. *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 15(5), 110-125.
- [32] 18 Naz Makhdum, F., Sandhu, R. H., Batool, T., Khan, S., Faisal, F., & Younas, A. (2023). Effect Of Using Symbolab Calculator In Teaching Simultaneous Equations On Students' Conceptual Understanding At The Elementary Level In Pakistan: Mathematics Attitude In Technological Corners. *Journal of Positive School Psychology*, 2023(1), 117-124.
- [33] 22 Pikri, A. Z., Yulia, P., & Putri, R. (2023). Photomath Applications for Learning Mathematics Analysis. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(2), 120-129. doi:10.31943/mathline.v8i2.322
- [34] 26 Rueda-Gómez, K. L., Rodríguez-Muñoz, L. J., & Muñoz-Rodríguez, L. (2023). Performance and mathematical self-concept in university students using Khan Academy. *Heliyon*, 9(4), e15441. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15441
- [35] 27 Saundarajan, K., Osman, S., Kumar, J. A., Daud, M. F., Abu, M. S., & Pairan, M. R. (2020b). Learning Algebra using Augmented Reality: A Preliminary Investigation on the Application of Photomath for Lower

- Secondary Education. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 15(16), 122-131. doi:10.3991/ijet.v15i16.10540
- [36] 29 Vera, E. M., & Sabino, C. M. (2018). Uso de geogebra en la enseñanza y aprendizaje de las cónicas. IX Congreso Internacional Sobre Enseñanza de Las Matemáticas, 345-355.
- [37] 30 Zain, I. N. M., Setambah, M. A. B., Othman, M. S., & Hanapi, M. H. M. (2023). Use of Photomath Applications in Helping Improving Students' Mathematical (Algebra) Achievement. European Journal of Education and Pedagogy, 4(2), 93-96. doi:10.24018/ejedu.2023.4.2.601
- [38] 33 Zenteno Ruiz, F. A., Malpartida Lovatón, R., Alborno Dávila, V. L., & Rojas, W. (2023). Plataforma Khan Academy para enseñanza - aprendizaje de matemática básica en estudiantes universitarios. Llimpi, 3(1), 129-144. doi:10.54943/lrec.v3i1.243.
- [39] 34 Zhang, C., Li, B., Wang, L., Xu, H., Shao, T. (2023). A Hierarchical Model for Quality Evaluation of Mixed Source Software Based on ISO/IEC 25010. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, Vol 33. doi: 10.1142/S021819402250070X.
- [40] R. S. J. d. Baker, "Educational data mining: An advance for intelligent systems in education," *IEEE Intell. Syst.*, vol. 30, no. 3, pp. 20-28, May-Jun. 2015, doi: 10.1109/MIS.2015.42.
- [41] C. Romero and S. Ventura, "Educational data mining: A review of the state of the art," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. C, Appl. Rev.*, vol. 40, no. 6, pp. 601-618, Nov. 2010, doi: 10.1109/TSMCC.2010.2053532.
- [42] Z. Niu, D. C. Wilkins, and M. C. Desmarais, "A genetic algorithm approach to optimizing the distribution of instructional resources," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 320-332, Oct.-Dec. 2016, doi: 10.1109/TLT.2016.2518160.
- [43] Secretaría de Educación Pública (SEP), "Boletín 100 Desciende a 8.1% tasa de abandono escolar en Educación Superior," *Gob.mx*, 23 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sep/articulos/boletin-100-desciende-8-1-tasa-de-abandono-escolar-en-educacion-superior-sep?idiom=es>
- [44] [2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), "Tasa de abandono escolar por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2023/2024," [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=9171df60-8e9e-4417-932e-9b80593216ce>



MOISÉS RAMÍREZ BONILLA. Recibió los grados de Técnico Superior Universitario en Procesos de Producción por la Universidad Tecnológica de Tlaxcala en 2004. Licenciatura en Ingeniería Industrial por el Tecnológico Nacional de México, campus Apizaco en 2008. Licenciatura en Educación por la Universidad Pedagógica Nacional U291 en 2024. Maestría en Educación por el Instituto Cristóbal Colón de Veracruz en 2024. Actualmente cursa el Doctorado en Ciencia de la Ingeniería en el Tecnológico Nacional de México, campus Apizaco. Sus áreas de interés incluyen: desarrollo infantil en el aprendizaje numérico, la enseñanza de las matemáticas, investigación educativa, aprendizaje reflexivo en el aprendizaje del álgebra y tutores inteligentes en la educación.



interacción humano computadora.

YESENIA NOHEMÍ GONZÁLEZ MENESES

Obtuvo en el año 2021 el grado de Doctor en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento por parte de la Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente trabaja en la División de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco. Sus áreas de interés incluyen: reconocimiento automático de emociones, aplicaciones de IA, ingeniería de software e



investigación incluyen modelos de lógica difusa, tutoriales inteligentes y aplicaciones de internet de las cosas.

BLANCA ESTELA PEDROZA MÉNDEZ

Obtuvo el grado de Doctor en la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) en 2018. Actualmente es docente investigador del área de posgrado y de licenciatura en el Tecnológico Nacional de México, campus Apizaco. Tiene el reconocimiento como Perfil PRODEP, hasta el 2026 y el reconocimiento en el SNII, en el nivel I, hasta diciembre del 2029. Sus áreas de



Aprendizaje Automático, Computación Evolutiva, Visión por Computadora y Robótica Inteligente.

JOSÉ FEDERICO RAMÍREZ CRUZ

Recibió su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Puebla en 1993, la Maestría en Ciencias con Especialidad en Electrónica en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) en 1994, y el grado de Doctorado en Ciencias en el Área de Ciencias Computacionales en el (INAOE) en 2003. Actualmente, es Profesor-Investigador en el Tecnológico Nacional de México, campus Apizaco. Sus intereses de investigación en el área de aplicaciones del