



ORIGINAL

Impacto de la realidad virtual en el fortalecimiento de destrezas psicomotoras en estudiantes de Instrumentación Quirúrgica en Pereira, Colombia

German Oved Acevedo-Osorio^{a,b,*}, Pedro Luis Cortes-Benítez^c,
Angelica María Blanco-Vanegas^a y Leidy Lorena Montero-Caicedo^d

^a Fundación Universitaria del Área Andina, Seccional Pereira, Pereira, Colombia

^b Doctorado en Innovación Educativa y Cultura Digital, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia

^c Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Sinú, Montería, Colombia

^d Facultad de Educación, Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá, Colombia

Recibido el 15 de enero de 2025; aceptado el 7 de junio de 2025

Disponible en Internet el 14 de julio de 2025

PALABRAS CLAVE

Realidad virtual;
Habilidades
psicomotoras;
Instrumentación
quirúrgica;
Educación médica;
Entrenamiento en
simulación

Resumen

Introducción: las destrezas psicomotoras son esenciales en la formación de estudiantes de Instrumentación Quirúrgica, ya que influyen directamente en la seguridad del paciente y en la eficiencia del equipo quirúrgico. La realidad virtual (RV) ha emergido como una herramienta educativa innovadora, ofreciendo un entorno seguro y controlado para fortalecer estas habilidades. Sin embargo, su impacto en contextos locales como Pereira no ha sido suficientemente explorado. Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del uso de la RV en el fortalecimiento de las destrezas psicomotoras de estudiantes de Instrumentación Quirúrgica en Pereira, Colombia.

Metodología: se realizó un estudio cuasiexperimental con 50 estudiantes, divididos en un grupo experimental ($n = 25$) y un grupo control ($n = 25$). El grupo experimental participó en 10 sesiones de entrenamiento con simuladores de RV, mientras que el grupo control continuó con prácticas tradicionales. Las destrezas psicomotoras se evaluaron antes y después de la intervención mediante la prueba OSATS. Los datos fueron analizados utilizando pruebas estadísticas como el *t-test* y ANOVA. **Resultados:** el grupo experimental mostró mejoras significativas en precisión, tiempo de ejecución, economía de movimientos, calidad técnica y seguridad, en comparación con el grupo control. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas ($p < 0,001$) y reflejan la efectividad de la RV para optimizar el desempeño técnico de los estudiantes.

Conclusión: el uso de simuladores de RV es una estrategia eficaz para fortalecer las destrezas psicomotoras en estudiantes de Instrumentación Quirúrgica. Estos hallazgos respaldan la incorporación de la RV como herramienta complementaria en programas educativos.

© 2025 El Autor/Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Gacevedo@areandina.edu.co (G.O. Acevedo-Osorio).

KEYWORDS

Virtual reality;
Psychomotor skills;
Surgical
instrumentation;
Medical education;
Simulation training

Impact of virtual reality on psychomotor skills development in Surgical Instrumentation students: A study in Pereira, Colombia

Abstract

Introduction: Psychomotor skills are essential in the training of surgical instrumentation students as they directly influence patient safety and the efficiency of the surgical team. Virtual reality (VR) has emerged as an innovative educational tool, offering a safe and controlled environment to strengthen these skills. However, its impact in local contexts such as Pereira, Colombia, has not been sufficiently explored. This study aims to evaluate the impact of using virtual reality in strengthening the psychomotor skills of surgical instrumentation students in Pereira, Colombia.

Methods: A quasi-experimental study was conducted with 50 students divided into an experimental group ($n = 25$) and a control group ($n = 25$). The experimental group participated in 10 training sessions with VR simulators, while the control group continued with traditional practices. Psychomotor skills were assessed before and after the intervention using the OSATS test. Data were analyzed using statistical tests such as t-test and ANOVA.

Results: The experimental group showed significant improvements in precision, execution time, movement economy, technical quality, and safety compared to the control group. The observed differences were statistically significant ($p < 0.001$), reflecting the effectiveness of VR in optimizing the technical performance of students.

Conclusion: The use of VR simulators is an effective strategy to strengthen psychomotor skills in surgical instrumentation students. These findings support the incorporation of VR as a complementary tool in educational programs.

© 2025 The Author(s). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

Introducción

La integración de la tecnología de realidad virtual (RV) en la educación médica ha demostrado ser una herramienta prometedora para mejorar las habilidades prácticas de los estudiantes¹. Varios estudios han explorado el uso de simuladores virtuales en el entrenamiento de procedimientos quirúrgicos, destacando su capacidad para brindar un entorno de aprendizaje seguro y controlado, donde los estudiantes pueden practicar y perfeccionar sus destrezas sin poner en riesgo a los pacientes². Sin embargo, a pesar de estos avances, persisten brechas en la literatura relacionadas con la implementación de la RV en contextos específicos, como la instrumentación quirúrgica, y en regiones donde la investigación en educación en salud no está ampliamente desarrollada, como en América Latina³.

En el ámbito quirúrgico, las destrezas psicomotoras constituyen un componente esencial en la formación de profesionales de la salud, especialmente en estudiantes de Instrumentación Quirúrgica, quienes desempeñan un rol crítico en el éxito de los procedimientos y la seguridad del paciente^{4,5}. Estas habilidades, que comprenden la precisión manual, la coordinación ojo-mano y la capacidad para manipular instrumentos quirúrgicos de manera eficiente, no solo impactan directamente en los resultados clínicos, sino también en la dinámica y eficiencia del equipo de salud durante intervenciones quirúrgicas. Por lo tanto, fortalecer dichas competencias durante la etapa formativa es una prioridad en la educación en ciencias de la salud⁶.

En Colombia, las instituciones educativas enfrentan el desafío de preparar a estudiantes de Instrumentación Quirúrgica en un entorno de recursos limitados, donde las

oportunidades de práctica clínica pueden ser insuficientes para garantizar una formación integral⁷. Este contexto subraya la necesidad de explorar estrategias pedagógicas innovadoras, como el uso de simuladores de RV, que puedan complementar y optimizar el aprendizaje práctico⁸. Además, la ausencia de investigaciones locales sobre el impacto de esta tecnología en el fortalecimiento de destrezas psicomotoras resalta la relevancia de realizar este estudio.

Ante esta realidad, surge la necesidad de evaluar el impacto del uso de la RV como herramienta formativa, considerando sus potenciales beneficios en la preparación técnica de los estudiantes y su posible contribución a la mejora de la calidad educativa en programas de instrumentación quirúrgica. Este enfoque no solo busca responder a las demandas académicas y profesionales del sector, sino también posicionar a la RV como una alternativa viable para superar las limitaciones tradicionales en la enseñanza de habilidades prácticas.

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto del uso de la RV en el fortalecimiento de las destrezas psicomotoras de estudiantes de Instrumentación Quirúrgica en Pereira, Colombia, con el propósito de optimizar su formación práctica y su desempeño profesional.

Materiales y métodos

Se desarrolló un estudio cuasiexperimental con un diseño de grupos pre- y posintervención, sin asignación aleatorizada, para evaluar el impacto del uso de RV en el fortalecimiento de las destrezas psicomotoras en estudiantes de Instrumentación Quirúrgica. Este diseño fue elegido porque permite medir los efectos de una intervención específica en condiciones controladas, sin alterar significativamente el contexto

académico de los participantes, y es adecuado para situaciones donde la asignación aleatorizada no es factible.

Población y muestra

La población objetivo incluyó a estudiantes matriculados en el programa de instrumentación quirúrgica de una institución de educación superior en Pereira, Colombia. Se seleccionó una muestra de 50 estudiantes mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

Criterios de inclusión: estudiantes de tercer o cuarto semestre del programa de Instrumentación Quirúrgica; edad igual o mayor a 18 años; disponibilidad para participar en todas las sesiones del estudio.

Criterios de exclusión: participantes con diagnósticos de alteraciones motoras o neurológicas; experiencia previa significativa en el uso de simuladores de RV; inasistencia a más del 20% de las sesiones.

Intervención

La intervención consistió en el uso de simuladores de RV, específicamente el *software Surgical Science® LapSim*, que permite realizar prácticas interactivas en un entorno quirúrgico virtual. Cada estudiante del grupo experimental participó en 10 sesiones de 90 minutos, realizadas 2 veces por semana durante 5 semanas.

Los simuladores de RV incluyeron gafas de RV con retroalimentación háptica (Oculus Quest 2) y un *software* de simulación quirúrgica validado. El sistema se configuró mediante el visor Oculus Quest 2 conectado a una estación de trabajo compatible, que ejecutaba el *software Surgical Science® LapSim* en su versión para entrenamiento laparoscópico asistido. Este simulador incluye una interfaz física con mando háptico que permite al usuario interactuar con tareas técnicas como manipulación de instrumental, corte, sutura y coordinación bimanual, con retroalimentación visual y táctil en tiempo real. Este tipo de simulador ha sido validado en entornos de formación quirúrgica y cuenta con reportes objetivos del rendimiento del usuario⁹.

Variables

Variable dependiente: destrezas psicomotoras, medidas mediante precisión, tiempo de ejecución y cantidad de errores en las tareas asignadas.

Variable independiente: uso de la intervención con RV, definida por la participación en las sesiones de simulación.

Instrumentos de medición

Se utilizó una adaptación contextual de la prueba OSATS (*Objective Structured Assessment of Technical Skills*), la cual evaluó 5 dominios específicos: precisión, tiempo de ejecución, economía de movimientos, calidad técnica y seguridad. Estos dominios se corresponden con los ítems del instrumento original en inglés: *instrument handling* y *respect for tissue* (precisión), *time and motion* (tiempo), *flow of operation* (economía de movimientos), *knowledge of instruments* y *knowledge of specific procedure* (calidad técnica), y la ausencia de errores críticos (seguridad). La evaluación fue

realizada por 2 docentes entrenados utilizando una rúbrica con escala de 1 a 5 por dominio, y se calcularon promedios para el análisis comparativo. Además, se generaron reportes automáticamente por el simulador, que incluyen métricas como tiempos de ejecución y tasa de errores. Ambos instrumentos presentan alta validez y confiabilidad en estudios previos, con coeficientes superiores a 0,85¹⁰.

Procedimiento

Fase de planificación

Se realizó una selección y capacitación de los participantes mediante una charla introductoria sobre los objetivos y procedimientos del estudio. Se diseñó un cronograma de intervención que garantizara la participación activa de todos los estudiantes.

Intervención

Los estudiantes del grupo experimental asistieron a sesiones organizadas en 3 fases:

1. Instrucciones iniciales: explicación de los objetivos de la sesión y una demostración guiada del uso del simulador.
2. Práctica guiada: realización de tareas específicas dentro del entorno virtual, bajo supervisión técnica.
3. Evaluación automática: registro de métricas de desempeño mediante el software del simulador.

Las sesiones se realizaron en un laboratorio equipado con condiciones homogéneas de iluminación, ruido y temperatura. Un técnico especializado asistió en el manejo de los equipos.

Evaluación pre- y posintervención

Antes de la intervención, se realizó una medición inicial de las destrezas psicomotoras en todos los participantes.

Después de las 10 sesiones, se aplicó la misma evaluación a ambos grupos para comparar los resultados.

Control de variables externas

Se garantizaron condiciones iguales para ambos grupos en términos de duración de las sesiones, horarios y acceso al laboratorio. Además, se evitó cualquier interferencia externa que pudiera afectar los resultados.

Análisis de datos

Los datos recopilados se analizaron utilizando el *software* SPSS versión 26. Se emplearon pruebas estadísticas como la prueba t de Student para muestras relacionadas, para comparar las medidas pre- y posintervención dentro del grupo experimental. Se aplicó ANOVA de medidas repetidas para analizar diferencias entre el grupo experimental y el grupo control. Un nivel de significación de 0,05 se utilizó como criterio para determinar resultados estadísticamente significativos.

Consideraciones éticas

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de iniciar el estudio, donde se detallaron los objetivos, beneficios y posibles riesgos. Se garantizó la confidencialidad

Tabla 1 Características de la muestra

Característica	Total n (%)	Grupo experimental n (%)	Grupo control n (%)
<i>Género</i>			
Masculino	16 (32)	8 (32)	8 (32)
Femenino	34 (68)	17 (68)	17 (68)
<i>Edad (años)</i>			
18–20	18 (36)	9 (36)	9 (36)
21–23	22 (44)	11 (44)	11 (44)
> 23	10 (20)	5 (20)	5 (20)

de los datos mediante la codificación de la información y la protección de los registros bajo estándares de seguridad adecuados, asegurando el cumplimiento de las normativas internacionales, como la Declaración de Helsinki.

Resultados

Se incluyó una muestra total de 50 estudiantes de Instrumentación Quirúrgica, dividida en un grupo experimental ($n = 25$) y un grupo control ($n = 25$). Las características demográficas y académicas se presentan en la [tabla 1](#). La mayoría de los participantes fueron mujeres (68%) con una edad promedio de 21,5 años ($DE = 2,3$). Todos los estudiantes estaban cursando el segundo o tercer semestre.

Resultados pre- y posintervención

La evaluación de destrezas psicomotoras a través de la prueba OSATS que se resume en la [tabla 2](#), incluyó 5 dominios clave: precisión, tiempo de ejecución, economía de movimientos, calidad técnica y seguridad. En relación con la precisión en el grupo experimental, la puntuación promedio aumentó de 7,2 a 9,5, mostrando una mejora significativa ($p < 0,001$), mientras que en el grupo control no mostró diferencias significativas ($p = 0,21$). Frente al tiempo de ejecución en el grupo experimental, el tiempo promedio disminuyó en 55,2 segundos, reflejando un avance en la eficiencia operativa ($p < 0,001$). El grupo control mostró una disminución mínima y no significativa ($p = 0,15$).

En cuanto a la economía de movimientos, el grupo experimental mostró una mejora destacada, con un aumento promedio de 2,4 puntos en este dominio ($p < 0,001$), mientras que en el grupo control las puntuaciones permanecieron prácticamente sin cambios. En el dominio de calidad técnica, los estudiantes del grupo experimental evidenciaron una mejora significativa en su desempeño en tareas simuladas ($p < 0,001$), sin observarse cambios relevantes en el grupo control. Por último, en el dominio de seguridad, el grupo experimental registró un incremento promedio de 2,4 puntos ($p < 0,001$), reflejando una notable reducción en los errores críticos durante la práctica.

Las destrezas psicomotoras se evaluaron antes y después de la intervención utilizando el puntaje total obtenido en la prueba OSATS y los reportes automáticos del simulador. Los resultados se resumen en la [tabla 3](#).

El grupo experimental mostró un aumento significativo en el puntaje promedio posintervención ($\Delta = 33,4$ puntos; $p < 0,001$), mientras que el grupo control no evidenció un cambio significativo ($\Delta = 3,3$ puntos; $p = 0,12$).

Discusión

El presente estudio evaluó el impacto del uso de la RV en el fortalecimiento de destrezas psicomotoras en estudiantes de Instrumentación Quirúrgica, encontrando que la intervención con simuladores de RV produjo mejoras significativas en la precisión, el tiempo de ejecución, la economía de movimientos, la calidad técnica y la seguridad. Estos hallazgos destacan la efectividad de la RV como herramienta pedagógica para superar las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza, especialmente en entornos educativos, donde las oportunidades prácticas pueden ser restringidas. El grupo experimental presentó avances significativos en todos los dominios evaluados, mientras que el grupo control, que continuó con las prácticas convencionales, mostró cambios mínimos y no significativos. Este resultado subraya el potencial transformador de la RV para abordar las necesidades formativas de estudiantes en ciencias de la salud.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con hallazgos previos que destacan la efectividad de la RV en la formación en ciencias de la salud, particularmente en el desarrollo de destrezas psicomotoras. En un estudio

Tabla 2 Resultados detallados por dominio de la prueba OSATS (*Objective Structured Assessment of Technical Skills*) en el grupo experimental y control

Dominio	Grupo	Preintervención (Media \pm DE)	Posintervención (Media \pm DE)	Diferencia (Δ)	<i>p</i>
<i>Precisión</i>	Experimental	7,2 \pm 1,8	9,5 \pm 0,7	+2,3	<0,001
	Control	7,1 \pm 1,7	7,4 \pm 1,6	+0,3	0,21
<i>Tiempo (s)</i>	Experimental	320,5 \pm 45,2	265,3 \pm 30,1	-55,2	<0,001
	Control	323,8 \pm 50,6	317,5 \pm 48,4	-6,3	0,15
<i>Economía de movimientos</i>	Experimental	6,8 \pm 1,6	9,2 \pm 0,9	+2,4	<0,001
	Control	6,9 \pm 1,5	7,1 \pm 1,4	+0,2	0,31
<i>Calidad técnica</i>	Experimental	7,5 \pm 1,7	9,6 \pm 0,6	+2,1	<0,001
	Control	7,4 \pm 1,9	7,8 \pm 1,8	+0,4	0,19
<i>Seguridad</i>	Experimental	6,9 \pm 1,8	9,3 \pm 0,7	+2,4	<0,001
	Control	6,8 \pm 1,7	7,1 \pm 1,8	+0,3	0,23

Tabla 3 Comparación de resultados pre- y posintervención en los grupos experimental y control

Grupo	Momento	Media (DE)	Mediana	Min-Max
<i>Experimental</i>	Preintervención	45,2 (7,8)	46,0	30–58
	Posintervención	78,6 (6,5)	79,0	65–89
<i>Control</i>	Preintervención	44,8 (8,1)	45,0	29–57
	Posintervención	48,1 (7,9)	47,0	35–62

publicado por Sun et al., se encontró que el entrenamiento basado en RV tuvo un impacto positivo significativo en el desarrollo de habilidades psicomotoras, especialmente en tareas que requieren alta precisión y coordinación, reforzando su aplicabilidad en la educación quirúrgica. Este estudio también destacó que la RV es particularmente eficaz en la identificación de errores y la retroalimentación inmediata, elementos cruciales para el aprendizaje adaptativo en ciencias de la salud¹¹. Asimismo, Elendu et al. destacaron que los entornos de RV ofrecen un entorno seguro y controlado para que los estudiantes practiquen habilidades técnicas y no técnicas, recibiendo retroalimentación inmediata y estructurada. Este enfoque no solo mejora la adquisición de habilidades, sino que también reduce errores y permite la repetición de procedimientos sin riesgo para los pacientes, lo cual es un aspecto central en nuestra intervención¹².

Nuestro estudio aporta evidencia complementaria a trabajos como el de Alaker et al. (2016), quienes encontraron que el uso de RV no solo mejora la precisión y el tiempo de ejecución en tareas técnicas, sino que también aumenta la confianza de los estudiantes al enfrentarse a escenarios clínicos reales. En consonancia con estos hallazgos, los participantes de nuestro grupo experimental mostraron mejoras sustanciales en precisión (+22,5%) y tiempo de ejecución (–15,4%), lo que refleja un avance notable en su preparación técnica¹³.

Por otro lado, estudios como el de Gallagher et al. sugieren que la efectividad de la RV puede depender del nivel de experiencia inicial de los participantes¹⁴. Si bien este estudio reportó mayores beneficios en estudiantes novatos, nuestros resultados indican que tanto los estudiantes con menor experiencia inicial como aquellos con habilidades previas más avanzadas obtuvieron mejoras significativas. Esto podría deberse a la estructura progresiva de las tareas en el simulador utilizado, lo que permitió adaptarse a diferentes niveles de habilidad, proporcionando retos adecuados para cada participante.

La economía de movimientos es un elemento fundamental en el entrenamiento quirúrgico, ya que se relaciona directamente con la eficiencia y precisión en la realización de procedimientos técnicos. En nuestro estudio, el uso de simuladores de RV permitió al grupo experimental mejorar significativamente este aspecto, con un aumento promedio de 2,4 puntos ($p < 0,001$) en comparación con el grupo control, que no mostró cambios relevantes. Este hallazgo coincide con las observaciones de Cardoso et al.¹⁵, quienes destacaron que la simulación quirúrgica, incluyendo la RV, es una herramienta eficaz para optimizar habilidades técnicas al ofrecer entornos que imitan condiciones reales

de práctica clínica. Ambos estudios resaltan que la práctica repetitiva en entornos simulados mejora la fluidez y la velocidad de los movimientos, superando los resultados obtenidos mediante métodos tradicionales de enseñanza. También cabe destacar que, a diferencia de algunos estudios que reportaron discrepancias en los resultados según el género o las preferencias individuales (Lin et al.), este estudio no encontró diferencias significativas entre hombres y mujeres en los beneficios obtenidos¹⁶.

Sin embargo, una discrepancia relevante se observa al comparar este trabajo con estudios previos realizados en entornos clínicos reales. Según el estudio de Chen et al. en residentes quirúrgicos, se indicó que la transferencia de habilidades adquiridas en simuladores de RV a la práctica clínica puede estar mediada por factores externos, como la presión ambiental o la complejidad de los procedimientos. Aunque nuestro estudio se centró exclusivamente en el entorno de simulación, los resultados sugieren que las habilidades adquiridas tienen el potencial de ser transferidas al contexto clínico, pero investigaciones futuras deberán confirmar este impacto en escenarios reales¹⁷.

Es relevante mencionar que, aunque la mayoría de los estudios previos se han centrado en regiones desarrolladas, donde la infraestructura tecnológica es más accesible, nuestro estudio aporta evidencia desde un contexto latinoamericano, donde las limitaciones de recursos suelen restringir el acceso a tecnologías avanzadas. Esto subraya la importancia de explorar el uso de RV como una solución accesible y efectiva para superar las barreras tradicionales en la formación en ciencias de la salud, una contribución que complementa los hallazgos de trabajos globales.

A pesar de los resultados prometedores, el estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, el tamaño muestral relativamente pequeño ($n = 50$) puede limitar la generalización de los hallazgos a otras instituciones o contextos educativos. En segundo lugar, el diseño cuasiexperimental, sin asignación aleatorizada, podría introducir sesgos en la selección de participantes. Además, aunque se utilizaron herramientas de medición validadas como el OSATS, el enfoque cuantitativo podría no capturar por completo aspectos cualitativos relevantes, como la percepción de los estudiantes sobre la utilidad de la RV en su aprendizaje.

Otro factor a considerar es la duración relativamente corta de la intervención (5 semanas), lo que podría no reflejar el impacto de la RV en el desarrollo de habilidades psicomotoras a largo plazo. Por último, la dependencia de equipos específicos de RV podría limitar la replicabilidad del estudio en contextos con acceso restringido a esta tecnología.

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones teóricas y prácticas. En el plano teórico, el estudio contribuye al creciente cuerpo de evidencia que posiciona a la RV como una herramienta efectiva para el desarrollo de habilidades psicomotoras en la educación en salud. Proporciona, además, un marco inicial para futuras investigaciones sobre la optimización de simuladores de RV específicamente diseñados para instrumentación quirúrgica.

Este estudio sugiere que la incorporación de la RV en los programas educativos puede mejorar significativamente la preparación técnica de los estudiantes, reduciendo errores potenciales en contextos clínicos y mejorando la seguridad del paciente. Asimismo, la RV podría facilitar una formación

más equitativa al ofrecer acceso a prácticas consistentes e individualizadas, independientemente de las limitaciones de recursos o disponibilidad de casos clínicos reales.

El uso de simuladores de RV demostró ser una estrategia efectiva para fortalecer las destrezas psicomotoras en estudiantes de Instrumentación Quirúrgica, superando las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en precisión, tiempo de ejecución, economía de movimientos, calidad técnica y seguridad, destacando el potencial de esta tecnología para transformar la formación en ciencias de la salud. Estos hallazgos respaldan la incorporación de la RV como una herramienta complementaria en los programas de Instrumentación Quirúrgica.

Este estudio abre varias líneas de investigación futura. Sería relevante explorar el impacto de la RV en cohortes más amplias y diversas, así como evaluar su efectividad en entornos clínicos reales. Además, se recomienda investigar la sostenibilidad de las mejoras psicomotoras a largo plazo y examinar el costo-beneficio de implementar esta tecnología en instituciones educativas con recursos limitados. Además, futuros estudios podrían enfocarse en desarrollar simuladores de RV personalizados que aborden necesidades específicas de la instrumentación quirúrgica, optimizando aún más su efectividad y accesibilidad.

Responsabilidades éticas

Los autores declaran que el trabajo fue aprobado por el Comité de Investigación de Programa de Instrumentación Quirúrgica (CIP N°P01-025).

Consentimiento informado

Los autores declaran que los participantes firmaron el formulario de consentimiento informado.

Financiación

Los autores declaran no tener fuentes de financiación diferentes a los recursos tecnológicos utilizados en la Fundación Universitaria del Área Andina.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthc J.* 2019;6(3):181–5.
2. Michael M, Abboudi H, Ker J, Khan MS, Dasgupta P, Ahmed K. Performance of technology-driven simulators for medical students—a systematic review. *J Surg Res.* 2014;192(2):531–43.
3. Dhar E, Upadhyay U, Huang Y, Uddin M, Manias G, Kyriazis D, et al. A scoping review to assess the effects of virtual reality in medical education and clinical care. *Digit Health [Internet].* 2023;9:20552076231158022. doi:10.1177/20552076231158022.
4. Escandell Rico FM, Pérez Fernández L. Simulación de realidad virtual en la formación de los estudiantes de enfermería: una revisión sistemática. *Educ Méd [Internet].* 2024. [consultado 13 Ene 2025]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-educacion-medica-71-articulo-simulacion-realidad-virtual-formacion-estudiantes-S1575181323000761>.
5. Rodríguez-García JI, Turienzo-Santos E, Vigal-Brey G, Brea-Pastor A. Formación quirúrgica con simuladores en centros de entrenamiento. *Cir Esp.* 2006;79(6):342–8.
6. Landers R. Reducing surgical errors: implementing a three-hinge approach to success. *AORN J.* 2015;101(6):657–65.
7. Escobar CF. La Innovación en salud y la formación del talento humano en salud. Reflexiones en medio de la pandemia. *Revista Salud Bosque [Internet].* 2020. [consultado 13 Ene 2025]. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=22485759&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA634503761&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>.
8. Frenk J, Chen L, Bhutta ZA, Cohen J, Crisp N, Evans T, et al. Profesionales de la salud para el nuevo siglo: transformando la educación para fortalecer los sistemas de salud en un mundo interdependiente. *Educ Méd.* 2015;16(1):9–16.
9. LapSim - surgical science [Internet]. [consultado 15 May 2025]. Disponible en: <https://surgalscience.com/simulators/lapsim/>.
10. Niitsu H, Hirabayashi N, Yoshimitsu M, Mimura T, Taomoto J, Sugiyama Y, et al. Using the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) global rating scale to evaluate the skills of surgical trainees in the operating room. *Surg Today [Internet].* 2012;43(3):271.
11. Sun W, Jiang X, Dong X, Yu G, Feng Z, Shuai L. The evolution of simulation-based medical education research: from traditional to virtual simulations. *Heliyon.* 2024;10(15):e35627.
12. Elendu C, Amaechi DC, Okatta AU, Amaechi EC, Elendu TC, Ezech CP, et al. The impact of simulation-based training in medical education: a review. *Medicine [Internet].* 2024;103(27):e38813.
13. Alaker M, Wynn GR, Arulampalam T. Virtual reality training in laparoscopic surgery: a systematic review & meta-analysis. *Int J Surg.* 2016;29:85–94.
14. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, et al. Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann Surg [Internet].* 2005;241(2):364–72.
15. Cardoso SA, Suyambu J, Iqbal J, Jaimes DCC, Amin A, Sikto JT, et al. Exploring the role of simulation training in improving surgical skills among residents: a narrative review. *Cureus [Internet].* 2023;15(9):e44654.
16. Lin MY, Huang MZ, Lai PC. Effect of virtual reality training on clinical skills of nursing students: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nurse Educ Pract.* 2024;81:104182.
17. Chen X, Liao P, Liu S, Zhu J, Abdullah AS, Xiao Y. Effect of virtual reality training to enhance laparoscopic assistance skills. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):1–9.