

USO DE SIMULADORES DE REALIDAD VIRTUAL EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

USE OF VIRTUAL REALITY SIMULATORS IN ENGINEERING TRAINING

J. L. Candelario Alavez¹
J. I. Campos Bravo²
M. Pérez Medel³
M. Sosa Rodríguez⁴

RESUMEN

El uso de simuladores en la formación profesional ha demostrado ser una herramienta fundamental en sectores como la aviación y la medicina, ya que permite a los estudiantes desarrollar habilidades en entornos seguros y controlados. Sin embargo, en el ámbito de la ingeniería, la implementación de estas tecnologías aún es limitada, lo que representa una brecha tecnológica en la preparación de futuros profesionales. La Realidad Virtual (RV) ha emergido como una alternativa innovadora que puede transformar la enseñanza en ingeniería al ofrecer experiencias inmersivas y prácticas. Este estudio busca analizar el impacto del uso de simuladores de Realidad Virtual en la formación de ingenieros. A través de un experimento realizado en la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), se evaluaron parámetros clave y la percepción de los participantes al operar un dron real tras haber recibido capacitación con o sin simulación en RV.

ABSTRACT

The use of simulators in professional training has proven to be a fundamental tool in sectors such as aviation and medicine, allowing students to develop skills in safe and controlled environments. However, in the field of engineering, the implementation of these technologies remains limited, creating a technological gap in the preparation of future professionals. Virtual Reality (VR) has emerged as an innovative alternative that can transform engineering education by offering immersive and practical experiences. This study aims to analyze the impact of Virtual Reality simulators on engineering training, comparing their effectiveness against traditional methods. Through an experiment conducted at the Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), key parameters and participants' perceptions were evaluated when operating a real drone after receiving training with or without VR simulation.

ANTECEDENTES

El empleo de simuladores en la formación profesional no es un concepto novedoso; sin embargo, su impacto ha crecido exponencialmente, consolidándose como una herramienta clave en sectores estratégicos y de alta complejidad. Estas tecnologías han demostrado ser fundamentales para desarrollar competencias técnicas optimizando el proceso de aprendizaje. Según Gaba (2004), los simuladores no solo replican situaciones del mundo real, sino que también mejoran la preparación de los profesionales al permitirles practicar y evaluar habilidades en escenarios inmersivos y seguros.

Dentro del ámbito de los simuladores, existe una amplia variedad diseñada para replicar características específicas de diferentes sistemas o procesos. Un ejemplo destacado son los

¹ Profesor de Asignatura, Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM, jorgecandelariocaa@aragon.unam.mx

² Profesor de Asignatura, Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM, jorgecampos47@aragon.unam.mx

³ Profesor de Asignatura, Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM, marcelomedelq7@aragon.unam.mx

⁴ Jefe de División de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías, Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM, ingenierias@aragon.unam.mx

simuladores mecánicos, que emplean principalmente hardware especializado para recrear maquinaria o elementos reales. Estos simuladores brindan a los usuarios una experiencia táctil y motriz altamente realista, permitiendo interactuar con componentes físicos que emulan de manera precisa las condiciones y dinámicas del entorno real.

Un ejemplo notable del uso de simuladores mecánicos se encuentra en la formación de pilotos de aviación, que utilizan cabinas de simulación, donde se replican con precisión los controles, instrumentos y condiciones de vuelo reales. Estas herramientas permiten a los pilotos entrenar en maniobras complejas, gestionar emergencias y adaptarse a diferentes condiciones climáticas sin exponerlos a riesgos reales. Los simuladores de vuelo son dispositivos que recrean ambientes de vuelo, ya sean con movimiento o no. Generalmente son diseñados a partir de aeronaves que repiten acciones como los sonidos, movimientos, controles de vuelo y reacciones de factores externos (turbulencia, vientos, tormentas, nubosidades, entre otros). Estos son usados para formación, diseños u otras aplicaciones (Federal Aviation Administration [FAA], 2014).

Los simuladores de vuelo permiten realizar maniobras de aprendizaje que en una aeronave real no se podría, ya que se puede analizar tantas fallas humanas hasta las de aeronave (Villamil et al., 2018). Esto resalta la gran importancia del uso de simuladores en la formación profesional, ya que ofrecen un entorno seguro y controlado para que los usuarios adquieran habilidades críticas sin los riesgos asociados a los entrenamientos en aeronaves reales. Además, estos dispositivos permiten la repetición constante de escenarios específicos, lo que facilita el perfeccionamiento de maniobras complejas y la preparación para situaciones de emergencia.

De acuerdo con Villamil et al. (2018). Los simuladores también contribuyen a reducir costos operativos, al eliminar gastos relacionados con combustible, mantenimiento y desgaste de las aeronaves, lo que los convierte en una herramienta eficiente y sostenible para la formación de pilotos y profesionales de la aviación. Por estas razones, los simuladores de vuelo son considerados fundamentales en los programas de capacitación y actualización profesional en el sector aeronáutico.

Los simuladores de software están diseñados para recrear procesos y sistemas mediante programas computarizados, ofreciendo una representación virtual detallada y funcional. Este tipo de simuladores se utilizan principalmente para el desarrollo y análisis de modelos matemáticos. Su flexibilidad y capacidad de personalización los convierten en una herramienta indispensable en áreas como ingeniería, investigación y capacitación técnica.

Un ejemplo ampliamente conocido del uso de simuladores de software es en el modelado climático, donde herramientas como el Community Earth System Model (CESM) se utilizan para estudiar y predecir patrones climáticos a nivel global. Estos simuladores permiten analizar cómo las variables atmosféricas, oceánicas y terrestres interactúan, proporcionando información crucial para la toma de decisiones en políticas ambientales. De acuerdo con Hurrell et al. (2013), CESM ha sido fundamental para comprender los impactos del cambio climático y diseñar estrategias de mitigación basadas en datos precisos. Lo que destaca el gran impacto de los simuladores de software en entornos complejos.

Los simuladores de realidad virtual (RV) emplean hardware especializado, como visores de RV, controladores hápticos y sistemas de seguimiento de movimiento, para proporcionar una experiencia completamente inmersiva. Estas tecnologías permiten al usuario adentrarse en entornos tridimensionales interactivos que simulan escenarios del mundo real con un alto grado de realismo. La experiencia inmersiva se enriquece al involucrar no solo la vista, sino también otros sentidos, como el tacto y, en algunos casos, el oído, lo que refuerza la percepción de estar físicamente presente en el entorno virtual.

Un ejemplo destacado del uso de simuladores de RV ocurre en el ámbito de la capacitación médica, donde herramientas como *Osso VR* permite a los cirujanos practicar procedimientos quirúrgicos complejos en un entorno seguro y controlado. Este tipo de simuladores utilizan modelos tridimensionales realistas y retroalimentación háptica para mejorar la precisión y confianza de los profesionales. De acuerdo con Blumstein (2019), los simuladores de RV como *Osso VR* no solo mejoran la precisión técnica, sino que también reducen los errores quirúrgicos y aumentan la confianza de los cirujanos al proporcionarles una formación inmersiva y repetible. Estos avances están transformando la manera en que los profesionales médicos adquieren y perfeccionan sus habilidades.

METODOLOGÍA

Este estudio se fundamenta en una metodología experimental con diseño de grupos independientes, cuyo objetivo es evaluar el impacto del uso de RV en la formación, capacitación y perfeccionamiento de habilidades de ingenieros. Esta metodología permite analizar la eficiencia de la implementación de simuladores en RV en contraste de una formación tradicional, abordando un problema significativo en el sector de la ingeniería, que ha quedado rezagado en la adopción de estas tecnologías.

En la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón) se llevó a cabo una investigación experimental con dos grupos de estudiantes de distintos semestres de la carrera de Ingeniería en Computación. El primer grupo recibió una capacitación tradicional que consistió en la instrucción visual detallada sobre el funcionamiento de los controles del dron. Posteriormente, se asignaron cinco minutos por estudiante para familiarizarse con el manejo del control y la manipulación del dron. Finalmente, se solicitó ejecutar diversas tareas prácticas utilizando el dron, evaluando el desempeño en un entorno controlado.

El segundo grupo participó en una capacitación basada en RV utilizando un dispositivo Meta Quest 2 y la aplicación *Drone Pilot School*. Durante esta etapa, los estudiantes completaron el tutorial introductorio de la aplicación, seguido de ejercicios de calibración diseñados para simular el manejo del dron en un entorno virtual. Posteriormente, se les solicitó realizar diversas tareas prácticas pilotando un dron real, con el objetivo de evaluar el impacto de la formación inmersiva en su desempeño.

Las tareas asignadas fueron idénticas para ambos grupos, consistiendo en las siguientes actividades:

- **Tarea 1:** Realizar un despegue desde el punto A y aterrizar en el punto B.
- **Tarea 2:** Efectuar un despegue y posicionarse en tres puntos específicos.
- **Tarea 3:** Ejecutar un despegue y completar un circuito de obstáculos.
- **Tarea 4:** Ejecutar un despegue y recorrer un circuito diseñado para evaluar velocidad.

El diseño de estas tareas permitió medir de manera uniforme las habilidades de pilotaje y crear situaciones de tensión para evaluar el desempeño de los alumnos en ambos grupos.

En estas tareas se evaluaron diversos parámetros con el propósito de analizar el desempeño de ambos grupos. Como variables cuantitativas, se midió:

- Tiempo: Tiempo total en segundos empleado para completar cada tarea asignada.
- Eficiencia: Número de colisiones con obstáculos o desvíos significativos de las rutas predeterminadas
- Control del dron: Estabilidad del vuelo, mediante la capacidad de mantener una posición fija o trayectoria estable

Adicionalmente, se entrevistó al operador al término de las pruebas para evaluar la experiencia de usuario, analizando la percepción del participante para determinar su nivel de estrés o confianza al momento de manejar el dron.

Para las cuatro tareas asignadas, se estableció un tiempo límite de 600 segundos (10 minutos) para que cada participante completará las tareas correspondientes. Asimismo, se definió un máximo de tres colisiones o desvíos significativos durante la ejecución de cada tarea. Estos incidentes, considerados como errores críticos, requerían la intervención del investigador para restablecer la posición inicial del dron en el punto de partida y reiniciar el conteo del tiempo.

Este criterio fue implementado con el objetivo de garantizar condiciones homogéneas para todos los participantes, al tiempo que se evaluaba la capacidad de recuperación ante errores y el control del dron en escenarios desafiantes. Los límites establecidos también sirvieron como un mecanismo para medir la eficiencia en la ejecución de las tareas y evitar prolongaciones innecesarias que pudieran afectar la comparabilidad de los resultados entre los dos grupos experimentales. Estas medidas garantizaron que los datos recolectados fueran consistentes y representativos del desempeño de los participantes bajo las condiciones establecidas.

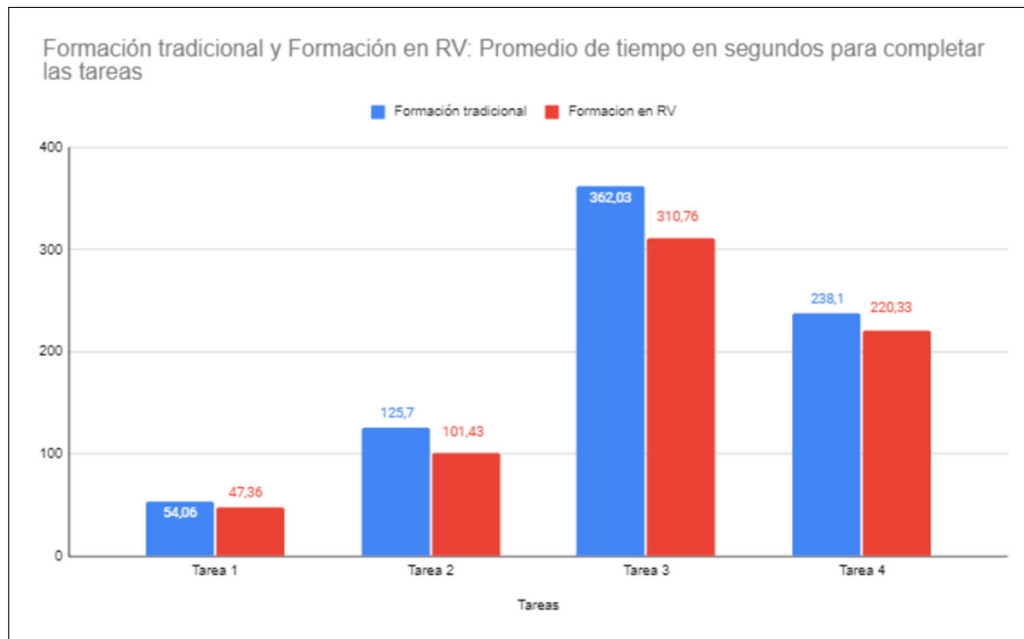
RESULTADOS

La presente investigación buscó analizar el impacto de la formación en RV en el desempeño de los participantes durante la ejecución de tareas específicas con un dron real. Para ello, se recolectaron datos relacionados con el tiempo empleado, el número de incidentes críticos registrados, la estabilidad en vuelo y las entrevistas cualitativas realizadas a los participantes de ambos grupos. Estos datos permitieron realizar una comparación directa entre el grupo que recibió formación tradicional y el grupo que utilizó la RV como herramienta de aprendizaje. Los resultados fueron organizados y presentados mediante gráficos que ilustran las tendencias observadas en cada una de las tareas realizadas.

Una vez finalizadas las pruebas, se registraron los valores obtenidos por cada usuario para las cuatro tareas asignadas. Posteriormente, se calcularon los promedios de tiempo de ejecución por grupo y se representaron gráficamente, obteniendo la Figura 1, que permite visualizar de manera clara las diferencias en el desempeño entre ambos grupos. En los promedios de tiempos al realizar las cuatro tareas solicitadas, destaca la realización de tareas

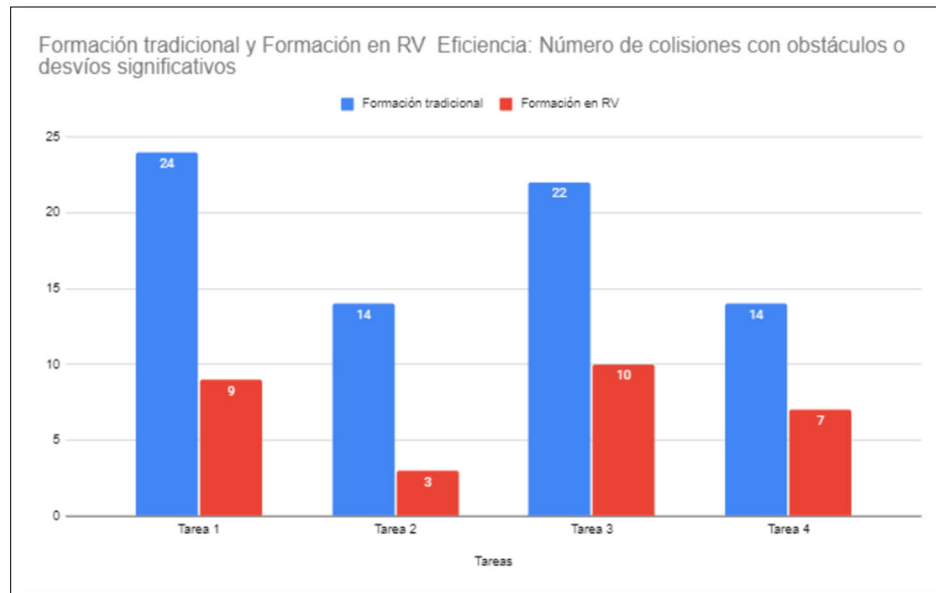
en menos tiempo por parte del grupo que recibió la formación en RV. Esta diferencia sugiere que el uso de simuladores inmersivos contribuye a una mejor preparación para la operación de drones en escenarios reales, mejorando la eficiencia y reduciendo la curva de aprendizaje.

Figura 1. Comparación del promedio de tiempo en segundos entre el grupo de formación tradicional y el grupo de formación en RV en las cuatro tareas realizadas.



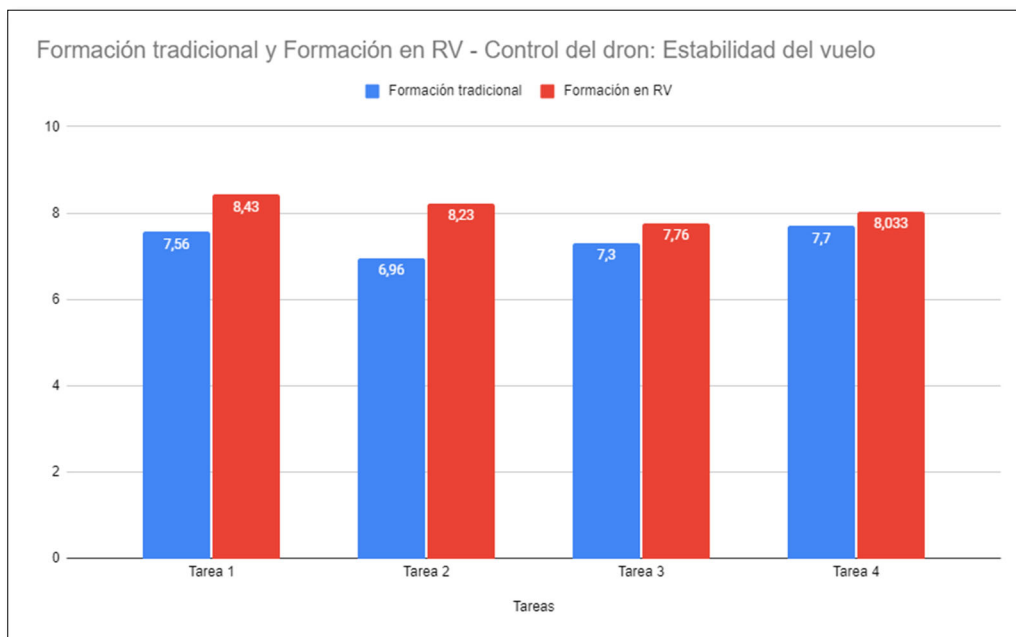
La Figura 2 muestra una gráfica que evidencia una notable reducción en la cantidad de incidentes graves registrados por el grupo que recibió capacitación en Realidad Virtual, destacando particularmente la reducción de colisiones en vuelo. Estas colisiones representan el principal riesgo para la integridad del dron, ya que pueden provocar daños significativos que requieren reparaciones o el reemplazo de componentes críticos, como las hélices. Estos resultados resaltan la efectividad de la formación en Realidad Virtual al proporcionar a los participantes un entorno seguro y controlado para cometer errores y aprender de ellos sin comprometer la integridad del hardware utilizado. Esto no solo reduce costos asociados con reparaciones o reemplazos de componentes, sino que también fomenta la confianza y el aprendizaje progresivo en los participantes, al brindarles la oportunidad de experimentar y corregir errores antes de enfrentarse a situaciones reales. Este enfoque contribuye significativamente a optimizar los recursos y mejorar la preparación práctica de los futuros operadores.

Figura 2. Comparación del total de colisiones con obstáculos o desvíos significativos entre el grupo de formación tradicional y el grupo de formación en Realidad Virtual en las cuatro tareas realizadas.



La Figura 3 presenta el promedio de la estabilidad en vuelo obtenida en cada una de las cuatro tareas, evaluada en una escala de 1 (muy deficiente) a 10 (excelente). Los resultados muestran un desempeño ligeramente superior por parte del grupo que recibió formación en Realidad Virtual, evidenciando un vuelo más estable y controlado en comparación con el grupo capacitado mediante métodos tradicionales. Este comportamiento puede atribuirse a la experiencia previa adquirida en el entorno simulado, que permitió a los participantes familiarizarse con las dinámicas del dron y desarrollar una mayor confianza en el manejo. La formación inmersiva parece contribuir a una ejecución más precisa y eficiente, reduciendo movimientos erráticos y mejorando la capacidad de mantener el dron en una trayectoria estable, lo que subraya el valor añadido de integrar tecnologías de Realidad Virtual en la capacitación técnica.

Figura 3. Comparación de la estabilidad en vuelo entre el grupo de formación tradicional y el grupo de formación en Realidad Virtual en las cuatro tareas realizadas.



A su vez, las entrevistas individuales realizadas a cada participante al término de las tareas revelaron diferencias significativas en las percepciones entre los dos grupos. En el caso del grupo que recibió formación tradicional, las palabras que resaltaron en su retroalimentación fueron "nerviosismo", "miedo" y "poca confianza", lo que sugiere una inseguridad al enfrentarse directamente al manejo del dron real. Por otro lado, en el grupo que recibió formación en Realidad Virtual, destacaron términos como "seguro", "confiado" y "familiarizado", reflejando una mayor comodidad y preparación durante las tareas. Estos resultados constituyen una evidencia empírica del beneficio de implementar simulaciones en un entorno seguro, permitiendo a los usuarios adquirir experiencia previa, reducir la ansiedad y mejorar su desempeño en la práctica real.

CONCLUSIONES

En el diseño y desarrollo de esta investigación se identificó una carencia significativa de software de Realidad Virtual específicamente enfocado en la formación en Ingeniería. Mientras que sectores como la salud disponen de una amplia variedad de simuladores avanzados que recrean con gran detalle el cuerpo humano y permiten practicar procedimientos médicos complejos, o la aviación, que cuenta con simuladores de cabinas de avión sumamente detallados y realistas, el sector de Ingeniería muestra un considerable rezago en la adopción de estas tecnologías.

Esta brecha tecnológica representa un desafío crítico, ya que limita la capacidad de las instituciones educativas para ofrecer herramientas innovadoras que respondan a las demandas del entorno laboral actual. La falta de simuladores inmersivos y especializados restringe la actualización y modernización de los métodos de enseñanza, dificultando la preparación de las nuevas generaciones de ingenieros para enfrentar los retos de un mundo

altamente tecnológico e interconectado. Este rezago subraya la necesidad urgente de desarrollar y adoptar plataformas de Realidad Virtual que permitan a los estudiantes experimentar escenarios prácticos en un entorno seguro y controlado, fomentando el aprendizaje activo y el desarrollo de habilidades críticas para su futuro profesional.

Esta notable ausencia de simuladores especializados y diseñados específicamente para la formación de ingenieros representa una importante área de oportunidad para el desarrollo de software innovador y personalizado que responda a las necesidades específicas de las instituciones educativas. La creación de estas herramientas permitiría modernizar los métodos de enseñanza, brindar experiencias inmersivas y prácticas a los estudiantes, y cerrar la brecha tecnológica que actualmente limita la preparación de las futuras generaciones de ingenieros.

También se destacan las dificultades asociadas con la implementación de estos medios especializados, como los simuladores de Realidad Virtual. Entre los principales retos se encuentra el elevado costo de adquisición del hardware necesario para garantizar una experiencia inmersiva y adecuada, lo cual puede limitar su accesibilidad para muchas instituciones educativas. Además, el uso de estos dispositivos requiere espacios idóneos que garanticen la seguridad de los usuarios, minimizando riesgos de incidentes o lesiones, lo que representa una limitante adicional para su implementación generalizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Blumstein, G. (2019). Research: How virtual reality can help train surgeons. *Harvard Business Review*.
- Federal Aviation Administration. (2014). *Training & testing*.
- Gaba, D. M. (2004). The future vision of simulation in healthcare. *Quality and Safety in Health Care*.
- Hurrell, J. W., Holland, M. M., Gent, P. R., Ghan, S., Kay, J. E., Kushner, P. J., Lamarque, J.-F., Large, W. G., Lawrence, D., Lindsay, K., Lipscomb, W. H., Long, M. C., Mahowald, N., Marsh, D. R., Neale, R. B., Rasch, P. J., Vavrus, S. J., Vertenstein, M., Bader, D., ... Marshall, S. (2013). The community earth system model: A framework for collaborative research. *American Meteorological Society*, 94(9), 1339–1360.
- Villamil, L. C., Avella, E. J., & Tenorio, J. A. (2018). Simuladores de vuelo: Una revisión. *Ciencia y Poder Aéreo*.