

Capítulo 5

## **Valoración estudiantil de un simulador basado en realidad aumentada como mediador didáctico para la enseñanza del movimiento en línea recta**

*Anny Margarita Lorenzo Domínguez, Jesús Alberto Flores Cruz*

Lorenzo Domínguez, A. M., & Flores Cruz, J. A. (2026). Valoración estudiantil de un simulador basado en realidad aumentada como mediador didáctico para la enseñanza del movimiento en línea recta. En R. Simbaña Q. (Coord), *Investigación educativa en América Latina. Estudios sobre formación docente, prácticas innovadoras y gobernanza institucional (Volumen II)*, (pp. 117-140). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.431.c916>



# 05

## *Valoración estudiantil de un simulador basado en realidad aumentada como mediador didáctico para la enseñanza del movimiento en línea recta*

### Resumen

Usar solo recursos estáticos como la pizarra o libros de textos en temas centrados en el movimiento puede representar una gran carga cognitiva para los estudiantes. Las tecnologías como la realidad aumentada permiten hacer más interactivas y visuales las clases, por esta razón se diseñó un simulador basado en esta tecnología para la enseñanza del movimiento en línea recta. Se utilizó la plataforma educativa Delightex Edu para su creación. El simulador fue evaluado mediante encuestas que midieron su facilidad de uso, guía/tutorial del programa y aspectos técnicos y estéticos. La muestra estuvo conformada por 47 estudiantes que cursaban la asignatura de física básica en la Universidad Autónoma de Santo Domingo en la República Dominicana. La puntuación obtenida por la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) superó el valor mínimo por 13 puntos. Los aspectos técnicos/estéticos, la facilidad de utilización y guía tutorial del programa superaron el valor central de 3 dando una media de 5.484, 5.436 y 5.553 respectivamente; a su vez el coeficiente del alfa de Cronbach dio un valor fiable de 0.908. Se concluye que se obtuvo un simulador en realidad aumentada adecuado para la enseñanza de la cinemática de forma particular del movimiento en línea recta.

Palabras clave: Realidad aumentada; simulación; cinemática; tecnología educativa; validación.

## Introducción

La enseñanza de conceptos de cinemática muestra retos didácticos significativos por su enfoque vectorial y dependencia de interpretación de gráficos y esquemas que resultan difíciles de enlazar con el mundo real (McDermott et al., 1987). Por otro lado, el uso exclusivo de herramientas estáticas como la pizarra o libros de textos para enseñar temas de “movimiento” puede agregar una gran carga cognitiva para el aprendizaje de este tema.

Las tecnologías inmersivas, y en particular la realidad aumentada (RA), ofrecen la posibilidad de conectar la información digital con el mundo físico, funcionando como mediadores cognitivos que facilitan la transición entre el fenómeno físico, su representación gráfica y su formalización matemática, aspectos críticos en la enseñanza de la cinemática (Azuma, 1997; Schmalstieg y Hollerer, 2016). Esto permite diseñar esquemas mentales, actividades seguras y la vinculación entre manifestaciones físicas y el lenguaje matemático.

En la República Dominicana se han desarrollado algunas propuestas e iniciativas institucionales en tecnologías inmersivas (laboratorios de realidad extendida en universidades, proyectos piloto en centros educativos y alianzas público-privadas con empresas tecnológicas), pero su aplicación en los niveles curriculares y su impacto en el sistema educativo aun representan una etapa incipiente. Existen algunas investigaciones dominicanas en RA como la de Michel-Acosta et al. (2024), en la cual se obtuvo una mejoría significativa en el aprendizaje de ciclones tropicales y una baja carga cognitiva al usar un recurso en RA en un grupo de estudiantes que cursaban la asignatura optativa de medio ambiente. También Chaljub Hasbún et al. (2022), desarrollaron un recurso en RA para explicar los elementos químicos de la tabla periódica y obtuvieron una aceptación positiva por parte de estudiantes de quinto grado de secundaria que cursaban la asignatura de química. En el mismo orden, Michel-Acosta et al. (2024) midieron el aprendizaje sobre el cambio climático utilizando un recurso RA en estudiantes universitarios de pregrado en la asignatura de ambiente y cultura, obteniendo un alto grado de aceptación.

## Objetivo del estudio

Diseñar un simulador basado en realidad aumentada para la enseñanza del movimiento en línea recta y analizar su potencial didáctico a partir de la percepción de usabilidad, aceptación y la interacción de los estudiantes con representaciones cinemáticas.

Este estudio busca dar respuestas didácticas ante las necesidades actuales relativas a la enseñanza apoyada en herramientas tecnológicas, las cuales son cada vez más demandadas y facilitan un aprendizaje más visual y práctico por los estudiantes.

¡Azuma (1997), describe la realidad aumentada como una tecnología que superpone contenido virtual sobre la visión del mundo real en tiempo real, manteniendo coherencia en tiempo y espacio entre ambos mundos.

Actualmente existen diferentes tipos de realidades. En algunas circunstancias el término realidad aumentada (RA) se utiliza como sinónimo de realidad virtual (RV) o de otras realidades, sin embargo, hay diferencias sustanciales entre estas. Rauschnabel et al. (2022), señalan que la RV implica una telepresencia, mientras que la RA implica una presencia local en donde el ambiente físico forma parte de la experiencia. Rauschnabel et al. (2022), también distingue la RA de la realidad X (XR), indicando que la XR puede ser cualquier tipo o “forma de nueva realidad” (pág. 5). También resaltan que la XR abarca tanto la realidad extendida, que a su vez incluye la realidad aumentada, como la realidad virtual y otras realidades (ver figura 1). La RV queda excluida de la realidad extendida, puesto que en esta la realidad queda reemplazada en lugar de extendida (Rauschnabel et al., 2022). Por otra parte, se clasifica la RA según el nivel de presencia local, si es alta se considera realidad mixta y si es baja se considera realidad extendida (Rauschnabel et al., 2022).

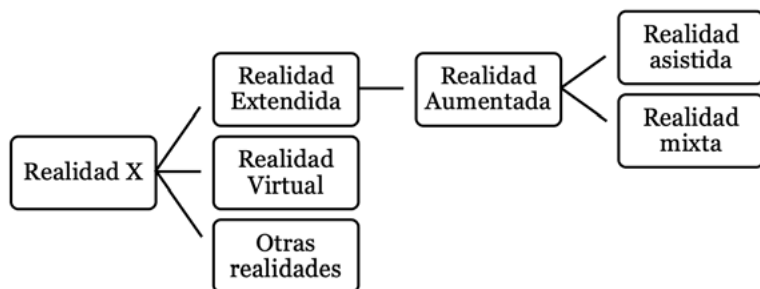


Figura 1. Diferentes tipos de realidades  
 Nota: adaptado de Rauschnabel et al. (2022).

Varios estudios han impulsado la búsqueda de diversas alternativas para incluir la RA en las aulas, a través de diseño y personalización de simuladores y prototipos RA en la educación (Yarin Achachagua y Gamarra Chinchay, 2022; Aguilar Acevedo et al., 2022; Teichrew & Erb, 2020; Aoki et al, 2020) e incluso elaboración de libros de textos interactivos incorporando Realidad Aumentada (Mulyati et al., 2019; Gallego Delgado et al., 2012).

En este mismo tenor, Aguilar Acevedo et al. (2022) desarrollaron un simulador en realidad aumentada móvil, obteniendo una valoración positiva para incorporarlo en actividades de enseñanza-aprendizaje de la física. Por su parte, Teichrew y Erb (2020), diseñaron un software para visualizar propiedades físicas que no son comúnmente observables como flechas de fuerza y rayos de luz. Es importante destacar en esa última investigación que, en lugar de mostrar los cálculos en el simulador RA, sugieren que los propios estudiantes realicen sus cálculos, de este modo; no sustituyen la capacidad analítica de los estudiantes con la simulación, además de que en lugar de imitar la realidad proponen superponer la realidad con objetos que tengan poder explicativo.

Sin embargo, se deben considerar ciertas limitaciones o restricciones que pudieran tener los estudiantes y docentes de acuerdo con los recursos que se utilicen tanto en la parte operativa (software) como en la infraestructura tangible para que se ejecute el simulador en Rea-

lidad Aumentada (hardware). Por ejemplo, Laurens Arredondo (2020), registra que se presentaron algunas dificultades al implementar tecnologías de RA para contenido didáctico debido a teléfonos móviles antiguos o por limitada rapidez de conexión a internet. En ese mismo orden, Yarin Achachagua y Gamarra Chinchay (2022), sugieren que las instituciones educativas deben facilitar los recursos necesarios para equipar las aulas con dispositivos tecnológicos que permitan aprovechar todas las bondades de la RA.

La Realidad Aumentada ha mostrado facultad para transformar la enseñanza de la cinemática y conceptos del movimiento. Por ejemplo, Aoki et al (2020), desarrollaron una simulación en RA (utilizando Unity y Vuforia) para medir el movimiento dinámico en 3D a partir de la observación de la trayectoria, velocidad y aceleración de objetos en tiempo real. De manera similar, Schaspchuck et al. (2022) incorporó la RA para reforzar los aprendizajes en el contenido de cinemática y evaluar la percepción de los estudiantes en el empleo de RA en su proceso de aprendizaje. Se utilizaron las aplicaciones AR Ruler y AR Real Driving en el tema cinemática para estudiar los movimientos rectilíneo uniforme (MRU) y rectilíneo uniformemente variado (MRUV), como resultado obtuvieron aumento de la motivación y fomento del trabajo colaborativo.

## Método

### Diseño y características del simulador RA

Se utilizó la plataforma educativa Delightex Edu (anteriormente denominada Co Spaces Edu). El diseño se dividió en cuatro etapas:

#### *1.a etapa: maquetación*

En esta etapa se seleccionaron figuras del catálogo de Delightex Edu y otras fueron creadas en Microsoft PowerPoint de modo que la simulación se asemeje al campus de la universidad donde se imple-

mentó el proyecto con la finalidad de incrementar la motivación en los estudiantes.



Figura 2. Foto tomada a una de las puertas icónicas de la UASD  
Nota: elaboración propia



Figura 3. Escena del simulador donde se observa la puerta elaborada con elementos de Delightex y Power Point  
Nota: elaboración propia

### *2.a etapa: asignación de trayectorias*

En esta etapa se definieron desde y hasta dónde se moverá cada personaje en la simulación.



Figura 4. Asignación de trayectorias  
Nota: elaboración propia

### *3.a etapa: programación*

Se utilizó la programación por bloques para asignar el movimiento a cada personaje. Mientras que para asignaciones de distancias dentro del campus universitario de la simulación se utilizó Google Earth.

El primer personaje inicia con un movimiento rectilíneo uniforme y luego mantiene un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, el segundo personaje inicia con un movimiento rectilíneo uniforme y luego mantiene un movimiento rectilíneo uniformemente retardado y el tercer personaje inicia con un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, luego se mueve con movimiento rectilíneo uniforme y finaliza con un movimiento rectilíneo uniformemente retardado.

### *4.a etapa: pruebas y ajustes*

Se utilizó la simulación en modo virtual (no inmersiva) y en modo realidad aumentada. Se redimensionaron algunos elementos.



Figura 5. Prueba en modo realidad aumentada  
Nota: elaboración propia

## Características de la simulación

La simulación cuenta con 25 escenas. Se puede utilizar tanto en modo realidad virtual como en realidad aumentada. En total hay tres personajes que tienen diferentes tipos de movimiento en línea recta. Para los dos primeros personajes el estudiante debe registrar los diferentes tiempos en el que cada personaje alcanza las diferentes posiciones, mientras que en el último personaje se debe registrar su velocidad. Luego del registro se le permite verificar sus anotaciones, se le solicita realizar un gráfico de posición en función del tiempo para los dos primeros personajes y de velocidad en función del tiempo para el último. Al final deben responder un cuestionario para el movimiento de cada personaje. Hay que resaltar que las velocidades de los diferentes personajes son representativas y no corresponden con la realidad, pero al solicitarle al estudiante hacer anotaciones, se percibe la noción de aumentos o disminuciones de velocidad. Se elaboraron hojas de registros para que los estudiantes puedan hacer las anotaciones al usar la

simulación, teniendo los valores de las posiciones y hojas cuadrículadas para hacer las gráficas solicitadas.

Para cada personaje se muestra una guía de preguntas para que cada estudiante pueda analizar su movimiento, se menciona mediante audio que las respuestas correctas debe anotarlas. Se tomó la decisión de no revelar las respuestas correctas, con el propósito de favorecer la discusión conceptual, el contraste de interpretaciones y la construcción colectiva del significado físico del movimiento, evitando que la simulación sustituya los procesos de razonamiento del estudiante. Las preguntas se muestran luego de revelar la gráfica del movimiento de cada personaje para que se puedan interpretar a partir del mismo.

Se puede acceder a la simulación mediante el siguiente enlace: <https://edu.delightex.com/VKM-QPY>

### **Instrumentos**

Se utilizaron dos instrumentos para la recogida de datos, el primero fue la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) el cual consta de diez ítems que miden facilidad, consistencia y seguridad de uso de la simulación, es un cuestionario rápido, eficaz y aplicable a cualquier sistema (Brooke, 1995).

Para la puntuación general del SUS se resta 1 a los valores asignados de las preguntas impares, se resta 5 menos los valores asignados de las preguntas pares. La suma final se multiplica por 2.5 y se obtiene una puntuación total de 0 a 100 (Devin, 2017).

El segundo instrumento consistió en la encuesta de calidad técnica sugerida por Barroso-Osuna y Cabero Almenara (2016). Esta encuesta mide tres dimensiones: los aspectos técnicos y estéticos, la facilidad de utilización y la guía/tutorial del programa.

## Muestras y etapas de la investigación

1. La aplicación Delightex Edu indica que funciona para Android a partir de la versión Android 8 y en versiones posteriores y para iOS en iOS 8 y versiones posteriores, en vista de esto, se realizó un levantamiento con un primer prototipo de la simulación en donde se les solicitó a los estudiantes descargar la aplicación y se les dio el código de acceso a la simulación. Posteriormente se registró mediante una encuesta de accesibilidad tanto a la aplicación, como al simulador y sus elementos integrados de acuerdo con el dispositivo usado por los estudiantes. Esto se realizó una semana antes de dar las próximas encuestas. Para esta etapa la muestra consistió en 59 estudiantes (78% hembras y 22% varones), divididos en cuatro secciones (grupos) de clase que cursaron la asignatura Física Básica del ciclo básico común de la Universidad Autónoma de Santo Domingo en la República Dominicana.



Figura 6. Docente dando instrucciones de acceso a la simulación

Nota: elaboración propia

- Según los resultados de la etapa anterior, la siguiente semana se formaron grupos de trabajo de 5 a 6 estudiantes, de modo que en cada grupo hubiera como mínimo dos alumnos que pudieran acceder a todas las modalidades de la simulación. Se entregaron hojas de registro para que cada alumno usara junto con la simulación y luego se les impartió la encuesta de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) y la encuesta de calidad técnica sugerida por Barroso-Osuna y Cabero Almendra (2016). En esta etapa, la muestra consistió en 47 estudiantes (75% hembras y 25% varones).



Figura 7. Estudiantes utilizando la simulación  
Nota: elaboración propia

## Declaración ética

**Participantes:** se obtuvo el consentimiento informado de los participantes para las fotos.

**Datos personales:** los datos se recopilaron y almacenaron de forma segura y anónima.

**Uso de tecnologías:** se verificó que Delightex Edu cumpliera con condiciones adecuadas de privacidad y protección de datos. Indica cumplir con las normas GDPR, COPPA, FERPA y Ed Law 2D.

## Resultados

### Accesibilidad a la simulación

Como se puede observar en la figura 8, todos los estudiantes indicaron haber intentado descargar la aplicación Delightex Edu para poder ingresar a la simulación. Sin embargo, el 4% no pudo descargarla por falta de disponibilidad de espacio en sus dispositivos. Actualmente la aplicación requiere 232.6 MB.

De todos los encuestados, el 89% pudo acceder al primer prototipo de la simulación escribiendo o escaneando el código y finalmente abrirla en sus dispositivos. Sin embargo, sólo el 73% pudo usarla con ambas modalidades (realidad virtual y realidad aumentada).

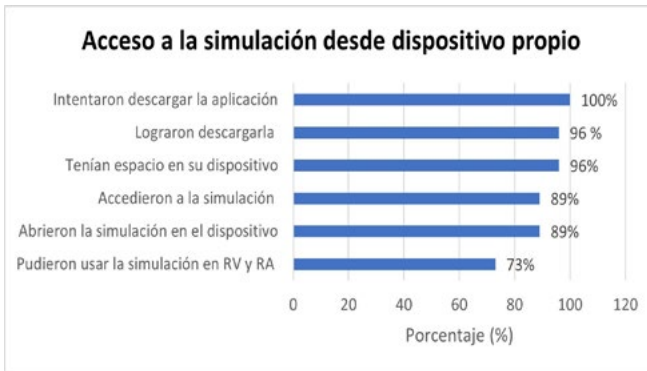


Figura 8. Porcentajes de accesibilidad a la simulación  
Nota: elaboración propia

Todos los alumnos *que pudieron acceder* a la simulación indicaron poder escuchar sus sonidos y que funcionaron correctamente los botones de inicio y reinicio como puede observarse en la figura 9. Sin embargo, sólo el 88% indicó que el botón “pausa” funciona correctamente. Esto porque al darle a pausar, la simulación se detenía momentáneamente y luego volvía a reiniciarse, algunos comentaron que sólo deseaban que la simulación se detuviera sin el reinicio.

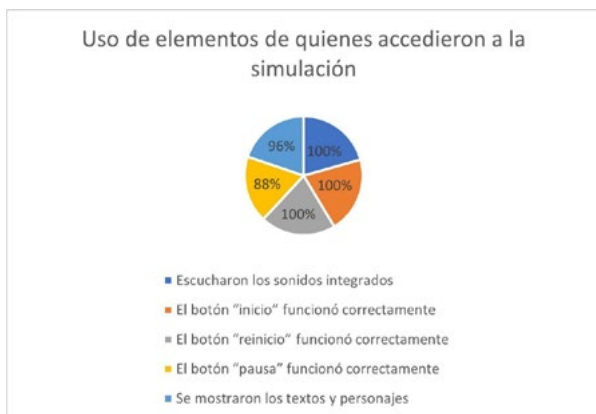


Figura 9. Uso de elementos de la simulación  
Nota: elaboración propia

## Usabilidad general de la simulación

La usabilidad del simulador resulta un aspecto central en este estudio, ya que una interfaz clara y de fácil manejo permite que el esfuerzo cognitivo del estudiante se concentre en la interpretación del movimiento y no en el control de la herramienta, condición necesaria para su uso con fines didácticos en contextos educativos mediados por tecnología.

En la siguiente tabla 1 se muestran las puntuaciones otorgadas por los estudiantes en la encuesta de Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), donde 1 indica “totalmente en desacuerdo” y 5 “totalmente de acuerdo”.

Tabla 1.  
Puntuaciones medias y desviaciones típicas de la escala SUS

Ítem	Media	Desviación típica
1. Creo que me gustaría usar esta simulación con frecuencia	4.11	0.76
2. Encontré la simulación innecesariamente compleja.	1.91	0.86
3. Pienso que la simulación fue fácil de usar.	4.62	0.53
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar la simulación.	1.62	0.68

Ítem	Media	Desviación típica
5. Encontré que las diversas funciones de la simulación estaban bien integradas	4.06	0.57
6. Pienso que había demasiada inconsistencia en la simulación.	1.98	0.85
7. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar esta simulación muy rápidamente.	4.32	0.81
8. Encontré la simulación muy incómoda de usar.	1.67	0.84
9. Me sentí muy seguro(a) usando la simulación.	4.36	0.76
10. Necesité aprender muchas cosas antes de poder empezar a usar esta simulación.	1.87	0.80

Nota: elaboración propia

Puntuación general de la encuesta SUS: 81.12

La puntuación obtenida en la escala de usabilidad supera el valor mínimo de 68 establecido por Pedrosa (2022).

### Calidad técnica y estética del simulador

A continuación, se muestra la fiabilidad mediante el coeficiente de alfa de Cronbach del instrumento de calidad técnica del simulador, como se observa en la tabla 2 se obtuvo un coeficiente para el total del instrumento de 0.908, valor cercano al 0.90 indicado como recomendado por Tavakol y Dennick (2011); de igual modo las dimensiones de aspectos técnicos y estéticos, facilidad de utilización y guía/tutorial del programa obtuvieron valores entre 0.70 y 0.95, rango considerado como aceptable.

Tabla 2.  
Alfa de Cronbach para la fiabilidad del instrumento

Dimensión	Valor alfa
Aspectos técnicos y estéticos	0,795
Facilidad de utilización	0,834
Guía/tutorial del programa	0,761
Total del instrumento	0,908

Nota: elaboración propia

Como se observa en el mapa de calor (figura 10), la mayoría de los coeficientes están entre 0.30 y 0.70, lo cual indica una correcta aproximación a una función lineal de los ítems del instrumento (Cohen, 1988; Bologna, 2011). Esto demuestra asociaciones positivas moderadas y coherencia interna en las tres dimensiones evaluadas: los aspectos técnicos y estéticos, la facilidad de utilización y la guía/tutorial del programa.



Figura 10. Mapa de calor de correlación de Pearson para el instrumento de calidad técnica  
Nota: elaboración propia

La tabla 3 muestra las medias y desviaciones típicas del instrumento de calidad técnica, en el cual se miden tres dimensiones: los aspectos técnicos y estéticos, la facilidad de utilización y la guía/tutorial del programa. El instrumento constó de una escala Likert donde 1 indicaba “muy negativo” y el 6 “muy positivo”.

Tabla 3.  
Instrumento de calidad técnica del simulador

	Media	Desviación típica
1. Aspectos técnicos y estéticos	5.484	0.515
1.1. El funcionamiento del recurso en RA que te hemos presentado es:	5.511	0.505
1.2 En general, la estética del recurso producido en RA lo consideras:	5.447	0.544
1.3 En general, el funcionamiento técnico del recurso producido en RA lo calificaría de:	5.468	0.504
1.4. En general, cómo valorarías la presentación de la información en la pantalla:	5.511	0.505
2. Facilidad de utilización	5.436	0.564
2.1. Cómo calificará la facilidad de utilización y manejo del recurso en RA presentado:	5.404	0.496
2.2. Cómo calificarías la facilidad de comprensión del funcionamiento técnico del recurso en RA presentado:	5.511	0.505
2.3. Desde tu punto de vista, cómo valoraría el diseño general del recurso en RA elaborado:	5.404	0.577
2.4. Desde tu punto de vista, cómo valoraría la accesibilidad/usabilidad del recurso en RA presentado:	5.447	0.583
2.5. Desde tu punto de vista, cómo valoraría la flexibilidad de utilización del material en RA presentado:	5.340	0.600
2.6. El utilizar el recurso en RA producido te fue divertido:	5.511	0.621
3. Guía / tutorial del programa	5.553	0.521
3.1. En general, cómo calificaría de eficaz y comprensible la información ofrecida para manejar el recurso en RA presentado:	5.596	0.496
3.2. La información ofrecida para manejar el recurso en RA te fue simple y comprensible.	5.511	0.547

Nota: elaboración propia

## Discusión y conclusiones

Como se observa en la figura 8, todos los estudiantes mostraron disposición e interés por utilizar la simulación, sin embargo, no todos los estudiantes pudieron usar el modo RA en sus propios dispositivos, por lo que se recomienda hacer un levantamiento antes de implementar el uso de un simulador y formar grupos de trabajo.

Entre los botones utilizados como prueba en el prototipo del simulador el botón “pausa” no obtuvo el 100% de correcto funcionamiento, sin embargo, finalmente se decidió eliminarlo debido a que detener el movimiento de los personajes puede alterar la interpretación correcta de su movimiento, además cada personaje tiene un movimiento predeterminado de poca duración lo que permite reiniciar varias veces en poco tiempo.

Los ítems impares (1,3,5,7,9) de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) reflejan una percepción positiva de usabilidad que, desde una perspectiva didáctica, favorece la autonomía del estudiante y reduce barreras instrumentales que suelen interferir en la comprensión de conceptos cinemáticos, como la interpretación de gráficas de posición, velocidad y tiempo lo cual se observa en la tabla 1, estos ítems obtuvieron valores por encima del valor central (2.5) indicando que la simulación genera percepción clara de facilidad. Mientras que los ítems pares (2,4,6,8,10) miden dificultad de usabilidad y se obtuvieron valores por debajo del valor central (2.5) indicando que los estudiantes no perciben obstáculos significativos en el uso de la simulación. La puntuación más alta (4.62) en la percepción positiva correspondió a “pienso que la simulación fue fácil de usar” lo que recalca una fuerte sensación de dominio, mientras que la puntuación más baja (1.62) de la percepción negativa corresponde a “creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar la simulación”, lo cual señala alta autonomía del usuario.

Aunque el ítem “encontré que las diversas funciones de la simulación estaban bien integradas” obtuvo una puntuación que denota coherencia del diseño de la simulación (4.06), fue la puntuación más

baja de la percepción positiva, lo que implica que puede mejorarse en un trabajo futuro. La puntuación total obtenida de 81.12 es equivalente con estudios relacionados como el de Cabero-Almenera et al. (2025), en donde se evaluaron dos versiones de un simulador en realidad virtual para estudiantes de la Facultad de Comunicación y la Facultad de Ciencias de la Educación, obteniendo un valor de 80.25 para la versión más usable.

Con respecto a la calidad técnica del simulador (tabla 3) puede observarse que las tres dimensiones evaluadas presentan medias muy altas y homogéneas, de 5.3 a 5.6 en escala de 1-6, con bajas desviaciones típicas, lo que sugiere que la simulación tiene una presentación adecuada, resalta nuevamente que es de fácil uso y la comunicación fue clara y suficiente. La dimensión mejor evaluada corresponde a la guía/tutorial del programa lo que sugiere que el usuario no presentó interferencias significativas informativa durante su uso. La media general (5.491) con una desviación típica general (0.533) es equiparable con el resultado obtenido por otros estudios como el de Aguilar Acevedo et al. (2022) que obtuvo una media general de 5.042 y desviación típica 0.885 al evaluar un simulador en realidad aumentada móvil por estudiantes de física básica y el de Cabero-Almenara et al. (2021) que obtuvo una media general de 5.20 y una desviación típica general de 0.94 al evaluar técnicamente un simulador en realidad aumentada y virtual para la enseñanza de matemáticas para arquitectos.

Para finalizar, se concluye que el simulador basado en realidad aumentada constituye una herramienta pedagógica viable para mediar la comprensión del movimiento en línea recta, al facilitar la articulación entre el fenómeno físico y sus representaciones gráficas, apoyándose en una alta usabilidad y una guía clara que permiten centrar la atención del estudiante en el análisis conceptual del movimiento.

## Referencias

- Aguilar Acevedo, F., Flores Cruz, J. A., Hernández Aguilar, C. A., & Pacheco Bautista, D. (2022). Diseño e implementación de un simulador basado en realidad aumentada móvil para la enseñanza de la física en la educación superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (80), 66-83. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2509>
- Aoki, Y., Ujihara, S., Saito, T., & Yuminaka, Y. (2020). Development of augmented reality systems displaying three-dimensional dynamic motion in real time. *Physics Education*, 55(4). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab9213>
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Barroso-Osuna, J., & Cabero-Almenara, J. (2016). Evaluación de objetos de aprendizaje en realidad aumentada: Estudio piloto en el grado de medicina. *Enseñanza & Teaching*, 34(2), 149-167. <https://doi.org/10.14201/et2016342149167>
- Bologna, E. (2011). *Estadística para psicología y educación*. Editorial Brujas.
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland, & B. Weerdmeester, (eds.). *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). Taylor & Francis.
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., & Martínez-Roig, R. (2021). Mixed, augmented and virtual reality applied to the teaching of mathematics for architects. *Applied Sciences*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/app11157125>
- Cabero-Almenara, J., Miravete-Gracia, M., Serrano-Hidalgo, M., & Núñez Domínguez, T. (2025). Evaluación de objetos de realidad virtual en la educación: Análisis de la usabilidad y aspectos técnicos y estéticos por estudiantes. *Hachetepepe. Revista Científica en Educación y Comunicación*, (29), 1-22. <https://doi.org/10.25267/Hachetepepe.2025.130.1101>

- Chaljub Hasbún, J., Peguero García, J. R., & Mendoza Torres, E. J. (2022). Aceptación tecnológica del uso de la realidad aumentada por estudiantes del nivel secundario: Una mirada a una clase de química. *Tecnología, Ciencia y Educación*, (23), 49-68. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.864>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>a</sup> ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Devin, F. (2017). *Sistema de escalas de usabilidad: ¿Qué es y para qué sirve?* UUXpañol. <https://n9.cl/j9mgz>
- Gallego Delgado, R., Saura Parra, & Núñez Trujillo, P. M. (2012). AR-Learning: Libro interactivo basado en realidad aumentada con aplicación a la enseñanza. *Monográfico*, (8), 74-89. <http://hdl.handle.net/10662/18574>
- Laurens Arredondo, L. A. (2020). Realidad aumentada móvil: Una estrategia pedagógica en el ámbito universitario. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 43(3), 114-176. <https://doi.org/10.22209/rt.v43n3a04>
- McDermott, L., Rosenquist, M., & van Zee, E. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513. <https://doi.org/10.1119/1.15104>
- Michel-Acosta, P., Chaljub-Hasbún, J., Cabero-Almenara, J., del Conte-Ayala, E., Peguero-García, J., & Pepín-Ubrí, J. (2024). Evaluación de una app de realidad aumentada para el aprendizaje sobre cambio climático en estudiantado universitario: Estudio piloto. *Revista Electrónica Educare*, 28(3), 1-19. <https://doi.org/10.15359/ree.28-3.18595>
- Michel-Acosta, P., Pepín Ubrí, J., & Chaljub-Hasbún, J. (2024). Augmented reality about tropical cyclones in the Dominican Republic: Evaluation of learning and cognitive load. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 13, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s44322-024-00020-x>

- Muliyati, D., Hikayah Baiti, D., Bakri, F., & Permana, H. (2019). Physics textbook enriched augmented reality: Easy way to understand the physical concept. *MSCEIS*. <http://dx.doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296481>
- Pedrosa, M. (2022). ¿La usabilidad puede medirse? Escala SUS y test de usuario. *Flat101*. <https://slink.com/INZT5>
- Rauschnabel, F., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a framework for augmented and virtual reality. *Computers in Human Behavior*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>
- Schaspchuck, P., Peralta, G., Mansilla, C. M., & Becchio, R. M. (2022). Realidad aumentada en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34, 321-328.
- Schmalstieg, D., & Höllerer, T. (2016). *Augmented reality: Principles and practice*. Addison-Wesley Professional.
- Tavakol, M., & 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>
- Teichrew, A., & Erb, R. (2020). How augmented reality enhances typical classroom experiments: Examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55(6), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9>
- Yarin Achachagua, Y. H., & Gamarra Chinchay, H. E. (2022). La realidad aumentada y su efecto en la habilidad espacial de estudiantes de ingeniería mecánica. *Revista de Educación a Distancia*, 22(70). <http://dx.doi.org/10.6018/red.509931>

**Anny Margarita Lorenzo Domínguez**

Instituto Politécnico Nacional y Universidad Autónoma de Santo Domingo | Santo Domingo | República Dominicana

<https://orcid.org/0000-0003-1439-3821>

aloreno69@uasd.edu.do

annylorenzod@gmail.com

Es ingeniera química y posee una maestría en Física, encontrándose actualmente en proceso doctoral en Ciencias en Física Educativa. Es docente universitaria de Física.

**Jesús Alberto Flores Cruz**

Instituto Politécnico Nacional | Ciudad de México | México

<https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

jafloresc@ipn.mx

jesusafc@hotmail.com

Investigador y docente del Instituto Politécnico Nacional (IPN), adscrito al posgrado en Física Educativa del CICATA-Legaria, con formación como ingeniero electricista y doctor en Ingeniería de Sistemas.

***Student Assessment of an Augmented Reality-Based Simulator as a Didactic Mediator for Teaching Straight-Line Motion*****Abstract**

Using only static resources such as the blackboard or textbooks for topics centered on motion can represent a significant cognitive load for students. Technologies such as augmented reality enable classes to become more interactive and visual. For this reason, a simulator based on this technology was designed for teaching straight-line motion. The Delightex Edu educational platform was used for its creation. The simulator was evaluated through surveys measuring its ease of use, program guidance/tutorial, and technical and aesthetic aspects. The sample consisted of 47 students enrolled in the basic physics course at the Universidad Autónoma de Santo Domingo in the Dominican Republic. The score obtained on the System Usability Scale (SUS) exceeded the minimum value by 13 points. Technical/aesthetic aspects, ease of use, and tutorial guidance of the program exceeded the central value of 3, yielding means of 5.484, 5.436, and 5.553, respectively. In turn, Cronbach's alpha coefficient yielded a reliable value of 0.908. It is concluded that an augmented reality simulator suitable for teaching kinematics, specifically straight-line motion, was obtained.

Keywords: Augmented reality; simulation; kinematics; educational technology; validation.

***Avaliação Estudantil de um Simulador Baseado em Realidade Aumentada como Mediador Didático para o Ensino do Movimento Retilíneo*****Resumo**

Utilizar apenas recursos estáticos, como o quadro-negro ou livros didáticos, em temas centrados no movimento pode representar uma grande carga cognitiva para os estudantes. Tecnologias como a realidade aumentada permitem tornar as aulas mais interativas e visuais. Por essa razão, foi desenvolvido um simulador baseado nessa tecnologia para o ensino do movimento retilíneo. Utilizou-se a plataforma educacional Delightex Edu para sua criação. O simulador foi avaliado por meio de questionários que mensuraram sua facilidade de uso, guia/tutorial do programa e aspectos técnicos e estéticos. A amostra foi

140  
CAPÍTULO 5

composta por 47 estudantes matriculados na disciplina de física básica na Universidade Autónoma de Santo Domingo, na República Dominicana. A pontuação obtida na Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) superou o valor mínimo em 13 pontos. Os aspectos técnicos/estéticos, a facilidade de utilização e o guia tutorial do programa superaram o valor central de 3, apresentando médias de 5,484, 5,436 e 5,553, respectivamente. Por sua vez, o coeficiente alfa de Cronbach apresentou um valor confiável de 0,908. Conclui-se que foi obtido um simulador em realidade aumentada adequado para o ensino da cinemática, de forma particular do movimento retilíneo.

Palavras-chave: Realidade aumentada; simulação; cinemática; tecnologia educacional; validação.