

5. Motivación al usar un simulador en realidad aumentada móvil

Motivation using a mobile augmented reality simulator



FRANCISCO AGUILAR ACEVEDO*

JESÚS ALBERTO FLORES CRUZ**

ROBERTO ROMANO RIVERA***

LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ MORALES****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.399.05>

Resumen

Uno de los enfoques disruptivos que más ha permeado en la educación es el uso de la tecnología de realidad aumentada como apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, en particular por su facilidad de uso, bajo costo y alcance. En este sentido, se debe señalar a la masificación de los dispositivos móviles como uno de los principales impulsores de su adaptación, siendo la motivación una de las características más exploradas. Así, en este capítulo se presenta la evaluación del grado de motivación al usar un simulador en realidad aumentada móvil en una intervención para la enseñanza de las leyes de Newton a estudiantes universitarios. Los resultados obtenidos destacan la capacidad de la aplicación utilizada para mantener la atención del grupo de estudiantes y un notorio grado de motivación. No obstante,

* Doctor en Ciencias en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5248-3230>

** Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional. Calz. Legaria No. 694, Col. Irrigación, Miguel Hidalgo, C.P. 11500, Ciudad de México, México.

*** Doctor en Ciencias con Especialidad en Astrofísica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3200-8803>

**** Doctor en Ciencias con Especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1277-9248>

algunos estudiantes manifestaron una baja confianza en “poder aprender”, la cual puede ser asociada a los prejuicios sobre la dificultad que representa el aprender ciencias como la Física.

Palabras clave: *realidad aumentada móvil, aceptación de la tecnología, motivación por aprender.*

Abstract

One of the disruptive approaches that have most permeated education is the use of augmented reality technology to support teaching-learning processes, particularly due to its ease of use, low cost and scope. In this sense, massification of mobile devices is pointing out as one of the main reasons of their adaptation, being the motivation one of the most explored characteristics. Thus, this chapter evaluates the degree of acceptance and motivation when using a mobile augmented reality simulator in an intervention for teaching Newton's laws to university students. Results obtained highlight the application's ability to maintain the attention of the group of students and a notable degree of motivation. However, some students expressed low confidence in “being able to learn,” which may be associated with prejudices about the difficulty of learning sciences such as Physics.

Keywords: *mobile augmented reality, technology acceptance, motivation to learn.*

Introducción

Diversas investigaciones señalan a la realidad aumentada como un enfoque prometedor para abordar la enseñanza de conceptos complejos, abstractos, y/o invisibles e intangibles como los que se presentan en ciencias como la Física (Lai & Cheong, 2022), esto al permitir transformar cualquier objeto 3D en un escenario académico estimulante (Liono *et al.*, 2021). En particular, una forma de aprendizaje experiencial al que se ha

incorporado la realidad aumentada es el aprendizaje basado en simulaciones, bajo la premisa de fomentar el aprendizaje a través de una interacción multimodal (Hashim *et al.*, 2022), con réplicas virtuales de “escenarios reales” o experimentos de laboratorio, que no pueden ser realizados debido a falta de recursos o equipos en las instituciones educativas (Rehman *et al.*, 2021).

Dentro de los atributos asociados a la realidad aumentada se encuentran el aprendizaje, el interés, la experiencia y la motivación de los estudiantes (Yildiz, 2021). Esta última ha sido una de las características más examinadas. En este sentido, un modelo de motivación instruccional empleado con regularidad en la evaluación de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles es el modelo ARCS (*Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction*) de Keller (2010), que se presenta como un buen predictor para explicar la motivación, a través de la atención, relevancia, confianza y satisfacción que genera la interacción con objetos de realidad aumentada (Prasetya *et al.*, 2024, Gandolfi & Ferdig, 2025).

En este capítulo, se presenta el estudio de una intervención educativa con estudiantes de primer semestre de ingeniería, cuyo propósito es analizar el grado de motivación alcanzado tras una instrucción apoyada con un simulador en realidad aumentada móvil. Este objetivo se enfoca en la variable motivación y su estimación mediante el cuestionario RIMMS (*Reduced Instructional Materials Motivation Survey*) derivado del modelo ARCS (Loorbach *et al.*, 2015), en el contexto de una experiencia educativa que incorpore recursos digitales innovadores para la enseñanza de conceptos físicos. Respecto a la tecnología de realidad aumentada, se hizo uso de la aplicación para dispositivos móviles presentado por Aguilar *et al.* (2022), que exhibe una valoración positiva en los aspectos técnicos de utilización y guía. La aplicación permite la simulación del movimiento en un plano horizontal de un cuerpo sobre el que actúa una fuerza de contacto y la gravedad, y el del movimiento en un plano inclinado de un cuerpo que se encuentra solo bajo la influencia de la gravedad.

Metodología

Con el propósito de explorar la motivación al usar un simulador en realidad aumentada en un contexto específico, se realizó un estudio de un solo grupo, con una población (finita pequeña) de 16 estudiantes (3 mujeres y 13 hombres) de primer semestre de ingeniería que cursaban una asignatura introductoria a temas de Física.

El grado de motivación fue valorado a través de un diseño post-test empleando el instrumento de motivación RIMMS, el cual se conforma de 12 ítems (véase Tabla 1) agrupados en las dimensiones del modelo ARCS, Atención (1 al 3), Relevancia (4 al 6), Confianza (7 al 9) y Satisfacción (10 al 12). En la Figura 1 se ilustra la dependencia lineal entre *ítems* del instrumento a través de la correlación de Pearson, obtenida mediante la hoja de cálculo estadístico Jamovi. Como se observa, todas las correlaciones son positivas, y en su mayoría entre moderadas y fuertes (Cohen, 1988), lo que indica una asociación directa entre *ítems* de cada dimensión. En el mismo sentido, se evaluó la fiabilidad del instrumento mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.787, que de acuerdo con Tavakol y Dennick (2011) se considera como aceptable. A nivel de dimensión, la encuesta mostró valores aceptables de 0.751 para la Atención y la Confianza, y moderados para la Relevancia (0.656) y la Satisfacción (0.575).

Respecto a la intervención educativa, esta consistió en dos sesiones presenciales de una hora y media cada una, en donde el docente hizo uso del simulador en realidad aumentada móvil, como apoyo para la enseñanza del tema “Leyes de Newton”. A cada estudiante le fueron proporcionados dos marcadores para la activación de las correspondientes simulaciones, conformando equipos de cuatro personas (véase Figura 2). Es de indicar que, antes de iniciar la intervención, les fue proporcionado a los estudiantes el archivo ejecutable (apk) para la instalación del simulador en realidad aumentada móvil, por lo que los estudiantes exploraron el uso de la aplicación previo al comienzo de las actividades relacionadas con la intervención. Al concluir la instrucción se les aplicó a los estudiantes el instrumento RIMMS.

Figura 5..1. Mapa de calor de correlación para el instrumento RIMMS generado mediante Jamovi.

Fuente: elaboración propia.

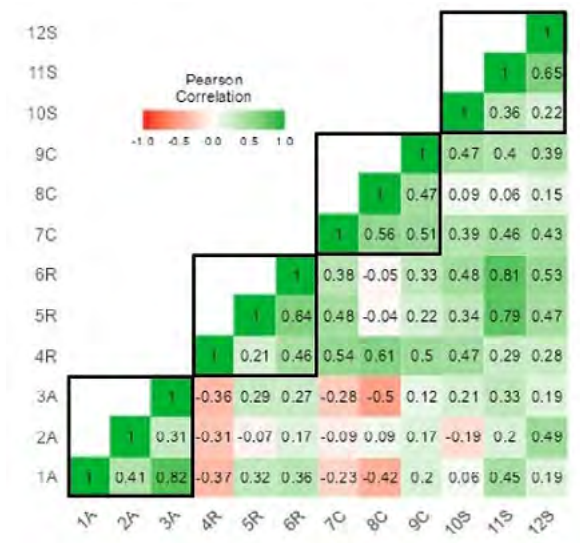


Figura 5.2. Estudiantes participando en la intervención. Fuente: elaboración propia



Resultados

En la Tabla 5.1 se presentan las medias, desviaciones típicas, modas y frecuencias por ítem y dimensión para el instrumento RIMMS. La media total obtenida fue de 4.083 con una desviación de 0.840. A nivel de dimensión, la Relevancia y la Confianza presentan la media más alta (4.292) y baja (3.729) respectivamente, mientras la Atención muestra la menor desviación

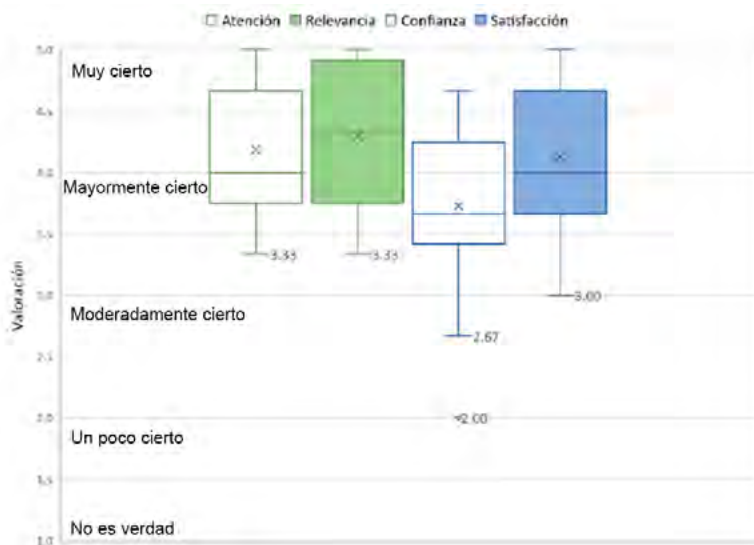
(0.673), y la Satisfacción la mayor dispersión (0.914). En el caso de los ítems, el 67% (8/12) de ellos presentaron una valoración media entre 4 y 5 (máximo de la escala) y el 33% entre 3 y 4, superando el valor central de la escala (de 3.0) para todos los casos, con desviaciones equiparables entre 0.512 y 1.138. En este sentido, las medias más altas (4.438) se presentaron para los ítems 6 y 11, los cuales se relacionan con la utilidad del contenido y el disfrute al usar la aplicación.

Tabla 5.1. *Media, desviación típica, moda y frecuencia por ítem y dimensión para el instrumento RIMMS. Fuente: elaboración propia.*

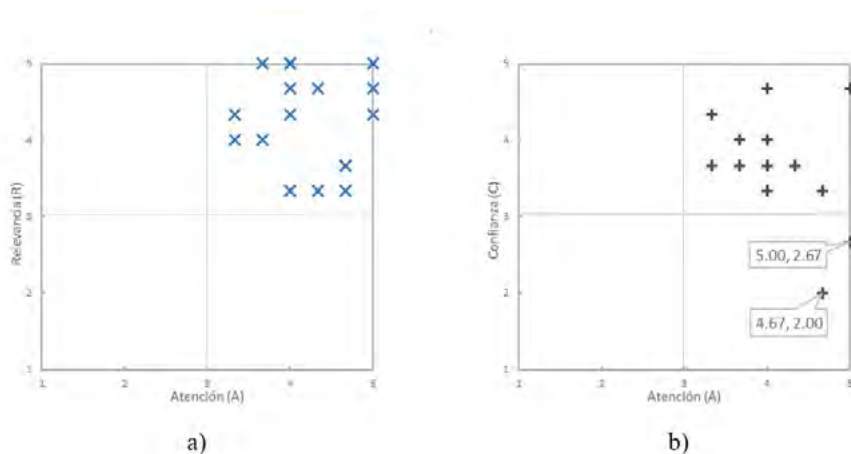
Ítem	M	S	Mo	f
Atención (A)	4.188	0.673		
1. La calidad de los elementos (textos y objetos 2D/3D) de la aplicación ayudó a mantener mi atención.	4.125	0.619	4	10
2. La forma en que se organiza la información en la aplicación ayudó a mantener mi atención.	4.125	0.719	4	8
3. La variedad de elementos de la aplicación ayudó a mantener mi atención.	4.313	0.704	5,4	7
Relevancia (R)	4.292	0.798		
4. Me queda claro cómo se relaciona el contenido de esta aplicación con las cosas que ya sé.	4.125	0.957	5	7
5. El contenido y estilo de esta aplicación transmiten la impresión de que vale la pena trabajar con ella.	4.313	0.793	4	8
6. El contenido de esta aplicación me será útil	4.438	0.629	5	8
Confianza (C)	3.729	0.869		
7. Mientras trabajaba en esta aplicación, confiaba en que podría aprender el contenido	3.875	0.806	4	9
8. Después de trabajar en esta aplicación por un tiempo, estaba seguro de que sería capaz de pasar una prueba (de este tema).	3.500	1.033	4	7
9. La buena organización del contenido me ayudó a confiar en que aprendería este material.	3.813	0.750	4	7
Satisfacción (S)	4.125	0.914		
10. Disfruté tanto esta aplicación que me gustaría saber más sobre este tema.	3.688	1.138	4	6
11. Realmente disfruté estudiando en esta aplicación	4.438	0.512	4	9
12. Fue un placer trabajar en una aplicación tan bien diseñada.	4.250	0.856	5,4	7

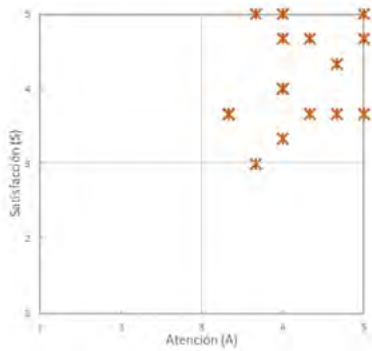
En la Figura 5.3 se representan los valores promedio por dimensión. Como se observa, las valoraciones se ubicaron en su mayoría en la parte superior de la escala, lo que indica un grado notorio de motivación del grupo de estudiantes tras hacer uso del simulador en realidad aumentada móvil.

Figura 5.3. Valores promedio por dimensiones del instrumento RIMMS. Fuente: elaboración propia.

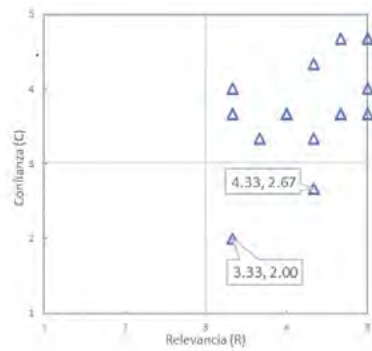


En la Figura 5.4 se muestra la relación entre las variables asociadas a las dimensiones del instrumento RIMMS, a partir de los valores promedio por dimensión para cada participante. La agrupación etiquetada como CM (*Conjunto-Motivación*) en la Figura 4g señala las respuestas de los participantes que superaron el valor central de la escala.

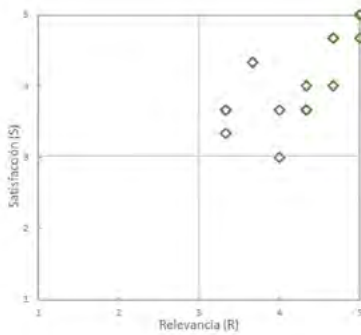




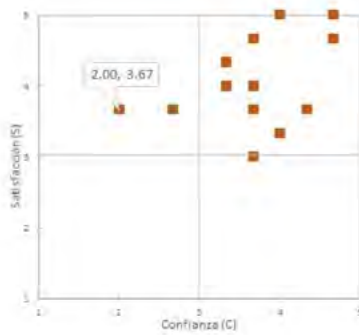
c)



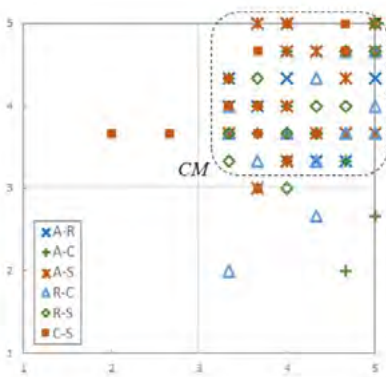
d)



e)



f)



g)

Figura 5.4. Representación de la relación entre dimensiones RIMMS. a) Atención-Relevancia (A-R), b) Atención-Confianza (A-C), c) Atención-Satisfacción (A-S), d) Relevancia-Confianza (R-C), e) Relevancia-Satisfacción (R-S), f) Confianza-Satisfacción (C-S), g) Agrupación de relaciones. Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Sobre el grado de motivación, a nivel de dimensión en la Tabla 5.1 se observa a la *Relevancia* como la de media más alta, siendo el *ítem* 6, relacionado con la utilidad del contenido de la aplicación, el que denota la valoración media más alta dentro de la dimensión. En un mismo sentido, es de destacar que el 63% (10/16) de los participantes consideran que la calidad de la aplicación ayudó a mantener su atención, lo cual se reafirma alrededor de toda la dimensión de *Atención*. Por otra parte, es de remarcar la baja expectativa de éxito (*Confianza*) percibida por los estudiantes al usar el simulador, reflejada en mayor medida a través del *ítem* 8 “Después de trabajar en esta aplicación por un tiempo, estaba seguro de que sería capaz de pasar una prueba”, que presenta la media más baja y una alta dispersión, y que a nivel de participante presentó valores medios de confianza de 2.00 y 2.67 para dos estudiantes (véase Figura 3). Si bien, este hecho podría ser contradictorio al comportamiento de las otras dimensiones del instrumento, es de señalar que, la dificultad que representa para muchos estudiantes el aprendizaje de la Física (Reid & Skryabina, 2002), en diferentes contextos (Hernández-Suarez *et al.*, 2021), puede generar actitudes de rechazo que les impidan aprender de manera efectiva. Este mismo hecho, se remarca a través de los bajos valores medios y la más alta dispersión del *ítem* 10 “Disfruté tanto esta aplicación que me gustaría saber más sobre este tema”, no obstante que, bajo la misma dimensión (*Satisfacción*) los participantes indicaron disfrutar de la aplicación (*ítem* 11 y 12), lo cual podría ser un indicativo de la irrelevancia que representa para algunos estudiantes aprender Física (Testa *et al.*, 2022).

En el caso de las relaciones entre la *Atención*, *Relevancia* y *Satisfacción*, en la Figura 4 se puede observar una relación lineal positiva, sin embargo, se evidencia una disparidad respecto al atributo de *Confianza*, que incluso se traduce en una relación *Atención-Confianza* negativa, que se evidencia con altos valores de *Atención* y bajos de *Confianza* (por debajo de la escala media de 3.0), lo que viene a contribuir a la observación realizada a nivel de ítem. Respecto a la representación de todos los pares de datos, como lo denota la agrupación CM en la Figura 4g, el 86% (55/64) de los participantes mostraron diferentes grados de motivación por aprender, a través de la

conexión entre la Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción, lo que presume una continua motivación por aprender de acuerdo al modelo ARCS.

Conclusiones

Los resultados obtenidos sobre la motivación por aprender en este caso analizado, destacan la capacidad de la aplicación para mantener la atención del grupo de estudiantes y el notorio grado de motivación mostrado, no obstante la baja confianza en poder aprender por parte de algunos estudiantes. Las observaciones sobre la “Confianza”, al usar la aplicación de realidad aumentada, permite asociar esta supuesta actitud de rechazo más que a la instrucción, a los prejuicios sobre la dificultad que representa el aprender ciencias como la Física.

La información obtenida sobre la percepción de la motivación en un entorno educativo real, busca contribuir a la formulación de directrices para la integración de recursos de realidad aumentada en la enseñanza de las ciencias, alrededor de estrategias como el aprendizaje colaborativo y el basado en juegos (Upadhyay *et al.*, 2024, Suhail *et al.*, 2024). Entre los trabajos futuros se contempla la formulación de secuencias didácticas que integren recursos en realidad aumentada móvil similares al utilizado en este estudio, así como la evaluación de este tipo de aplicaciones con poblaciones más amplias, lo que permitiría validar y generalizar los resultados obtenidos.

Referencias

- Aguilar, F., Flores, J. A., Hernández, C. A., y Pacheco, D. (2022). Diseño e implementación de un simulador basado en realidad aumentada móvil para la enseñanza de la física en la educación superior. *EduTec*, (80), 66–83. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2509>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Gandolfi, E., y Ferdig, R. E. (2025). Exploring the relationship between motivation and augmented reality presence using the augmented reality presence scale (ARPS).

- Educational Technology Research and Development. (2025). Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10446-5>
- Hashim, N. C., Majid, N. A. A., Arshad, H., Hashim, H., y Alyasseri, Z. A. A. (2022). Mobile Augmented Reality Based on Multimodal Inputs for Experiential Learning, *IEEE Access*, 10, 78953–78969. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3193498>
- Hernández-Suárez, C. A., Gamboa-Suárez, A. A, y Suárez, O. J. (2021). Attitudes towards physics. A study with high school students from the Colombian context. *Journal of Physics: Conference Series*, 2118, Article 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2118/1/012019>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Lai, J. W. y Cheong, K. H. (2022). Educational Opportunities and Challenges in Augmented Reality: Featuring Implementations in Physics Education. *IEEE Access*, 10, 43143–43158. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3166478>
- Liono, R. A., Amanda, N., Pratiwi, A., y Gunawan, A. A. S., (2021). A Systematic Literature Review: Learning with Visual by The Help of Augmented Reality Helps Students Learn Better. *Procedia Computer Science*, 179, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.12.019>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J., y Steehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 64(1), 204–218. <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>
- Prasetya, F., Fortuna, A., Samala, A. D., Rawas, S., Mystakidis, S., Syahril, Waskito, Primawati, Wulansari, R. E., y Kassymova, G. K. (2024). The impact of augmented reality learning experiences based on the motivational design model: A meta-analysis. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, Article 100926. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100926>
- Rehman, N., Zhang, W., Mahmood, A., y Alam, F. (2021). Teaching physics with interactive computer simulation at secondary level. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society*, 14(1), 127–141. <https://doi.org/10.14571/brajets.v14.n1.127-141>
- Reid, N., y Skryabina, E. A. (2002). Attitudes towards Physics. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 67–81. <https://doi.org/10.1080/02635140220130939>
- Suhail, N., Bahroun, Z. y Ahmed, V. (2024). Augmented reality in engineering education: enhancing learning and application. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, Article 1461145. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1461145>
- Tavakol, M., y Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Testa, I., De Luca Picione, R., y Scotti di Uccio, U. (2022). Patterns of Italian high school and university students' attitudes towards physics: an analysis based on semiotic-cultural perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 37, 785–806. <https://doi.org/10.1007/s10212-021-00563-z>

- Upadhyay, B., Brady, C., Madathil, K. C., Bertrand, J., McNeese, N. J., y Gramopadhye, A. (2024). Collaborative augmented reality in higher education: A systematic review of effectiveness, outcomes, and challenges. *Applied Ergonomics*, 121, Article 104360. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104360>
- Yildiz, E. P. (2021). Augmented Reality Research and Applications in Education. In D. Cvetković (Ed.), *Augmented Reality and Its Application*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99356>