

La realidad virtual y su efecto en la habilidad espacial: un caso de estudio enfocado en la enseñanza de la geometría descriptiva

Virtual reality and its effect on spatial ability: a case study focused on the teaching of descriptive geometry

Yasser Hipolito Yarin Achachagua
Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú
yyarin@uni.edu.pe

Hugo Eliseo Gamarra Chinchay
Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú
hgamarra@uni.edu.pe

Resumen

Este estudio describe un caso de estudio sobre el uso de la Realidad Virtual (RV) en la enseñanza de la Geometría Descriptiva (GD) para estudiantes de ingeniería. El objetivo fue desarrollar una experiencia de aprendizaje con la RV que mejore la Habilidad Espacial (HE) utilizando un entorno no inmersivo 3D que facilita la representación bidimensional de la intersección de sólidos. Este trabajo cuasiexperimental utilizó un grupo definido como grupo experimental que participó en un taller sobre la intersección de poliedros y la intersección de superficies de revolución utilizando la RV como medio para interactuar con los sólidos interceptados, mientras que un segundo grupo, el grupo control desarrolló los mismos temas con imágenes bidimensionales de los sólidos interceptados. El instrumento de evaluación midió las dimensiones de rotación mental y plegado mental, este fue aplicado a ambos grupos al inicio y al término del taller, logrando medir su HE para la transformación rígida y no rígida de objetos. El análisis estadístico permitió identificar una diferencia significativa a favor del grupo experimental, concluyendo que el taller desarrollado basado en el uso de la RV tuvo un efecto positivo en la HE de los estudiantes que participaron en el estudio.

Palabras clave: realidad virtual, capacidad espacial, geometría descriptiva.

Abstract

This study describes a case study on the use of Virtual Reality (VR) in the teaching of Descriptive Geometry (DG) for engineering students. The objective was to develop a VR learning experience that improves Spatial Ability (SA) using a non-immersive 3D environment that facilitates the two-dimensional representation of the intersection of solids. This quasi-experimental work used a group defined as an experimental group that participated in a workshop on the intersection of polyhedrons and the intersection of surfaces of revolution using VR as a means to interact with the intercepted solids, while a second group, the control group, developed the same topics with two-dimensional images of the intercepted solids. The evaluation instrument measured the dimensions of mental rotation and mental folding, this was applied to both groups at the beginning and at the end of the workshop, managing to measure their SA for the rigid and non-rigid transformation of objects. Statistical analysis allowed us to identify a significant difference in favor of the experimental group, concluding that the workshop developed based on the use of VR had a positive effect on the SA of the students who participated in the study.

Key words: virtual reality, spatial capacity, descriptive geometry.

1. Introducción

La necesidad de trasladarse a la enseñanza en línea debido a la pandemia causada por la Covid-19, ha representado un reto para los profesores y el personal universitario, además, ha exigido la búsqueda de alternativas para equilibrar la enseñanza universitaria, así como un equilibrio entre la vida laboral y personal (Veletsianos & Houlden, 2019). Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) solían ser usadas como medios alternativos de enseñanza, pero las restricciones generadas por la pandemia han logrado cambiar esta situación, permitiendo que los docentes se vean en la necesidad de utilizar diversas herramientas y recursos digitales para resolver problemas e implementar nuevos enfoques de enseñanza y aprendizaje (König et al., 2020). Las tecnologías educativas tienen un gran potencial para personalizar la experiencia de aprendizaje en línea, logrando beneficios significativos en los métodos de enseñanza y en el dominio del aprendizaje de los estudiantes (Gasevic et al., 2017). La enseñanza con entornos digitales ha planteado desafíos, que permanecían ocultos en las formas de educación tradicional, y que han obligado a los educadores a tomar mayores consideraciones en aspectos relacionados con la novedad y dinamismo (Rose, 2017).

Los educadores del modelo de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) tuvieron que elegir entre diferentes opciones, a medida que la demanda aumentaba, por un cambio hacia la enseñanza y aprendizaje remoto en plataformas virtuales, motivando que muchas instituciones educativas diseñen sus propias soluciones de aprendizaje electrónico o inviertan en opciones comerciales (Van Nuland et al., 2020). La presión por educar en un entorno socialmente distanciado ha motivado la incorporación de herramientas de aprendizaje electrónico (e-learning), donde los teléfonos inteligentes y la tecnología asociada continúan desarrollándose exponencialmente, permitiendo a los usuarios completar tareas, realizar transacciones, encontrar información y entretenimiento (Alghazi et al., 2021). A la fecha son varias las universidades que han integrado el aprendizaje móvil (m-learning) en sus entornos educativos, pero aún enfrentan dificultades para crear aplicaciones eficientes que logren un impacto en el proceso de aprendizaje y que no impidan a los estudiantes explotar los sistemas de aprendizaje móvil de manera óptima (Kayode et al., 2019).

En relación con la problemática expuesta, la incorporación de entornos de aprendizaje de RV en los métodos de aprendizaje tradicional ha permitido posicionarlo como un factor clave para mejorar la tasa de aprendizaje (Meyer et al., 2019), sobre todo, la RV ha demostrado mejorar la formación de los estudiantes en sus respectivos campos de aplicación en comparación con las metodologías tradicionales (Checa & Bustillo, 2020). Por lo expuesto, este trabajo presenta una experiencia educativa donde se utilizó la RV no inmersiva como parte de la enseñanza y aprendizaje de los temas del curso de GD, con el objetivo de influir en el desarrollo de la HE de estudiantes de ingeniería.

2. Referentes teóricos

2.1 *Habilidad Espacial*

La capacidad de pensar en abstracto es extremadamente importante y es un elemento indispensable que forma el pensamiento espacial. El resultado de su entrenamiento representa un cambio cualitativo en el pensamiento, la conciencia y la personalidad del estudiante (Shi & Blau, 2020). En ese contexto, la HE se entiende como un tipo de actividad mental dirigida a resolver problemas que requieren orientación en el espacio donde se fijan propiedades y relaciones espaciales con un alcance visible e imaginario. A partir de una imagen inicial, el pensamiento espacial puede lograr su transformación y la creación de nuevas imágenes distintas de las originales (Krasovskaya et al., 2018); es más, puede implicar la capacidad de pensar con representaciones espaciales de entidades no espaciales (Hegarty, 2010). Para formar la HE, el estudiante debe desarrollar la capacidad de identificar el problema, pensar en forma figurada, formular pensamientos libremente y expresarlos verbalmente (Ayala Alvarez et al., 2017).

La inteligencia espacial puede definirse como un pensamiento espacial adaptativo, donde la palabra inteligencia se involucra directamente con las diferencias individuales de la HE (Hegarty, 2010). El desarrollo de esta habilidad implica que las personas puedan formar una imagen mental de forma bidimensional o tridimensional pudiendo transformar dichas imágenes de distintas maneras (Harris et al., 2013), que pueden tener diferentes aplicaciones en el diseño de modelos espaciales, el análisis de objetos geométricos entre otros (Del Cerro-Velázquez & Lozano-Rivas, 2019). Para alcanzar un adecuado entrenamiento de esta inteligencia hay que identificar sus componentes básicos, siendo un criterio los componentes del pensamiento espacial que se miden en las pruebas de HE, en estos estudios usualmente se han utilizado las pruebas tradicionales de visualización espacial, como las pruebas de rotación mental y plegado mental que sirven para entrenar el pensamiento espacial y medir los efectos de experiencias a nivel espacial (Hegarty, 2010). Entre estas pruebas existe cierta similitud, dado que ambas buscan cambiar las propiedades espaciales intrínsecas y dinámicas de objetos, mientras que la principal diferencia radica en que la rotación mental se basa en una transformación rígida de objetos y el plegado mental se basa en una transformación no rígida de objetos (Harris et al., 2013).

2.2 *Realidad Virtual*

La RV es descrita como un entorno generado por computadora, que fue diseñado para simular la presencia física de una persona en un entorno convincente e inmersivo. La RV tiene como propósito que una persona pueda experimentar y manipular el entorno como si fuera el mundo real. Esta tecnología permite a los ingenieros ver su proyecto en 3D y comprender mejor cómo funciona, pudiendo simplificar el proceso de toma de decisiones mediante la comprobación intuitiva de los diferentes detalles y características de un diseño (Wolfartsberger, 2019). En diferentes campos de enseñanza, se ha utilizado la RV para enseñar ciertas habilidades en especial aquellas que requieren conocimiento declarativo y conocimiento procedimental (Radianti et al., 2020). La RV es una herramienta poderosa que facilita los procesos de aprendizaje y enseñanza,

después de una experiencia de aprendizaje basado en esta tecnología, la mayoría de los estudiantes recuerdan lo que vieron en RV y concluyen que esta tecnología genera un entorno más destacable que las demostraciones en laboratorio (Slavova & Mu, 2018); es más, los estudiantes se entusiasman rápidamente con el uso de la RV, debido a que pueden interactuar y experimentan con una retroalimentación espacial directa (Holla & Berg, 2022).

La RV crea un entorno de aspecto realista mediante gráficos de computadora que responde e interactúa con los usuarios. Debido a la inmersión y la interactividad, las personas pueden sumergirse en un entorno simulado y pueden manipular objetos (UNESCO, 2018). La utilidad que se le puede dar a la RV depende del tipo de aprendizaje al que se relacione, los estudiantes aprenden de distintas maneras y algunos aprenden mejor con un método que otros. En un entorno de RV inmersivo se pueden abordar los estilos de aprendizaje visual, auditivo y kinestésico, debido a las representaciones visuales complejas, el audio y los movimientos, por lo que una amplia variedad de personas pueden lograr beneficios con esta herramienta (Allcoat & Von Mühlenen, 2018). Aunque los entornos de RV no inmersivos dependen de un monitor de computadora para acceder al mundo virtual, además de un teclado, ratón y micrófono, estos representan una herramienta eficaz para actividades de aprendizaje y entrenamiento. El alcance no inmersivo de la RV, por sus bajos costos, facilidad y simplicidad de los equipos necesarios para su uso, ha logrado una gran aceptación por parte de los usuarios (Cantón Enríquez et al., 2017).

2.3 Geometría Descriptiva

La GD es una ciencia que se ocupa de los métodos gráficos para representar objetos espaciales en el plano y crear imágenes tridimensionales de los objetos a partir de sus imágenes bidimensionales (Brailov, 2016). La GD fue y sigue siendo una disciplina para desarrollar esta capacidad espacial del cerebro humano, que es particularmente importante en el proceso de diseño, invención y creación de algo nuevo. Aunque la tecnología permite complementar el dibujo con modelos tridimensionales, aún existe la necesidad de implementar una transición mental de la imagen del modelo tridimensional a los dibujos bidimensionales y viceversa, de esta manera la GD mantiene su posición clave como parte del conocimiento de la ingeniería moderna (Kaygorodtseva, 2012).

En investigaciones relacionadas, se resalta la importancia de la GD como la base de los conocimientos necesarios para el proceso de diseño en ingeniería, lo que motivó el desarrollo de una aplicación de escritorio que permitió, a los docentes y estudiantes, utilizar el conocimiento de la GD para dar solución a problemas de diseño en un entorno virtual (Teixeira et al., 2019). De manera análoga, se ha combinado la GD con datos topográficos 3D y modelos estáticos para alcanzar nuevos niveles de interacción y comunicación entre el usuario, la VR y el ordenador, logrando que el aprendizaje con esta tecnología tenga un alcance tangible e intangible (Banfi, 2021). Por su parte la Realidad Aumentada (RA) ha demostrado ser de utilidad para el aprendizaje de la GD, a través de dispositivos móviles los estudiantes pudieron hacer uso de contenidos didácticos que logran beneficios potenciales en la habilidad espacial de los estudiantes (Gutiérrez de Ravé et al., 2016). En la formación de estudiantes de ingeniería, se ha utilizado sistemas estereoscópicos, que usan la RV, para facilitar la visualización de

situaciones espaciales complejas, donde los resultados han podido demostrar que se logra promover el desarrollo de la HE con un diferencia significativa, especialmente de aquellos estudiantes con menor habilidad (Duarte Seabra & Toledo Santos, 2013).

2. Método

2.1 Diseño

El diseño de la investigación fue cuasi experimental con preprueba-posprueba del grupo experimental y grupo de control, este diseño inicia con prepruebas simultaneas a los grupos que integran el experimento, luego un grupo recibe un tratamiento experimental y el otro no, y finaliza con una posprueba a ambos grupos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Se conformaron dos grupos sin cualquier tipo de sesgo, el grupo experimental estuvo conformado por 33 estudiantes y el grupo control estuvo conformado por 33 estudiantes (Ver Tabla 1). El grupo experimental participó en un taller de GD donde se enfocaron los temas de intersección de poliedros e intersección de superficies de revolución, el que fue desarrollado en dos etapas de dos sesiones cada una.

Tabla 1.
Población de estudio

Grupo	Tamaño	Preprueba	Estímulo	Posprueba
Experimental	33	M ₁	X	M ₃
Control	33	M ₂	—	M ₄

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Muestra

El muestreo fue no probabilístico, donde a partir del conocimiento de las características de la población se sigue un criterio para seleccionar las unidades muestrales (Ñaupas Paitán et al., 2018). El estudio se realizó con 66 estudiantes, con una edad comprendida entre los 17 y 21 años, los cuales son estudiantes de ingeniería del primer año de una institución de educación superior. Dado que los estudiantes aprueban el mismo examen de admisión para comenzar sus estudios universitarios de ingeniería, se ha considerado que su capacidad espacial se encuentra nivelada, además llevan los mismos cursos correspondientes al primer ciclo.

2.3 Instrumento

El instrumento de medición es un medio estructurado intencionalmente y tangible que permite recoger datos sistemáticamente (Ñaupas Paitán et al., 2018). Las preguntas fueron de opción múltiple las que se enfocaron en dos dimensiones de la HE, que están directamente relacionadas con la habilidad para transformar y crear imágenes, necesarias para la formación de los estudiantes en ingeniería.

El instrumento utilizado se dividió en dos partes, la primera parte se enfocó en evaluar la capacidad de manipulación mental involucrados en el plegado mental de papel, es

decir, los participantes ven diagramas de un papel que se dobla y se perfora un agujero, luego deben identificar la disposición espacial de los agujeros al desplegar el papel. Se busca evaluar las habilidades de manipulación mental involucradas en el despliegue mental del papel (Burte et al., 2019). Esta primera parte estuvo dividida en dos grupos de diez preguntas cada uno, y con una duración de 3 minutos por grupo. En cada pregunta (Ver Figura 1), se debía imaginar el plegado y desplegado de hojas de papel, a partir de un papel que luego de ser doblado mostraba un pequeño círculo para indicar donde ha sido perforado, el estudiante debía escoger a partir de cinco alternativas la imagen que representa el papel completamente desplegado.

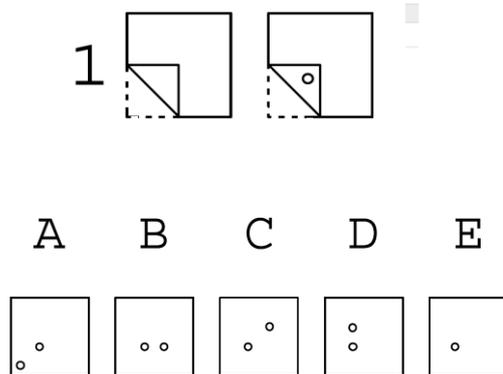


Figura 1. Pregunta que evalúa el plegado mental de papel.

La segunda parte enfocó en la capacidad de rotación mental, entendido como el proceso cognitivo que permite realizar el giro y rotación de objetos con la mente. La variabilidad del rendimiento en esta parte del instrumento suele ser sustancial, incluso en grupos de sujetos de gran capacidad, como los estudiantes universitarios. De acuerdo con la literatura, la presencia o ausencia de ciertas características físicas están asociadas con la dificultad de esta prueba (Caissie et al., 2009). Esta segunda parte, estuvo conformada por 24 preguntas con una duración de diez minutos, donde a partir de una figura objetivo que puede rotar libremente en el espacio (Ver Figura 2), se debía escoger dos de cuatro opciones, que mejor representaban a aquellas figuras que eran reproducciones giradas de la figura objetivo.

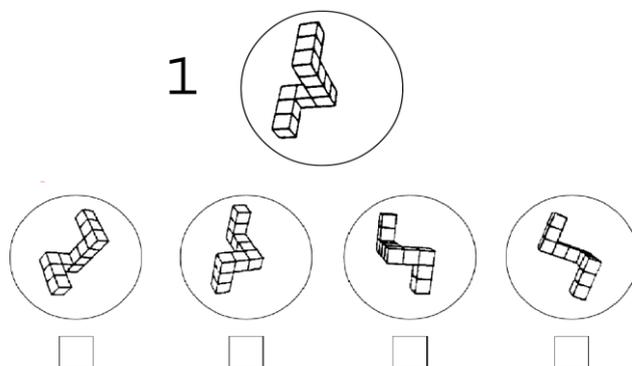


Figura 2. Pregunta que evalúa la rotación mental.

La prueba fue diseñada para medir las dimensiones de la HE involucradas en la enseñanza del curso de GD, los resultados obtenidos fueron agrupados en cuatro niveles, lo que permitió desarrollar un análisis descriptivo, los niveles fueron de inicio, proceso, esperado y satisfactorio, mientras que el análisis estadístico se basó en una escala de medición dicotómica.

La prueba que evaluó la HE de los estudiantes de ambos grupos, grupo experimental y grupo control, respondió a los criterios confiabilidad y validez. La confiabilidad de la prueba representa una medición de la varianza del error aleatorio presente en el resultado obtenido (Kuder & Richardson, 1937). La prueba de confiabilidad, de acuerdo con el modelo de Kuder-Richardson fórmula 20, obtuvo un coeficiente de 0.83, dicho valor se considera favorable, lo que demuestra la consistencia de los resultados de la prueba. Para la validación de contenido, se recurrió a la evaluación por juicio de expertos, específicamente profesionales de ingeniería con grado académico de doctor y con experiencia en la enseñanza universitaria. Cada experto recibió una tabla de validación con el que pudo evaluar los criterios de claridad, relevancia y pertinencia mediante la escala de Likert. Los resultados obtenidos fueron utilizados para calcular el coeficiente V de Aiken, luego de concluir los cálculos este coeficiente alcanzó un valor de 0.92, es decir el instrumento alcanzó una adecuada validez.

2.4 Procedimiento

El taller fue realizado de manera remota, donde el docente del curso y los estudiantes interactuaron en tiempo real en todas las sesiones del taller, además, este estuvo dividido en cuatro sesiones con una duración de dos horas por sesión. Las sesiones estuvieron estructuradas en etapas, en la parte inicial se motivó a los participantes sobre el tema desarrollado con ayuda de imágenes de figuras tridimensionales implementadas en RV (Ver Figura 3), durante la etapa de desarrollo se explicó el tema de manera tradicional con ayuda de imágenes bidimensionales y con la RV se logró una experiencia no inmersiva del tema tratado, en la etapa de aplicación los estudiantes analizaron un caso de estudio y utilizaron la RV para hallar la intersección y visibilidad de poliedros y superficies de revolución. Finalmente, en la etapa de reflexión se realizó la retroalimentación necesaria y se explicó la actividad propuesta como trabajo asincrónico.

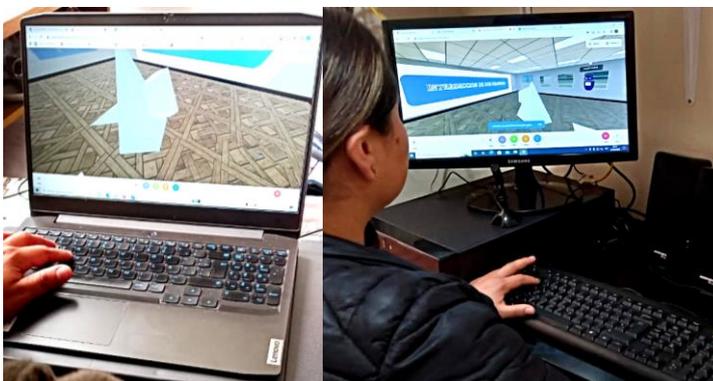


Figura 3. Visualización del entorno de RV.

Los modelos tridimensionales utilizados en el taller de GD estuvieron relacionados con el tema de intersección de poliedros y la intersección de superficies de revolución, en los modelos desarrollados no se utilizaron colores (Ver Figura 4). Todos los modelos visualizados en RV fueron representados bidimensionalmente mediante sus proyecciones frontal y horizontal.



Figura 4. Entornos de RV.

La necesidad de interactuar entre la RV y las imágenes bidimensionales (Ver Figura 5), y el uso del teclado y el ratón para usar el modo de vuelo, que permite visualizar el modelo insertado desde arriba, son los factores principales que motivaron la realización de este taller a través de un entorno de RV no inmersivo.

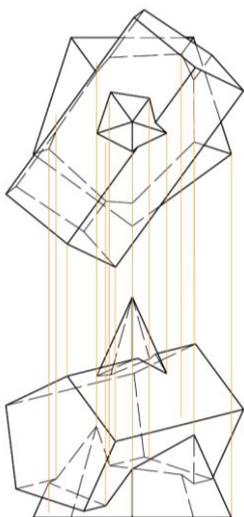


Figura 5. Intersección bidimensional de poliedros

El proceso de elaboración del material (Ver Figura 6) con contenido en RV no inmersivo comenzó con la elaboración de modelos tridimensionales, relacionados con la intersección de poliedros y la intersección de superficies de revolución, fueron modelados con ayuda de un software de diseño asistido por computadora. Posteriormente, fueron importados en la plataforma Mozilla Hub, que mediante el software Spoke permitió diseñar un entorno en RV. Para acceder a este entorno, Mozilla Hub dispuso un URL (Localizador de recursos uniforme) que utilizaron los estudiantes del grupo control para acceder desde sus teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras de escritorio. Luego de la personalización de su avatar, pudieron ver las diapositivas del

tema desarrollado y examinar los modelos 3D insertados, además tuvieron acceso a una barra de chat donde pudieron hacer preguntas sobre el material compartido. Para el desarrollo de este taller, los estudiantes del grupo experimental contaron con una laptop o computadora de escritorio.

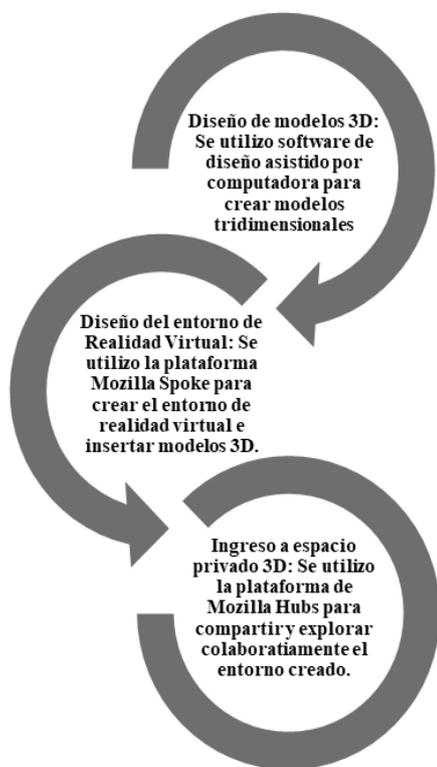


Figura 6. Proceso para la creación del contenido en RV.

2.5 Análisis de datos

Los resultados obtenidos en las pruebas, que fueron desarrolladas por los grupos experimental y control, se utilizaron para crear una base de datos que fue almacenado con ayuda del software Excel, posteriormente los resultados fueron sometidos a un análisis descriptivo. Antes de realizar el análisis inferencial de los resultados obtenidos, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk indicando que, para el grupo control los resultados de la preprueba ($p=0.041<0.05$) y los resultados de la posprueba ($p=0.018<0.05$), no se aproximan a una distribución normal. De manera similar, la prueba de Shapiro-Wilk indicó que, para el grupo experimental los resultados de la preprueba ($p=0.020<0.05$) y los resultados de la posprueba ($p=0.016<0.05$), no se aproximan a una distribución normal. Dado que los datos son no paramétricos y se pretende determinar la diferencia entre dos grupos independientes, se utilizó el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) para realizar la prueba de la U de Mann-Whitney.

3. Resultados

La preprueba realizada al grupo experimental (GE) evidenció que el 65% de los participantes alcanzó el nivel de proceso y el resto consiguió el nivel de inicio. De manera análoga, la preprueba realizada al grupo control (GC) evidenció que el 72% de

los participantes logró el nivel de proceso, mientras que el 28% restante consiguió el nivel de inicio (Ver Figura 7). Es importante resaltar que ninguno de los grupos tuvo estudiantes que alcanzaron un nivel esperado o satisfactorio. Al finalizar el taller, los resultados de la posprueba realizada al GE evidenciaron que el 62% de los estudiantes consiguió el nivel esperado, el 4% logró el nivel satisfactorio y el 32% restante alcanzó el nivel de proceso. En el caso del GC, ningún estudiante consiguió el nivel de satisfactorio, el 43% logró el nivel esperado, el 51% alcanzó el nivel de proceso y el resto se mantuvo en el nivel de inicio.

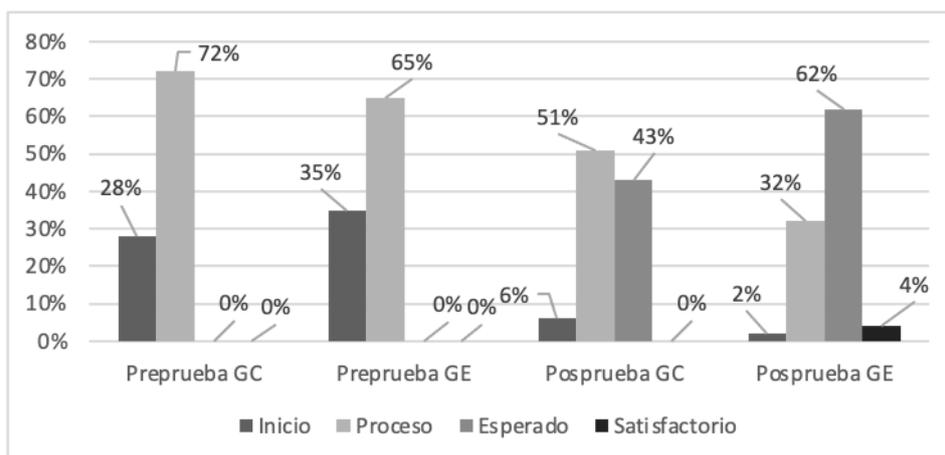


Figura 7. Resultados de la preprueba y posprueba.

Los resultados del análisis estadístico, con la prueba de la U de Mann-Whitney de los datos obtenidos en la posprueba, determinaron un valor Z de $-6.280 \leq -1.96$ siendo el p-valor $=0.001 < 0.05$ (Ver Tabla 2), por lo tanto, se puede afirmar que existe una diferencia altamente significativa entre el GE y el GC en los resultados obtenidos de la prueba que mide la HE, como consecuencia de la implementación del taller de GD basado en el uso de un entorno de RV no inmersivo.

Tabla 2.
 Resultados de la prueba U de Mann-Whitney

Grupo de Estudiantes	Rango promedio	Suma de rangos
Experimental	48.29	1493.50
Control	18.71	617.50
U de Mann-Whitney		56.500
Z		-6.280
Sig. Asintótica (bilateral)		< 0.001

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión y conclusiones

Con el análisis realizado de los datos obtenidos de la preprueba y posprueba, se puede concluir que el taller de GD basado en el uso de un entorno de RV no inmersivo logró mejorar la HE de los estudiantes de ingeniería que participaron en el GE alcanzando una diferencia significativa positiva respecto de los estudiantes que participaron en el GC, los que se diferencian por haber desarrollado los temas del taller de una manera tradicional. A pesar del uso de pantallas de gráfico convencional para acceder a un entorno de RV no inmersivo, la RV se presenta como una herramienta de mucha utilidad en el proceso de enseñanza debido a que los estudiantes interactúan con el entorno y enfocan su atención en el tema tratado.

La RV no inmersiva utilizada en este trabajo de investigación muestra un entorno virtual a través de una pantalla de computador, tableta o teléfono inteligente sin ningún otro equipo de soporte más relevante que un teclado o un ratón, permitiendo que la experiencia del entorno virtual dependa de la HE y la percepción de los sentidos de los participantes. Estos entornos de aprendizaje tridimensional permiten visualizar los materiales de aprendizaje, logrando que la interactividad y la retroalimentación sean los aspectos más valiosos debido a que promueven el aprendizaje activo que involucra a estudiantes y educadores que no están acostumbrados a la educación en línea (Allcoat & Von Mühlén, 2018). La RV ha demostrado adaptarse a los estilos cognitivos, permitiendo que los estudiantes puedan potenciar su capacidad de recibir y procesar información durante una sesión de aprendizaje.

El m-learning, entendido como el aprendizaje desarrollado mediante el uso de computadoras, teléfonos y tabletas, y su aplicación en los entornos de RV ha demostrado ser de gran utilidad en el aprendizaje colaborativo y activo a través del uso de recursos especialmente diseñados y estructurados. Debido a la pandemia por la Covid-19 se interrumpió la enseñanza presencial y ante la necesidad de su reemplazo por clases virtuales, la RV se ha presentado como una solución prometedora que mejora los resultados del aprendizaje a distancia (Moll-Khosrawi et al., 2021).

Los resultados de esta investigación son congruentes con otros estudios previos realizados en el campo de la educación. Horvat et al. (2022) realizaron un estudio que evaluó la tecnología de RV inmersiva y no inmersiva en una experiencia educativa, concluyendo que la RV ayudo a los estudiantes con menos experiencia a comprender mejor los aspectos específicos del diseño en ingeniería; en consecuencia, se puede afirmar que los resultados respaldan la teoría del aprendizaje constructivista, ya que la RV da el soporte necesario para la comprensión dependiente e independiente del tema desarrollado. Mientras que en un estudio similar a este, Branoff et al. (2022) demostraron que los estudiantes de ingeniería con bajos resultados en evaluaciones de la HE no progresan adecuadamente en los programas de ingeniería, como los estudiantes que alcanzan resultados satisfactorios, además pudieron comprobar que el uso de un software de diseño asistido por computadora, con funciones de RV no inmersiva, puede incrementar el rendimiento de esta habilidad.

Por su parte, Verner et al. (2022) desarrollaron un taller para estudiantes de ingeniería que consistió en la exploración de sistemas robóticos utilizando la RA y la RV, y concuerdan con este estudio al afirmar que los aplicativos relacionados con estas tecnologías logran una buena efectividad del aprendizaje en los estudiantes que participan en la realización de cursos en línea.

Actualmente las herramientas creadas en relación con la tecnología de RV, al igual que otras tecnologías, se están desarrollando rápidamente y son mucho más accesibles que años atrás, pero aún existen limitaciones de carácter económico para que los estudiantes puedan gozar de todos sus beneficios.

La metodología aplicada en este estudio demostró ser muy útil para procesos de enseñanza y aprendizaje mediante el uso de la tecnología de RV no inmersiva. Sin embargo, para futuro trabajos, será necesario el apoyo de las instituciones para superar la brecha económica existente y disponer del hardware necesario que permita su desarrollo a través de una experiencia de RV inmersiva. Aunque la población de estudio estuvo limitada a estudiantes universitarios de ingeniería del primer año de estudios, este se debería replicar para evaluar sus efectos en otros cursos de la carrera que incluyan a estudiantes de años superiores o estudiantes de posgrado.

Presentación del artículo: 24 de septiembre de 2022

Fecha de aprobación: 12 de enero de 2023

Fecha de publicación: 31 de enero de 2023

Yarin Achachagua, Y.H. & Gamarra Chinchay, H.E. (2023). La realidad virtual y su efecto en la habilidad espacial: un caso de estudio enfocado en la enseñanza de la geometría descriptiva. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 23(73). DOI <http://dx.doi.org/10.6018/red.540091>

Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

Referencias

- Alghazi, S. S., Kamsin, A., Almaiah, M. A., Wong, S. Y., & Shuib, L. (2021). For Sustainable Application of Mobile Learning: An Extended UTAUT Model to Examine the Effect of Technical Factors on the Usage of Mobile Devices as a Learning Tool. *Sustainability* 2021, 13(4), 1856. <https://doi.org/10.3390/SU13041856>
- Allcoat, D., & Von Mühlénen, A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>
- Ayala Alvarez, F. J., Blazquez Parra, E. B., & Tubio Montes, F. (2017). Improving graphic expression training with 3D models. *Journal of Visualization*, 20(4), 889–904. <https://doi.org/10.1007/S12650-017-0424-8>

- Banfi, F. (2021). Virtual Museums and Human-VR-Computer Interaction for Cultural Heritage Application: New Levels of Interactivity and Knowledge of Digital Models and Descriptive Geometry. *Lecture Notes in Computer Science, 12642 LNCS*, 346–357. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73043-7_29
- Brailov, A. Y. (2016). *Engineering graphics: theoretical foundations of engineering geometry for design*. Springer.
- Branoff, T., Mohammed, J., & Brown, J. (2022). *Student Retention in an Engineering Technology Program: The Role of Spatial Visualization Ability*. Paper presented at 2022 ASEE Annual Conference & Exposition, Minneapolis. <https://strategy.asee.org/40962>
- Burte, H., Gardony, A. L., Hutton, A., & Taylor, H. A. (2019). Knowing when to fold 'em: Problem attributes and strategy differences in the Paper Folding test. *Personality and Individual Differences, 146*, 171–181. <https://doi.org/10.1016/J.PAID.2018.08.009>
- Caissie, A. F., Vigneau, F., & Bors, D. A. (2009). What does the Mental Rotation Test Measure? An Analysis of Item Difficulty and Item Characteristics. *The Open Psychology Journal, 2*(1), 94–102. <https://doi.org/10.2174/1874350100902010094>
- Cantón Enríquez, D., Jesús, J., Pimentel, A., Ángel Hernández López, M., Santiago, O., & García, N. (2017). Uso didáctico de la realidad virtual inmersiva con interacción natural de usuario enfocada a la inspección de aerogeneradores. *Apertura, 9*(2), 8–23. <https://doi.org/10.32870/AP.V9N2.1049>
- Checa, D., & Bustillo, A. (2020). A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. *Multimedia Tools and Applications, 79*(9–10), 5501–5527. <https://doi.org/10.1007/S11042-019-08348-9>
- Del Cerro-Velázquez, F., & Lozano-Rivas, F. (2019). Ecurban Technical Project supported by ICT for STEM learning (Technical Drawing) and the consolidation of SDG in classroom. *Revista de Educación a Distancia, 19*(60). <https://doi.org/10.6018/RED/60/04>
- Duarte Seabra, R., & Toledo Santos, E. (2013). Developing the Spatial Visualization Ability with a Virtual Reality Tool for Teaching Descriptive Geometry: a Brazilian Experience. *Journal for Geometry and Graphics, 17*(1), 101–117.
- Gasevic, D., Siemens, G., & Rose, C. P. (2017). Guest Editorial: Special Section on Learning Analytics. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 10*(1), 3–5. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2670999>
- Gutiérrez de Ravé, E., Jiménez-Hornero, F. J., Ariza-Villaverde, A. B., & Taguas-Ruiz, J. (2016). DiedricAR: a mobile augmented reality system designed for the ubiquitous descriptive geometry learning. *Multimedia Tools and Applications, 75*(16), 9641–9663. <https://doi.org/10.1007/S11042-016-3384-4>
- Harris, J., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2013). Understanding spatial transformations: Similarities and differences between mental rotation and mental folding. *Cognitive Processing, 14*(2), 105–115. <https://doi.org/10.1007/S10339-013-0544-6>
- Hegarty, M. (2010). Components of Spatial Intelligence. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory, 52*(C), 265–297. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(10\)52007-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(10)52007-3)
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico).

- Holla, M., & Berg, M. van den. (2022). Virtual reality techniques for trauma education. *Injury*, 63, 64–68. <https://doi.org/10.1016/J.INJURY.2022.08.067>
- Horvat, N., Martinec, T., Lukačević, F., Perišić, M. M., & Škec, S. (2022). The potential of immersive virtual reality for representations in design education. *Virtual Reality* 2022, 26(3), 1227–1244. <https://doi.org/10.1007/S10055-022-00630-W>
- Kaygorodtseva, N. (2012). The modernization of the rate of descriptive geometry. *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, 23, 7–10.
- Kayode, D. J., Alabi, A. T., Sofoluwe, A. O., & Oduwaiye, R. O. (2019). Problems and Challenges of Mobile Learning in Nigerian University System. *Handbook of Mobile Teaching and Learning*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41981-2_135-1
- König, J., Jäger-Biela, D. J., & Glutsch, N. (2020). Adapting to online teaching during COVID-19 school closure: teacher education and teacher competence effects among early career teachers in Germany. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 608–622. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1809650/FORMAT/EPUB>
- Krasovskaya, N. I., Bauer, N. V., Shusharina, I. V., & Romanova, A. A. (2018). Formation of spatial thinking of future engineers on the basis of fundamental graphics training. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 41(4), 62–65. <https://doi.org/10.26480/JMERD.04.2018.62.65>
- Kuder, G. F., & Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika* 1937, 2(3), 151–160. <https://doi.org/10.1007/BF02288391>
- Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers & Education*, 140. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2019.103603>
- Moll-Khosrawi, P., Falb, A., Pinnschmidt, H., Zöllner, C., & Issleib, M. (2021). Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students during COVID-19 pandemic: a randomised controlled trial. *BMC Medical Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03533-1>
- Ñaupas Paitán, H., Palacios Vileta, J. J., Romero Delgado, H. E., & Valdivia Dueñas, M. R. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de La U.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers and Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2019.103778>
- Rose, E. (2017). Cause for Optimism: Engaging in a Vital Conversation About Online Learning. *Foundations of Science*, 22(2), 373–376. <https://doi.org/10.1007/S10699-015-9445-8>
- Shi, T., & Blau, E. (2020). *Contemporary Theories of Learning and Pedagogical Approaches for All Students to Achieve Success*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4036-7.ch002>
- Slavova, Y., & Mu, M. (2018). A Comparative Study of the Learning Outcomes and Experience of VR in Education. *25th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2018 - Proceedings*, 685–686. <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446486>
- Teixeira, F. G., Dos Santos, S. L., & Bruno, F. B. (2019). A multiview interactive

- interface for the solution of descriptive geometry problems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 809, 1716–1726. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_154
- UNESCO. (2018). *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721>
- Van Nuland, S. E., Hall, E., & Langley, N. R. (2020). STEM crisis teaching: Curriculum design with e-learning tools. *FASEB BioAdvances*, 2(11), 631–637. <https://doi.org/10.1096/FBA.2020-00049>
- Veletsianos, G., & Houlden, S. (2019). An analysis of flexible learning and flexibility over the last 40 years of Distance Education. *Distance Education*, 40(4), 454–468. <https://doi.org/10.1080/01587919.2019.1681893>
- Verner, I., Cuperman, D., Perez-Villalobos, H., Polishuk, A., & Gamer, S. (2022). Augmented and Virtual Reality Experiences for Learning Robotics and Training Integrative Thinking Skills. *Robotics*, 11(5), 90. <https://doi.org/10.3390/ROBOTICS11050090>
- Wolfartsberger, J. (2019). Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. *Automation in Construction*, 104, 27–37. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2019.03.018>