



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**REVISIÓN DE LITERATURA ENFOCADA AL ROL DE LA REALIDAD VIRTUAL
EN LOS PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: ROMMEL SEBASTIAN SORIANO GARCIA

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2023

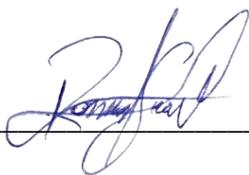
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rommel Sebastián Soriano Garcia con documento de identificación N° 0928105659 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 28 de febrero del año 2023

Atentamente,



Rommel Sebastián Soriano Garcia

0928105659

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Rommel Sebastián Soriano Garcia con documento de identificación No. 0928105659, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo Académico: “Nombre del artículo sin punto final”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de febrero del año 2023

Atentamente,



Rommel Sebastián Soriano Garcia

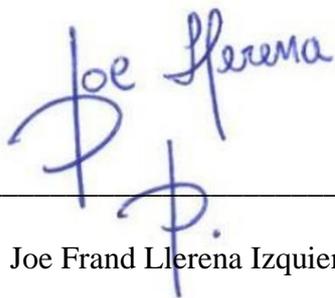
0928105659

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REVISIÓN DE LITERATURA ENFOCADA AL ROL DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LOS PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS, realizado por Rommel Sebastián Soriano Garcia con documento de identificación N° 0928105659, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de febrero del año 2023

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Joe Frand Llerena Izquierdo, quien, con su sabiduría, paciencia y dedicación, me ha guiado y apoyado en este camino de aprendizaje y crecimiento. También agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y desarrollar mis habilidades y conocimientos. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y darme la fuerza necesaria para lograr mi objetivo de completar este trabajo de titulación.

También quiero agradecer a mis padres por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en particular durante mis estudios universitarios. Gracias por ser mi inspiración y por animarme a seguir adelante en los momentos difíciles.

Me gustaría agradecer especialmente a mi tutor, Joe Llerena, por su invaluable orientación y asesoramiento durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Agradezco su tiempo, dedicación y paciencia al guiarme en la dirección correcta. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

A mi compañero Diego, quiero agradecerle por su amistad y por estar siempre presente para ayudarme cuando lo necesitaba. Tus consejos y tu apoyo significaron mucho para mí.

Agradezco también a mi familia por su apoyo y por creer en mí. Su ánimo y sus palabras de aliento me dieron la fuerza para seguir adelante y alcanzar mis metas.

Gracias a todos por ser parte de mi vida y por ayudarme a alcanzar este logro.

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la realidad virtual en procedimientos quirúrgicos en los últimos cinco años. Se evalúan los estudios clínicos y experimentos relevantes publicados en este período de tiempo y se identifican los avances y tendencias más significativas en el campo. Los resultados indican que la realidad virtual ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la formación y la planificación quirúrgica, así como para evaluar la habilidad y la técnica de los cirujanos. Además, la realidad virtual también ha demostrado tener un potencial significativo para mejorar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos quirúrgicos. Sin embargo, todavía existen desafíos importantes en el uso de la realidad virtual en la cirugía, como la necesidad de mejorar la precisión y la fiabilidad de las tecnologías virtuales, así como la falta de estándares y guías claras para su uso clínico. En general, la revisión literaria destaca la importancia y el potencial de la realidad virtual en la cirugía, y sugiere áreas de investigación futura para continuar mejorando su aplicabilidad clínica.

Palabras claves: Realidad virtual, simulación, procedimientos quirúrgicos, cirugía, planificación quirúrgica.

ABSTRACT

This article presents a systematic review of the literature on the use of virtual reality in surgery over the past five years. The relevant clinical studies and experiments published during this period are evaluated and the most important advances and trends in the field are identified. The results suggest that virtual reality has proven to be an effective tool for enhancing surgical training and planning, as well as assessing surgeon skills and technique. Additionally, virtual reality has proven to have great potential to improve surgical efficiency and safety. However, significant challenges remain in the use of virtual reality in surgery, such as the need to improve the accuracy and reliability of virtual technology, lack of clear standards and guidelines for clinical use. The literature review, taken as a whole, emphasizes the value and promise of virtual reality in surgery and identifies areas for further study to further enhance its practical applicability.

Key words: Virtual reality, simulation, surgical procedures, surgery, surgical planning.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	11
3. METODOLOGÍA	12
3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas	12
3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos	14
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSIÓN	20
6. CONCLUSIÓN	21
REFERENCIAS	22

1. INTRODUCCIÓN

La realidad virtual (VR) se ha convertido en una herramienta valiosa en la medicina y en la cirugía en particular. En los últimos años, el uso de VR en procedimientos quirúrgicos ha aumentado significativamente y ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar las habilidades quirúrgicas y la eficiencia en la cirugía (Jin et al., 2021). Además, la VR también ha demostrado ser una herramienta útil que se aplica en entrenamientos quirúrgicos para poder mejorar la formación y la práctica en cirugía (Mao et al., 2021).

Varios estudios (Arjomandi Rad et al., 2022; Barteit et al., 2021; Joda et al., 2019) demuestran que la realidad virtual puede trabajar en conjunto con otras tecnologías tales como la realidad aumentada y la realidad mixta, estos estudios indican que la realidad virtual puede ser una herramienta valiosa para la enseñanza de habilidades médicas y la simulación de procedimientos quirúrgicos (Calero Manueles, 2021; Mora-Alvarado & Llerena-Izquierdo, 2022; Povea Martillo, 2021), y que los dispositivos de realidad aumentada y mixta también pueden ser útiles en la educación médica, mediante la creación de modelos 3D internos para la planificación de la cirugía, la simulación de procedimientos para la formación de los cirujanos y la visualización en tiempo real de información clínica durante la cirugía (Llerena-Izquierdo et al., 2021; Mora Alvarado, 2021).

A pesar de los avances significativos en el uso de VR en la cirugía, todavía existen desafíos importantes que deben abordarse. Uno de ellos es la calificación clínica, deben realizarse más estudios clínicos rigurosos para evaluar la seguridad y efectividad de la tecnología de la realidad virtual (Chan et al., 2021), la precisión y fiabilidad de las tecnologías virtuales aún deben mejorarse, y faltan estándares y guías claras para su uso clínico (Clarke, 2021). Además, también es importante tener en cuenta que la VR aún está en sus primeras etapas de desarrollo y que es necesario realizar más investigaciones para evaluar su seguridad y eficacia en la cirugía (Ding et al., 2020).

En este artículo se presenta una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la VR en procedimientos quirúrgicos en los últimos cinco años. Se evaluaron los estudios clínicos y experimentos relevantes publicados en este período de tiempo y se identificaron los avances y tendencias más significativas en el campo. La revisión literaria destaca la importancia y el potencial de la VR en la cirugía y sugiere áreas de investigación futura para continuar mejorando su aplicabilidad clínica.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La revisión de literatura PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) es una guía para la realización de revisiones sistemáticas y metaanálisis en la investigación médica. Para realizar una revisión de literatura utilizando el método PRISMA sobre el uso de la realidad virtual (VR) en los procedimientos quirúrgicos, los siguientes son los componentes que se deben considerar:

- **Formulación de la pregunta:** Se debe formular una pregunta clara y específica sobre el uso de la VR en los procedimientos quirúrgicos en los últimos cinco años.
- **Identificación de la literatura:** Se debe llevar a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura relevante en bases de datos electrónicas como IEEEXplore, Web of Science, PubMed y Science Direct.
- **Selección de estudios:** Se deben seleccionar aquellos estudios que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión definidos previamente.
- **Evaluación de la calidad de los estudios:** Se deben evaluar la calidad de los estudios seleccionados para determinar su fiabilidad.
- **Extracción de datos:** Se deben extraer los datos relevantes de cada estudio, incluyendo información sobre la población, la intervención, los resultados y las conclusiones.
- **Análisis de datos:** Se deben analizar los datos extraídos para determinar la consistencia y el grado de evidencia que respalda el uso de la VR en los procedimientos quirúrgicos.
- **Presentación de resultados:** Se deben presentar los resultados de la revisión de literatura de manera clara y concisa, incluyendo tablas y gráficos si es necesario.
- **Conclusiones:** Se deben formular conclusiones claras y concisas sobre el uso de la VR en los procedimientos quirúrgicos en los últimos cinco años, incluyendo su impacto en la planificación y formación de los procedimientos quirúrgicos.

En resumen, la revisión de literatura PRISMA es un proceso exhaustivo y riguroso que permite evaluar la evidencia existente sobre un tema específico. Al realizar una revisión de literatura PRISMA sobre el uso de la VR en los procedimientos quirúrgicos, se puede obtener una visión clara y actualizada sobre el estado del arte de la investigación en este campo.

3. METODOLOGÍA

Se realiza una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo utilizando la técnica de revisión sistemática de la literatura. Esta técnica permite identificar, evaluar y sintetizar toda la evidencia disponible sobre un tema en particular. Esta técnica sigue un protocolo predefinido y riguroso para garantizar la exhaustividad y la objetividad en la búsqueda y evaluación de la literatura (Sumdani et al., 2022). En este caso, la revisión se centra en el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos.

Varios autores (Ayoub & Pulijala, 2019) realizaron sus estudios enfocándose en la creación de ambientes virtuales para evaluar diversas regiones anatómicas del cuerpo para diagnóstico, planificación y entrenamiento quirúrgico, además de utilizar otras tecnologías como la realidad aumentada para crear ambientes 3D utilizando gafas semitransparentes, con el objetivo principal de hacer una revisión de literatura de los últimos 10 años incluidas revisiones sistemáticas, revisiones de expertos, encuestas, perspectivas, etc. En otro estudio (Sun et al., 2022), los autores revisan el estado actual de la realidad virtual en la cirugía de cadera, resumen sus beneficios y describen sus fortalezas, aplicabilidad, limitaciones y diversas técnicas de realidad virtual relacionadas con la cadera (como simulación y entrenamiento) perspectivas futuras.

El objetivo principal del siguiente trabajo es recopilar las investigaciones existentes sobre la realidad virtual y su relevancia en cirugía para obtener una visión general de la tecnología, ventajas, limitaciones de los hallazgos y métodos de aplicación, realizando una revisión sistemática de la literatura.

3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas

Para la recopilación de datos se identificó primero la pregunta de investigación, se la definió identificando el problema o tema que se va a tratar, luego se identificaron trabajos significativos para la pregunta de investigación mediante una búsqueda en bases de datos científicas involucrados en el tema de investigación, en este caso la realidad virtual ver Tabla 1.

Tabla 1. Componentes de información para responder a las preguntas de investigación

Componentes de información	Preguntas para responder
Impacto en el ámbito de la salud	¿Cuál es el impacto de la realidad virtual en la planificación y ejecución de procedimientos quirúrgicos?

Tendencias de aplicación	¿Cuáles son las técnicas de realidad virtual utilizadas en los estudios encontrados?
Características de las publicaciones	¿Qué desafíos y limitaciones existen en el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos?

Se realizaron búsquedas avanzadas en las bases de datos mencionadas utilizando cadenas de búsqueda, entre las cuales se incluyó la frase "virtual reality surgery". Esta cadena de búsqueda se eligió debido a que se trata de una expresión ampliamente utilizada en la literatura científica para referirse a la aplicación de la realidad virtual en el campo de la cirugía, se ajustaron los filtros de búsqueda para limitar los resultados a estudios publicados en los últimos 5 años en revistas revisadas en idioma inglés. Se realizó una revisión exhaustiva de los títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos identificados para seleccionar aquellos que cumplieran con los criterios de inclusión ver Tabla 2.

Tabla 2. Cadenas de búsquedas

Base de datos	Cadena aplicada	Resultados
IEEEExplore	("All Metadata":virtual reality surgery)	13
Web of Science	TI=(virtual reality surgery)	17

Se identificaron un total de 678 artículos, con 449 resultados de bases de datos IEEE y 229 resultados de Web of Science, además de registros encontrados en otras fuentes como PubMed, una base de datos de libre acceso que contiene referencias a artículos de revistas médicas y científicas, que consisten principalmente en revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios clínicos, con un mayor enfoque en los profesionales de la salud (Longo et al., 2021). El diagrama de flujo PRISMA (ver Fig. 1) se muestra cómo se realizó la búsqueda, recopilación y selección de artículos, en el que se seleccionaron los estudios relevantes y los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos.

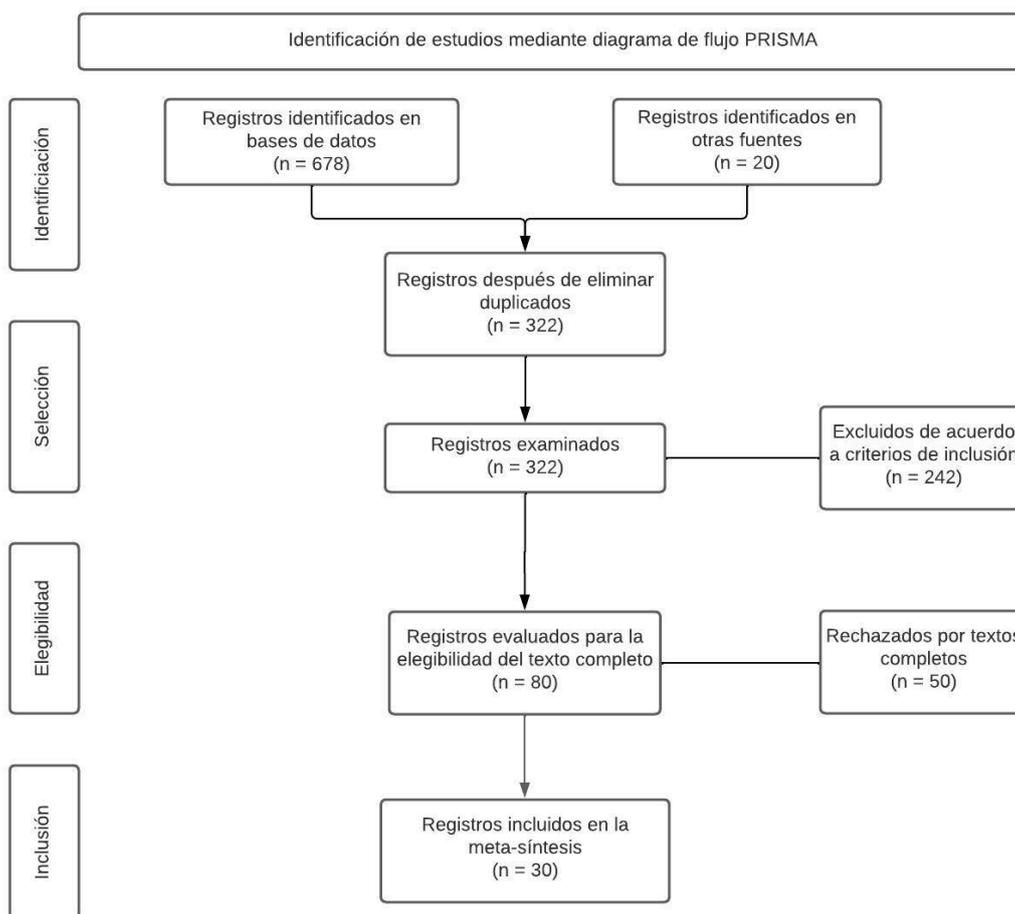


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos

Se realizó un análisis cuantitativo de los estudios seleccionados para obtener datos precisos y objetivos sobre la eficacia de la realidad virtual en cirugía. Se recopilaron datos sobre mejoras en la planificación quirúrgica, mejoras en la precisión y mejoras en las habilidades de los profesionales médicos. Además, se evaluaron diferentes tipos de herramientas y técnicas de realidad virtual utilizadas antes de la operación y durante la cirugía y se compararon sus resultados para identificar aquellas que podrían mejorar la atención al paciente y los resultados quirúrgicos. Este análisis cuantitativo podría conducir a conclusiones más precisas y respaldadas por datos sobre el uso de la realidad virtual en cirugía.

4. RESULTADOS

De acuerdo con el diagrama de flujo PRISMA se mostraba el proceso de selección de los estudios en donde solamente se tomaron en cuenta 30 artículos elegibles para la revisión de este estudio, divididos entre 13 artículos de IEEEExplore y 17 trabajos en Web of Science. Una vez recopilados todos estos datos se procedió a categorizar cada uno de los respectivos artículos según sus características.

Para la pregunta ¿Cuál es el impacto de la realidad virtual en la planificación y ejecución de procedimientos quirúrgicos?; identifica el impacto que ha tenido el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos, tanto en desarrollo de nuevas herramientas o en la formación de los cirujanos.

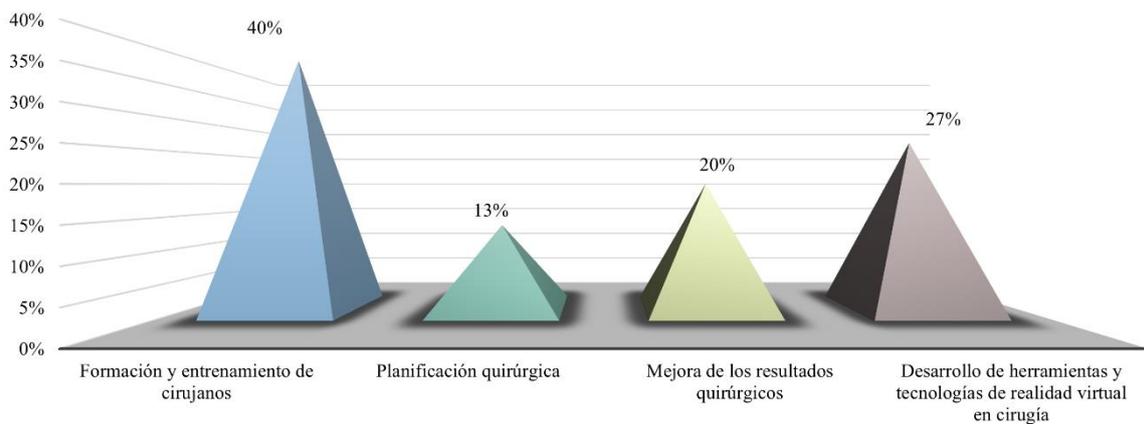


Figura 2. Impacto de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos.

La formación y entrenamiento de cirujanos logra una incidencia del 40% siendo el mayor impacto que ha tenido la realidad virtual en los últimos 5 años, el desarrollo de herramientas de y tecnologías de realidad virtual cuenta con un 27% mientras que la mejora de los resultados quirúrgicos logra un 20% y la planificación quirúrgica logra un 13%, (ver Fig.2).

Se puede evidenciar que hubo un gran impacto en la formación y entrenamiento de cirujanos con el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos, tal como resaltan los estudios (Kaluschke et al., 2018b; Pinter et al., 2020; Rajeswaran et al., 2019) en donde se evalúan el uso de tecnologías para formar y entrenar a los cirujanos al momento de realizar cirugías.

Por otro lado, existen varios desarrollos de tecnologías de realidad virtual que se han implementado a los procedimientos quirúrgicos, en donde se desarrollan nuevas tecnologías

para que los cirujanos puedan planificar mejor las cirugías mediante sistemas de realidad virtual con el uso de guantes de datos portátiles (Chheang, Apilla, et al., 2021), simuladores de realidad virtual con integraciones con otras tecnologías como robots asistentes (Panariello et al., 2019), simuladores en 3D (J. W. Kim et al., 2021), entre otros.

La planificación quirúrgica no tuvo tanto impacto en la realidad virtual debido a que el objetivo principal de los estudios está más dirigido a que los cirujanos vayan desarrollando de mejor manera sus capacidades y habilidades a la hora de estar en la cirugía, lo mismo aplica para las mejoras en los resultados quirúrgicos puesto que aún no existen una estandarización en las simulaciones quirúrgicas.

Para la pregunta de investigación ¿Cuáles son las técnicas de realidad virtual utilizadas en los estudios encontrados?; se identifican las técnicas o metodologías aplicadas en el uso de la realidad virtual en procedimientos quirúrgicos.

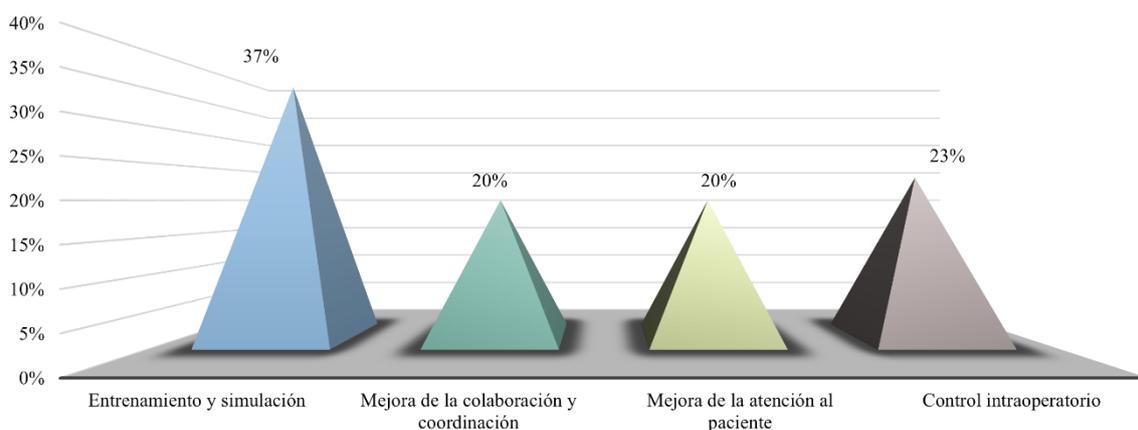


Figura 3. Técnicas de realidad virtual utilizadas

El entrenamiento y simulación logra una incidencia de 37% siendo la técnica más usada en los artículos analizados, el control intraoperatorio cuenta con un 23% y la mejora de la colaboración y coordinación y mejora de la atención del paciente cuentan con un 20%, (ver Fig. 3).

La mayoría de los artículos evaluados emplean la técnica de entrenamiento y simulación en donde desarrollan simuladores (Y. Kim et al., 2018), hacen uso de simuladores inmersivos de realidad virtual (Sultanova & Sharaeva, 2019), uso de robots para tener un mejor apoyo en una cirugía asistida (Kelly et al., 2021). De esta manera se garantiza que los cirujanos tengan un mejor rendimiento en la realización de tareas quirúrgicas específicas. Además, se nota un porcentaje alto del control intraoperatorio, esto también es de gran ayuda para los cirujanos

puesto que mediante retroalimentación háptica mejora la precisión y sensación de realismo en los simuladores (Jones et al., 2019; D. H. Kim et al., 2020) o la integración de varias tecnologías medicas con la realidad virtual para mejorar la seguridad en la planificación de las cirugías (Huber et al., 2022).

La colaboración y coordinación juega un papel importante en las cirugías, aunque en este análisis haya obtenido un porcentaje no tan alto aun así hay varios artículos que se basan en esta técnica, en donde se incluyen guantes de datos portátiles y una plataforma de realidad virtual en tiempo real (Chheang et al., 2019a), entornos multi usuario (Carreno et al., 2021), varias plataformas de simulación de RV en distintas ubicaciones geográficas conectadas mediante una arquitectura de red (Cecil et al., 2018) para evaluar la colaboración y coordinación entre el equipo de cirujanos. La mejora de atención al paciente va en conjunto con el entrenamiento del cirujano puesto que así mejora sus habilidades y tiene una mejor destreza al realizar la cirugía, varios estudios demuestran utilizar diferentes métodos para reducir el dolor en los pacientes mediante el uso de la realidad virtual tales como simuladores (Yamashita et al., 2020), integración con otras tecnologías tales como realidad aumentada (Quero et al., 2019) o recibiendo retroalimentaciones en tiempo real sobre la posición u orientación de los instrumentos quirúrgicos (Burström et al., 2019).

Para la pregunta de investigación ¿Qué desafíos y limitaciones existen en el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos?; se identifican los desafíos y limitaciones encontradas en el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos.

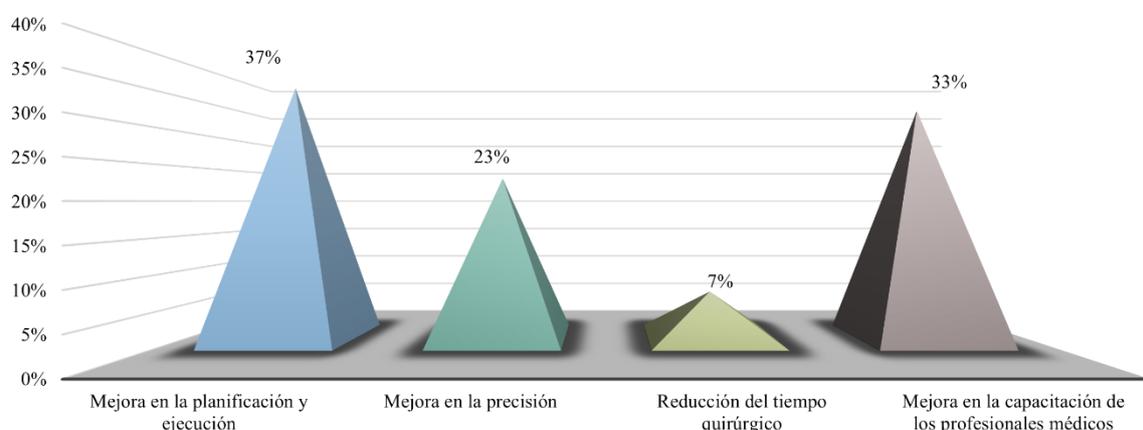


Figura 4. Desafíos encontrados en el uso de realidad virtual

La mejora en la planificación y ejecución logra una incidencia de 37% siendo el desafío mas grande en los artículos analizados, mejora en la capacitación de los profesionales médicos cuenta con un 33%, la mejora en la precisión cuenta con un 23% y la reducción del tiempo quirúrgico cuenta con un 23%, (ver Fig. 4).

Se puede evidenciar que la mejora en la planificación y ejecución es uno de los grandes desafíos que puede mejorar el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos en donde diferentes autores (Chheang, Saalfeld, et al., 2021; Guerriero et al., 2018; Jo et al., 2020) concluyen que realidad virtual puede mejorar la precisión y eficacia de las cirugías al permitir a los cirujanos planificar y prepararse adecuadamente para la cirugía, mejorar su confianza y habilidad, y educar a los pacientes sobre su condición y tratamiento propuesto. La mejora en la capacitación de los profesionales médicos es otros de los desafíos que se analizaron en los estudios en donde a pesar del uso de simuladores (Quero et al., 2019) o entornos colaborativos (Chheang et al., 2019b) aún hay que mejorarlos para que los cirujanos puedan mejorar sus habilidades. La mejora en la precisión es uno de los desafíos que deben superarse también, aunque con la implementación de dispositivos hápticos (Kaluschke et al., 2018a) que brindan una retroalimentación de los procedimientos quirúrgicos reales. La reducción del tiempo quirúrgico es un desafío que aún debe mejorarse según los estudios analizados, con la mejora de la planificación quirúrgica se espera que se reduzca este desafío.

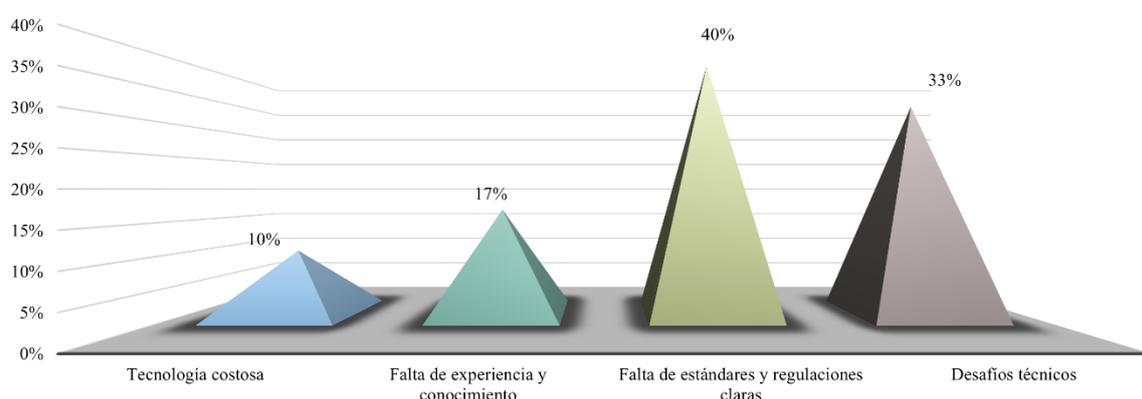


Figura 5. Limitaciones encontradas en el uso de realidad virtual

Entre las limitaciones que se encontraron en los resultados la falta de estándares y regulaciones claras logrando una incidencia de 40% siendo la limitación más grande en el análisis, los desafíos técnicos cuentan con un 37%, la falta de experiencia y conocimiento cuenta con un 17% y tecnología costosa cuenta con un 10%, (ver Fig. 5).

La gran limitación encontrada en el análisis fue la falta de estándares y regulaciones claras puesto que al ser nuevas implementaciones de tecnologías aún no se plasman unos estándares claros para el uso de estas tecnologías en los procedimientos quirúrgicos, varios autores (Casanova et al., 2021; Owais et al., 2022) alegan que a pesar de la aceptación de los cirujanos y los pacientes del uso de la realidad virtual en las cirugías aun hace falta plasmar unos estándares claros para hacer una buena implementación del uso de la realidad virtual. Además de tener unos estándares claros, los desafíos técnicos forman parte de una las limitaciones al implementar la realidad virtual en procedimientos quirúrgicos, se analiza las posibilidades futuras de la RV en las cirugías entre ellas se incluye el desarrollo de herramientas de visualización avanzadas, integración robótica y la inteligencia artificial (Ghaednia et al., 2021).

La falta de experiencia y conocimiento puede darse en el desarrollo de estas nuevas tecnologías en el área de salud dado que los desarrolladores deberían tener un conocimiento amplio en los procedimientos quirúrgicos y la tecnología costosa abarca poco porcentaje puesto que la mayoría de las aplicaciones son desarrolladas con programas gratuitos (Chheang, Saalfeld, et al., 2021).

5. DISCUSIÓN

El uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos ha demostrado ser una herramienta prometedora para mejorar la precisión y eficiencia en la planificación y ejecución de las cirugías. Además, esta tecnología puede reducir el riesgo de complicaciones y acortar el tiempo de recuperación de los pacientes.

Sin embargo, existen algunas limitaciones en el uso de la realidad virtual en la práctica quirúrgica. En primer lugar, el costo de la tecnología y el equipo necesario para su uso pueden ser prohibitivos para algunas instituciones o clínicas. Además, la capacitación del personal médico y la curva de aprendizaje pueden requerir tiempo y recursos adicionales.

Otra limitación importante es la falta de estandarización en la forma en que se utilizan los sistemas de realidad virtual. Los diferentes sistemas pueden variar en cuanto a la calidad de los gráficos, la precisión de la simulación y la facilidad de uso, lo que puede afectar su utilidad en la práctica quirúrgica.

A pesar de estas limitaciones, la realidad virtual sigue siendo una herramienta prometedora en la práctica quirúrgica y es probable que su uso se expanda en el futuro a medida que se desarrollen tecnologías más avanzadas y se reduzcan los costos. Es importante continuar investigando y evaluando el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos para garantizar su seguridad y eficacia en la práctica clínica.

6. CONCLUSIÓN

En conclusión, el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos tiene el potencial de mejorar significativamente la precisión, la eficacia y la seguridad de los procedimientos. A través de la simulación de procedimientos quirúrgicos en un entorno virtual, los cirujanos pueden mejorar su destreza y habilidades, y prevenir posibles complicaciones y errores en el mundo real. Además, la realidad virtual también puede ser utilizada para planificar y ensayar procedimientos antes de llevarlos a cabo en pacientes reales.

Sin embargo, todavía existen desafíos y limitaciones en el uso de la realidad virtual en los procedimientos quirúrgicos. La falta de una estandarización en la creación de modelos virtuales y simulaciones quirúrgicas, así como la necesidad de una formación adecuada para el personal médico en su uso, son solo algunos de los problemas que deben abordarse para garantizar la efectividad y seguridad de esta tecnología en el campo de la cirugía.

A pesar de estos desafíos, el potencial de la realidad virtual para mejorar los procedimientos quirúrgicos es muy prometedor. Con el tiempo y la investigación continua, es probable que esta tecnología siga evolucionando y mejorando, permitiendo a los cirujanos ofrecer procedimientos más precisos y seguros a sus pacientes.

REFERENCIAS

- Arjomandi Rad, A., Vardanyan, R., Thavarajasingam, S. G., Zubarevich, A., van den Eynde, J., Sá, M. P. B. O., Zhigalov, K., Sardiari Nia, P., Ruhparwar, A., & Weymann, A. (2022). Extended, virtual and augmented reality in thoracic surgery: a systematic review. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, *34*(2), 201–211. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab241>
- Ayoub, A., & Pulijala, Y. (2019). The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. *BMC Oral Health*, *19*(1), 238. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0937-8>
- Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F., & Beiersmann, C. (2021). Augmented, Mixed, and Virtual Reality-Based Head-Mounted Devices for Medical Education: Systematic Review. *JMIR Serious Games*, *9*(3), e29080. <https://doi.org/10.2196/29080>
- Burström, G., Nachabe, R., Persson, O., Edström, E., & Elmi Terander, A. (2019). Augmented and Virtual Reality Instrument Tracking for Minimally Invasive Spine Surgery. *Spine*, *44*(15), 1097–1104. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003006>
- Calero Manueles, E. F. (2021). *Aplicación móvil para reconocimiento de texto sobre carnés estudiantiles utilizando visión por computadora basada en la nube*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20902>
- Carreno, S., Perez-Gutierrez, B., Uribe-Quevedo, A., & Jaimes, N. (2021). Lipoma Extraction Surgery Simulation in a Multi-user Environment. *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 655–656. <https://doi.org/10.1109/VRW52623.2021.00210>
- Casanova, M., Clavreul, A., Soulard, G., Delion, M., Aubin, G., ter Minassian, A., Segulier, R., & Menei, P. (2021). Immersive Virtual Reality and Ocular Tracking for Brain Mapping During Awake Surgery: Prospective Evaluation Study. *Journal of Medical Internet Research*, *23*(3), e24373. <https://doi.org/10.2196/24373>
- Cecil, J., Gupta, A., Pirela-Cruz, M., & Ramanathan, P. (2018). A Network-Based Virtual Reality Simulation Training Approach for Orthopedic Surgery. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, *14*(3), 1–21. <https://doi.org/10.1145/3232678>
- Chan, J., Pangal, D. J., Cardinal, T., Kugener, G., Zhu, Y., Roshannai, A., Markarian, N., Sinha, A., Anandkumar, A., Hung, A., Zada, G., & Donoho, D. A. (2021). A systematic review of virtual reality for the assessment of technical skills in neurosurgery. *Neurosurgical Focus*, *51*(2), E15. <https://doi.org/10.3171/2021.5.FOCUS21210>
- Chheang, V., Apilla, V., Saalfeld, P., Boedecker, C., Huber, T., Huettl, F., Lang, H., Preim, B., & Hansen, C. (2021). Collaborative VR for Liver Surgery Planning using Wearable Data Gloves: An Interactive Demonstration. *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 768–768. <https://doi.org/10.1109/VRW52623.2021.00268>
- Chheang, V., Saalfeld, P., Huber, T., Huettl, F., Kneist, W., Preim, B., & Hansen, C. (2019a). An Interactive Demonstration of Collaborative VR for Laparoscopic Liver Surgery Training. *2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, 247–247. <https://doi.org/10.1109/AIVR46125.2019.00055>
- Chheang, V., Saalfeld, P., Huber, T., Huettl, F., Kneist, W., Preim, B., & Hansen, C. (2019b). Collaborative Virtual Reality for Laparoscopic Liver Surgery Training. *2019 IEEE International*

- Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, 1–17. <https://doi.org/10.1109/AIVR46125.2019.00011>
- Chheang, V., Saalfeld, P., Joeres, F., Boedecker, C., Huber, T., Huettl, F., Lang, H., Preim, B., & Hansen, C. (2021). A collaborative virtual reality environment for liver surgery planning. *Computers & Graphics*, *99*, 234–246. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.07.009>
- Clarke, E. (2021). Virtual reality simulation—the future of orthopaedic training? A systematic review and narrative analysis. *Advances in Simulation*, *6*(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s41077-020-00153-x>
- Ding, L., Hua, H., Zhu, H., Zhu, S., Lu, J., Zhao, K., & Xu, Q. (2020). Effects of virtual reality on relieving postoperative pain in surgical patients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Surgery*, *82*, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.08.033>
- Ghaednia, H., Fourman, M. S., Lans, A., Detels, K., Dijkstra, H., Lloyd, S., Sweeney, A., Oosterhoff, J. H. F., & Schwab, J. H. (2021). Augmented and virtual reality in spine surgery, current applications and future potentials. *The Spine Journal*, *21*(10), 1617–1625. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.03.018>
- Guerriero, L., Quero, G., Diana, M., Soler, L., Agnus, V., Marescaux, J., & Corcione, F. (2018). Virtual Reality Exploration and Planning for Precision Colorectal Surgery. *Diseases of the Colon & Rectum*, *61*(6), 719–723. <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000001077>
- Huber, T., Huettl, F., Hanke, L. I., Vradelis, L., Heinrich, S., Hansen, C., Boedecker, C., & Lang, H. (2022). Leberchirurgie 4.0 - OP-Planung, Volumetrie, Navigation und Virtuelle Realität. *Zentralblatt Für Chirurgie - Zeitschrift Für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- Und Gefäßchirurgie*, *147*(04), 361–368. <https://doi.org/10.1055/a-1844-0549>
- Jin, C., Dai, L., & Wang, T. (2021). The application of virtual reality in the training of laparoscopic surgery: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Surgery*, *87*, 105859. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.11.022>
- Jo, Y., Kim, Y. J., Cho, M., Lee, C., Kim, M., Moon, H.-M., & Kim, S. (2020). Virtual Reality-based Control of Robotic Endoscope in Laparoscopic Surgery. *International Journal of Control, Automation and Systems*, *18*(1), 150–162. <https://doi.org/10.1007/s12555-019-0244-9>
- Joda, T., Gallucci, G. O., Wismeijer, D., & Zitzmann, N. U. (2019). Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. *Computers in Biology and Medicine*, *108*, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.03.012>
- Jones, B., Rohani, S. A., Ong, N., Tayeh, T., Chalabi, A., Agrawal, S. K., & Ladak, H. M. (2019). A Virtual-Reality Training Simulator for Cochlear Implant Surgery. *Simulation & Gaming*, *50*(2), 243–258. <https://doi.org/10.1177/1046878119842361>
- Kaluschke, M., Weller, R., Zachmann, G., Pelliccia, L., Lorenz, M., Klimant, P., Knopp, S., Atze, J. P. G., & Mockel, F. (2018a). A Virtual Hip Replacement Surgery Simulator with Realistic Haptic Feedback. *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 759–760. <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446462>
- Kaluschke, M., Weller, R., Zachmann, G., Pelliccia, L., Lorenz, M., Klimant, P., Knopp, S., Atze, J. P. G., & Mockel, F. (2018b). HIPS - A Virtual Reality Hip Prosthesis Implantation Simulator. *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 591–592. <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446370>

- Kelly, J. D., Kowalewski, T. M., Brand, T., French, A., Nash, M., Meryman, L., Heller, N., Organ, N., George, E., Smith, R., Sorensen, M. D., Comstock, B., & Lendvay, T. S. (2021). Virtual Reality Warm-up Before Robot-assisted Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Surgical Research*, 264, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.01.037>
- Kim, D. H., Kim, H. M., Park, J.-S., & Kim, S. W. (2020). Virtual Reality Haptic Simulator for Endoscopic Sinus and Skull Base Surgeries. *Journal of Craniofacial Surgery*, 31(6), 1811–1814. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000006395>
- Kim, J. W., Jeong, H., Kim, K., DeMeo, D. P., & Carroll, B. T. (2021). Image Based Virtual Reality Haptic Simulation for Multimodal Skin Tumor Surgery Training. *2021 4th International Conference on Bio-Engineering for Smart Technologies (BioSMART)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/BioSMART54244.2021.9677802>
- Kim, Y., Jeong, H., Park, H., Kim, J.-A., Kim, T., & Kim, J. (2018). Virtual-reality Cataract Surgery Simulator Using Haptic Sensory Substitution in Continuous Circular Capsulorhexis. *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 1887–1890. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8512708>
- Llerena-Izquierdo, J., Procel-Jupiter, F., & Cunalema-Arana, A. (2021). Mobile Application with Cloud-Based Computer Vision Capability for University Students' Library Services. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1277, 3–15. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60467-7_1
- Longo, U. G., de Salvatore, S., Candela, V., Zollo, G., Calabrese, G., Fioravanti, S., Giannone, L., Marchetti, A., de Marinis, M. G., & Denaro, V. (2021). Augmented Reality, Virtual Reality and Artificial Intelligence in Orthopedic Surgery: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 11(7), 3253. <https://doi.org/10.3390/app11073253>
- Mao, R. Q., Lan, L., Kay, J., Lohre, R., Ayeni, O. R., Goel, D. P., & SA, D. de. (2021). Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. *Journal of Surgical Research*, 268, 40–58. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.06.045>
- Mora Alvarado, M. L. (2021). *Aplicación móvil de información registral para el contexto de la planificación urbana con Realidad aumentada y códigos QR*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21702>
- Mora-Alvarado, M., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Mobile Application of Registry Information for Urban Planning Context with Augmented Reality and QR Codes. *International Conference on Smart Technologies, Systems and Applications*, 30–43. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-99170-8_3
- Owais, W. bin, Padhan, J., Anbatawi, M., Al-Ansari, A., Mohammed, A., Yaacoub, E., & Navkar, N. v. (2022). Assessing Virtual Reality Environment for Remote Telementoring during Open Surgeries. *2022 IEEE 22nd International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)*, 271–276. <https://doi.org/10.1109/BIBE55377.2022.00063>
- Panariello, D., Caporaso, T., Grazioso, S., di Gironimo, G., Lanzotti, A., Knopp, S., Pelliccia, L., Lorenz, M., & Klimant, P. (2019). Using the KUKA LBR iiwa Robot as Haptic Device for Virtual Reality Training of Hip Replacement Surgery. *2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)*, 449–450. <https://doi.org/10.1109/IRC.2019.00094>
- Pinter, C., Lasso, A., Choueib, S., Asselin, M., Fillion-Robin, J.-C., Vimort, J.-B., Martin, K., Jolley, M. A., & Fichtinger, G. (2020). SlicerVR for Medical Intervention Training and Planning in

- Immersive Virtual Reality. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 2(2), 108–117. <https://doi.org/10.1109/TMRB.2020.2983199>
- Povea Martillo, J. R. (2021). *Uso de la codificación QR en el sector urbanístico: Un mapeo sistemático*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21502>
- Quero, G., Lapergola, A., Soler, L., Shahbaz, M., Hostettler, A., Collins, T., Marescaux, J., Mutter, D., Diana, M., & Pessaux, P. (2019). Virtual and Augmented Reality in Oncologic Liver Surgery. *Surgical Oncology Clinics of North America*, 28(1), 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.soc.2018.08.002>
- Rajeswaran, P., Kesavadas, T., Jani, P., & Kumar, P. (2019). AirwayVR: Virtual Reality Trainer for Endotracheal Intubation-Design Considerations and Challenges. *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1130–1131. <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8798249>
- Sultanova, R., & Sharaeva, R. (2019). Virtual Reality-Based Immersive Simulation Mechanics for Invasive Surgery Training. *2019 12th International Conference on Developments in ESystems Engineering (DeSE)*, 924–928. <https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00171>
- Sumdani, H., Aguilar-Salinas, P., Avila, M. J., Barber, S. R., & Dumont, T. (2022). Utility of Augmented Reality and Virtual Reality in Spine Surgery: A Systematic Review of the Literature. *World Neurosurgery*, 161, e8–e17. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.08.002>
- Sun, P., Zhao, Y., Men, J., Ma, Z.-R., Jiang, H.-Z., Liu, C.-Y., & Feng, W. (2022). Application of Virtual and Augmented Reality Technology in Hip Surgery: Systematic Review (Preprint). *Journal of Medical Internet Research*. <https://doi.org/10.2196/37599>
- Yamashita, Y., Shimohira, D., Aijima, R., Mori, K., & Danjo, A. (2020). Clinical application of virtual reality to alleviate anxiety during oral surgery under local anesthesia. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology*, 32(6), 441–444. <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2020.05.003>