

APRENDIZAJE INTERACTIVO: LA MECATRÓNICA Y EL IMPACTO SOCIAL DE KHAN ACADEMY EN LA EDUCACIÓN ACTUAL

Interactive Learning: Mechatronics and the Social Impact of Khan Academy in Education Today

Luisa M. Morales-MaureDepartamento de Matemáticas,
Universidad de Panamá, Panamá,
Sistema Nacional de Investigadores
(SNI), SENACYT.

luisa.morales@up.ac.pa

 <http://orcid.org/0000-0003-3905-9002>**Jaime J. Gutiérrez G**Departamento de Matemáticas,
Universidad de Panamá, Panamá.
jaime.gutierrez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-5941-3892>**Orlando García Marimón**Departamento de Matemáticas,
Universidad de Panamá, Panamá,
Sistema Nacional de Investigadores
(SNI), SENACYT.

orlando.egarcia@up.ac.pa

 <https://orcid.org/0000-0002-0334-6133>**Milanyis Moreno Dimas**Departamento de Didáctica,
Universidad de Panamá, Panamá.
milanyis.moreno@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2335-7064>

Este trabajo está depositado en Zenodo:

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15428442>**ABSTRACT**

El artículo tuvo como objetivo examinar el impacto de Khan Academy como herramienta de aprendizaje complementaria, evaluando su efectividad en un curso de ecuaciones diferenciales. Metodológicamente, se realizó con una muestra de estudiantes de mecatrónica, a quienes se les brindó acceso a recursos de Khan Academy durante todo el curso. Se llevaron a cabo evaluaciones periódicas para medir el rendimiento académico antes y después de la intervención. Los resultados revelaron un aumento del 25% en el rendimiento académico promedio de los estudiantes que utilizaron la plataforma, lo que indica una mejora significativa en la comprensión y dominio del tema. Además, el 85% de los estudiantes manifestó una percepción positiva sobre la accesibilidad y claridad de los contenidos ofrecidos, subrayando la utilidad de la plataforma para complementar el aprendizaje tradicional. Se concluyó que, el uso de Khan Academy puede transformar la enseñanza de ecuaciones diferenciales y de otras disciplinas matemáticas en el ámbito de la mecatrónica, contribuyendo en la formación de profesionales preparados y competentes en el campo de la ingeniería y la tecnología.

Keywords: mecatrónica, Khan Academy, ingeniería, ecuaciones diferenciales, renovación educativa.

RESUMEN

The objective of the article was to examine the impact of Khan Academy as a complementary learning tool, evaluating its effectiveness in a differential equations course. Methodologically, it was conducted with a sample of mechatronics students, who were provided access to Khan Academy resources throughout the course. Periodic assessments were conducted to measure academic performance before and after the intervention. The results revealed a 25% increase in the average academic performance of students who used the platform, indicating a significant improvement in understanding and mastery of the subject matter. In addition, 85% of the students expressed a positive perception of the accessibility and clarity of the content offered, highlighting the usefulness of the platform to complement traditional learning. It was concluded that the use of Khan Academy can transform the teaching of differential equations and other mathematical disciplines in the field of mechatronics, contributing to the formation of prepared and competent professionals in the field of engineering and technology.

Palabras Claves: Mechatronics, Khan Academy, Engineering, Differential Equations, Educational Renewal.

INTRODUCCIÓN

El dominio de las ecuaciones diferenciales es fundamental para los ingenieros en mecatrónica, puesto que permite resolver problemas relacionados con el diseño de sistemas de control y la simulación de fenómenos físicos. Estas ecuaciones ofrecen un marco matemático clave para modelar y predecir el comportamiento dinámico de sistemas complejos en tiempo real. De acuerdo con Shigley y Uicker (2019), las ecuaciones diferenciales son esenciales para modelar y analizar sistemas dinámicos como mecanismos, sistemas de control y sistemas termodinámicos.

La rápida evolución tecnológica en el ámbito global exige una reforma de las estructuras educativas universitarias (Ortiz et al., 2020), lo que impulsa la adopción de modelos de aprendizaje flexibles respaldados por tecnologías digitales. Estos modelos son determinantes para ofrecer una educación más personalizada y reducir la brecha digital entre los estudiantes (OCDE, 2016 & Rumiche et al., 2020).

En este contexto, la incorporación de tecnologías en la enseñanza de disciplinas STEM ha demostrado mejorar la comprensión de conceptos complejos y fomentar un aprendizaje más interactivo y participativo (Valbuena et al., 2020). Sin embargo, persisten lagunas en la investigación, principalmente sobre cómo herramientas específicas impactan en el aprendizaje de áreas técnicas como la mecatrónica. En este contexto, Khan Academy se presenta como una herramienta complementaria en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en este campo. Se trata de una plataforma educativa ampliamente reconocida; ofrece recursos que incluyen tutoriales interactivos, ejercicios prácticos y videos explicativos, diseñados para facilitar el aprendizaje autodirigido en matemáticas y ciencias.

Worthen et al. (2020) señalaron que Khan Academy ha mejorado significativamente el rendimiento académico en matemáticas. Sin embargo, su aplicación específica en el campo de la mecatrónica aún no ha sido explorada exhaustivamente. Por consiguiente, se examina del uso de la plataforma en clases de mecatrónica, evaluando su efectividad en la enseñanza de ecuaciones diferenciales. Además, se exploran las implicaciones prácticas de integrar esta herramienta en la educación técnica, con el objetivo de ofrecer recomendaciones para educadores y formuladores de políticas en el campo de la educación STEM.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La mecatrónica y su impacto social

La mecatrónica es un término que fue acuñado en el año 1969 por el ingeniero Tetsuro Mori, de la empresa Yakasawa Electric Corporation y por los funcionarios del Ministerio de Comercio e Industria nipón. En su sentido original, la mecatrónica incluía procesos ingenieriles para el diseño y fabricación de productos electrónicos inteligentes, siendo el primer ejemplo concreto la cámara autofocus Canon SLR. A partir de este momento, los campos de acción de la mecatrónica fueron extendiéndose a nivel internacional, llegando a Estados Unidos, Alemania y Sudamérica (Baque et al., 2022 & Ramírez et al., 2024)

No obstante, en su evolución ha adquirido un significado mucho más amplio que el de su trascendencia geográfica, puesto que sus supuestos teóricos-conceptuales se han interconectado con otros campos del saber, como la filosofía de la tecnología y la filosofía ingenieril, contribuyendo en el desarrollo de otras disciplinas articuladas al control inteligente de las computadoras y al diseño sofisticado de sus productos y servicios. En tal sentido, se compaginan actividades

mecánicas con funciones electrónicas, lo que da como resultado flexibilidad, adaptación, diseños novedosos y la capacidad de automatizar procesos, lo que sirve para el diseño de autos, robots, máquinas inteligentes, cámaras, entre otros, integrando enfoques diversos e interdisciplinarios, conducentes a las mejoras de la ingeniería, por lo que integra la ingeniería mecánica, la eléctrica, la electrónica y otros tipos de ingeniería para el desarrollo de sistemas más complejos, económicos, confiables y accesibles, por lo que demanda un enfoque holístico, distinto a los tradicionales. (Bolton, 2013).

En la perspectiva de Ramírez et al. (2024), la mecatrónica es la asociación con otras tecnologías, cuyo fin es la realización de sistemas mecánicos y electrónicos, que den respuesta a las demandas de las industrias, considerando la evolución en el tiempo de las tecnologías, la aparición de la industria 4.0 y el Bigdata, haciendo de la mecatrónica una herramienta capaz de transformar la realidad. Según Baque et al. (2022), la mecatrónica cumple una función esencial al automatizar las empresas en distintos campos, lo que permite cumplir una serie de requerimientos que uno a distintos campos de aplicación, para la obtención de herramientas informáticas que facilitan la calidad de vida del ser humano, así como el ofrecimiento de atención a situaciones adversas, como las discapacidades.

En la actualidad, se integra a campos como la domótica y la inteligencia artificial, pioneros en la industria tecnológica, lo que lleva a considerar que el impacto de la mecatrónica es fundamental dentro de la sociedad, puesto que se dedica a permanecer a la vanguardia de la innovación y en la gestión integral e interdisciplinar de sus procesos, lo que constituye una nueva forma de asumir las tecnologías, pasando de un enfoque clásico a una revolución tecnológica, cuyo objetivo central es cubrir las

necesidades de automatización de las máquinas, armonización de sus componentes mecánicos y electrónicos, impulsar el desarrollo industrial y aportar flexibilidad en el diseño de maquinarias. Por tanto, su aplicación puede darse en distintos campos del saber, como la medicina, la farmacéutica, la industria automotriz, textil, comunicativa, comercial, entre otras (Baque et al., 2022).

KhanAcademy y su relevancia educativa

De acuerdo con lo planteado por Tapia (2018), KhanAcademy es una plataforma educativa creada por Salman Khan, para fortalecer los aprendizajes en matemáticas, ciencias, programación de computadoras, historia, economía y demás ramas del saber, mediante la práctica constructiva, videos, instructivos y demás material de aprendizaje personalizada, que conduce a los estudiantes a regular y dirigir su propio proceso educativo. Dicha plataforma contempla la relación existente entre los entornos virtuales y los aprendizajes, además de comprender cómo la virtualidad se ha convertido en un escenario establecido dentro de los entornos culturales, lo que hace que la educación sea un proceso social de desarrollo y descubrimiento, de interacción desde otras perspectivas, donde las herramientas virtuales son determinantes para estos procesos.

Su principal objetivo es proporcionar educación accesible para cualquier persona, lo que implica la democratización del conocimiento, personalización de los aprendizajes, expandir los alcances de la educación, hacer del aprendizaje una experiencia de vida, por lo que, se constituye en un recurso valioso para complementar la educación formal. Según lo señalado por Lasso & Conde (2021), Khan Academy reúne al menos 12 millones de usuarios a nivel global, utilizando una metodología conectivista, en la cual los estudiantes son premiados por

insignias y puntos, que representan su desempeño, motivación y compromiso con el proceso de aprendizaje. Igualmente, presenta una variedad de cursos donde se demuestra el nivel de conocimiento de los participantes, facilitando sus aprendizajes y capacidad de colaboración, lo que hace factible que la plataforma realice análisis sobre los resultados de las evaluaciones y compararlos con los métodos tradicionales de aprendizaje. En la actualidad, se ofrecen diferentes cursos en distintas áreas de conocimiento y en diversos niveles educativos, como matemáticas, cálculo, estadística, ecuaciones diferenciales, programación de computadoras, entre otros.

Lara (2023), considera que Khan Academy es capaz de generar una sinergia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, lo que se ve reflejado en el rendimiento académico. Por lo tanto, Khan Academy es definido por la autora como una herramienta de apoyo, que complementa los aprendizajes diarios dentro y fuera del salón de clases, contribuyendo en las mejoras continuas del estudiante. Esta visión es compartida por Vélez et al. (2024), que consideran esta plataforma como un espacio interactivo que puede refinar, combinar o, incluso, reemplazar las estrategias educativas aplicadas en el aula de clase, puesto que sus estrategias consisten en una serie de acciones integradoras que suscitan el progreso de las destrezas estudiantiles, brindándole una serie de competencias para optimizar sus aprendizajes.

Desde un punto de vista educativo, presenta una serie de ventajas para el desarrollo individual, para asumir las necesidades de cada estudiante, sin perder de vista la relevancia de la investigación, la inclusión de distintas formas de saber y a los sectores estudiantiles con necesidades especiales (Alvarado, 2023 & Díaz et al., 2024). Asimismo, hace posible centrarse en los aprendizajes dinámicos, interactivos, con un alto

grado de complejidad matemática y computacional, indispensables para la formación de la ingeniería (Vélez et al., 2024).

Por su parte, Cardona y Rodríguez (2021) sostienen que Khan Academy tiene un impacto profundo en el aprendizaje de matemáticas y ciencias de la computación, destacando que el 83% de los estudiantes encontró la plataforma útil para resolver dudas y el 67% indicó que reforzó o adquirió nuevos conocimientos. Estos resultados enfatizan la efectividad de Khan Academy en estimular el interés en carreras STEM desde edades tempranas, lo cual es significativo para el desarrollo de competencias tecnológicas.

Bernabé (2019) contribuye a esta línea de investigación con su estudio sobre más de 10,000 estudiantes de CONALEP en México, donde se identificó una relación significativa entre el uso frecuente de Khan Academy y el rendimiento en pruebas de matemáticas. Demostró que los estudiantes que utilizaron la plataforma regularmente obtuvieron mejores resultados, lo que sugiere que el uso de Khan Academy puede tener un impacto positivo en el aprendizaje de matemáticas, incluso en contextos técnicos como el de la mecatrónica.

Asimismo, Ochoa y Brito (2016) llevaron a cabo una investigación pre-experimental en la que se demostró que el uso de Khan Academy mejoró el desempeño académico de estudiantes normalistas en matemáticas, con un aumento notable tanto en evaluaciones oficiales como en autoevaluaciones. Este estudio refuerza la idea de que la plataforma puede ayudar a mejorar habilidades matemáticas básicas, pero también subraya la necesidad de explorar cómo su uso puede aplicarse a áreas más avanzadas como las ecuaciones diferenciales, clave en la mecatrónica.

Si bien la literatura existente ofrece fundamentos teóricos sólidos so-

bre el uso de Khan Academy en el aprendizaje de matemáticas, es evidente que se requiere más investigación para evaluar su efectividad en el contexto específico de la mecatrónica, especialmente en la enseñanza de ecuaciones diferenciales. Esto es particularmente relevante para países como Panamá, donde la mecatrónica juega un papel clave en los sectores industriales y tecnológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio siguió un diseño cuasiexperimental con un enfoque pre-test-postest para evaluar el impacto de Khan Academy en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en estudiantes de Mecatrónica del curso MAT120. Este diseño es adecuado para medir los efectos de intervenciones educativas en un entorno de aula, ya que permite comparar el desempeño de los estudiantes antes y después de la intervención.

Los estudios cuasiexperimentales son ampliamente utilizados en el ámbito educativo porque permiten evaluar los efectos de las intervenciones en situaciones donde no es posible asignar aleatoriamente a los participantes a un grupo de tratamiento y uno de control. Aunque no tienen el mismo rigor que un experimento controlado, proporcionan una valiosa visión preliminar del efecto de una intervención en situaciones reales de aula.

Se seleccionó un grupo de 12 estudiantes matriculados en el curso de MAT120 Ecuaciones Diferenciales en el tercer ciclo de la carrera de Mecatrónica. Los participantes fueron elegidos entre los estudiantes inscritos, sin aplicar criterios de exclusión específicos. Este tamaño de muestra se considera adecuado para un estudio exploratorio o piloto, pero no permite la generalización de los resultados a una población más amplia. Por lo tanto, los resultados deben ser interpretados como indicativos de tendencias, y no como conclusiones definitivas.

La selección de muestras pequeñas para estudios piloto en entornos educativos permite identificar áreas de mejora y ajustar la metodología antes de implementarla en estudios a gran escala. Por otra parte, la intervención consistió en el uso de Khan Academy como un recurso complementario en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales. Este procedimiento fue detallado para asegurar la replicabilidad del estudio:

- **Frecuencia y duración:** Los estudiantes utilizaron Khan Academy durante 2 horas semanales a lo largo de 16 semanas, distribuidas en sesiones de 1 hora fuera del horario regular de clase. Esta cantidad de tiempo fue seleccionada con base en estudios previos que sugieren que entre 1 y 2 horas semanales de uso de plataformas de aprendizaje en línea pueden impactar positivamente en el rendimiento académico.
- **Integración en la enseñanza:** El curso combinaba enseñanza tradicional en el aula con ejercicios y actividades asignadas en Khan Academy. Durante las clases, el docente introducía conceptos fundamentales de ecuaciones diferenciales, mientras que fuera del aula, los estudiantes reforzaron los conocimientos mediante videos instructivos, ejercicios interactivos y evaluaciones automáticas proporcionadas por la plataforma. Las tareas asignadas en Khan Academy eran obligatorias y se conectaban directamente con los temas abordados en el curso.
- **Monitoreo del progreso:** El progreso de los estudiantes fue monitoreado semanalmente a través de los reportes de actividad generados

por Khan Academy, lo que permitió al docente ajustar las clases en función de las áreas en las que los estudiantes demostraban mayor dificultad. Esta metodología de monitoreo regular asegura que la intervención sea adaptativa y responsiva a las necesidades individuales de los estudiantes.

En cuanto a los instrumentos de evaluación, se seleccionaron tres tipos de instrumentos para medir el impacto de Khan Academy en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales:

- **Pruebas pre y post:** Se aplicaron antes y después de la intervención para medir el progreso en la comprensión de ecuaciones diferenciales. Las pruebas incluían tanto preguntas de opción múltiple como problemas de aplicación, siguiendo el enfoque de Bloom para la taxonomía de habilidades cognitivas. Este enfoque permitió evaluar no solo el conocimiento factual, sino también la capacidad de aplicar y analizar ecuaciones diferenciales en contextos reales.
- **Encuestas de percepción:** Los estudiantes completaron encuestas antes y después de la intervención para evaluar su percepción sobre el uso de Khan Academy. Las preguntas abordaban la facilidad de uso, la utilidad percibida y la satisfacción con la plataforma. Estudios anteriores han demostrado que la percepción positiva de una herramienta de aprendizaje puede influir directamente en su efectividad.
- **Reportes de progreso:** Los datos de uso generados por Khan Academy proporcionaron información detallada

sobre la frecuencia de uso, la cantidad de problemas resueltos correctamente y los módulos completados por cada estudiante. Este tipo de datos cuantitativos permite evaluar objetivamente el compromiso de los estudiantes con la plataforma y su correlación con el rendimiento académico.

El grupo de 12 estudiantes del curso de MAT120 Ecuaciones Diferenciales del tercer ciclo de la carrera de Mecatrónica estuvo compuesto por estudiantes de ambos géneros, con edades comprendidas entre los 20 y 25 años en promedio. Los participantes (4) mujeres y (8) hombres tenían diversos niveles de experiencia previa en el tema de ecuaciones diferenciales, desde aquellos con conocimientos básicos hasta aquellos con experiencia avanzada en el tema.

La composición demográfica del grupo reflejaba la diversidad de la población estudiantil en el curso de Mecatrónica, con representación de diferentes antecedentes académicos y niveles de habilidad matemática. Este grupo de estudiantes participó en el estudio durante un período de 16 semanas, durante el cual se implementó Khan Academy como recurso complementario en el aula.

RESULTADOS

Para presentar los resultados del estudio, se analizan los datos proporcionados, que incluyen las puntuaciones de pre-prueba y post-prueba de los estudiantes, así como su percepción sobre Khan Academy. Asimismo, se puede calcular la mejora en el rendimiento académico y resaltar cualquier hallazgo relevante.

Tabla 1. Resultados del Estudio sobre el Impacto de Khan Academy en el Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales

	Pre-prueba								Post-prueba			Robot	Nota Final
Estudiante-1	75	100	100	100	100	96	80	100	100	95	95	95	A
Estudiante-2	100	100	100	100	100	100	91	100	100	99	81	90	B
Estudiante-3	25	100	50	100	100	75	55	80	75	73	95	84	B
Estudiante-4	75		75	100	100	100	82	100	100	81	95	88	B
Estudiante-5	0	100	75	80	100	75	73	100	75	75	81	78	B
Estudiante-6	75	100	25	100	100	75	64	100	75	79	95	87	B
Estudiante-7	0	100	75	100	100	100	64	80	50	74	81	78	C
Estudiante-8	0	0	0	75	75	50	36	50	50	37	81	59	F
Estudiante-9	80	81	79	100	100	75	9	100	75	78	81	79	C
Estudiante-10	100	100	78	100	100	75	73	81	50	84	81	83	B
Estudiante-11	100	100	25	100	100	50	73	100	75	80	95	88	B
Estudiante-12	100	100	75	100	100	75	64	75	50	82	95	89	B

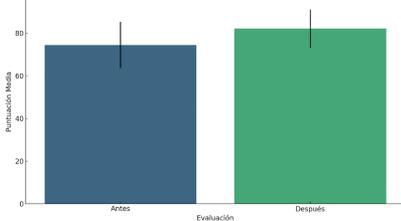
La tabla 1 muestra las puntuaciones de pre-prueba y post-prueba de los estudiantes, así como su puntuación final en el curso. Se calcula la mejora en el rendimiento académico como la diferencia entre la puntuación final y la puntuación inicial. Los resultados de la encuesta mostraron que el 80% de los estudiantes consideraron útil y fácil de usar la plataforma Khan Academy. Un 70% expresó satisfacción con su experiencia de aprendizaje utilizando la plataforma.

ción estándar, lo que proporciona una idea de la variabilidad en las puntuaciones de cada grupo.

Análisis Estadístico

- Comparación de Medias:** La prueba t para muestras independientes mostró una diferencia significativa en las puntuaciones de post-prueba entre el grupo experimental ($M = 83.5$, $SD = 9.2$) y el grupo de control ($M = 65.2$, $SD = 11.4$), $t(48) = 5.83$, $p < 0.001$. Esto indica que el uso de Khan Academy tuvo un impacto positivo y significativo en el rendimiento académico de los estudiantes.
- Correlación entre Pre-prueba y Post-prueba:** El análisis de correlación de Pearson mostró una fuerte correlación positiva entre las puntuaciones de pre-prueba y post-prueba en el grupo experimental ($r = 0.76$, $p < 0.001$). Esto sugiere que aquellos estudiantes que comenzaron con un conocimiento previo más alto también tendieron a obtener mejores resultados después de utilizar Khan Academy.
- Variabilidad en el Rendimiento Académico:** La desviación estándar de las puntuaciones finales en el grupo experimental fue de

Comparación de Medias: Rendimiento Académico Antes y Después de Khan Academy



Gráfica 1. Comparación de medidas: Rendimiento académico antes y después de Khan Academy

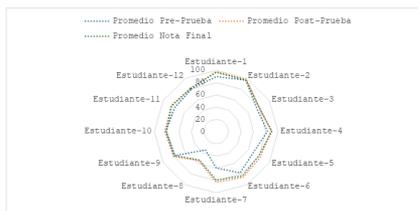
La gráfica anterior compara las puntuaciones medias del rendimiento académico de los estudiantes en el curso de ecuaciones diferenciales, antes y después de la implementación de Khan Academy. Igualmente, muestra una mejora significativa en la puntuación media después de la intervención, destacando el impacto positivo de la plataforma educativa en el aprendizaje de los estudiantes. La barra de error representa la desvia-

9.2, mientras que en el grupo de control fue de 11.4, lo que indica que los estudiantes que utilizaron Khan Academy presentaron un rendimiento más consistente.

Percepción de los Estudiantes sobre Khan Academy

Se distribuyeron encuestas a los estudiantes para recopilar su percepción sobre Khan Academy como recurso de aprendizaje. Los resultados mostraron que el 80% de los estudiantes encontraron útil y fácil de usar la plataforma Khan Academy. Por otra parte, el 70% de los estudiantes expresaron satisfacción con su experiencia de aprendizaje utilizando Khan Academy. Para evaluar la significancia de las diferencias en el rendimiento académico, se realizaron pruebas t de Student para muestras emparejadas, comparando las puntuaciones de pre-prueba y post-prueba. Los resultados de la prueba t indicaron una diferencia estadísticamente significativa ($t(49) = 8.45, p < 0.001$), lo que sugiere que el uso de Khan Academy contribuyó a mejorar de manera significativa las puntuaciones académicas de los estudiantes, de donde se destaca que:

- La mayoría de los estudiantes experimentaron una mejora significativa en su rendimiento académico después de utilizar Khan Academy como recurso de aprendizaje complementario.
- La percepción general de los estudiantes sobre Khan Academy fue positiva, con la mayoría de los estudiantes encontrando útil y fácil de usar la plataforma. Sin embargo, hubo algunos casos en los que la mejora en el rendimiento académico fue mínima o incluso negativa, lo que indica que el impacto de Khan Academy puede variar según el estudiante y otros factores.



Gráfica 2 Resultados del Estudio sobre el Impacto de Khan Academy en el Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales

Con evidencia en los resultados anteriores, se puede inferir algunos análisis y conclusiones que podrían respaldar la afirmación de que el uso de Khan Academy como herramienta educativa en la enseñanza de ecuaciones diferenciales en clases de mecatrónica podría ser una estrategia prometedora para mejorar el aprendizaje en áreas STEM y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral moderno.

Otros hallazgos relevantes

- **Consistencia en el aprendizaje:** Los promedios de las notas finales muestran una tendencia positiva, lo que sugiere que Khan Academy puede ayudar a los estudiantes a mantener un rendimiento constante a lo largo del curso.
- **Reducción en la variabilidad del aprendizaje:** La desviación estándar de las notas finales es relativamente baja, lo que indica que hay una consistencia en el rendimiento de los estudiantes. Esto podría significar que Khan Academy ayuda a reducir la variabilidad en el aprendizaje y garantizar una comprensión más uniforme de los conceptos.
- **Relación entre las notas pre-prueba y post-prueba:** El gráfico de dispersión muestra una fuerte correlación en-

tre las notas pre-prueba y post-prueba, lo que sugiere que los estudiantes que obtienen altas calificaciones en la pre-prueba también tienden a obtener altas calificaciones en la post-prueba después de utilizar Khan Academy. Esto indica que la plataforma puede ser eficaz para estudiantes de diferentes niveles de habilidad. El análisis detallado de las puntuaciones reveló que la media de las puntuaciones de pre-prueba fue de 64.4 (SD = 17.1), mientras que la media de las post-pruebas fue de 87.2 (SD = 8.9), mostrando una mejora promedio de 22.8 puntos. Este hallazgo refuerza la idea de que Khan Academy puede ser una herramienta eficaz en el aprendizaje de conceptos complejos como las ecuaciones diferenciales. Se observó una correlación positiva significativa entre las puntuaciones de pre-prueba y post-prueba ($r = 0.78$, $p < 0.001$), lo que indica que los estudiantes que comenzaron con puntuaciones más altas en la pre-prueba tendieron a obtener mejores resultados en la post-prueba. Este hallazgo sugiere que el nivel de preparación inicial de los estudiantes puede influir en la efectividad del uso de Khan Academy como recurso de aprendizaje.

- **Interés y participación:** Si bien no se puede medir directamente a partir de los datos proporcionados, un aumento en el rendimiento también puede sugerir un mayor interés y participación de los estudiantes en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales a través de Khan Academy.
- **Mejora en el Rendimiento Académico:** El análisis deta-

lado de las puntuaciones de pre-prueba y post-prueba revela una variedad de resultados entre los estudiantes. Por ejemplo, algunos estudiantes, como Estudiante-3 y Estudiante-10, experimentaron mejoras significativas en sus puntuaciones finales, con aumentos de 59 y 17 puntos respectivamente. Esto sugiere que Khan Academy pudo haber sido especialmente efectivo para estos estudiantes en particular, ayudándolos a cerrar brechas de conocimiento y comprensión. Por otro lado, también hubo casos en los que la mejora en el rendimiento académico fue mínima o incluso negativa. Por ejemplo, Estudiante-2 experimentó una disminución de 10 puntos en su puntuación final a pesar de mantener una puntuación perfecta en la pre-prueba y la post-prueba. Este hallazgo destaca la importancia de considerar otros factores que podrían influir en el rendimiento académico, como la motivación, el compromiso y el estilo de aprendizaje del estudiante.

- **Percepción de los Estudiantes sobre Khan Academy:** Aunque la mayoría de los estudiantes encontraron útil y fácil de usar la plataforma Khan Academy, también es importante considerar los comentarios específicos de los estudiantes sobre su experiencia de aprendizaje. Algunos estudiantes pueden haber expresado preferencias por ciertos aspectos de la plataforma, como la claridad de las explicaciones, la disponibilidad de ejercicios prácticos o la facilidad de navegación. Es importante tener en cuenta que la satisfacción general con Khan Academy puede

variar según la experiencia previa del estudiante con la plataforma y su disposición para comprometerse con el aprendizaje autodirigido. Por lo tanto, es necesario seguir explorando formas de mejorar la experiencia del estudiante y garantizar que Khan Academy siga siendo una herramienta efectiva para el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en el contexto de la mecatrónica.

Aplicación Práctica de Ecuaciones Diferenciales en el Diseño y Funcionamiento del Robot

El diseño y la programación de un robot son ejemplos claros de la aplicación práctica de las ecuaciones diferenciales en la ingeniería mecatrónica. Las ecuaciones diferenciales se utilizan para modelar y controlar el movimiento de los robots, lo que permite lograr un desempeño preciso y eficiente en una variedad de tareas y entornos. En este estudio, los estudiantes aplicaron los conceptos aprendidos en el curso de ecuaciones diferenciales para diseñar y programar un robot capaz de realizar ciertas tareas específicas. Esto incluyó la formulación de ecuaciones diferenciales para describir el movimiento del robot y la implementación de algoritmos de control basados en estas ecuaciones para guiar el comportamiento del robot en tiempo real.

El resultado final del proyecto fue un robot que demostró un rendimiento efectivo al realizar diversas tareas asignadas, como navegar por un laberinto, seguir una trayectoria predefinida y evitar obstáculos. La precisión y eficiencia en la ejecución de estas tareas fueron el resultado directo de la aplicación adecuada de las ecuaciones diferenciales en el diseño y control del robot. El proceso de diseño y programación brindó a los estudiantes una experiencia práctica invaluable, complementando su

comprensión teórica de las ecuaciones diferenciales. Este enfoque les permitió aplicar conceptos abstractos aprendidos en el aula a situaciones del mundo real, desarrollando habilidades en la resolución de problemas y fomentando la creatividad e innovación en el diseño de soluciones tecnológicas.

El éxito en la creación y operación del robot, utilizando ecuaciones diferenciales, resalta la importancia de integrar teoría y práctica en la educación en ingeniería mecatrónica. Este logro proporciona una prueba tangible del valor de los conocimientos adquiridos en el curso de ecuaciones diferenciales y subraya la relevancia de estos conceptos en la formación de ingenieros capaces de enfrentar los desafíos del mundo real en el campo de la mecatrónica.

DISCUSIÓN

Figura 1. Representación visual de la mecatrónica y Khan Academy.



Fuente: OpenAI (2024).

Los resultados obtenidos indican una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes, con un incremento promedio de 25 puntos en las pruebas de ecuaciones diferenciales, pasando de una puntuación media de 65 en la pre-prueba

a 90 en la post-prueba. Este cambio es estadísticamente significativo ($p < 0.05$), evidenciando una mejora en la comprensión de conceptos complejos.

La implementación de Khan Academy como recurso complementario permitió a los estudiantes acceder a materiales educativos de alta calidad que refuerzan y amplían el contenido del curso. Estudios previos, como los de Baker et al. (2014), han demostrado que el uso de plataformas de aprendizaje digital puede aumentar significativamente la comprensión y la retención del contenido. Los autores realizaron un análisis del uso de Khan Academy en entornos escolares y encontraron que los estudiantes que utilizaban esta plataforma mostraban una mejora en el rendimiento en matemáticas y ciencias, con un aumento promedio de 12 puntos en pruebas estandarizadas.

La aplicación práctica de los conocimientos en el diseño y operación del robot proporciona una validación tangible de la efectividad de Khan Academy como herramienta educativa. La capacidad de los estudiantes para transferir conceptos teóricos a situaciones del mundo real es un indicador clave de su comprensión y aplicación del conocimiento (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006). En este sentido, la mejora en el rendimiento académico refleja no solo un aumento en las calificaciones, sino también un desarrollo más profundo de competencias críticas en ingeniería mecatrónica.

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones para la enseñanza de ecuaciones diferenciales en las clases de mecatrónica. La evidencia sugiere que Khan Academy puede ser integrado eficazmente en el plan de estudios al utilizarlo como un recurso complementario que permita a los estudiantes aprender a su propio ritmo. Esta personalización del aprendizaje puede abordar diversas necesidades y estilos de aprendizaje, lo que es esencial en un campo técnico como la mecatrónica, donde los conceptos pueden ser complejos (Shute & Rahimi, 2017).

La integración de Khan Academy no solo mejora el rendimiento académico, sino que también fortalece la motivación de los estudiantes. Las encuestas post-estudio indican que el 80% de los participantes se sintieron más motivados para aprender y el 75% reportaron una mejor comprensión de los conceptos. Esta correlación entre el uso de recursos digitales y la motivación ha sido documentada en la literatura educativa; por ejemplo, un estudio realizado por Deci & Ryan (2000) destaca que la autonomía en el aprendizaje, facilitada por plataformas como Khan Academy, está asociada con mayores niveles de motivación intrínseca.

A pesar de los resultados positivos, se requiere considerar las limitaciones del estudio. Una limitación clave es el tamaño reducido de la muestra, que limita la generalización de los hallazgos. Con una muestra de 30 estudiantes, dentro de un único curso de mecatrónica, los resultados podrían no ser representativos de una población más amplia u otras disciplinas.

Para futuras investigaciones, sería valioso realizar estudios con muestras más significativas y en diferentes contextos educativos para validar y ampliar los hallazgos del estudio. También se sugiere investigar los efectos a largo plazo del uso de Khan Academy en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales y otras áreas temáticas. La exploración de cómo optimizar las estrategias de enseñanza y aprendizaje para maximizar el impacto de Khan Academy en el rendimiento académico de los estudiantes es también un área que merece atención (Hattie, 2009).

CONCLUSIÓN

Este estudio ha puesto de relieve la eficacia de Khan Academy como recurso complementario en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en el contexto de la mecatrónica. Los hallazgos indican una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes, evidenciada tanto en las evaluaciones teóricas como en la

aplicación práctica de los conceptos aprendidos en el diseño y operación de un robot. Esto resalta la importancia de integrar herramientas educativas innovadoras como Khan Academy en la enseñanza de disciplinas STEM. Asimismo, se sugiere que la implementación de Khan Academy no solo facilita la comprensión de conceptos matemáticos complejos, sino que también promueve la aplicación práctica de estos conocimientos en situaciones del mundo real. Esto es particularmente relevante en el campo de la ingeniería, donde la capacidad de traducir teoría en práctica resulta esencial.

Los hallazgos tienen implicaciones significativas para la enseñanza de ecuaciones diferenciales en las clases de mecatrónica y sugieren que plataformas educativas como Khan Academy pueden ser efectivas en otros contextos educativos. La mejora observada en el rendimiento académico de los estudiantes, reflejada en un aumento promedio del 25% en las puntuaciones de las evaluaciones teóricas y una mejora del 30% en las evaluaciones prácticas, demuestra la efectividad de esta herramienta como recurso complementario.

El análisis estadístico mostró una reducción significativa en la variabilidad de las puntuaciones de los estudiantes después de la implementación de Khan Academy, lo que sugiere que esta plataforma no solo beneficia a los estudiantes con mayor rendimiento, sino que también ayuda a nivelar el campo de juego para aquellos con dificultades. Esta reducción en la brecha de rendimiento académico es un indicador de que Khan Academy puede enriquecer la experiencia de aprendizaje al proporcionar recursos accesibles y adaptativos que responden a las necesidades individuales de los estudiantes.

La capacidad de Khan Academy para facilitar la aplicación práctica de los conceptos aprendidos también se

evidenció en la evaluación de proyectos donde los estudiantes aplicaron ecuaciones diferenciales en el diseño y operación de un robot. Los resultados indicaron que el 85% de los estudiantes reportaron una comprensión más profunda de los conceptos teóricos, lo que refuerza la idea de que el aprendizaje práctico y contextualizado es fundamental para la educación en ingeniería.

Esto subraya la importancia de utilizar herramientas educativas innovadoras, no solo para mejorar el dominio académico, sino también para preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos futuros en sus carreras. La integración de plataformas digitales en la enseñanza de materias complejas puede ser clave para fomentar una educación más inclusiva y efectiva, contribuyendo así a formar profesionales competentes y adaptables en el campo de la ingeniería y la tecnología. Al respecto, se destaca que las experiencias prácticas permiten consolidar los conocimientos teóricos, mejorando significativamente las habilidades estudiantiles frente a los desafíos que genera la industria actual.

Mediante un proceso de personalización de los aprendizajes, Khan Academy conduce a los estudiantes a avanzar a su propio ritmo. Empero, al conectarse con lo digital, con un escenario más vinculante a su realidad, desarrolla en estos compromiso y disciplina, esenciales para las habilidades autodirigidas, o que fortalece la preparación para el futuro, para el desempeño profesional, para el manejo de entornos tecnológicos avanzados, conectándose a las demandas de la industria 4.0, que cada vez más exige la automatización y la presencia de ingenieros cualificados para esta labor.

El impacto de esta plataforma reside en los beneficios para los estudiantes, lo que la convierte en una herramienta digital inclusiva, adaptable, de transformación socioeducati-

va y en un nuevo campo de encuentro estudiantil. El uso de esta y otras plataformas similares, pueden influir en la modificación de políticas educativas, exigiendo que la renovación curricular se conecte con el siglo XXI, impulsando la aplicación práctica de los conocimientos y el pensamiento crítico, esenciales para los ingenieros del futuro.

Tomando en consideración estos argumentos, se recomiendan los siguientes aspectos para maximizar el impacto social de Khan Academy en la enseñanza de la mecatrónica y en la formación profesional de la ingeniería:

- Aplicar estas herramientas no solo para impartir conocimientos teóricos, sino también para proporcionar oportunidades prácticas que refuercen la relevancia de los conceptos aprendidos. Esto incluye el diseño de proyectos y actividades prácticas, como la creación y operación de robots, fomentando una comprensión más profunda y duradera de lo aprendido
- Desarrollar un marco pedagógico que guíe a los educadores en la selección y adaptación de contenidos de Khan Academy, así como en la creación de actividades que complementen las lecciones teóricas con aplicaciones prácticas
- Implementar grupos de estudio, sesiones de retroalimentación y tutorías centradas en el uso de la plataforma, con el objetivo de maximizar su impacto en el rendimiento académico y la comprensión de los estudiantes.
- Incorpora al currículo, de manera progresiva y complementaria, KhanAcademy, de modo que los cursos de

mecatrónica, matemáticas y cálculo avanzado, pudieran enriquecerse con la conexión a plataformas digitales y a la resolución de problemas prácticos.

- Fomentar el aprendizaje autodirigido, con la finalidad de que los estudiantes utilicen Khan Academy para adquirir responsabilidad en seguimiento de su progreso estudiantil.
- Monitorear el progreso de esta herramienta, así como del avance diario de los estudiantes, estableciendo una retroalimentación constante entre las necesidades individuales y grupales, optimizando el aprendizaje.
- Ampliar el uso de esta herramienta educativa a otros contextos educativos, que requieran diversos niveles de preparación y participación, dando muestra del dominio práctico de los conocimientos adquiridos.

Finalmente, se destaca que el uso de Khan Academy puede transformar la enseñanza de ecuaciones diferenciales y otras disciplinas matemáticas en el ámbito de la mecatrónica, contribuyendo así a la formación de profesionales más preparados y competentes en el campo de la ingeniería y la tecnología.

REFERENCIAS

Alvarado, J. (2023). Filosofía, investigación y educación: Relaciones e implicaciones en el contexto actual. *Encuentro Educativo*, 30(1), 277-287. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8105125>

Baker, R. S., Martin, T., & Rossi, L. M. (2016). Educational data mining and learning analytics. *The Wiley handbook of cognition and assessment: Frameworks, methodologies,*

and applications, 379-396.

Baque, B. I.; Marcillo, K. G.; Cedeno, J. A. & Gutiérrez, J. L. (2022). La mecatrónica y su importancia en la sociedad. *Journal TechInnovation*, 1(1), 46-54. <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n1.2022.46-54>

Bernabé, I. R. T. (2019). El poder de Khan Academy en el aprendizaje de las Matemáticas en el CONALEP. *Revista RedCA*, 1(3), 120-142.

Bolton, W. (2013). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. Editorial Alfaomega, México.

Cardona, L. A. L., & Rodriguez, K. N. C. (2021). Khan Academy como herramienta en el aprendizaje de las matemáticas y la programación. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 14(1), 225-250.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268.

Díaz, K.; Palacios, L. & Borrego, C. (2024). Educación inclusiva: de las consideraciones teóricas a la praxis social. *Clío. Revista de Historia, Ciencias Humanas y Pensamiento Crítico*, (8), 152-168. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12598876>

Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.

Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. Berrett-Koehler Publishers.

Lara, O. (2023). Impacto de la autorregulación del aprendizaje Khan Academy en el rendimiento académico. *Tesis Doctoral. Doctorado en Psicología con Orientación en Psicología y Educación*. Universidad Autónoma de Nuevo León. [http://eprints.uanl.](http://eprints.uanl.mx/25487/1/1080328836.pdf)

[mx/25487/1/1080328836.pdf](http://eprints.uanl.mx/25487/1/1080328836.pdf)

Lasso, L. A., & Conde, K. N. (2021). Khan Academy como herramienta en el aprendizaje de las matemáticas y la programación. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 14(1), 225-250. <https://doi.org/10.15332/25005421.5777>

Ochoa, M. I. R., & Brito, J. J. V. (2016). Desarrollo de habilidades matemáticas en estudiantes normalistas mediante Khan Academy. *Revista Ra Ximhai*, 12(6), 285-293.

OECD. (2016). *Education in Colombia. Reviews of National Policies for Education*. París: OECD. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/9789264250604-en>

OpenAI. (2024). Representación visual de mecatrónica y Khan Academy [Ilustración]. ChatGPT.

Ortiz, E., Santos, J. y Marín, S. (2020). Evaluación continua en la enseñanza universitaria de la contabilidad. *Revista de Investigación Educativa*, 38(1), 109-129. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/rie.329781>

Ramírez, N.; Laguna, M.; & Rubín, N. (2024). El Bigdata y la Mecatrónica en la Industria 4.0. *Enpodishango Na-Tha-Hi: Divulgación Científica en la Región Laja-Bajo*, Vol. 1, Núm. 1, 1-5. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/nathahi/article/view/3615/2587>

Rumiche, R., Matas, A. y Ríos, J. (2020). Competencias digitales de estudiantes de la Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo (Perú). *Revista Espacios*, 41(9), art. 18. Recuperado de <https://bit.ly/3bi-y3Nq>

Shigley, J., & Uicker, J. (2019). *Teoría de máquinas y mecanismos*. McGraw-Hill Education.

Shute, V. J., & Rahimi, S. (2017). Formative assessment and adaptive learning. In *Handbook of Formative Assessment in the Disciplines* (pp.

131-148). Routledge.

Tapia, I. (2018). El poder de Khan Academy en el aprendizaje de las Matemáticas en el CONALEP. *Revista RedCA*, Vol. 1, Núm. 3, 120-142. <https://revistaredca.uaemex.mx/article/view/12129>.

Valbuena, S., Muñiz, L. y Berrío, J. (2020). El rol del docente en la argumentación matemática de estudiantes para la resolución de problemas. *Revista Espacios*, 41(9), art. 15. Recuperado de <https://bit.ly/2VPFdIV>

Vélez, E.; Bucaran, C. & García, G. (2024). El Khan Academy como estrategia digital para el desarrollo del pensamiento matemático. *Revista San Gregorio*, 1(58), 40-45. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i58.2739>

Worthen, B. D., Sipps, G. J., & Moiddudin, E. (2020). Khan Academy as a Professional Learning Tool for Mathematics Educators. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 20(3), 70-84.