

## Tecnología educativa para evaluar aprendizaje de toma de decisiones en estudiantes universitarios

## Educational computing to assess decision-making learning in university students

Martha Angélica Maldonado Vargas\* | Juan Pablo Uacán Pech\*\*

Recepción del artículo: 16/12/2022 | Aceptación para publicación: 14/07/2023 | Publicación: 30/09/2023

### RESUMEN

En este artículo se describe un estudio relacionado con el aprendizaje de las heurísticas para la toma de decisiones como son matriz de preferencias, punto de equilibrio y árbol de decisiones desde la perspectiva del uso de una herramienta computacional. Con sus respectivos algoritmos se desarrolló un ambiente virtual de aprendizaje a través de una aplicación móvil (*app*) dirigida a estudiantes de ingeniería. Para responder a las preguntas de investigación planteadas en este reporte, se realizó un estudio empírico para evaluar la efectividad, eficiencia y costo en la resolución de problemas para toma de decisiones con y sin el uso de la *app*. Los resultados en este estudio sugieren que el uso de la *app* en el aprendizaje de las habilidades en la toma de decisiones facilita a los estudiantes el proceso matemático, y que al utilizar la competencia de pensamiento crítico pueden tomar una decisión de manera asertiva y correcta, considerando diferentes alternativas.

### Abstract

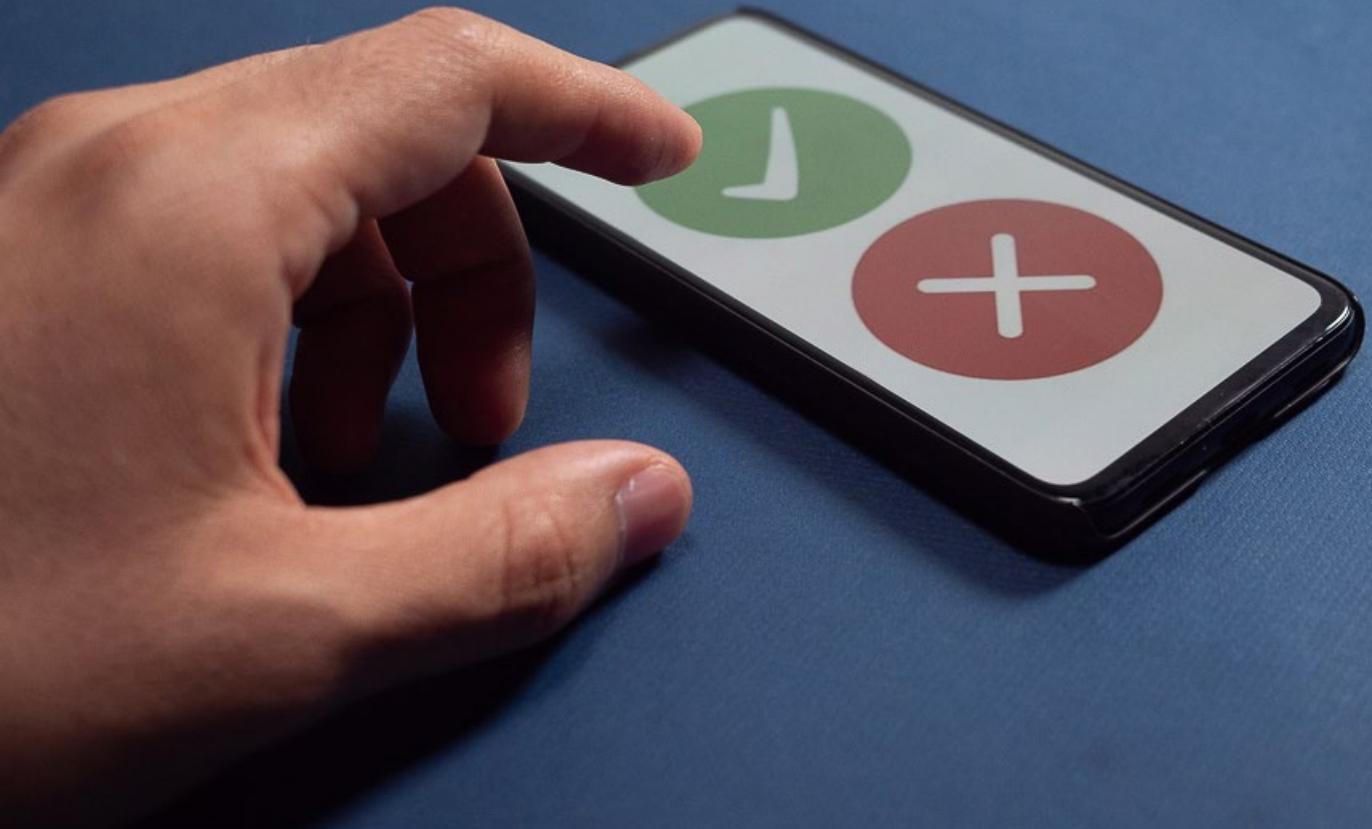
*This paper describes a study related to the learning of decision-making heuristics such as preference matrix, break-even point and decision tree from the perspective of using a computational tool. With their respective algorithms, a virtual learning environment through a mobile application (*app*) aimed at Engineering students was developed. To answer the research questions posed in this report, an empirical study was conducted to assess the effectiveness, efficiency and cost in solving decision-making problems with and without the use of the *app*. The results in this study suggest that the use of the *app* in learning decision-making skills facilitates the mathematical process for students, and that by using critical thinking competence, they can make assertive and accurate decisions considering different alternatives.*

#### Palabras clave

Ambiente virtual de aprendizaje; tecnología educativa; aprendizaje móvil; ingeniería

#### Keywords

Virtual learning environment; educational computing; m-learning; engineering



## INTRODUCCIÓN

El sector industrial en México ha experimentado un desarrollo significativo mediante la incorporación de nuevas tecnologías que han posibilitado el crecimiento de la industria. Para garantizar una gestión administrativa adecuada y evitar pérdidas operativas, resulta fundamental implementar la herramienta conocida como punto de equilibrio, la cual muestra la interrelación de los cambios en los costos, el volumen y las utilidades a lo largo del tiempo, lo que la convierte en una herramienta útil para la planificación, el control y, sobre todo, la toma de decisiones.

Asimismo, existen investigaciones referentes a la utilización de la herramienta árbol de decisiones, como el trabajo de Contreras *et al.* (2020)

donde calculan el rendimiento académico como indicador de éxito o fracaso de los estudiantes de ingeniería mediante aprendizaje automático. Por otro lado, Luan *et al.* (2019) mencionan que las personas pueden tomar mejores decisiones al emplear heurísticas rápidas en condiciones de incertidumbre comunes.

Aunque se dispone de información abundante y accesible proveniente de bases de datos en el ámbito de la toma de decisiones, en la evaluación y el desarrollo de las herramientas para este fin también se consideran conceptos como la capacitación formal y la experiencia cotidiana como opciones alternativas. Hutchinson *et al.* (2010) indican que la información fundamentada en creencias puede contrastarse con la información basada en datos, la cual fluye de manera habitual

en la mayoría de las organizaciones para interpretar los datos numéricos que en ocasiones se hallan fuertemente sesgados por las heurísticas cognitivas utilizadas para analizarlos.

Por otro lado, el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), comprendidas y utilizadas como herramientas de apoyo, permiten al docente crear un ambiente entusiasta y motivado, que mejora el proceso enseñanza-aprendizaje. La tecnología educativa posibilita el desarrollo de nuevos modelos de integración (docente-estudiante) y el manejo de dispositivos tecnológicos para acceder a información y recursos que complementan el aprendizaje en el aula. En la actualidad, la educación es una variable que incorpora a diversas comunidades, y las TIC son uno de los principales vínculos para el aprendizaje.

El presente artículo tiene como objetivo describir un proyecto de investigación basado en heurísticas para la toma de decisiones, el cual dio como resultado una aplicación móvil que podrá utilizarse en modalidades educativas mixtas. Esta aplicación ha sido utilizada en forma exploratoria por parte de los investigadores, obteniendo resultados positivos en su primera evaluación empírica.

## TOMA DE DECISIONES PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En las licenciaturas de Ingeniería industrial e Ingeniería mecatrónica es esencial enseñar a los alumnos los procedimientos apropiados para que desarrollen la habilidad de tomar decisiones adecuadas y certeras, lo que incluye lograr el mayor beneficio con el menor costo posible. De esta forma, cuando los estudiantes se enfrenten al entorno laboral podrán resolver las incongruencias que se les presenten y serán capaces de tomar decisiones objetiva y eficientemente. La toma de decisiones es un proceso que se realiza de manera coherente cada vez que se presentan opciones y consta de varias etapas.

Hay tres condiciones cuando se toman decisiones: certidumbre, riesgo e incertidumbre. La certidumbre se presenta en una situación donde se pueden tomar decisiones precisas debido a que se conoce el resultado de cada alternativa. El riesgo es la condición en la que quien toma la decisión puede estimar la probabilidad de ciertos resultados. Finalmente, la incertidumbre es cuando no se está seguro de los resultados y no se pueden hacer estimaciones probabilísticas razonables.

Para realizar una toma de decisiones objetiva, se utilizan principalmente cuatro métodos de evaluación de alternativas: la calificación de factores (matriz de preferencias), el análisis del punto de equilibrio, la teoría de decisiones y el árbol de decisiones. Aunque existe una gran cantidad de factores cualitativos y cuantitativos, la calificación de factores puede abarcar más puntos a considerar, como gastos en alquiler, pasajes, comidas o educación; incluso tendencias, riesgos y aspectos éticos, así como costos relacionados con la recreación y habilidades laborales, entre otros ejemplos (Heizer, 2009).

La matriz de preferencia ayuda al evaluador a manejar criterios múltiples que no pueden evaluarse con una sola medición de conceptos, como el costo o la utilidad. El análisis de punto de equilibrio permite determinar la magnitud del cambio, ya sea en volumen o demanda, que se requiere para considerar que una alternativa es mejor que otra. La teoría de las decisiones evalúa la mejor alternativa cuando los resultados son inciertos y finalmente, el árbol de decisiones se contempla cuando las decisiones se toman de forma secuencial, es decir, cuando la mejor decisión presente depende de los acontecimientos futuros.

## TECNOLOGÍA EDUCATIVA

La tecnología educativa ha evolucionado y se ha observado una preferencia por los medios audiovisuales y el uso de aplicaciones digitales que

repercuten en influencia tecnológica. Aunque es una disciplina nueva –con varios modos para expresarla y aplicarla–, también se considera una disciplina significativa, integradora y viva, porque los cambios suceden de acuerdo con el ambiente en el que está inmersa (varias disciplinas, nuevos problemas y nuevas soluciones) (Cabero y Barroso, 2015).

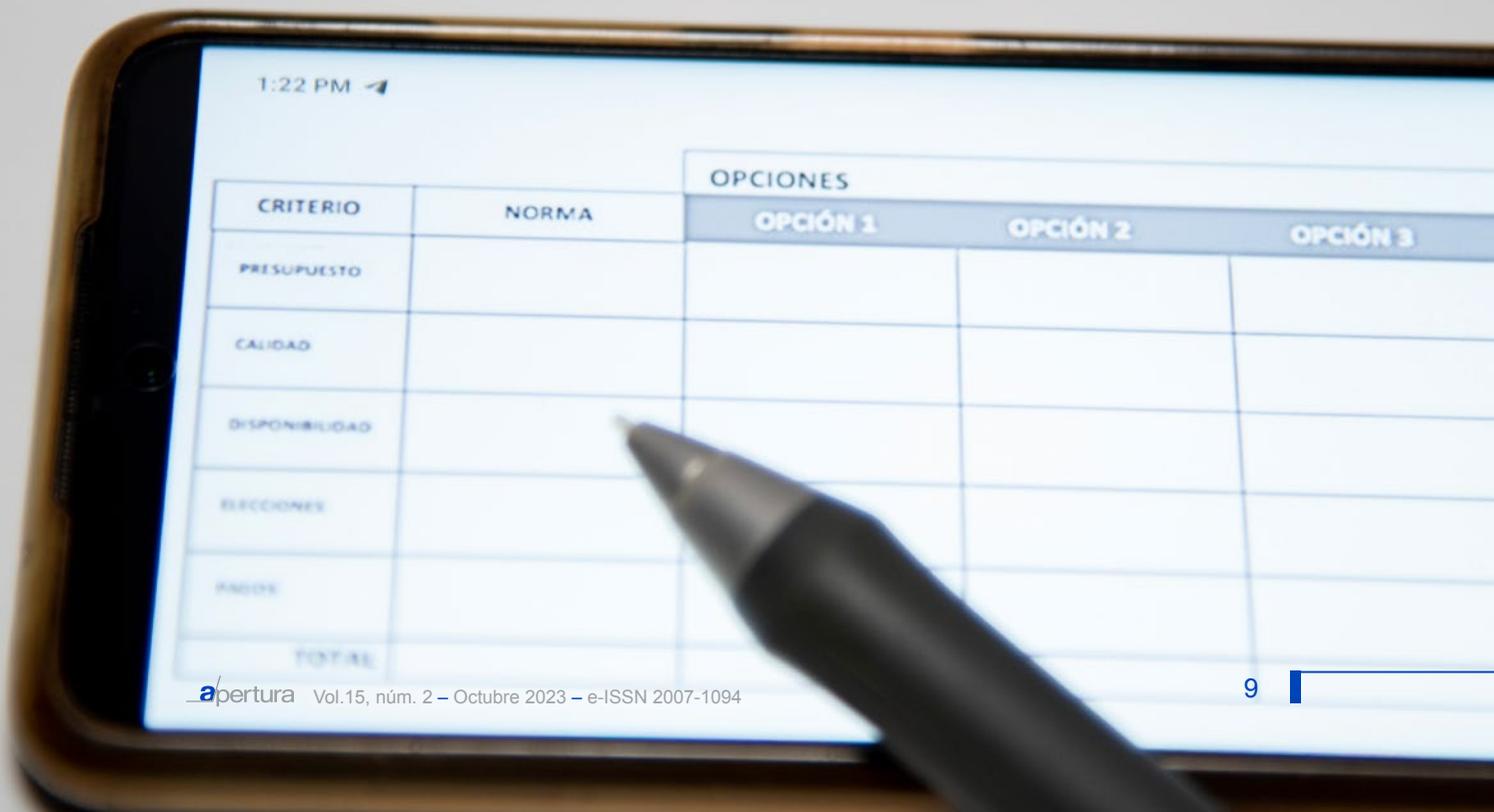
De acuerdo con De Pablos (2009), la tecnología educativa tiene una estrecha relación con la alineación, la aplicación y, sin duda, la relación de experiencias en el contexto de la enseñanza-aprendizaje. Como cualquier producto, a medida que la tecnología educativa evoluciona, muestra mejoras en los contenidos educativos formales e informales debido al uso extendido de las redes sociales y la web. Esto se manifiesta a través de reuniones virtuales, comunicación en tiempo real y ubicua.

De Pablos (2018) además menciona que en la actualidad es imperante que el docente sea una persona con iniciativa y capacidad para anticiparse a problemas o necesidades futuras. Estas necesidades incluyen todo lo relacionado con el proceso de enseñanza-aprendizaje en constante transforma-

ción debido al uso cotidiano de las TIC y su influencia mediática. Las formas de enseñanza cambian con el uso de herramientas digitales, plataformas, ordenadores y, en general, de nueva infraestructura en la educación universitaria, consideraciones que se deben tomar con especial atención.

Dentro de las posibilidades que ofrecen las TIC, han de crearse ambientes virtuales de aprendizaje con información actualizada; sin embargo, es necesario resaltar que información y conocimiento no son términos intercambiables, a la vez que se identifica como un problema la selección, la interpretación y la evaluación de la información. El uso de las TIC en las aulas permitirá la innovación en la manera de tener y transmitir información y conocimientos, asimismo, y partiendo de los supuestos anteriores, con su aplicación se tendrá mayor adaptabilidad para educar, se podrá hacer uso de diferentes herramientas de comunicación, de estrategias y técnicas para la formación y se tendrá mayor flexibilidad en la figura docente-aprendiz.

Algunas de las ventajas que ofrecen los ambientes virtuales de aprendizaje es que con ellos se



## Algunas de las ventajas que ofrecen los ambientes virtuales de aprendizaje es que con ellos se puede acceder a la enseñanza en horarios adecuados para el estudiante

puede acceder a la enseñanza en horarios adecuados para el estudiante, en contextos específicos y a su propio ritmo. Escarbajal (2010) detalla que el conocimiento se adapta a las redes o comunidades, se construye trabajando en conjunto con otros individuos con soporte en el uso de herramientas o recursos de la web.

De igual forma, al explorar los trabajos principales relacionados con los ambientes virtuales, específicamente con la tecnología móvil (*m-learning*) para el aprendizaje universitario (Romero *et al.*, 2021; y Tejada y Barrutia, 2021), se tiene un espectro amplio de instituciones educativas que han implementado aplicaciones para realizar clases más dinámicas y de mayor motivación para proveer al alumno de mejores bases cognitivas, las cuales a largo plazo le sean de utilidad en su vida laboral.

### *Innovación propuesta*

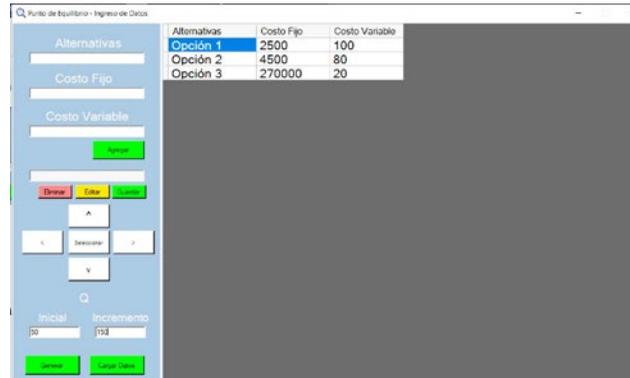
En los últimos años, la aceptación del uso de dispositivos móviles durante el proceso de enseñanza en la educación superior está siendo más aceptada (Al-Rahmi *et al.*, 2022) y, en este sentido, el interés de varios investigadores por experimentar en esta área ha aumentado, en específico lo relacionado con el aprendizaje móvil o *m-*

*learning*. De acuerdo con Fernández-Arias *et al.* (2021), el *m-learning* se “trata de un proceso de enseñanza-aprendizaje en el que los estudiantes utilizan los dispositivos móviles para su desarrollo”.

En esta investigación se desarrolló una aplicación para usarla en dispositivos móviles (computadora portátil o celular) para convertirla en una herramienta de gran potencial educativo. Alarcón (2018) también propone un trabajo relacionado, sin embargo, lo innovador de nuestra aplicación es que las herramientas contenidas darán solución a cálculos sistemáticos y que los resultados podrán visualizarse de diferentes maneras.

Una de las características más significativas de la herramienta propuesta consiste en la integración de tres heurísticas juntas, como la matriz de preferencias, el punto de equilibrio y el árbol de decisiones, lo que en conjunto permite la resolución de problemas para la toma de decisiones en la ingeniería de procesos. En general, esta propuesta se puede identificar como una herramienta computacional que le permite al usuario identificar soluciones más fácilmente, así como realizar un análisis más eficiente, evaluar, clasificar e interpretar los datos que se obtengan para una mejor planificación y administración.

Un ejemplo de la interfaz de usuario del módulo punto de equilibrio se muestra en la figura 1. En la aplicación se introducen las opciones de las alternativas, sus respectivos costos fijos y variables, y se consideran los volúmenes de producción iniciales y el incremento (para que se grafiquen de acuerdo con la escala requerida por el usuario). Una vez generados los resultados, se muestran en la gráfica los costos totales obtenidos para cada una de las opciones estimadas y el punto de equilibrio (interfaz de la figura 2).



**Figura 1.** Punto de equilibrio: datos de entrada.

Fuente: elaboración propia.



**Figura 2.** Punto de equilibrio: datos de salida.

Fuente: elaboración propia.

## METODOLOGÍA

El trabajo reportado corresponde al estudio de investigación y desarrollo de Gall *et al.* (2003) cuyas tareas realizadas, como parte del proyecto de investigación, se listan a continuación:

- *Revisión de la literatura.* Esta primera tarea tuvo como objetivo llevar a cabo una revisión exhaustiva de la literatura para de-

terminar si existen investigaciones relacionadas con el uso de aplicaciones para la toma de decisiones con las tres heurísticas juntas (matriz de preferencias, punto de equilibrio y árbol de decisiones), en conjunto con la resolución de problemas.

- *Desarrollo de tecnología educativa.* Derivado de la revisión de la literatura, esta segunda tarea tuvo como propósito aplicar un enfoque sistemático disciplinado y

cuantificable al desarrollo de *software*, es decir, se aplicó el proceso de la ingeniería de *software* al desarrollo de un prototipo (*app*) identificado como toma de decisiones (TD).

- *Diseño de escenarios de aprendizaje.* Con base en el dominio de aprendizaje seleccionado (habilidades en la toma de decisiones) se diseñaron escenarios de aprendizaje para explorar la viabilidad de intervenciones educativas para potenciar el aprendizaje de los estudiantes.
- *Evaluación empírica.* La finalidad de esta tarea fue planear y ejecutar una serie de pruebas piloto con los estudiantes, las cuales se orientaron a evaluar la propuesta, así como a recoger retroalimentación por parte de los usuarios reales y contrastar diversas alternativas; esto se llevó a cabo en el contexto de las carreras de Ingeniería industrial e Ingeniería mecatrónica.
- *Introspección y valoración.* Con base en los informes de evaluación empírica obtenidos, se analizaron los resultados y los investigadores reflexionaron en torno a las lecciones aprendidas al usar el prototipo propuesto.

Con base en el dominio de aprendizaje seleccionado se diseñaron escenarios de aprendizaje para explorar la viabilidad de intervenciones educativas para potenciar el aprendizaje de los estudiantes

## EVALUACIÓN EMPÍRICA

Con el fin de evaluar la eficiencia, efectividad y costo del ambiente virtual de aprendizaje propuesto, es decir, evaluar el TD, se realizó un primer estudio empírico con la participación de los estudiantes, quienes trabajaron con y sin el TD en la tarea del uso de las heurísticas: matriz de preferencias (con incertidumbre y sin incertidumbre), punto de equilibrio y árbol de decisiones.

### Definición

Para este estudio se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

**PI<sub>1</sub>** ¿El uso de las tecnologías de información influye en la resolución de tres diferentes heurísticas juntas en la toma de decisiones como parte del aprendizaje de la materia de Planeación y Control de la Producción?

**PI<sub>2</sub>** ¿La efectividad, eficiencia y costo incide en el uso del TD?

Las preguntas de investigación anteriormente mencionadas se traducen en las siguientes hipótesis de trabajo:

**H<sub>1</sub>** La efectividad medida como el porcentaje de la calificación de las respuestas por heurística obtenidas por los sujetos es mayor para los participantes que emplearon el TD que para los participantes que trabajaron sin el TD.

**H<sub>2</sub>** La eficiencia medida como el porcentaje de la calificación de las respuestas por heurística obtenidas por hora es mayor para los participantes que emplearon el TD que para los participantes que trabajaron sin el TD.

**H<sub>3</sub>** El costo medido como la duración que conlleva obtener las respuestas por heurística es menor para los participantes que emplearon el TD que para los participantes que trabajaron sin el TD.

Las hipótesis antes descritas se verifican con las mediciones obtenidas de la evaluación empírica, las cuales pertenecen a dos grupos de participantes que obtuvieron las respuestas por heurística de un conjunto de problemas, usando el TD y aquellos que no lo usaron.

### Diseño

En este primer estudio empírico se empleó un diseño completamente al azar para comparar dos tratamientos (sujetos sin usar el TD [STD], y sujetos con el uso del TD [CTD]), en dos períodos distintos. En esta estructura, en el primer período un grupo de sujetos reciben el tratamiento STD y en una sesión diferente reciben el tratamiento CTD. Los dos períodos mencionados en esta investigación también fueron identificados como preprueba y posprueba. En la tabla 1 se muestra la estructura del estudio empleado.

**Tabla 1.** Diseño empleado en el estudio

	TRATAMIENTO
Período 1 o preprueba (resolución de tres problemas)	STD
Período 2 o posprueba (resolución de tres problemas)	CTD

Fuente: elaboración propia.

### Ejecución

El estudio se realizó en los meses de abril y mayo de 2022 en la Universidad Madero, ubicada en Camino Real a Cholula 4212, Colonia Ex hacienda La Concepción Buenavista, San Andrés Cholula, Puebla, México. Los participantes fueron alumnos del séptimo semestre de la licenciatura de Ingeniería industrial y Rentabilidad de negocios, y alumnos del noveno semestre de la licenciatura en Ingeniería mecatrónica, correspondientes al semestre enero-mayo de 2022; los escenarios utilizados fueron específicamente con la materia de Planeación y Control de la Producción.

## El cuestionario, con el fin de evaluar la toma de decisiones, contiene la descripción de tres problemas donde los alumnos deben implementar tres heurísticas juntas para obtener la respuesta

En esta fase de implementación, antes de realizar el estudio empírico, los alumnos seleccionados recibieron capacitación sobre el funcionamiento y el uso de la aplicación móvil identificada como TD en una sesión de dos horas y media. Cabe mencionar que se les explicó de manera general que tanto la sesión de práctica como el resto de las sesiones formarían parte de un proyecto de investigación con el objetivo de validar el uso del TD, y se obtuvo su consentimiento verbal para participar voluntariamente en la investigación.

En este estudio participaron 43 estudiantes en la preprueba, pero debido a la pandemia de la covid-19, en la posprueba solo participaron 33 estudiantes.

Una vez finalizado el entrenamiento, en dos sesiones independientes de tres horas cada una, se realizó el experimento en dos aulas de cómputo de la Universidad Madero. Tanto la primera como la segunda sesión del experimento iniciaron en el tiempo planeado, a los estudiantes se les proporcionó un enlace a un cuestionario realizado en Formularios de Google. Este, con el fin de evaluar la toma de decisiones, integra la descripción de tres problemas donde los alumnos deben implementar tres heurísticas juntas (matriz de preferencias, punto de equilibrio y árbol de decisiones) para obtener la respuesta de cada uno de los problemas planteados.

Como se ha mencionado anteriormente, en la primera sesión los estudiantes resolvieron los tres problemas descritos en el cuestionario identificado como preprueba y obtuvieron las respuestas resolviendo de forma tradicional los problemas; en la segunda sesión, en una fecha distinta a la primera, los estudiantes obtuvieron las respuestas de otros problemas en el cuestionario posprueba, el cual resolvieron con el uso del TD.

Como parte del estudio empírico, para complementar la evaluación del TD, adicionalmente a los problemas proporcionados, los estudiantes contestaron otros ítems dentro del instrumento, con el objetivo de hacer un análisis de opiniones sobre la herramienta computacional propuesta (TD).

### Análisis

Con base en las métricas obtenidas, en esta sección se presenta un análisis exploratorio. En las

tablas 2, 3 y 4 se muestran los resúmenes estadísticos de la efectividad, la eficiencia y el costo respecto a los dos tratamientos estudiados.

En la tabla 2 se encuentra una mejora evidente en las respuestas de la posprueba debido a que en las tres heurísticas los resultados son mayores con los mismos recursos.

De la misma manera, en la tabla 3 se observa una mejora en las respuestas de la posprueba, ya que los resultados en las tres heurísticas son mayores. Esto logra el efecto deseado en el menor tiempo posible y, en este caso, utilizando los mismos recursos, lo que cumple con lo planificado y los objetivos establecidos.

En la tabla 4 se advierte que el costo en las heurísticas resueltas con la aplicación, es decir, las de la posprueba, son mucho menores a las de la preprueba, lo que indica que los alumnos emplearon menos tiempo resolviendo los problemas al usar la aplicación.

**Tabla 2.** Resumen estadístico de la efectividad por tratamiento

TRATAMIENTO	EFECTIVIDAD		
	MATRIZ DE PREFERENCIAS	PUNTO DE EQUILIBRIO	ÁRBOL DE DECISIONES
STD (preprueba)	9.2	7.82	8.30
CTD (posprueba)	10	9.76	10

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.** Resumen estadístico de la eficiencia por tratamiento

TRATAMIENTO	EFICIENCIA		
	MATRIZ DE PREFERENCIAS	PUNTO DE EQUILIBRIO	ÁRBOL DE DECISIONES
STD (preprueba)	4.76	3.91	4.15
CTD (posprueba)	5	4.88	5

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4.** Resumen estadístico del costo por tratamiento

TRATAMIENTO	COSTO		
	MATRIZ DE PREFERENCIAS	PUNTO DE EQUILIBRIO	ÁRBOL DE DECISIONES
STD (preprueba)	0.07	0.24	0.12
CTD (posprueba)	0.036	0.026	0.026

Fuente: elaboración propia.

Respecto a las métricas, en general se observa que la efectividad y la eficiencia sugieren mayores resultados al usar el TD que sin este; adicionalmente, en el costo se identifican mejores resultados con el uso de TD que sin este.

Una vez recolectadas y procesadas las mediciones, es posible realizar un análisis estadístico inicial que permita identificar potenciales diferencias entre los dos escenarios presentados en este estudio. Para la variable identificada como promedio de los resultados obtenidos, se plantean un par de hipótesis estadísticas:

$$H_o: \mu_{pre} \geq \mu_{post}, H_a: \mu_{pre} < \mu_{post}$$

Para probar estas hipótesis, se utiliza una prueba *t* de Student, que se lleva a cabo con el propósito de determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos y para comprobar si la media entre pares de medidas es o no igual a cero. Se asume que las variables dependientes tienen una distribución normal. Se hizo la prueba pareada porque está diseñada para comparar las medias del mismo grupo en dos escenarios separados (preprueba y posprueba).

Para usar la prueba *t* pareada se consideró lo siguiente: los sujetos de prueba son independientes, es decir, las respuestas de un sujeto no afectan a las de ningún otro; cada pareja de respuestas se obtuvo del mismo estudiante y las diferencias de medidas tienen una distribución normal. El resumen se muestra en la tabla 5. Al ser una prueba estadística que maneja muestras independientes, se cumple el objetivo de aleatorización y, a su vez, una mayor eficiencia del contraste estadístico al disminuir la variabilidad.

Se utilizaron los promedios de las respuestas de los alumnos en la preprueba y la posprueba para realizar una prueba contundente *t* con dos muestras pareadas. Se empleó un histograma como herramienta de análisis, ya que se debe mostrar el intervalo de valores de una medida y

**Tabla 5.** Promedio de las respuestas a los problemas de la preprueba y la posprueba

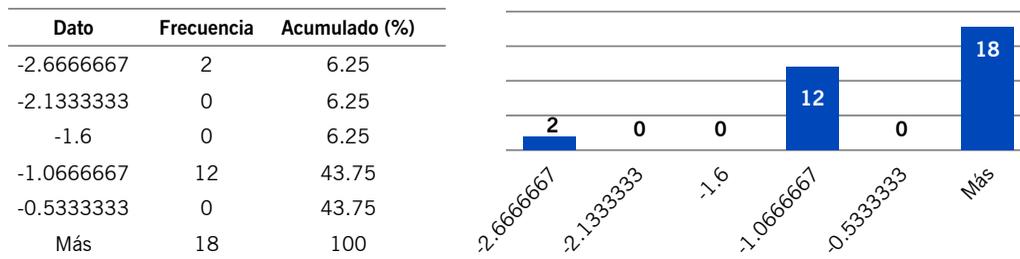
SUJETOS DE PRUEBA	PREPRUEBA	POSPRUEBA
SP-1	3.67	5
SP-3	5	5
SP-5	3.67	5
SP-6	3.67	5
SP-7	3.67	5
SP-8	2.33	5
SP-9	1	3.67
SP-10	5	5
SP-13	5	5
SP-14	5	5
SP-16	5	5
SP-17	3.67	5
SP-18	3.67	5
SP-20	5	5
SP-21	3.67	5
SP-22	3.67	5
SP-23	3.67	5
SP-24	5	5
SP-25	5	5
SP-27	5	5
SP-29	3.67	5
SP-30	5	5
SP-31	5	5
SP-32	3.67	5
SP-33	5	5
SP-35	5	5
SP-36	5	5
SP-37	5	5
SP-38	5	5
SP-39	5	5
SP-40	5	5
SP-42	3.67	5
SP-43	3.67	5

Fuente: elaboración propia.

la frecuencia con que ocurre cada valor, además de señalar las lecturas que ocurren con mayor frecuencia, y las variaciones en las medidas. Al graficar el histograma (ver figura 3) se observa que no hay puntos extraños o valores atípicos. Los datos muestran una forma aproximada de campana, por lo que la suposición de una distribución normal es razonable.

En la tabla 6 se presentan los resultados de la prueba *t* para medias con datos apareados (es decir, se califica a los alumnos con lo mismo, antes y después) y se estableció como nivel de significación, representado por  $\alpha = 0.05$ . Se considera una

buen práctica tomar esta decisión antes de recopilar los datos y de calcular las estadísticas de la prueba. El diseño pareado da una mayor validez a las inferencias obtenidas y controla o elimina la influencia de variables extrañas que puedan intervenir con un efecto negativo o enmascarar el efecto del tratamiento o de la variable que nos interesa evaluar. Se observa que en los resultados la media en la preprueba es de 4.27, y en la posprueba es de 4.95. La varianza muestra una diferencia significativa, ya que en la preprueba se tiene 0.89, mientras que la posprueba arroja 0.05; es decir, se observa que, con el uso



**Figura 3.** Histograma para las diferencias entre las respuestas de los alumnos en la preprueba y la posprueba.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 6.** Prueba contundente, prueba *t* con dos muestras apareadas

PRUEBA 7: MUESTRA DE LA MEDIA DE DATOS APAREADOS		
	PREPRUEBA	POSPRUEBA
Media	4.27	4.96
Varianza	0.89	0.05
Observaciones	33	33
Correlación de Pearson	0.61	
Diferencia media hipotética	0	
Df	32	
<i>t</i> Stat	-4.78	
$P(T \leq t)$ una cola	1.85-05	
<i>t</i> crítica una cola	1.69	

Fuente: elaboración propia.

de la *app*, mejoran las respuestas de los alumnos en los problemas de las heurísticas.

De acuerdo con el análisis de los datos, y tras obtener el resultado a través del contraste de hipótesis realizado, se dispone de evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alternativa de que el uso de la herramienta, en promedio, mejora las respuestas de los alumnos.

## DISCUSIÓN

En los últimos dos años, en todo el mundo se han experimentado diversas limitaciones debido al período de confinamiento provocado por la pandemia de la covid-19, y el ámbito de la educación no fue la excepción; sin embargo, gracias al uso de las TIC en el contexto educativo (por ejemplo, la educación virtual), el proceso de enseñanza-aprendizaje pudo continuar durante el confinamiento.

Como se mencionó con anterioridad en la sección de evaluación empírica, esta investigación también enfrentó una limitación menor debido a la pandemia, relacionada con la selección de la muestra de los participantes, pero afortunadamente esta situación no tuvo un impacto significativo.

En un principio, tal como comentan Amendaño-Guarquila y Guevara-Vizcaíno (2021), una gran cantidad de profesores tuvo que innovar su práctica docente con el uso de las redes sociales, plataformas y dispositivos móviles o *m-learning*. Como resultado, el interés de varios investigadores por experimentar con el *m-learning* y el desarrollo de aplicaciones móviles continúa creciendo, y este artículo refuerza esta área de investigación con su aportación.

Durante este estudio se menciona que el *m-learning* ofrece diversas ventajas a

los estudiantes, por ejemplo: el ambiente de aprendizaje puede estar disponible en cualquier momento y en cualquier lugar (Althunibat, 2015), fomenta la motivación del alumnado (Fernández-Arias *et al.*, 2021) y permite la respuesta y evaluación inmediata (Osorio *et al.*, 2021), entre otras.

Así, con el uso del *m-learning*, los estudiantes pueden revisar sus temas no solo durante las horas programadas de clase, sino en días o semanas después de que los maestros los hayan abordado. Además, como se señaló antes, la disponibilidad del conocimiento en cualquier momento y en cualquier lugar favorece la flexibilidad y la facilidad de acceso a la información, siempre y cuando los estudiantes dispongan de conexión a internet y de los recursos tecnológicos necesarios (Pineda, 2022).

En este sentido, esta investigación describe de forma cuantitativa, y en un primer estudio, que la herramienta propuesta basada en un ambiente virtual de aprendizaje a través de una aplicación móvil o *m-learning*, en promedio, mejora el aprendizaje en la toma de decisiones de alumnos que estudian ingeniería.

---

En un principio una gran cantidad de profesores tuvo que innovar su práctica docente con el uso de las redes sociales, plataformas y dispositivos móviles o *m-learning*

## CONCLUSIONES

Este trabajo surge ante la necesidad de reducir el tiempo de respuesta en la elección de diferentes alternativas en un proceso determinado y reforzar el pensamiento crítico de los estudiantes de ingeniería. El problema principal radica en el proceso de resolución de las heurísticas utilizadas para la toma de decisiones. Si bien se hacen los cálculos en Excel, los alumnos no logran definir su selección de manera asertiva.

La implementación de las TIC establece procesos de aprendizaje y transmite conocimientos nuevos y duraderos a las personas, lo que genera resultados educativos de alta calidad que se pueden aplicar tanto en el ámbito laboral como en el cotidiano. La inversión necesaria para llevar a cabo la aplicación no es elevada, por lo que el costo como limitación es subsanable.

En este trabajo se ha presentado la propuesta de un prototipo de aplicación móvil para el aprendizaje de la toma de decisiones, la cual se desarrolló con tres heurísticas: matriz de preferencias (con y sin incertidumbre), punto de equilibrio y árbol de decisiones. La aplicación proporciona la resolución del problema planteado según la heurística seleccionada y realiza un análisis detallado de la mejor alternativa, incluyendo diagramas y gráficas.

Mediante el uso de la *app* se les proporcionó a los alumnos una herramienta que les permite hacer todos los cálculos matemáticos de manera sencilla y rápida, lo que les facilita centrar su atención y habilidades en el análisis-síntesis de las alternativas que se les presentan, las evalúan, reflexionan y, de esta forma, toman una decisión de manera eficiente. Los alumnos son nativos digitales y el uso de las TIC favorece su concentración en tareas de alto nivel, lo cual les servirá en su vida laboral. De esta manera, se demuestra que tienen la capacidad adecuada para comprender las heurísticas planteadas.

Finalmente, es importante mencionar que, al momento de escribir este artículo, se está realizan-

do el análisis exploratorio de las opiniones recopiladas respecto a la herramienta computacional propuesta, con el objetivo de implementar las mejoras sugeridas por los estudiantes en la herramienta computacional. Como trabajo a futuro, se ha considerado realizar más experimentos con la herramienta computacional propuesta, tanto dentro de la Universidad Madero como en otras universidades, específicamente con estudiantes de ingeniería. *a*

## REFERENCIAS

- Alarcón, D. (2018). Aplicación para la toma de decisiones mediante el Proceso de Jerarquía Analítica. *Fides et Ratio. Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 15(15), 87-101. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2071-081X2018000100007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-081X2018000100007&lng=es&nrm=iso)
- Althunibat, A. (2015). Determining the factors influencing students' intention to use m-learning in Jordan higher education. *Computers in Human Behavior*, 52, 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.046>
- Al-Rahmi, A. M.; Al-Rahmi, W. M.; Iturki, U.; Aldraiweesh, A.; Almutairy, S. & Al-Adwan, A.S. (2022). Acceptance of mobile technologies and m-learning by university students: An empirical investigation in higher education. *Education and Information Technologies*, 27, 7805-7826. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10934-8>
- Amendaño-Guarquila, R. E. & Guevara-Vizcaíno, C. F. (2021). *M-learning* la educación a través de pantallas a los jóvenes en confinamiento. *Epísteme Koinonía*, 4(8). <https://doi.org/10.35381/e.k.v4i8.1358>
- Cabero, J. y Barroso, O. J. (2015). *Nuevos retos en tecnología educativa*. Editorial Síntesis.
- Contreras, L. E.; Fuentes, H. J. y Rodríguez, J. I. (2020). Predicción del rendimiento académico como indicador de éxito/fracaso de los estudiantes de ingeniería, mediante aprendizaje automático. *Formación Universitaria*, 13(5), 233-246. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000500233>
- De Pablos, J. (2009). *Historia de la tecnología educativa*. Ediciones Aljibe.
- De Pablos, J. (2018). Las tecnologías digitales y su impacto en la universidad. Las nuevas mediaciones. *RIED: Revista Ibe-*

- roamericana de Educación a Distancia, 21(2), 83-95. <https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20733>
- Escarbajal, A. (2010). Educación y cultura en tiempos de globalización, en F. Martínez (coord.), *Las redes digitales como marco para la multiculturalidad*, 49-67. MAD S. L.
- Fernández-Arias, P.; Vergara, D.; Polo J. y Fernández-Alfaraz, M. L. (2021). Revisión de la implantación del *m-learning* como método de aprendizaje en España en los niveles educativos de primaria y secundaria. *Revista Educativa Hekademos*, 30, 60-71. <https://www.hekademos.com/index.php/hekademos/article/view/38>
- Gall, M.; Borg, W. R. & Gall, J. (2003). *Educational Research. An Introduction*. Pearson.
- Heizer, J. (2009). *Administración de operaciones*. Pearson Educación.
- Hutchinson, J. W.; Alba, J. W. & Eisenstein, E. M. (2010). Heuristics and Biases in Data-Based Decision Making: Effects of Experience, Training, and Graphical Data Displays. *Journal of Marketing Research*, 47(4), 627-642. <https://doi.org/10.1509/jmkr.47.4.627>
- Luan, S.; Reb, J. & Gigerenzer, G. (2019). Ecological rationality: fast-and-frugal heuristics for managerial decision making under uncertainty. *Academy of Management Journal*, 62(6), 1735-1759. <https://doi.org/10.5465/amj.2018.0172>
- Osorio, D.; Malpartida, J. N.; Ávila, H. y Valenzuela, A. (2021). Aplicaciones móviles: incorporación en procesos de enseñanza en tiempos de covid-19. *Revista Venezolana de Gerencia*, 93, 65-77. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29066223005>
- Pineda, K. A. (2022). Aprendizaje móvil como apoyo para aprender inglés durante el confinamiento social. *Apertura*, 14(2), 78-91. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v14n2.2174>
- Romero, J. M.; Aznar, I.; Hinojo, F. J. y Gómez, G. (2021). Uso de los dispositivos móviles en educación superior: relación con el rendimiento académico y la autorregulación del aprendizaje. *Revista Complutense de Educación*, 32(3), 327-335. <https://doi.org/10.5209/rced.70180>
- Tejada, J. N. y Barrutia, I. (2021). Tecnología móvil en el aprendizaje universitario. *Revista Sophia*, 17(1), 1-16. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.17v.1i.1016>



Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

### CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Maldonado Vargas, Martha Angélica y Ucán Pech, Juan Pablo. (2023). Tecnología educativa para evaluar aprendizaje de toma de decisiones en estudiantes universitarios. *Apertura*, 15(2), 6-19. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v15n2.2363>