

# Application of the Technology Acceptance Model to an Augmented Reality Navigation System

Adriana L. Iñiguez-Carrillo, Perla E. Alonso-Jiménez, Daniel Aréchiga, Miguel A. Rangel-Romero

Published: 30 November 2024

## Abstract

In this research, the Technology Acceptance Model (TAM) is implemented in an augmented reality navigation system within an educational institution. This system provides a navigation tool that facilitates the location and access to various areas and services of the university campus, such as classrooms, auditoriums, the library, the computer center, and administrative offices. TAM is applied to measure how students and staff interact with the system, assessing its effectiveness and their overall willingness to adopt it for campus navigation. The results reflect a generally positive acceptance of the project, although divided percentages reveal both support for the initiative and the identification of critical areas for improvement. This analysis validates the project's development and implementation and underscores the importance of optimizing certain aspects to ensure more effective and satisfying adoption. The contributions of this work include a deeper understanding of how different user groups perceive and adopt emerging technologies, as well as specific recommendations for improving the design of AR systems in educational environments.

## Keywords:

Technology Acceptance Model; Augmented Reality; Navigation System.

## 1 Introducción

Los sistemas de navegación son sistemas diseñados para determinar la posición geográfica y guiar a los usuarios de un lugar a otro [1]. Existen diversos sistemas de navegación comerciales como Google Maps, Apple Maps y Waze. Estas plataformas están enfocadas principalmente en datos del tráfico, transporte público y puntos de interés. Sin embargo, en la actualidad no cuentan con la función de navegación detallada dentro de instituciones privadas, donde se requieren rutas más específicas y adaptadas a senderos peatonales y áreas internas. Orientarse por un campus universitario puede ser una tarea desafiante, especialmente en las primeras visitas. Localizar un aula o un auditorio específico puede generar confusión y estrés, particularmente en entornos grandes o complejos. Con el propósito de resolver esta problemática se diseña MACU, un sistema de navegación que combina señalética tradicional con Realidad Aumentada (RA); la cual es una tecnología que permite

superponer elementos virtuales sobre nuestra visión de la realidad [2]. Este sistema tiene como objetivo mejorar notablemente la experiencia de moverse dentro del Centro Universitario del Sur y encontrar de manera eficiente un lugar en específico. Dentro del proceso de desarrollo de MACU se requiere predecir la adopción de esta tecnología y comprender que factores influyen en la facilidad de uso de los usuarios potenciales. El objetivo de este trabajo es evaluar la aceptación del diseño y desarrollo de MACU, determinando la utilidad percibida y la facilidad de uso de la aplicación entre los usuarios, conforme al Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM, por sus siglas en inglés) [3].

El diseño de MACU utiliza señalética tradicional con RA, ya que mejora la orientación al superponer indicaciones visuales directamente en el entorno real. Esto hace que la navegación sea más intuitiva y precisa, reduciendo errores y facilitando el desplazamiento, especialmente en áreas desconocidas [4]. Google Maps tiene una funcionalidad de navegación con RA (figura 1), que muestra en tiempo real hacia dónde dirigirse. De igual manera, Romli et al. [5] destacan la implementación de RA para mejorar la orientación y la información en entornos cerrados, como bibliotecas. A su vez, en el campus Lingang de la Universidad de Energía Eléctrica de Shanghai se prueba un sistema de navegación que resuelve de manera efectiva los problemas como la toma inflexible de decisiones y la débil percepción del espacio arquitectónico [6].

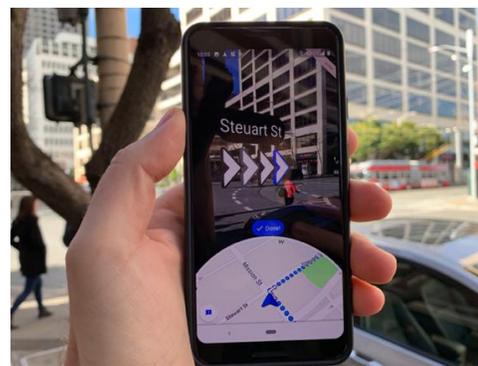


Figura 1. Modo de realidad aumentada de Google Maps [7].

## 2 Sistema de navegación

El sistema se desarrolla como una solución móvil (figura 2) que proporciona asistencia de navegación visual en tiempo real, permitiendo a los usuarios introducir el nombre de su destino y seguir las indicaciones superpuestas en la cámara del dispositivo. Esto minimiza retrasos y mejora la familiaridad y seguridad en el entorno universitario. El proceso incluyó la implementación de la

Iñiguez-Carrillo A. L., Alonso-Jiménez P. E., Aréchiga D., Rangel-Romero N. A.  
 Universidad de Guadalajara  
 Ciudad Guzmán, México.  
 Email: {adriana.carrillo, vdaniel, marangel}@cusur.udg.mx,  
 perla.alonso6577@alumnos.udg.mx

infraestructura tecnológica utilizando Android Studio, la integración de APIs de ARCore y Google Maps, y la codificación de la funcionalidad de geolocalización y superposición de información visual. La codificación de la funcionalidad de geolocalización se centró en utilizar los datos de GPS para determinar la ubicación precisa del usuario en el campus. Esto permitió que la aplicación pudiera mostrar rutas en tiempo real. Además, se implementó la superposición de información visual, donde las señales de navegación se mostraban directamente en la pantalla del dispositivo del usuario a través de la cámara, utilizando modelos 3D en forma de flechas para guiar al usuario.



Figura 2. MACU, sistema de navegación con RA.

### 3 Modelo TAM

Es una teoría de sistemas de información que modela cómo los usuarios llegan a aceptar y utilizar tecnologías [3]. Fue desarrollado por Davis en 1989 con base en la teoría de acción de la razón. El TAM mide dos variables principales: la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida. El propósito del modelo es explicar las causas de aceptación de las tecnologías por los usuarios, y propone que las percepciones de un individuo en cuanto a la utilidad y la facilidad de uso percibidas de un sistema de información son concluyentes para determinar su intención de usar un sistema. La Figura 3 describe cómo varios factores influyen en la adopción y el uso de nuevas tecnologías.

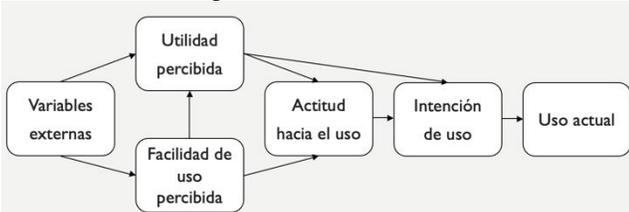


Figura 3. Modelo TAM.

Las "variables externas" afectan tanto a la "utilidad percibida" como a la "facilidad de uso percibida". La "utilidad percibida" se refiere a la percepción del usuario sobre la mejora en el rendimiento que puede obtener al utilizar la tecnología. La "facilidad de uso percibida" se relaciona con el grado de esfuerzo que el usuario cree que necesitará para utilizar la tecnología. Ambas percepciones

influyen en la "actitud hacia el uso", que es la predisposición positiva o negativa del usuario hacia la tecnología. Esta actitud, a su vez, afecta la "intención de uso", que es la probabilidad de que el usuario emplee la tecnología. Finalmente, la "intención de uso" conduce al "uso actual", es decir, la aplicación real de la tecnología. Este modelo ayuda a entender los factores que impulsan la aceptación tecnológica y puede guiar el diseño y la implementación de nuevas herramientas tecnológicas.

Las variables más comunes que se utilizan en el TAM son:

1. Utilidad percibida (UP): Mide la percepción del usuario sobre la utilidad de la tecnología. Cuanto más útil perciba el usuario que es una tecnología, es más probable que la adopte.
2. Facilidad de uso percibida (FUP): Se refiere a la percepción del usuario sobre la facilidad con la que puede utilizar la tecnología. Cuanto más fácil perciba el usuario que es utilizar la tecnología, es más probable que la adopte.
3. Actitud hacia el uso (AHU): Representa la actitud general del usuario hacia la tecnología en cuestión. Una actitud positiva hacia la tecnología suele estar asociada con una mayor probabilidad de adopción.
4. Intención de uso (IU): Se refiere a la voluntad del usuario de utilizar la tecnología en el futuro. Esta variable se considera un predictor clave del comportamiento de adopción.
5. Uso actual (UA): Se refiere a la acción real de utilizar la tecnología. Esta variable se utiliza para medir la adopción efectiva de la tecnología.
6. Variables de externas: En el TAM, estas variables pueden influir en la percepción y la adopción de la tecnología. Por ejemplo: la edad, el género, la experiencia previa con la tecnología, entre otras.

### 4 Método

El enfoque de la investigación es mixto. Para obtener los datos cuantitativos se aplica un cuestionario basado en los constructos del TAM. Se realiza un muestreo por estratos, el cual se emplea en poblaciones que se dividen naturalmente en subgrupos. Este método permite una representación proporcional de cada estrato en la muestra total. Se obtiene un tamaño de muestra estratificada 367 individuos con una confiabilidad de 90% y un margen de error de 10%, de los cuales 333 serán alumnos, 23 profesores y 11 administrativos. Para los datos cualitativos, se incluye una sección al final del cuestionario que permite a los participantes expresar sus impresiones y/o proporcionar recomendaciones sobre MACU. La información recopilada se analiza identificando patrones y temas recurrentes. La aplicación de la prueba se divide en varias etapas. Primero, se realiza una presentación de los objetivos y funcionalidades de MACU. Segundo, se asigna la tarea de buscar en MACU como llegar al Centro de Cómputo desde la entrada Puerta 1 de la institución. Tercero, al concluir la tarea, se aplica el cuestionario (ver Tabla 1), que utiliza una escala de 1 a 4, donde 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 4 a "totalmente de acuerdo". Para estas evaluaciones, se emplean dispositivos móviles que ya tienen instalado el prototipo funcional de MACU, lo que permite a los usuarios interactuar directamente con el prototipo durante la evaluación.

Tabla 1. Cuestionario basado en los constructos del TAM.

Factor	Id	Sentencia
Utilidad percibida (UP)	UP1	El uso de un sistema de navegación con realidad aumentada facilita mi traslado de un lugar a otro.

	UP2	El uso de sistema de navegación con realidad aumentada mejoraría el tiempo de traslado dentro de las áreas del centro universitario.
	UP3	El sistema de navegación con realidad aumentada me permite llegar a mis destinos con mayor precisión y confianza.
Facilidad de uso percibida (FUP)	FUP1	La interfaz de la aplicación es intuitiva y fácil de navegar.
	FUP2	Pude aprender rápidamente cómo usar la aplicación sin necesidad de ayuda.
	FUP3	Las funciones de la aplicación están claramente identificadas y son fácil acceso.
	FUP4	Siento que cualquier persona, independientemente de su habilidad tecnológica, podría usar la aplicación sin problemas.
Actitud hacia el uso (AHU)	AHU 1	Utilizar el sistema de navegación con realidad aumentada es divertido.
	AHU 2	Creo que usar el sistema de navegación es cómodo.
	AHU 3	El uso del sistema de navegación hace que mi traslado sea interesante.
	AHU 4	Me he aburrido utilizando el sistema de navegación con realidad aumentada.
	AHU 5	Creo que el uso del sistema de navegación con realidad aumentada es buena idea.
Intención de uso (IU)	IU1	Me gustaría utilizar en el futuro el sistema de navegación con realidad aumentada.
	IU2	Me gustaría aprender el uso del sistema de navegación con realidad aumentada.

## 5 Recolección y análisis de datos

Se realizaron pruebas a 367 usuarios. De los estudiantes encuestados, 333 en total, 197 eran mujeres y 136 hombres, con edades que oscilaban principalmente entre los 18 y 34 años. En cuanto al personal académico, se entrevistaron a 23 individuos, incluyendo 7 mujeres y 16 hombres, con la mayoría en el rango de edad de 35 a 65 años. Finalmente, se encuestó a 11 miembros del personal administrativo, compuesto por 9 mujeres y 2 hombres, predominando las edades entre 25 y 54 años. La tabla 2 presenta los resultados, desglosados en los diferentes factores.

**Tabla 2. Resultados del cuestionario en porcentajes.**

Id	Usuario	1	2	3	4
UP1	Alum	29.7	0.8	51.5	8.7
	Acad	1.6	0.3	4.4	0.0
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total UP1</b>		<b>32.2</b>	<b>1.1</b>	<b>58.0</b>	<b>8.7</b>
UP2	Alum	37.3	3.0	43.1	7.4
	Acad	1.4	0.3	4.4	0.3
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total UP2</b>		<b>39.5</b>	<b>3.3</b>	<b>49.6</b>	<b>7.6</b>
UP3	Alum	28.3	1.6	53.1	7.6
	Acad	1.1	0.0	4.9	0.3
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total UP3</b>		<b>30.2</b>	<b>1.6</b>	<b>60.2</b>	<b>7.9</b>
FUP1	Alum	39.5	9.3	33.8	8.2
	Acad	2.2	0.8	3.3	0.0
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total FUP1</b>		<b>42.5</b>	<b>10.1</b>	<b>39.2</b>	<b>8.2</b>

FUP2	Alum	35.1	7.9	38.7	9.0
	Acad	1.6	0.3	4.1	0.3
	Admi	0.5	0.0	2.5	0.0
<b>Total FUP2</b>		<b>37.3</b>	<b>8.2</b>	<b>45.2</b>	<b>9.3</b>
FUP3	Alum	36.2	7.1	38.1	9.3
	Acad	1.9	0.8	3.5	0.0
	Admi	0.5	0.0	2.5	0.0
<b>Total FUP3</b>		<b>38.7</b>	<b>7.9</b>	<b>44.1</b>	<b>9.3</b>
FUP4	Alum	30.2	12.8	38.7	9.0
	Acad	1.9	0.8	3.3	0.3
	Admi	0.5	0.0	2.2	0.3
<b>Total FUP4</b>		<b>32.7</b>	<b>13.6</b>	<b>44.1</b>	<b>9.5</b>
AHU1	Alum	45.0	3.3	36.0	6.5
	Acad	2.5	0.5	3.0	0.3
	Admi	1.1	0.0	1.9	0.0
<b>Total AHU1</b>		<b>48.5</b>	<b>3.8</b>	<b>40.9</b>	<b>6.8</b>
AHU2	Alum	16.6	43.9	9.8	20.4
	Acad	0.8	1.6	1.1	2.7
	Admi	0.0	1.6	0.8	0.5
<b>Total AHU2</b>		<b>17.4</b>	<b>47.1</b>	<b>11.7</b>	<b>23.7</b>
AHU3	Alum	34.3	1.4	48.0	7.1
	Acad	1.4	0.0	4.6	0.3
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total AHU3</b>		<b>36.5</b>	<b>1.4</b>	<b>54.8</b>	<b>7.4</b>
AHU4	Alum	42.2	3.3	38.4	6.8
	Acad	1.6	0.3	3.8	0.5
	Admi	1.4	0.0	1.6	0.0
<b>Total AHU4</b>		<b>45.2</b>	<b>3.5</b>	<b>43.9</b>	<b>7.4</b>
AHU5	Alum	41.7	3.3	38.1	7.6
	Acad	1.9	0.3	3.8	0.3
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total AHU5</b>		<b>44.4</b>	<b>3.5</b>	<b>44.1</b>	<b>7.9</b>
IU1	Alum	38.7	3.0	42.5	6.5
	Acad	1.4	0.3	4.1	0.5
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total IU1</b>		<b>40.9</b>	<b>3.3</b>	<b>48.8</b>	<b>7.1</b>
IU2	Alum	40.9	3.3	40.3	6.3
	Acad	1.6	0.3	4.1	0.3
	Admi	0.8	0.0	2.2	0.0
<b>Total IU2</b>		<b>43.3</b>	<b>3.5</b>	<b>46.6</b>	<b>6.5</b>

La mayoría de los usuarios (66.7%) considera que el uso de un sistema facilita el traslado de un lugar a otro, siendo los alumnos el grupo que más lo percibe. Los académicos y administrativos muestran una percepción muy baja, lo que podría indicar una diferencia en la necesidad en estos usuarios. Un 57.2% de los encuestados cree que este sistema mejoraría el tiempo de traslado, destacando nuevamente a los alumnos como el grupo con mayor porcentaje. El 68.1% de los usuarios totales siente que el sistema les permite llegar a sus destinos con mayor precisión y confianza, consolidando la percepción de utilidad entre los alumnos. La percepción general sobre la interfaz es positiva, con un 47.4% de aceptación. Sin embargo, hay un 42.5% que está de acuerdo con esta afirmación de manera menos contundente, lo que sugiere que, aunque la interfaz es buena, podría haber espacio para mejoras. El aprendizaje de la aplicación tiene una buena aceptación (54.5%). La mayoría considera que la aplicación es fácil de aprender a usar, lo que es un indicador positivo de la accesibilidad del sistema. La claridad de las funciones es bien valorada (44.1%), aunque hay un grupo significativo que siente que la interfaz podría ser más fácil de navegar, especialmente los alumnos (38.1%). La inclusión tecnológica es alta, con un 44.1% considerando que cualquier persona podría usar la aplicación. El uso del sistema es visto como divertido por un 40.9% de los encuestados. Esto sugiere que el

sistema tiene un potencial lúdico que podría explotarse para mejorar la experiencia de usuario. Un 47.1% de los usuarios considera que usar el sistema es cómodo, pero aquí se observa una disparidad con un 43.9% de los alumnos siendo ambivalentes. El 54.8% cree que el sistema hace su traslado más interesante, y es notable la alta aceptación entre los alumnos (48.0%). Esto es un buen indicador del valor añadido que la realidad aumentada aporta al sistema. Aunque un 43.9% no se ha aburrido usando el sistema, el hecho de que un 45.2% se aburra indica que hay aspectos que podrían mejorar la retención y el interés. El 44.1% de los usuarios cree que usar el sistema es una buena idea, lo que sugiere un fuerte respaldo hacia la adopción del sistema. La intención de utilizar el sistema en el futuro es alta (48.8%). La disposición a aprender a usar el sistema es similarmente alta (46.6%).

El análisis cualitativo revela la mayoría de los comentarios indican una valoración positiva, destacando su utilidad y potencial para facilitar la orientación en el campus, especialmente para estudiantes de nuevo ingreso y visitantes. Expresiones como "me parece una buena idea", "muy buena app" y "excelente propuesta" son recurrentes, sugiriendo una aceptación generalizada de la iniciativa. Muchos usuarios sugieren mejoras en la interfaz visual, con recomendaciones para hacerla más estética y atractiva. Se mencionan aspectos como la necesidad de "pulir los diseños" "mejorar la estética" y "hacerla más divertida" mediante el uso de animaciones o íconos. Hay una fuerte demanda de incorporar indicaciones de voz para mejorar la accesibilidad y usabilidad, especialmente para personas con discapacidades visuales o para evitar distracciones al caminar. Comentarios como "que diera las indicaciones por voz" y "agregar sonido" se repiten frecuentemente. Varios usuarios señalaron la importancia de que la aplicación funcione sin necesidad de conexión a Internet, dado que en algunas áreas del campus la señal es débil. Algunos comentarios sugieren la incorporación de elementos de gamificación, como la inclusión de "moneditas" o "premios por llegar a un lugar" para hacer la experiencia más interactiva y atractiva. Se destaca la importancia de hacer la aplicación inclusiva, no solo con indicaciones de voz, sino también con funcionalidades que permitan un fácil acceso y uso para personas con discapacidades. Comentarios como "sería interesante que también muestre las letras de los edificios" y "una guía para las personas que no ven" reflejan esta preocupación. Los usuarios proponen varias funcionalidades adicionales, como la posibilidad de buscar por nombre de persona (ej. "coordinadora Guillermina") o que la aplicación se enlace con el horario académico para mostrar rutas a las clases siguientes. También se sugiere la posibilidad de mostrar un mapa general del campus y añadir un "botón de emergencia".

## 6 Conclusión

Se evalúa la percepción y aceptación de MACU, un sistema de navegación con RA a través del Modelo TAM. Los hallazgos cualitativos revelaron una respuesta positiva, destacando su utilidad y necesidad percibida. Sin embargo, también se identificaron áreas de mejora, particularmente en relación con la accesibilidad, estética y funcionalidad. La investigación evidenció una discrepancia en la facilidad de uso percibida entre los diferentes grupos de usuarios.

Mientras que muchos estudiantes encontraron la interfaz intuitiva, el personal académico y administrativo sugirió mejoras para garantizar una experiencia de usuario más inclusiva. El empleo del modelo TAM en este contexto proporciona información valiosa sobre la percepción y la intención de uso de tecnologías emergentes como la RA. Al examinar cómo diferentes grupos interactúan con el sistema, este estudio no solo explora la adopción de estas tecnologías, sino que también resalta los desafíos y oportunidades para optimizar el diseño y la funcionalidad de sistemas similares. Los resultados de esta investigación sientan las bases para futuras investigaciones que exploren estrategias de diseño centradas en el usuario para aplicaciones de RA, así como la implementación y evaluación de mejoras en MACU basadas en la retroalimentación de los usuarios. Además, futuros estudios podrían examinar el impacto a largo plazo de MACU en la experiencia del usuario y la adopción de esta tecnología en el entorno universitario.

## 7 Referencias

- [1] X. Bi, "Positioning and Navigation Technology", en *Environmental Perception Technology for Unmanned Systems*, Singapore: Springer Singapore, 2021, pp. 203–232. doi: 10.1007/978-981-15-8093-2\_7.
- [2] Sneha Saju, Aparna Babu, Arya S Kumar, Theres John, y Tintu Varghese, "Augmented Reality VS Virtual Reality", *international journal of engineering technology and management sciences*, pp. 379–383, sep. 2022, doi: 10.46647/ijetms.2022.v06i05.057.
- [3] J. Cabero-Almenara y J. L. P. D. De Los Ríos, "Validación del modelo TAM de adopción de la Realidad Aumentada mediante ecuaciones estructurales", *Estudios Sobre Educacion*, vol. 34, pp. 129–153, 2018, doi: 10.15581/004.34.129-153.
- [4] R. Dave Aashka and Dumre, "A Comparative Study on the Use of Augmented Reality in Indoor Positioning Systems and Navigation", en *Intelligent Data Engineering and Analytics*, P. and T. J. and B. V. and G. A. Satapathy Suresh Chandra and Peer, Ed., Singapore: Springer Nature Singapore, 2022, pp. 229–238.
- [5] R. Romli, A. F. Razali, N. H. Ghazali, N. A. Hanin, y S. Z. Ibrahim, "Mobile Augmented Reality (AR) Marker-based for Indoor Library Navigation", *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 767, núm. 1, p. 12062, feb. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/767/1/012062.
- [6] F. Lu, H. Zhou, L. Guo, J. Chen, y L. Pei, "An ARCore-Based Augmented Reality Campus Navigation System", *Applied Sciences*, vol. 11, núm. 16, 2021, doi: 10.3390/app11167515.
- [7] G. Kumparak, "Hands-on with an Alpha build of Google Maps' Augmented Reality mode | TechCrunch". Consultado: el 1 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://techcrunch.com/2019/02/11/hands-on-with-an-alpha-build-of-google-maps-augmented-reality-mode/>



© 2024 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.