

Percepción y Aceptación del B-Learning en Matemáticas para Ingeniería por Estudiantes: Un Enfoque Basado en TAM

Students' Perception and Acceptance of B-Learning in Engineering Mathematics: A TAM-Based Approach

  Elia Trejo Trejo¹

  Natalia Trejo Trejo¹

¹ Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, Hidalgo, México

Fecha de recepción: 24.11.2023

Fecha de aprobación: 19.01.2024

Fecha de publicación: 30.06.2024

Cómo citar: Trejo Trejo, E., Trejo Trejo, N. (2024). Percepción y Aceptación del B-Learning en Matemáticas para Ingeniería por Estudiantes: Un Enfoque Basado en TAM. *Eduser* 12 (3), 63-80. <https://doi.org/10.18050/eduser.v11n1a6>

Autor de correspondencia: Elia Trejo Trejo

Resumen

Este estudio explora la aceptación del b-learning en clases de matemáticas para estudiantes de ingeniería, utilizando el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) como marco teórico. Con una muestra de 153 estudiantes de una universidad tecnológica en México, se evaluaron constructos clave como la Utilidad Percibida (PU), la Facilidad de Uso Percibida (PEOU), la Influencia Social (SI), la Facilidad de Condiciones (FC), la Actitud hacia el Uso (AT) y la Intención de Uso (BI). Los resultados mostraron que el TAM es un predictor fiable de la aceptación del b-learning, con un índice de fiabilidad del instrumento de $\alpha = 0.9$, lo que respalda su capacidad para identificar las variables que influyen en la adopción de esta modalidad educativa. El análisis reveló que la actitud hacia el b-learning es un determinante significativo de la intención de aprender matemáticas mediante este método, mientras que la influencia social, aunque relevante, no mostró una relación directa con la actitud hacia el aprendizaje. La facilidad de condiciones, incluyendo el acceso a internet y el apoyo docente, influyó positivamente en la percepción de utilidad y facilidad de uso del b-learning. Estos hallazgos subrayan la importancia de garantizar recursos tecnológicos adecuados y apoyo institucional para maximizar la eficacia del b-learning en la enseñanza de matemáticas. Se sugiere que futuras investigaciones exploren otras variables predictoras no consideradas en este estudio para un análisis más completo del TAM en contextos educativos.

Palabras clave: b-learning; TAM; educación matemática; ingeniería; aceptación tecnológica.

Abstract

This study investigates the acceptance of b-learning in mathematics courses for engineering students, utilizing the Technology Acceptance Model (TAM) as the theoretical framework. A sample of 153 students from a technological university in Mexico was analyzed, focusing on key constructs such as Perceived Usefulness (PU), Perceived Ease of Use (PEOU), Social Influence (SI), Facilitating Conditions (FC), Attitude Toward Use (AT), and Behavioral Intention (BI). The results demonstrate that TAM is a reliable predictor of b-learning acceptance, with an instrument reliability index of $\alpha = 0.9$, supporting its capacity to identify the variables influencing the adoption of this educational modality. The analysis revealed that students' attitude toward b-learning is a significant determinant of their intention to learn mathematics through this method, while social influence, although relevant, did not show a direct relationship with their attitude toward learning. Facilitating conditions, including internet access and instructor support, positively impacted the perceived usefulness and ease of use of b-learning. These findings highlight the importance of ensuring adequate technological resources and institutional support to maximize the effectiveness of b-learning in mathematics education. Future research is recommended to explore additional predictive variables not considered in this study, for a more comprehensive analysis of TAM in educational contexts.

Keywords: b-learning; TAM; mathematics education; engineering; technology acceptance.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la educación matemática ha sido fundamental para el desarrollo de capacidades cognitivas avanzadas y la solución de problemas complejos. Sin embargo, la pandemia de COVID-19 ha provocado cambios profundos en la metodología educativa, acelerando la adopción de la enseñanza a distancia (Area et al., 2020; García, 2021). En el ámbito universitario, surge la necesidad de capitalizar esta experiencia reciente, utilizando la creciente aceptación social de la educación remota para integrar la tecnología de manera efectiva en la enseñanza de las matemáticas, particularmente a través del b-learning (Apaza, 2022; Fera et al., 2023; Marín et al., 2023).

El b-learning, que combina la enseñanza presencial con la utilización de plataformas en línea (Núñez-Barriopedro et al., 2019; López et al., 2019; Lagos et al., 2020), se presenta como una herramienta crucial en la adaptación de la enseñanza matemática a las demandas contemporáneas. No obstante, es necesario investigar su aceptación y efectividad en el contexto específico de los programas de ingeniería, donde la integración tecnológica puede tener implicaciones significativas en los resultados de aprendizaje.

Este estudio se propone examinar la percepción de los estudiantes de ingeniería respecto al b-learning en el contexto de las matemáticas, con la finalidad de desarrollar un modelo de aceptación adaptado a esta disciplina, utilizando el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) como marco conceptual. La relevancia de esta investigación reside en la necesidad de enfrentar los retos asociados con la enseñanza de matemáticas en la era digital, asegurando que el b-learning no solo se incorpore adecuadamente, sino que también potencie la calidad educativa de los estudiantes de ingeniería.

A través de este análisis, el estudio aporta al conocimiento de los factores que influyen en la aceptación del b-learning en matemáticas, sentando las bases para la mejora continua de las estrategias pedagógicas en esta área. La discusión detallada de la metodología empleada, los resultados obtenidos y las implicaciones pedagógicas se desarrolla a lo largo del artículo,

con el fin de fomentar el avance del diálogo académico en torno a la educación matemática en un contexto digitalizado en constante evolución.

Blended learning o aprendizaje mixto

El aprendizaje mixto, combinado o blended learning (b-learning), fusiona la instrucción presencial con la educación a distancia a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para optimizar los procesos educativos (Abubakar et al., 2020; Celada et al., 2023). Desde sus inicios en la década de 1980, cuando las TIC comenzaron a integrarse en el ámbito educativo, el b-learning ha evolucionado significativamente y se ha consolidado como una modalidad educativa de adopción global (Romero, 2018).

Estudios recientes han destacado numerosas ventajas, resaltando la flexibilidad que ofrece para acceder a los contenidos educativos en cualquier momento y lugar, adaptándose así a los horarios y necesidades individuales de los estudiantes, y promoviendo además una mayor interacción y colaboración entre profesores y alumnos (Abubakar et al., 2020; Celada et al., 2023).

En el contexto de la enseñanza de las matemáticas, López et al. (2022), Suárez et al. (2022), y Sánchez et al. (2023) han demostrado que el b-learning facilita la visualización y dinamización de conceptos matemáticos, lo que contribuye a una comprensión más profunda y sólida de los mismos. Terán (2019) resalta la elevada aceptación del b-learning entre los estudiantes, enfatizando el valor de las evaluaciones en línea con retroalimentación inmediata, lo que no solo mejora el proceso de aprendizaje, sino que también favorece la socialización del conocimiento.

Reconociendo estas ventajas, en la presente investigación se ha implementado el b-learning en la enseñanza de matemáticas dentro de un programa de ingeniería, con el propósito de potenciar los procesos de aprendizaje entre los estudiantes. Esta integración se justifica por la necesidad de innovar y mejorar la enseñanza de matemáticas en carreras de ingeniería, utilizando herramientas tecnológicas que permitan a los estudiantes alcanzar un nivel de comprensión más elevado y aplicar los conocimientos de manera efectiva en su futura práctica profesional.

Modelo de Aceptación de la Tecnología

Este estudio se fundamenta en el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) propuesto por Davis, el cual se deriva de la Teoría de la Acción Razonada (TRA) desarrollada por Fishbein y Ajzen (1975). Siguiendo la línea de investigación de Abreu et al. (2019), Ajzen (2020) y Suárez et al. (2023), esta teoría sostiene que la ejecución de una acción está condicionada por la intención, la cual se forma a partir de la actitud del individuo hacia la acción y la norma subjetiva. Según Liao et al. (2018), la norma subjetiva se refiere a la percepción del individuo sobre la relevancia de una acción, influenciada por las opiniones de los demás.

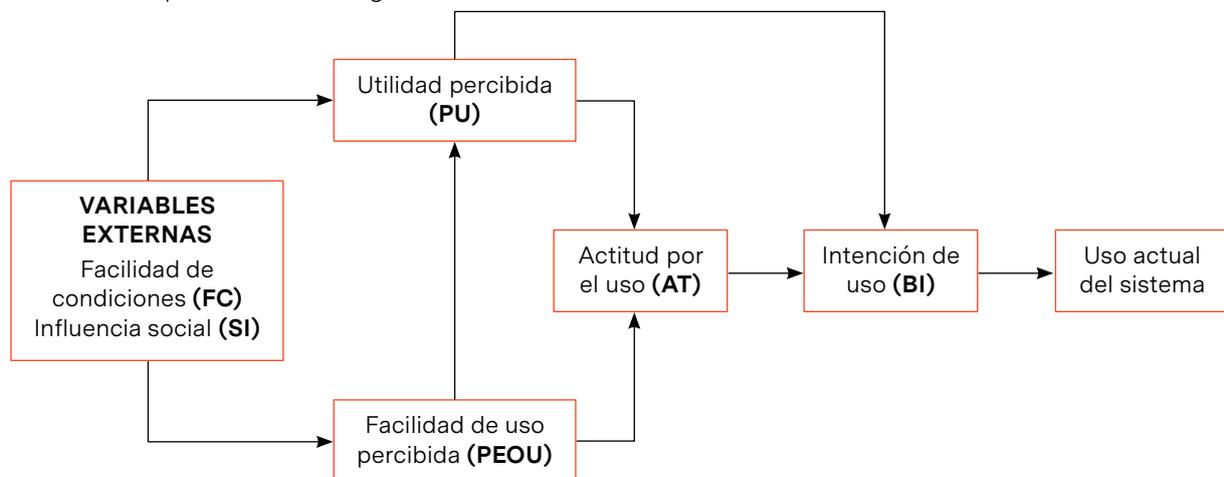
El TAM, tal como fue conceptualizado por Davis (1989), no solo evalúa la predisposición de una sociedad para adoptar innovaciones tecnológicas, sino que también identifica las expectativas colectivas respecto a los beneficios potenciales que dichas tecnologías pueden

ofrecer. Los constructos clave del modelo incluyen la Utilidad Percibida (PU), que se refiere a la creencia de que el uso de una tecnología mejorará el rendimiento en el trabajo, y la Facilidad de Uso Percibida (PEOU), que alude a la percepción de que la tecnología requiere un esfuerzo mínimo tanto físico como mental para su utilización.

El modelo TAM, representado en la Figura 1, introduce variables observables como la Intención de Uso (BI), la cual está influenciada directamente por la Actitud hacia el Uso (AT). Tanto la Utilidad Percibida (PU) como la Facilidad de Uso Percibida (PEOU) influyen conjuntamente en la Actitud hacia el Uso, destacando que la Facilidad de Uso Percibida impacta de manera directa en la Utilidad Percibida. Este vínculo respalda la idea de que los usuarios tienden a desarrollar una actitud favorable hacia la tecnología cuando la perciben como útil y sencilla de utilizar (Davis, 1989; Lazim et al., 2021; Han et al., 2022; Rad et al., 2022).

Figura 1

Modelo de aceptación tecnológica.



Nota: Adaptado de Davis (1989).

Este modelo teórico incorpora la influencia de factores como la facilidad de condiciones (FC) y la influencia social (SI), tal como se establece en la Teoría de la Acción Razonada (TRA) propuesta por Fishbein y Ajzen (1975). Según Venkatesh y Davis (2000) y Guy (2020), la percepción de utilidad de una tecnología está directamente relacionada con su facilidad de uso, lo que sugiere que una mayor simplicidad en el manejo de la tecnología incrementa su utilidad percibida. No obstante, como subrayan Malatji et

al. (2020), Nadlifatin et al. (2020), y Martín et al. (2022), la aplicación del Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) requiere una adaptación y conceptualización específicas para cada contexto de investigación.

Diversos estudios, como los realizados por Granić y Marangunić (2019) y Zhang et al. (2020), han demostrado la eficacia del TAM en investigaciones educativas, particularmente en la predicción de la aceptación y el uso de tecnologías educativas.

Sin embargo, es relevante señalar que gran parte de estas investigaciones se han llevado a cabo en contextos asiáticos, con un enfoque predominante en estudiantes universitarios, tal como lo confirman los hallazgos de Rosli et al. (2022).

METODOLOGÍA

Este estudio empleó un enfoque documental, descriptivo y explicativo (Cerrón, 2019; Maturrano, 2020) con el objetivo de identificar las dimensiones que influyen en la aceptación de la estrategia didáctica de b-learning en las clases de matemáticas impartidas en el nivel superior en una carrera de ingeniería. La investigación se sustenta en la adaptación del Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM), originalmente propuesto por Davis (1989), para predecir la percepción de los estudiantes en relación con la incorporación del b-learning en las clases de matemáticas impartidas en ingeniería. El diseño metodológico permitió la formulación de relaciones hipotéticas entre los diferentes constructos del modelo y el desarrollo de hipótesis que validan y sustentan su aplicación.

Muestra

La población objetivo de este estudio incluyó a 153 estudiantes matriculados en un programa

de ingeniería ofertado por una Universidad Tecnológica Mexicana. Los participantes estaban cursando alguna de las siguientes asignaturas: Álgebra Lineal, Cálculo Integral o Matemáticas para Ingeniería I. En términos de género, el 58% de los participantes fueron mujeres, mientras que el resto hombres; con edades que oscilaron entre los 17 y los 22 años ($M=19.3$; $DT=2.18$). El muestreo fue no probabilístico, la selección de la muestra se realizó mediante un muestreo por conveniencia (Hernández et al., 2018 y Hernández y Carpio, 2019), es decir, se incluyeron las respuestas de aquellos estudiantes que participaron en el instrumento administrado. El instrumento se puso a disposición de la población de referencia en su modalidad en línea.

Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, se diseñó un cuestionario adaptado a las especificidades de esta investigación, basado en el modelo TAM y en recomendaciones metodológicas de Davis (1989), Bandura (1986) y Ajzen (1991). El cuestionario consistió en 17 ítems, cada uno de los cuales se asoció con uno de los constructos en estudio (PU, PEOU, SI, FC, AT, BI). Estos ítems fueron evaluados mediante una escala Likert de cinco puntos, que varía desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”. La fiabilidad del instrumento fue medida utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, para asegurar la consistencia interna de las respuestas.

Tabla 1

Constructos del modelo TAM para predecir la percepción de los estudiantes ante el uso de b-learning en las clases de matemáticas.

Nombre de la prueba	Características
Utilidad percibida (PU)	PU1: Estudiar matemáticas mediante el b-learning es más sencillo que de forma tradicional.
	PU2: Para estudiar matemáticas con el b-learning y obtener buenos resultados se debe estudiar más que estudiando de forma tradicional.
	PU3: Para obtener buenas notas en matemáticas con b-learning es suficiente con hacer los trabajos en tiempo y forma.
	PU4: Encuentro útil en b-learning en las clases de matemáticas para seguir aprendiendo.
Facilidad de uso percibida (PEOU)	PEOU1: Me ha resultado sencillo adoptar el b-learning en clases de matemáticas durante mi formación profesional.
	PEOU2: Todas las aplicaciones utilizadas en el b-learning para el estudio de las matemáticas me han resultado sencillas de usar.

	SI1: He recibido apoyo de parte de mi docente para el uso de las aplicaciones usadas y en caso de dudas sobre los temas analizados en matemáticas.
Influencia Social (SI)	SI2: He recibido apoyo de parte de mi familia para estudiar matemáticas mediante el b-learning.
	SI3: He recibido apoyo de la Universidad para utilizar el b.learning en el aprendizaje de las matemáticas.
Facilidad de condiciones (FC)	FC1: He tenido condiciones de internet (conectividad, disponibilidad) para mis actividades de b-learning.
	FC2: El docente ha generado las condiciones propicias para aprender matemáticas (uso de aplicaciones, videos, herramientas, software, solución de dudas, etc.,) mediante el b-learning.
Actitud por el uso (AT)	AT1: Estudiar matemáticas a través del b-learning me ha resultado interesante y cuento con las habilidades y competencias necesarias para adquirir nuevos conocimientos en esta modalidad.
	AT2: En más de una ocasión he querido abandonar la universidad, estudiar matemáticas a través del b-learning no me resulta útil.
	AT3: Estudiar matemáticas de forma remota es una oportunidad para poner en práctica todas mis habilidades técnico-profesionales y adquirir nuevas.
Intención de uso (BI)	BI1: Después de esta experiencia de aprendizaje con el b-learning para aprender matemáticas, considero que puedo estudiar cualquier cosa en esta modalidad.
	BI2: Aprender matemática mediante el b-learning no es para mí, prefiero estudiar de forma presencial.
	BI3: En mi siguiente curso de matemáticas me gustaría que se incorpore el b-learning.

Nota: Adaptado de Davis (1989).

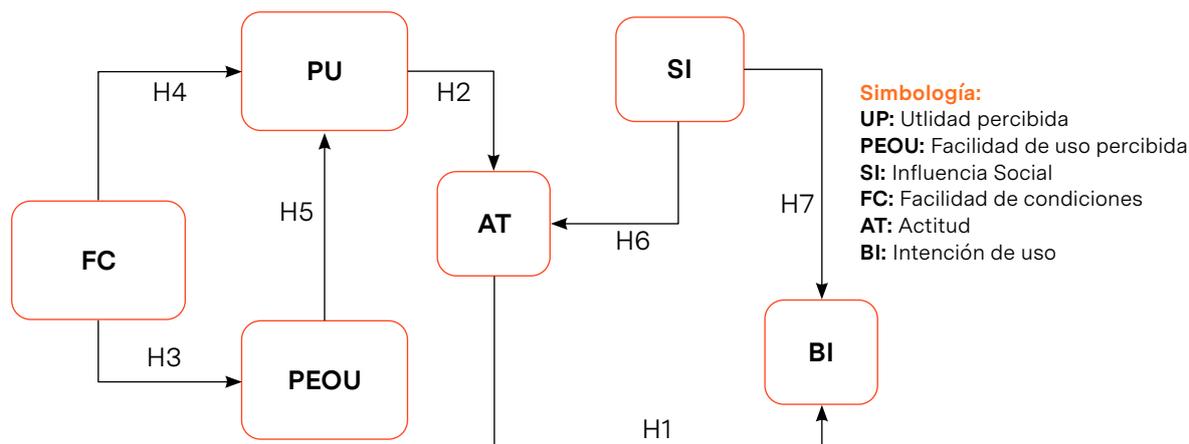
PROCEDIMIENTO

A partir del modelo original del TAM propuesto por Davis (1989) y tras realizar las adecuaciones necesarias para esta investigación, se propone un modelo que facilita la predicción

de la percepción de los estudiantes ante la incorporación del b-learning en las clases de matemáticas para ingeniería (MAb-L) (Figura 2) con lo que se establecieron relaciones hipotéticas entre los diversos constructos del modelo y se desarrollaron las hipótesis correspondientes, lo que permitió su validación y posterior aplicación.

Figura 2

Adecuación del TAM para clases de matemática con b-learning (MAb-L)



Hipótesis del modelo de aceptación del e-learning en clases de matemáticas en ingeniería

H1. Se establece una relación causal entre la actitud (AT) y la intención de aprender matemáticas mediante el método de aprendizaje combinado (b-learning).

H2. Se identifica una relación causal entre la utilidad percibida (PU) y la actitud hacia el aprendizaje de matemáticas a través del método de aprendizaje combinado (b-learning).

H3. Se establece una relación causal entre la facilidad de condiciones (FC) y la utilidad percibida de las clases de matemáticas con la implementación del método de aprendizaje combinado (b-learning).

H4. Se evidencia una relación causal entre la facilidad de condiciones (FC) y la percepción de facilidad de uso de las clases de matemáticas con la utilización del método de aprendizaje combinado (b-learning).

H5. Se confirma una relación causal entre la percepción de facilidad de uso percibida (PEOU) y la utilidad percibida para recibir clases de matemáticas utilizando el método de aprendizaje combinado (b-learning).

H6. Se establece una relación causal entre la influencia social (SI) y la actitud hacia el estudio de matemáticas en el marco del método de aprendizaje combinado (b-learning).

H7. Se identifica una relación causal entre la influencia social (SI) y la intención de estudiar matemáticas utilizando el método de aprendizaje combinado (b-learning).

El cuestionario diseñado para evaluar la aceptación del b-learning por parte de los estudiantes fue administrado de manera digital. Previo a su implementación, se llevó a cabo un análisis de fiabilidad utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach. Las correlaciones con valores entre 0.8 y 1 se consideraron adecuadas, mientras que aquellas inferiores a 0.7 se interpretaron como indicativas de una fiabilidad insuficiente, según las recomendaciones de Mateo (2004) y O'Dwyer y Bernauer (2014). Además, se realizó un análisis factorial exploratorio (AFE) para evaluar la necesidad de conservar o excluir variables observables. Posteriormente, se aplicó un análisis factorial confirmatorio (AFC) siguiendo las directrices de Fornell y Boostein (1982), lo que permitió establecer un modelo estructural validado.

Finalmente, para analizar la percepción de las y los estudiantes sobre el uso del b-learning en clases de matemáticas para ingeniería, se llevaron a cabo análisis descriptivos utilizando

frecuencias relativas porcentuales. Además, se aplicó la prueba t de Student para contrastar las hipótesis, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, siguiendo las directrices de Fornell y Boostein (1982). El análisis de los datos recolectados se realizó utilizando el software estadístico SPSS versión 26, lo que proporcionó un enfoque robusto y preciso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados del estudio, centrados en la validación del modelo de aceptación del b-learning en clases de matemáticas para ingeniería (MAb-L). Se detallan los análisis de fiabilidad y estructura del modelo, obtenidos mediante el Alfa de Cronbach y el análisis factorial, para evaluar la precisión de las variables y constructos en relación con la percepción estudiantil sobre el b-learning.

Validación del modelo

Para validar la confiabilidad del modelo de aceptación del b-learning en las clases de matemáticas de ingeniería (MAb-L), se calculó el valor del Alfa de Cronbach, el cual en cada uno de los constructos evaluados fue mayor de 0.9 (Tabla 2). Este resultado indica una excelente consistencia interna de los ítems del cuestionario, en concordancia con lo señalado por Mateo (2004) y O'Dwyer y Bernauer (2014). La confiabilidad total del cuestionario alcanzó un valor de $\alpha = 0.989$,

lo que respalda la fiabilidad del MAb-L como herramienta para evaluar la percepción de los estudiantes sobre la incorporación del b-learning en clases de matemáticas para ingeniería (Granic y Maarangucic, 2019; Abreu et al., 2019; Han et al., 2022). Estos resultados fortalecen la validez del MAb-L y proporcionan una base sólida para la interpretación de datos, en consonancia con investigaciones previas (Rad et al., 2022; Rosli et al., 2022; Zhang et al., 2020).

Tabla 2

Prueba de validez de las variables o constructos de la investigación.

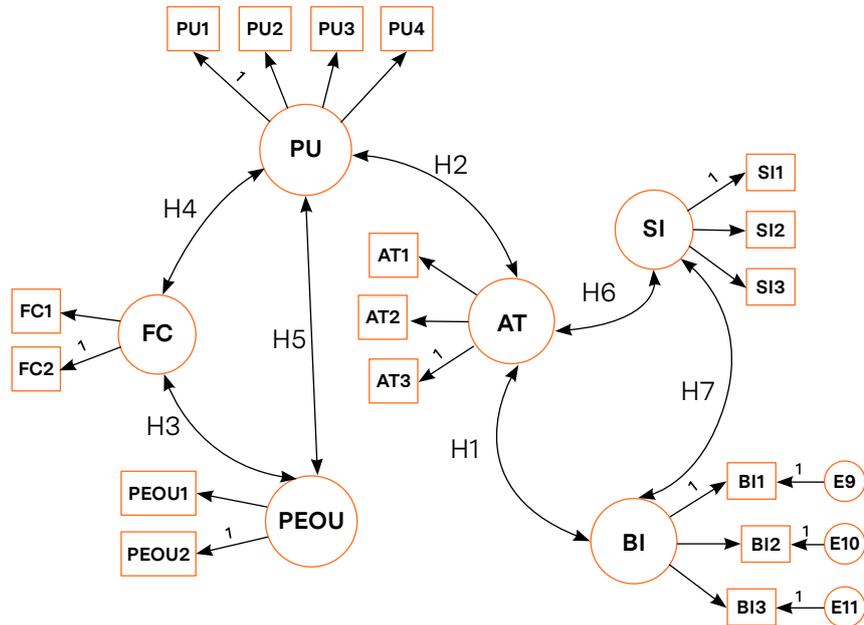
Constructo o variable	No. De ítems	Confiabilidad (Alfa de Cronbach) α
Utilidad percibida (PU)	4	0.937
Facilidad de uso percibida (PEOU)	2	0.928
Influencia Social (SI)	3	0.951
Facilidad de condiciones (FC)	2	0.939
Actitud por el uso (AT)	3	0.957
Intención de uso (BI)	3	0.981
Total	17	0.989

Al realizar el análisis factorial exploratorio (AFE), partiendo de la premisa de que la matriz de correlaciones es igual (hipótesis nula), es decir, que no existen factores en el modelo propuesto, se obtuvo un valor de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) de 0.907, lo que indica un ajuste excelente para el modelo. Asimismo, la prueba de esfericidad de Bartlett mostró significancia estadística, lo que permitió rechazar la hipótesis nula ($p < 0.05$; Chi cuadrada = 1363.712). Al evaluar la correlación ítem-total para determinar si la eliminación de algún ítem incrementaría la fiabilidad del instrumento, se concluyó que no era necesario eliminar ningún ítem. En otras palabras, se confirmó la necesidad de estructurar las variables en los seis grupos o factores propuestos (PU, PEOU, SI, FC, AT, BI), denominados variables latentes, según Davis (1989).

Durante el análisis factorial confirmatorio (Figura 3), se observó una fuerte correlación entre las variables observadas y sus respectivas variables latentes o constructos (Tabla 4). De acuerdo con Mateo (2004) y O'Dwyer y Bernauer (2014), se identificaron siete variables observables con una correlación positiva perfecta ($r=1$) y diez variables observables con una correlación positiva fuerte ($r > 0.5$). Estos resultados sugieren que el modelo se ajusta adecuadamente a las variables latentes del cuestionario, dado que el índice de ajuste confirmatorio alcanzó un valor de 0.965, con un valor de $p = 0.129$, lo que permite rechazar la hipótesis de igualdad entre el modelo obtenido y el estimado.

Figura 3

Modelo estructural validado para analizar la percepción de los estudiantes sobre las clases emergentes de matemáticas.



Hipótesis del modelo de aceptación del e-learning en clases de matemáticas en ingeniería

- H1.** Se establece una relación causal entre la actitud (AT) y la intención de aprender matemáticas en ingeniería mediante el método de aprendizaje combinado (b-learning).
- H2.** Se identifica una relación causal entre la utilidad percibida (PU) y la actitud hacia el aprendizaje de matemáticas en ingeniería a través del método de aprendizaje combinado (b-learning).
- H3.** Se establece una relación causal entre la facilidad de condiciones (FC) y la utilidad percibida de las clases de matemáticas de ingeniería con la implementación del método de aprendizaje combinado (b-learning).
- H4.** Se evidencia una relación causal entre la facilidad de condiciones (FC) y la percepción de facilidad de uso de las clases de matemáticas para ingeniería con la utilización del método de aprendizaje combinado (b-learning).
- H5.** Se confirma una relación causal entre la percepción de facilidad de uso percibida (PEOU) y la utilidad percibida para recibir clases de matemáticas para ingeniería utilizando el método de aprendizaje combinado (b-learning).
- H6.** Se establece una relación causal entre la influencia social (SI) y la actitud hacia el estudio de matemáticas para ingeniería en el marco del método de aprendizaje combinado (b-learning).
- H7.** Se identifica una relación causal entre la influencia social (SI) y la intención de estudiar matemáticas para ingeniería utilizando el método de aprendizaje combinado (b-learning).

Tabla 3

Prueba de validez de las variables o constructos de la investigación.

Constructo del modelo	Ítem	Correlación (r)
Utilidad percibida (PU)	PU1	1.00
	PU2	0.77
	PU3	0.92
	PU4	0.93

Facilidad de uso percibida (PEOU)	PEOU1	0.98
	PEOU2	1.00
Influencia Social (SI)	SI1	1.00
	SI2	1.20
	SI3	0.83
Facilidad de condiciones (FC)	FC1	1.11
	FC2	1.00
Actitud por el uso (AT)	AT1	0.81
	AT2	0.95
	AT3	1.00
Intención de uso (BI)	BI1	0.98
	BI2	0.93
	BI3	1.00

Resultados descriptivos y análisis de hipótesis

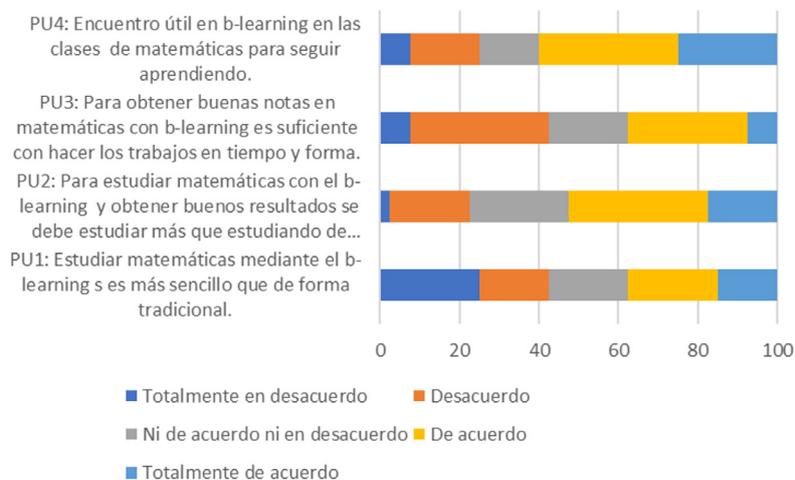
El análisis realizado tiene como objetivo evaluar las percepciones de las y los estudiantes de ingeniería sobre el uso del b-learning en clases de matemáticas, mediante la exploración de constructos clave como la Utilidad Percibida (UP), la Facilidad de Uso Percibida (PEOU), la Influencia Social (SI), la Facilidad de Condiciones (FC), la Actitud hacia el Uso (AT) y la Intención de Uso (BI).

Los principales hallazgos derivados de este análisis, los cuales ofrecen una visión integral de la aceptación y efectividad del b-learning en el contexto de la educación en matemáticas para estudiantes de ingeniería.

En la Figura 4 se presentan las frecuencias relativas de las cuatro variables observables asociadas al constructo Utilidad Percibida (UP). Los resultados revelan que el 25% de las y los estudiantes están totalmente en desacuerdo con la afirmación de que estudiar matemáticas mediante b-learning ha sido más sencillo en comparación con la modalidad presencial, mientras que un 22.5% considera que ha sido más sencillo. Además, el 35% de las y los estudiantes opina que el estudio en línea requiere una mayor dedicación, lo cual se traduce en mejores resultados académicos. Por otro lado, un 35% considera que no es suficiente con entregar los trabajos en tiempo y forma para mejorar sus calificaciones, mientras que el 60% señala que el b-learning en clases de matemáticas ha sido útil para continuar con su aprendizaje en esta área.

Figura 4

Frecuencia de las variables observables del constructo utilidad percibida (UP).

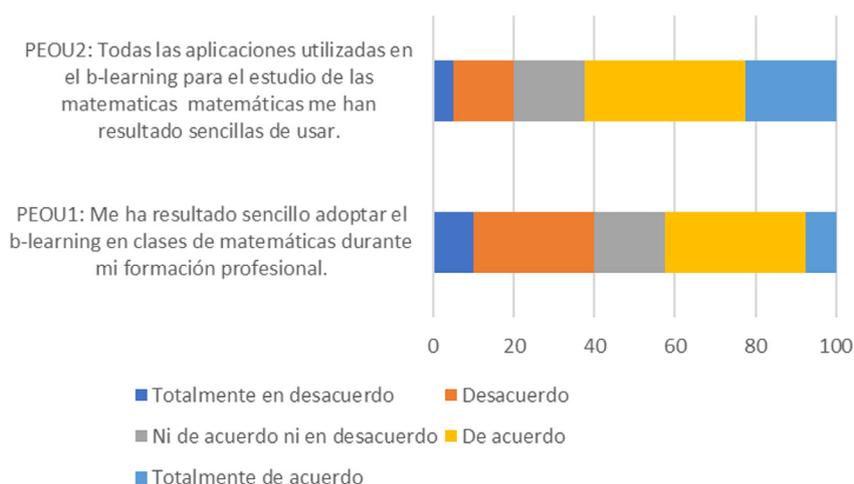


En relación con el constructo de Facilidad de Uso Percibida (PEOU), la Figura 5 muestra que el 35% de las y los estudiantes considera que estudiar matemáticas mediante b-learning ha sido sencillo, mientras que un 30% expresa una opinión contraria. Además, el 40% del

estudiantado indica que posee las habilidades necesarias para utilizar las aplicaciones requeridas para continuar con sus estudios de matemáticas en este entorno, a pesar de las dificultades inherentes a la asignatura.

Figura 5

Frecuencia de las variables observables del constructo facilidad de uso percibida (PEOU).

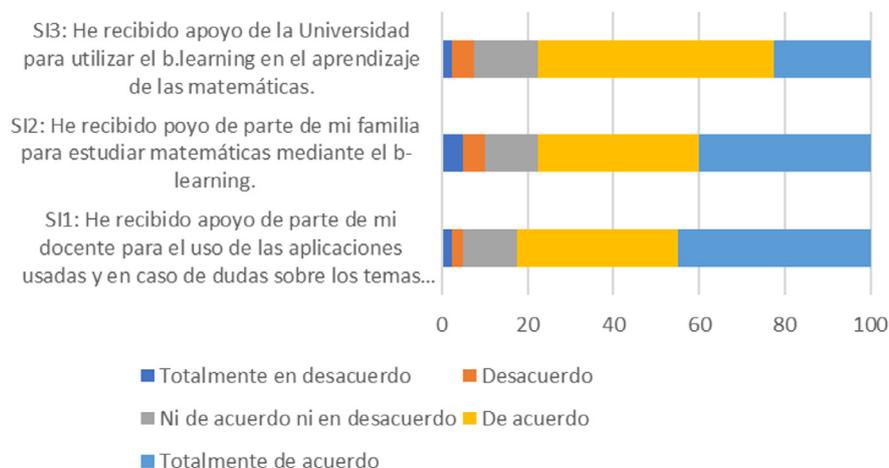


En cuanto al constructo de Influencia Social (SI), la Figura 6 revela que más del 70% de las y los estudiantes reportan haber recibido apoyo de sus docentes, familias y de la universidad para realizar sus estudios de matemáticas en la

modalidad de b-learning. Sin embargo, un 12% del estudiantado se muestra neutral, lo que sugiere que, para este grupo, dicho apoyo no influye de manera significativa en su interés por continuar estudiando matemáticas en esta modalidad.

Figura 6

Frecuencia de las variables observables del constructo influencia social (SI).

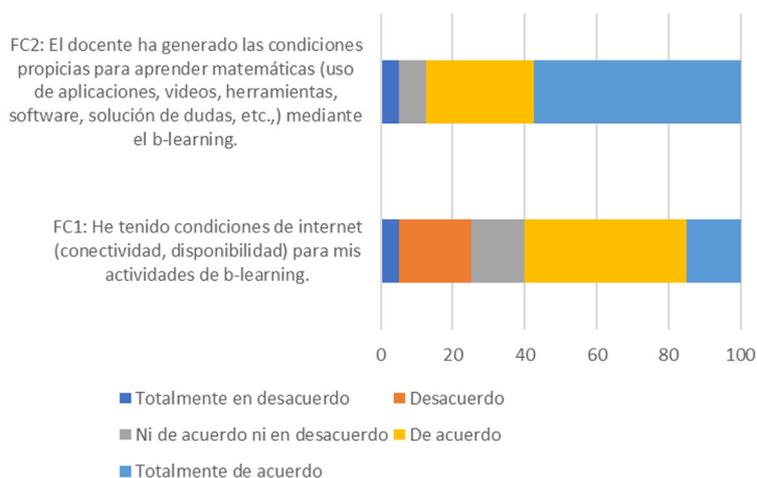


La Facilidad de Condiciones (FC) es un factor clave en la adopción del b-learning para las clases de matemáticas. La Figura 7 muestra que 6 de cada 10 estudiantes reportan tener acceso adecuado a internet, lo que, desde su

perspectiva, ha permitido a las y los docentes generar las condiciones propicias para continuar la enseñanza de matemáticas en una modalidad mixta.

Figura 7

Frecuencia de las variables observables del constructo facilidad de condiciones (FC).

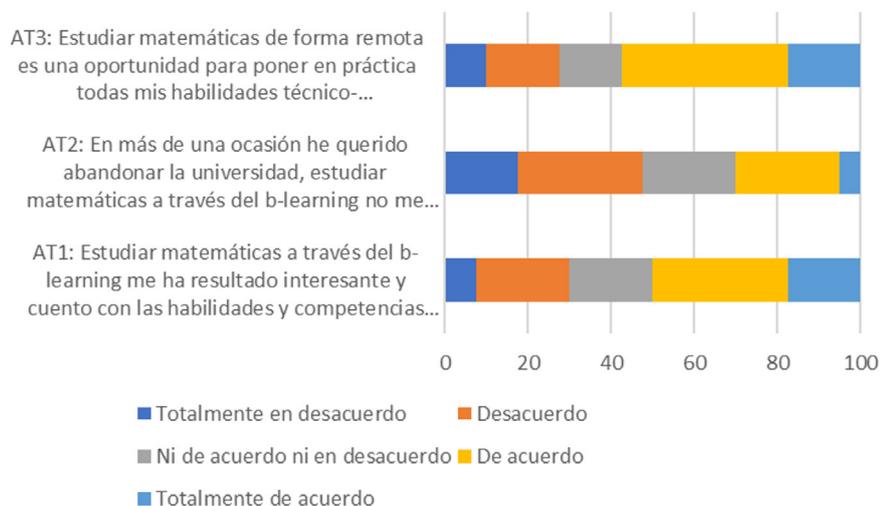


Respecto a la actitud hacia el uso (AT) de la tecnología en el contexto del b-learning para estudiar matemáticas, 57% de las y los estudiantes considera que esta estrategia les permite aplicar sus habilidades técnico-profesionales y adquirir nuevas competencias en el proceso, mientras que un 27% tiene una opinión contraria. Además, un 30% del estudiantado ha considerado abandonar sus estudios, ya que no encuentran

útil el estudio de las matemáticas en esta modalidad, frente a un 47% que sí lo considera útil. Finalmente, el 50% de los estudiantes reportan que la enseñanza de las matemáticas mediante b-learning les ha resultado interesante, y afirman tener las habilidades y competencias necesarias para seguir aprendiendo matemáticas con esta estrategia didáctica (Figura 8).

Figura 8

Frecuencia de las variables observables del constructo actitud por el uso (AT).

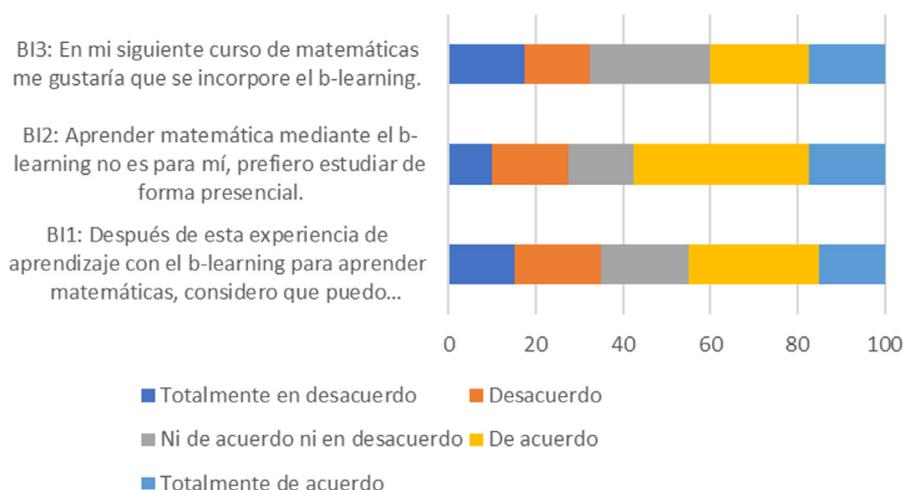


Finalmente, en la Figura 9 se analiza la Intención de Uso (BI) del b-learning tras la experiencia con las clases de matemáticas en esta modalidad. Un 45% de las y los estudiantes considera que podría realizar estudios en cualquier área utilizando el b-learning, mientras que un 35% se muestra en desacuerdo con esta posibilidad, y un 20% no define su postura. Es relevante señalar que el 57% prefiere estudiar

matemáticas de forma tradicional, mientras que solo un 27% afirma que le gustaría continuar bajo la modalidad de b-learning. Además, un 40% de las y los estudiantes considera factible la incorporación del b-learning para continuar su formación académica en matemáticas, mientras que un 32% no tiene la intención de utilizar esta modalidad en el futuro.

Figura 9

Frecuencia de las variables observables del constructo intención de uso (BI).



El análisis de las hipótesis del modelo MAb-learning se presenta en la Tabla 4, donde se observa que, de las siete hipótesis formuladas, solo dos fueron rechazadas con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. En primer lugar, se encontró que no existe una relación causal significativa entre la Utilidad Percibida del b-learning en clases de matemáticas para ingeniería y la actitud hacia el aprendizaje en esta modalidad (H2). Esto sugiere que, aunque las y los estudiantes perciben que el b-learning les permite continuar con su proceso de aprendizaje, esta percepción no influye directamente en su actitud hacia el aprendizaje de matemáticas en este formato.

Asimismo, se rechazó la hipótesis que postulaba una relación entre la influencia social y la actitud hacia el estudio de matemáticas mediante b-learning (H6). En otras palabras, contar con el apoyo de docentes, familiares y de la universidad no parece influir en la decisión del estudiantado de estudiar matemáticas en línea. Es necesario investigar en futuros estudios cuáles son los factores positivos que promueven una buena actitud hacia el estudio de matemáticas bajo esta modalidad.

Por otro lado, se aceptó la hipótesis que plantea una relación causal entre la actitud y la intención de aprender matemáticas en clases de b-learning (H1). Esto podría indicar que, cuando las y los estudiantes tienen acceso a recursos tecnológicos adecuados, especialmente a internet, perciben que estudiar matemáticas en esta modalidad es más factible.

La hipótesis H3, que establece una relación causal entre la facilidad de condiciones y la utilidad percibida del b-learning en clases de matemáticas, también fue aceptada. Esto significa que el acceso a internet y la creación de condiciones propicias por parte de las y los

docentes influyen directamente en la percepción de utilidad de esta modalidad educativa para continuar la formación en matemáticas.

De igual manera, la hipótesis H4 fue aceptada, estableciendo una relación causal entre la facilidad de condiciones y la facilidad de uso percibida del b-learning en matemáticas. Los resultados sugieren que el acceso a internet y el esfuerzo del docente tienen un impacto significativo en la percepción de que estudiar matemáticas a través de este medio es sencillo, lo que se refleja en mejores resultados académicos cuando se cumplen con las tareas en tiempo y forma.

La hipótesis H5, que postula que la habilidad de las y los estudiantes para adaptarse al b-learning mediante el uso de diversas aplicaciones contribuye a la utilidad percibida de esta modalidad de enseñanza, también fue aceptada. Finalmente, la hipótesis H7, que sugiere que el apoyo de padres, docentes y la universidad tiene una relación con la Intención de estudiar matemáticas mediante b-learning, fue igualmente aceptada.

Es importante destacar que la correlación entre las hipótesis aceptadas dentro del modelo propuesto (MAb-learning) oscila entre 0.86 y 0.91, lo que indica una fuerte relación según lo planteado por Mateo (2004) y O'Dwyer y Bernauer (2014). En particular, la H4 demuestra que la Facilidad de Condiciones para el b-learning en matemáticas (incluyendo conectividad y acceso a internet) influye en un 82.81% en la percepción de utilidad de este método para continuar el aprendizaje en esta área de conocimiento. Además, la Facilidad de Uso Percibida se explica en un 82.08% por la Utilidad Percibida por parte de las y los estudiantes de este método de enseñanza.

Tabla 3

Prueba de validez de las variables o constructos de la investigación.

Hipótesis	Media	Desviación estándar	Correlación	Significancia (p)	Decisión	
H1.	Actitud por el uso (AT)	3.150	1.227	0.868	0.045	Aceptada
	Intenciones de uso (BI)	3.417	1.345			

H2.	Utilidad percibida (PU)	3.008	1.149	0.714	0.531	Rechazada
	Actitud por el uso (AT)	3.150	1.227			
H3.	Facilidad de condiciones (FC)	3.863	1.111	0.886	0.018	Aceptada
	Utilidad percibida (PU)	3.087	1.182			
H4.	Facilidad de condiciones (FC)	3.862	1.111	0.911	0.000	Aceptada
	Facilidad de uso percibida (PEUO)	3.250	1.185			
H5.	Facilidad de uso percibida (PEUO)	3.250	1.185	0.906	0.000	Aceptada
	Utilidad percibida (PU)	3.087	1.182			
H6.	Influencia social (SI)	3.966	0.978	0.774	0.511	Rechazada
	Actitud por el uso (AT)	3.150	1.227			
H7.	Influencia social (SI)	3.966	0.978	0.860	0.035	Aceptada
	Intención de uso (BI)	3.416	1.344			

Limitaciones del estudio

Este estudio, aunque ofrece una visión valiosa sobre la aceptación del b-learning en clases de matemáticas para ingeniería, presenta algunas limitaciones que deben ser reconocidas. En primer lugar, la muestra utilizada estuvo compuesta exclusivamente por estudiantes de una única universidad tecnológica en México, lo que puede limitar la generalización de los resultados a otros contextos educativos o geográficos. La naturaleza no probabilística de la muestra, basada en la conveniencia, también introduce un sesgo potencial en los hallazgos, ya que los participantes fueron aquellos que optaron por responder voluntariamente al cuestionario.

Otra limitación relevante es que el estudio se centró únicamente en los constructos tradicionales del Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM), sin considerar otras variables que podrían influir en la aceptación del b-learning, como factores

psicológicos, emocionales, o socioeconómicos. Asimismo, el enfoque transversal del estudio no permite evaluar cómo evoluciona la aceptación del b-learning a lo largo del tiempo, lo que sería crucial para comprender las dinámicas de adopción tecnológica en la educación superior.

Finalmente, el instrumento de recolección de datos, aunque mostró un alto índice de fiabilidad, se basó en autorreportes de los estudiantes, lo que podría introducir un sesgo de deseabilidad social, afectando la precisión de los resultados.

Futuras líneas de investigación

A partir de las limitaciones identificadas, futuras investigaciones podrían abordar estas áreas para proporcionar un análisis más completo y robusto. En primer lugar, se recomienda ampliar la muestra para incluir estudiantes de diversas universidades y contextos educativos,

tanto a nivel nacional como internacional, lo que permitiría validar los hallazgos y mejorar la generalización de los resultados.

Asimismo, investigaciones futuras podrían incorporar un diseño longitudinal para observar cómo cambia la aceptación del b-learning con el tiempo, particularmente a medida que los estudiantes y docentes se familiarizan más con esta modalidad. También sería valioso explorar otros constructos adicionales que podrían influir en la aceptación del b-learning, como la motivación intrínseca, el apoyo emocional, y las condiciones socioeconómicas de los estudiantes.

Además, sería relevante desarrollar y validar instrumentos que reduzcan el sesgo de autorreporte, posiblemente combinando cuestionarios con datos de comportamiento observables o métricas de uso de las plataformas de b-learning. Estos enfoques podrían proporcionar una visión más precisa y matizada de los factores que determinan la aceptación y efectividad del b-learning en la enseñanza de matemáticas para ingeniería.

Estas futuras líneas de investigación contribuirán significativamente a una comprensión más profunda y holística de la implementación y aceptación del b-learning en la educación superior, y ayudarán a desarrollar estrategias más efectivas para su integración en el currículo académico.

CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) es una herramienta eficaz para predecir la aceptación del b-learning en clases de matemáticas para estudiantes de ingeniería. Los resultados obtenidos, con un alto índice de fiabilidad del instrumento ($\alpha = 0.9$), confirman la robustez del modelo para identificar las variables clave que influyen en la adopción de esta modalidad educativa.

Uno de los hallazgos más significativos es la relación directa entre la Actitud hacia el Uso y la Intención de Usar el b-learning. Se ha comprobado que la actitud positiva de las y los estudiantes hacia el b-learning es un determinante crucial en su intención de continuar utilizando esta modalidad para aprender matemáticas. Esto subraya la importancia de fomentar una actitud favorable hacia el uso de tecnologías educativas desde las primeras etapas del proceso de enseñanza.

Por otro lado, aunque se esperaba que la Influencia Social jugara un papel más determinante en la aceptación del b-learning, los resultados muestran que el apoyo de docentes, familiares y de la universidad, aunque importante, no tiene un impacto directo en la actitud hacia el aprendizaje de matemáticas a través de este medio. Este hallazgo sugiere que otros factores, posiblemente individuales o contextuales, podrían estar mediando esta relación, y, por lo tanto, deberían ser objeto de futuras investigaciones.

La Facilidad de Condiciones, como el acceso adecuado a internet y el soporte tecnológico por parte de las y los docentes, se reveló como un factor fundamental que influye tanto en la Utilidad Percibida como en la Facilidad de Uso Percibida del b-learning. Este resultado destaca la necesidad de asegurar que los estudiantes dispongan de los recursos necesarios para participar efectivamente en entornos de aprendizaje mixto.

Finalmente, este trabajo ofrece una visión integral de cómo el TAM puede ser aplicado para comprender la aceptación del b-learning en el contexto de la educación en matemáticas para ingeniería. Los hallazgos obtenidos no solo validan el modelo propuesto, sino que también proporcionan orientaciones claras para mejorar la implementación del b-learning en este ámbito. Se recomienda que futuras investigaciones exploren variables adicionales que no fueron contempladas en este estudio para proporcionar un análisis más completo y enriquecido de los factores que influyen en la adopción del b-learning en la educación superior.

REFERENCIAS

- Abreu, J., Wingartz, N. & Hardy, N., (2019). New Trends in Solar: A Comparative Study Assessing the Attitudes Towards the Adoption of Rooftop PV, *Energy Policy*, 128, 347-363 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.038>
- Abubakar, R.R., Amirrudin, K. & Nor, A. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144. 103701 <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103701>
- Ajzen, I. (2020). The theory of planned behavior: frequently asked questions. *Human behavior and emerging technologies*, 2. 314-324. <https://doi.org/10.1002/hbe2.195>
- Apaza, M.D. E. (2022). Competencias digitales docentes y el proceso de enseñanza aprendizaje con modalidad B-learning. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 6(24), 894-905. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i24.384>
- Area, M.M., Bethencourt, A. A., Martín, G. S. (2020). Visiones del alumnado. *Campus virtuales*, 9(2), 35-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8005979>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall, Inc.
- Celada, R. E., Romero, C. R. Márquez, U. P., Espíritu, M. P., Espinoza, V., Espinoza, E.M., Gómez, P. K.K., Valero, A.V.N., Gonzales, F. I.K. (2023). Estrategia B-learning para un desarrollo significativo: una revisión bibliométrica. *Bibliotecas. Anales de Investigación*, 19(2), 1-15 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9050371>
- Cerrón, R. W. (2019). La investigación cualitativa en educación. *Horizonte de la Ciencia*, 9(17), 1-8. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2019.17.510>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Feria, R. A. J., Guayara, R. M. A., Vera, C., S. L., Castro, R. K. E. y Muñoz, M. S. (2023). Análisis del sistema de aprendizaje LMS utilizado para la gestión de tareas escolares bajo la modalidad b-learning en la institución educativa técnica la Chamba del Guamo Tolima. *Revista Pensamiento Transformacional*, 2(4), 50-69. https://revistapensamientotransformacional.editorialpiensadiferente.com/index.php/pensamiento_transformacional/article/view/34
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Addison Wesley
- Fornell, C. y Bookstein, F. L. (1982). Two Structural Equation Models: LISREL and PLS Applied to Consumer Exit-Voice Theory. *Journal of Marketing Research*, 19(4), 440-452. <https://doi.org/10.2307/3151718>
- García, A.L. (2021). COVID-19 y educación a distancia digital: preconfinamiento, confinamiento y posconfinamiento. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 24(1), 09-32. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28080>
- Granic, F. & Marangunic, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50 (5), 2572-2593 <https://doi.org/10.1111/bjiet.12864>
- Guy, A. (2020). Age and gender differences in online travel reviews and user-generated-content (UGC) adoption: extending the technology acceptance model (TAM) with credibility theory. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 29(4), 428-449. <https://doi.org/10.1080/19368623.2019.1653807>
- Han, JH., Sa, H.J. (2022). Acceptance of and satisfaction with online educational classes through the technology acceptance model (TAM): the COVID-19 situation in Korea. *Asia Pacific Educ. Rev.* 23, 403-415 <https://doi.org/10.1007/s12564-021-09716-7>
- Hernández, A.C.E., Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta*, 2(1), 75-79. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2019). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México. McGraw-Hill.

- Lagos, R. G., Cevallos, C. A., Espinosa, I. J., & Nivelá, C. A. (2020). El B-learning y su aplicación en la enseñanza universitaria del Ecuador. *Sinergias Educativas*, 5(2), 222–234. <https://doi.org/10.37954/se.v5i2.146>
- Lazim, C. S. L. M., Ismail, N. D. B., & Tazilah, M. D. A. K. (2021). Application of technology acceptance model (TAM) towards online learning during covid-19 pandemic: Accounting students perspective. *Int. J. Bus. Econ. Law*, 24(1), 13-20. https://www.ijbel.com/wp-content/uploads/2021/02/IJBEL24_507.pdf
- Liao, S., Jon-Chao, H., Yi-Chen P., Ming-Hui, W., & Yun-Wu, W. (2018). Applying Technology Acceptance Model (TAM) to explore Users' Behavioral Intention to Adopt a Performance Assessment System for E-book Production. *EURASIA*, 14(10). <https://doi.org/10.29333/ejmste/93575>
- López, R. L.J., Jiménez, G. A.L., Costilla, L.D. (2022). The Effects of Blended Learning on the Performance of Engineering Students in Mathematical Modeling. *Education Sciences*, 12(12):931. <https://doi.org/10.3390/educsci12120931>
- López, B. J., Pozo, S., y Moreno, G. A. J. (2019). Consideraciones sobre el b-learning en el proceso de enseñanza y aprendizaje. *Universidad & Ciencia*, 8(2), 24–39. <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/1239>
- Malatji, W.R., Eck, R.V., & Zuva, T. (2020). Understanding the usage, Modifications, Limitations and Criticisms of Technology Acceptance Model (TAM). *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5, 113-117. <https://www.astesj.com/v05/i06/p12/>
- Marín, V.L.M., Vinuesa, L.M., & Rojas, G. P. (2023). E-Learning Web-Apps Use Acceptance: A Way to Guide Perceived Learning Outcomes in Blended Learning. *Sustainability*, 15(3), 2136. <https://doi.org/10.3390/su15032136>
- Martín, G. A. V., Redolat, R., & Pinazo-Hernandis, S. (2022). Factors influencing intention to technological use in older adults. The TAM model application. *Research on Aging*, 44(7-8), 573-588. <https://doi.org/10.1177/01640275211063797>
- Mateo, J. (2004). La investigación expost-facto. En R. Bisquerra (Ed.), *Metodología de la investigación educativa* (pp.195-230). La Muralla.
- Maturrano, L.E. F. (2020). La investigación cualitativa en Ciencias Humanas y Educación. Criterios para elaborar artículos científicos. *EDUCARE ET COMUNICARE Revista De investigación De La Facultad De Humanidades*, 8(2), 56-66. <https://doi.org/10.35383/educare.v8i2.536>
- Nadlifatin, R., Miraja, B., Persada, S., Belgiawan, P., Redi, A.A.N. & Lin, S.C. (2020). The Measurement of University Students' Intention to Use Blended Learning System through Technology Acceptance Model (TAM) and Theory of Planned Behavior (TPB) at Developed and Developing Regions: Lessons Learned from Taiwan and Indonesia. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(9), 219-230. Kassel, Germany: International Journal of Emerging Technology in Learning. <https://www.learntechlib.org/p/217222/>.
- Núñez-Barriopedro, E., Monclúz, I. M., & Ravina-Ripoll, R. (2019). El impacto de la utilización de la modalidad B-Learning en la educación superior. *Alteridad. Revista de Educación*, 14(1), 26-39. <https://doi.org/10.17163.alt.v14n1.2019.02>
- O'Dwyer, L. & Bernauer, J. (2014). *Quantitative research for the qualitative researcher*. Sage
- Rad, D., Egerau, A., Roman, A., Dughi, T., Balas, E., Maier, R., Ignat, S., & Rad, G. (2022). A Preliminary Investigation of the Technology Acceptance Model (TAM) in Early Childhood Education and Care. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 13(1), 518-533. <https://doi.org/10.18662/brain/13.1/297>
- Romero, S. (2018). Entornos flexibles para el aprendizaje: B-Learning. *International Technology, Science and Society Review* 7(1), 9–15. <https://doi.org/10.37467/gka-revtechno.v7.317>
- Rosli, M. S., Saleh, N. S., Md. Ali, A., Abu Bakar, S., & Mohd Tahir, L. (2022). A Systematic review of the Technology Acceptance Model for the sustainability of higher education during the COVID-19. Pandemic and Identified Research Gaps. *Sustainability*, 14(18), 11389. <http://dx.doi.org/10.3390/su141811389>

- Sánchez, R. L. M., Moll, L.S., Nuñez, P. A., Moraño, F. J. A, Vega, F. E. (2023). ChatGPT challenges blended learning methodologies in engineering education: A case study in mathematics. *Applied Science*, 13(10), 6039. <https://doi.org/10.3390/app13106039>
- Suárez, C.A.H., Castro, W.R.A., Suárez, A.A.G., (2022). Impact Of B-Learning supported by the flipped classroom: An experience in higher education. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 18(3), 119-129. <https://www.jlls.org/index.php/jlls/article/view/4790>
- Suárez, E. R., Cavazos, S. R. L., Rojas, M. I., y Arturo-Castillo, J. (2023). Percepciones de los estudiantes sobre la aceptación de dos plataformas digitales durante la pandemia: un análisis utilizando el modelo de aceptación de tecnología. *Revista Ciencia UANL*, 24(109), 38-41. <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=11239>
- Terán, G. F. N. (2019). Aceptación de los estudiantes universitarios en el uso de los sistemas e-learning Moodle desde la perspectiva del modelo TAM. *CIENCIA UNEMI*, 12(29), 63-76. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss29.2019pp63-76p>
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Zhang, M., Qin, F., Wang, G. A., & Luo, C. (2020). The impact of live video streaming on online purchase intention. *The Service Industries Journal*, 40(9-10), 656-681. <https://doi.org/10.1080/02642069.2019.1576642>