

# LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN LA ARQUITECTURA, LA INGENIERÍA CIVIL Y LA INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

## THE IMMERSIVE VIRTUAL REALITY AS A TOOL FOR LEARNING IN ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND CONSTRUCTION ENGINEERING

TATIANA SANCHEZ BOTERO<sup>1</sup>, LUIS FERNANDO BOTERO BOTERO<sup>2</sup>

### RESUMEN

El artículo da cuenta de los resultados de la primera prueba experimental de la aplicación de la realidad virtual en la enseñanza de la Ingeniería de la Construcción, cuyo objetivo es evidenciar las ventajas de la utilización de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la Arquitectura, la Ingeniería Civil y la Ingeniería de la Construcción. La prueba fue realizada junto con los estudiantes del curso Técnicas de Expresión Gráfica del programa de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT, sede Medellín, en el tema de Interpretación de isométricos y la generación de sus vistas. Los resultados señalan la gran aceptación de la herramienta y permiten visualizar las ventajas de la realidad virtual para la interpretación gráfica de algunos conceptos en la Arquitectura y la Ingeniería.

**PALABRAS CLAVE:** Realidad virtual inmersiva, visualización, enseñanza de la Arquitectura y la Ingeniería.

### ABSTRACT

This paper reports the results of the first experimental evidence of the application of virtual reality in Construction Engineering, which aims to make evident the advantages of the use of technological as teaching tools in Architecture, Civil Engineering and Construction Engineering. The test was conducted with students of Graphic Expression Techniques course, in the Civil Engineering program of EAFIT University, Medellín, in the topic of isometric interpretation and generation of its views. The results indicate the high acceptance of the tool and show the benefits of virtual reality for the graphical interpretation of some concepts in Architecture and Engineering.

**KEYWORDS:** Immersive virtual reality, visualization, teaching of Architecture and Engineering.

<sup>1</sup> Magister en ingeniería con énfasis en gestión de la construcción. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. Profesora de planta, facultad de Arquitectura, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia.

<sup>2</sup> Magister en ciencias de la información. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. Profesor titular Departamento de ingeniería civil, Universidad EAFIT, Medellín.

## INTRODUCCIÓN

La educación a nivel mundial viene siendo transformada por las diferentes herramientas informáticas que invaden los procesos académicos, lo que ha introducido a los docentes y estudiantes en nuevas formas de enseñar y aprender. Estos continuos cambios a los cuales las personas deben adaptarse han generado una nueva tendencia hacia el conocimiento de carácter constructorista donde tanto el estudiante como el docente pertenecen al mismo contexto. La teoría constructivista de Seymour Papert, respecto al aprendizaje, menciona que el aprendizaje no es una transmisión del conocimiento, sino una construcción donde el estudiante participa activamente de su proceso de aprendizaje, y este aprendizaje es particularmente efectivo cuando el aprendiz siente que está construyendo un producto que le es significativo. (National Computer Science Academy, 2010).

El uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC) como contenido y medio de enseñanza es una realidad y una necesidad social impuesta como lo menciona González en su libro “Las nuevas tecnologías en la educación”. (Parra Pay & Jiménez Toledo, 2007). Sin embargo, estas tecnologías no solo son un recurso para incrementar la calidad y la eficacia; son también un objeto más de la educación. Se deben formar individuos-personas, en, con y para las nuevas tecnologías (Tejada Fernández, 1999), más aún si se quiere cumplir en Colombia el Plan 2019, donde se prevé que la ciencia, la tecnología y la innovación serán las claves para fundamentar el crecimiento en el desarrollo científico y tecnológico, aprovechando plenamente las ventajas comparativas del país para poder transformarlas en ventajas competitivas. (Departamento Nacional de Planeación, 2005).

En el caso de la Ingeniería, según un estudio realizado por el Profesor Luis Ernesto Blanco Rivero en 1999, el cual condensó en su

artículo “Perfil del ingeniero del futuro”. En dicho artículo menciona entre muchas de las capacidades y habilidades que debía tener un ingeniero, el dominio de la informática y de la automatización, la creatividad y la innovación, la adaptación y asimilación de nuevas tecnologías (Blanco Rivero, 2007). Sin embargo, aun siendo notorios y necesarios estos cambios, en la enseñanza de la Ingeniería Civil se detecta, según documento final sobre actualización y modernización curricular en Ingeniería Civil (Hernández Rodríguez, 1995), una debilidad en la capacitación de los alumnos en el uso de las herramientas tanto analíticas como instrumentales de ingeniería, a pesar de los grandes avances que se vienen dando incluso en lo referente a la representación gráfica, la simulación y modelamiento. (Universidad de Antioquía, Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006).

Dentro de las herramientas tecnológicas que pueden ser utilizadas para la enseñanza de la Arquitectura, la Ingeniería Civil y la Ingeniería de la Construcción están las simulaciones por computador, las cuales se pueden definir como programas multimedia cuyo fin es permitir a un público específico tener información del comportamiento de un modelo. Estos programas de computador se apoyan en las capacidades multimedia presentes en la tecnología para brindar experiencias más realistas. La simulación más conocida es la de ambientes virtuales, también conocidos como realidad virtual. Un ambiente virtual consta de modelos tridimensionales computacionales, los cuales son expuestos a un usuario para su recorrido o manipulación. Una dimensión adicional a la realidad virtual es la inmersividad. Utilizando diferentes equipos electrónicos o mecánicos se puede añadir a las simulaciones de ambientes virtuales la sensación de profundidad, temperatura, humedad y estabilidad, entre otros. Su uso ofrece un gran potencial para el aprendizaje, y puede ser aplicada en la enseñanza de varios conceptos y aspectos de la Arquitectura y la Ingeniería Civil,

pero que además deben ir acompañadas de una enseñanza que involucre estrategias didácticas adecuadas; por lo tanto, debe tener una apropiación por parte de los estudiantes y docentes.

Como respuesta a este contexto de la educación, especialmente la enseñanza de la Ingeniería Civil y la importancia de las tecnologías de información dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, se desarrolló en la Universidad de EAFIT, sede Medellín, el proyecto de investigación denominado Aplicación de la realidad virtual en la enseñanza de la Ingeniería de Construcción, el cual exploró las posibilidades que ofrecen las tecnologías avanzadas de visualización de proyectos a partir de las herramientas de modelado virtual BIM 3D y 4D<sup>3</sup>; así como la creación de ambientes de realidad virtual inmersiva para optimizar el proceso de formación de estudiantes, cuyo resultado formuló la inclusión de dichas tecnologías como soporte del aprendizaje en algunos cursos del pregrado de Ingeniería Civil. (Botero Botero, 2013).

## METODOLOGÍA

Como desarrollo puntual en la investigación se realizó un análisis del plan de estudios en el pregrado de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT, sede Medellín, para identificar los cursos en los cuales el aporte de la realidad virtual podría ser aplicado, eligiendo algunos de estos cuyos contenidos o temas de enseñanza permitirían su implementación, sin que ello implique que sean estas las únicas, sino por el contrario, sean un inicio para todas las posibles incursiones en el desarrollo de la carrera. Para el primer desarrollo de la investigación se eligió el curso Técnicas de Expresión Gráfica (IC0261), incluido en el primer semestre académico, cuyo objetivo principal es conocer las diferentes técnicas del dibujo que

enriquecen la expresividad en las aulas y la vida profesional del ingeniero civil. (González, 2013). Además, se identificó en el primer módulo de conceptos generales la posibilidad de generar por medio de la realidad virtual nuevas herramientas de aprendizaje en lo que se refiere a la interpretación y elaboración de perspectivas isométricas y el manejo de las vistas que se obtienen de ellas. Luego de las discusiones previas entre el grupo de investigación y el docente a cargo de la materia se diseñó una prueba experimental con los cuatro grupos a su cargo.

## DISEÑO DE EXPERIMENTO

Como objetivo principal el proyecto pretendió evidenciar las ventajas de la utilización de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la Ingeniería Civil, tanto para el aprendizaje de los estudiantes como métodos de enseñanza para los docentes. Entonces, se procedió a realizar una primera prueba experimental con los alumnos de la asignatura Técnicas de Expresión Gráfica con el fin de demostrar que el uso de la realidad virtual inmersiva permite abstraer el concepto de isométricos y sus diferentes vistas de una manera más ágil y precisa.

La población objetivo de la prueba experimental fue de 97 estudiantes, de los cuales 80 participaron en la prueba, correspondiente al 82% de la población, distribuida en un 34% de mujeres y un 66% de hombres, cuya edad promedio era de 17,5 años.

Para ambas pruebas se desarrollaron dos isométricos en un modelo tridimensional de realidad virtual inmersiva y se emplazaron en un salón de exposición simulado (Figura 1), el cual permitía que el modelo pudiera ser recorrido; y el isométrico, visualizado por todos sus diferentes ángulos.

<sup>3</sup> Modelado virtual BIM 3D Y 4D. Building Information Modeling (BIM) es una tecnología y sistema de trabajo por medio del cual se generan modelos tridimensionales (3D) paramétricos que contienen información del proyecto y que se mantienen actualizados en tiempo real con cada cambio que se efectúa.

Cuando se habla de BIM 4D es la introducción de una nueva dimensión en el proyecto y en el tiempo, entrelazando el modelo con la Programación para obtener un análisis detallado de la ejecución constructiva dirigida por una línea de tiempo, la cual incluye una simulación animada del orden en que se ejecutan los trabajos. (Rodríguez, 2012)

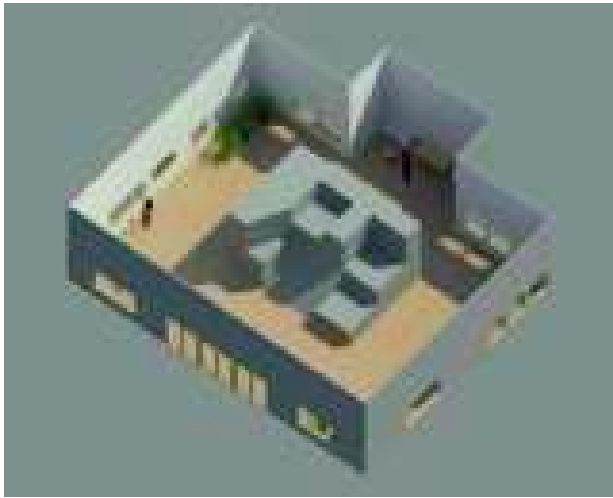


Figura 1. Isométricos de prueba 1 y prueba 2.  
Fuente: Elaboración del autor

### Desarrollo del experimento

La prueba se desarrolló durante dos días, en los cuales cada grupo de estudiantes, cuyo número variaba entre 5 y 10 personas de acuerdo a la selección por parte del docente y a la asistencia, se dividía en dos para realizar en dos fases el experimento; en cada una de las cuales debían observar, identificar, abstraer y dibujar las seis vistas del isométrico seleccionado para ambos (vista frontal, posterior, lateral derecha, lateral izquierda, superior e inferior). En una primera fase la mitad del grupo realizaba la tarea por el método tradicional, el cual consiste en observar el isométrico dibujado en papel y la otra mitad por el método en prueba, donde se les presenta y

permite recorrer el isométrico modelado en realidad virtual inmersiva (Figura 2). Luego de realizada esta primera fase los grupos cambian de método y de isométrico para realizar la misma labor. Además, en cada una de las fases se dio un tiempo de 30 minutos, de acuerdo a los datos obtenidos a través de la prueba de ensayo. Por último, al finalizar ambas fases, los estudiantes dejaban consignado la percepción frente a la usabilidad de las herramientas y aceptación de la tecnología en una encuesta.

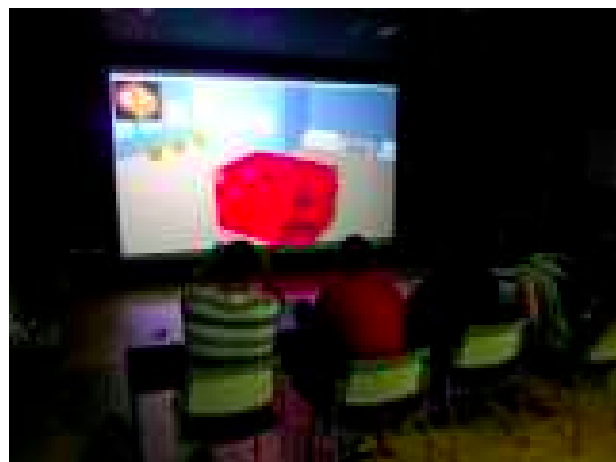


Figura 2. Pruebas mediante el método tradicional y el método Realidad Virtual Inmersiva.  
Fuente: Elaboración del autor

Para la validación de la utilidad de la herramienta, con el objetivo de facilitar y precisar en la abstracción del concepto de isométrico y sus diferentes vistas, se procedió a

la evaluación del ejercicio por parte de integrantes del grupo de investigación con experiencia docente en el tema, bajo los siguientes criterios: cada vista del isométrico se revisa individualmente, si en el dibujo de la vista se visualizaban líneas de más, líneas faltantes o mal puestas, se considera malo; por lo tanto, se calificaba como un error, siendo así que el máximo de errores por ejercicio podía ascender a 6, uno por cada vista mal dibujada.

El experimento estuvo centrado en la observación de la interacción de los estudiantes utilizando las herramientas de la realidad virtual inmersiva preparadas para ellos como una alternativa tecnológica con la finalidad de mejorar el aprendizaje de la materia y primera aproximación al uso de la sala en las actividades académicas en el programa de Ingeniería Civil.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### RESULTADOS PERCEPCIÓN

En la encuesta, para medir la percepción de los usuarios con respecto al uso de nuevas tecnologías, se empleó el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM por sus siglas en inglés) (Davis, 1989), el cual tiene como propósito identificar la utilidad percibida (PU por sus siglas en inglés) y la facilidad de uso percibida (PEOU por sus siglas en inglés), conocido también como el modelo PUEU para estudios de usabilidad de interfaz humano-computador.

Al adaptar el modelo a la prueba se definieron niveles de aceptación entre 5 y 1. Para el caso de que los estudiantes estuvieran totalmente de acuerdo a la afirmación que se hacía se asignaba la calificación que correspondía al número 5; si se estaba totalmente en desacuerdo se elegía el número 1. Como puntos intermedios tenían la posibilidad de estar de acuerdo eligiendo 4 en la afirmación, en desacuerdo eligiendo la opción 2; y por último, el no estar de acuerdo como tampoco en desacuerdo eligiendo la opción número 3.

### Usabilidad

La primera sección de la encuesta, dedicada a obtener la percepción de la utilidad y usabilidad de la herramienta, arrojó los siguientes resultados (Figura 3):

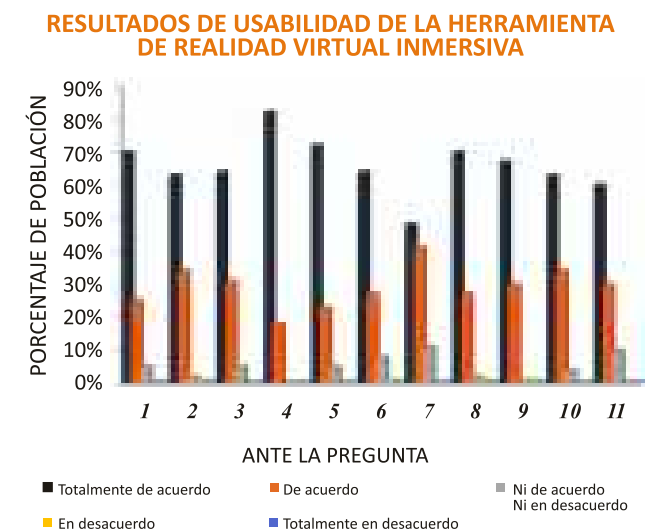


Figura 3. Resultados de usabilidad de la herramienta de realidad virtual inmersa.  
Grupo experimental curso de expresión gráfica.

#### Afirmaciones:

1. El uso de la realidad virtual inmersiva en clase me permitiría realizar las tareas con mayor rapidez.
2. El uso de la realidad virtual inmersiva podría mejorar mi rendimiento en clase.
3. El uso de la realidad virtual inmersiva mejoraría mi efectividad en clase.
4. El uso de la realidad virtual inmersiva haría más fácil entender la clase.
5. El uso de la realidad virtual inmersiva sería útil durante la clase.
6. Aprender a utilizar la realidad virtual inmersiva sería fácil para mí.
7. Me resultaría fácil utilizar la realidad virtual inmersiva para efectuar cualquier acción que se desea.

8. Mi interacción con la realidad virtual inmersiva fue clara y comprensible.
9. Fue la realidad virtual inmersiva flexible para interactuar.
10. Sería fácil para mí ser habilidoso en el uso de la realidad virtual inmersiva.
11. Encontré la realidad virtual inmersiva fácil de usar.

Los estudiantes encuestados, después de su paso por la prueba del método de realidad virtual, respondieron en un 82% que la realidad virtual inmersiva les haría más fácil entender la clase. Esto permite concluir que como herramienta de aprendizaje tuvo una alta aceptación y que en la práctica descrita los estudiantes visualizaron el potencial que ella tiene a la hora de afrontar temas de estudio como la visualización de isométricos y la abstracción de sus vistas; esto se ratifica en el alto porcentaje que se obtuvo al responder, con un 72%, que el uso de la realidad virtual sería útil en clase y que les permitiría realizar las tareas con mayor rapidez (70%).

Por otro lado, aunque el 70% respondió que la interacción con la herramienta de realidad virtual inmersiva fue clara, se percibe en los resultados de un 48% que sería mucho más fácil de utilizar la herramienta de realidad virtual inmersiva para efectuar cualquier acción que se desea; por lo tanto, es necesario una curva de aprendizaje con la herramienta, ya que la haría más cómoda para los estudiantes durante su manejo; de esta manera, se obtendría todo el provecho que esta puede dar, porque a un 67% les pareció flexible para interactuar; mientras que un 63% considera que les sería fácil ser habilidoso en su respectivo uso.

#### Utilidad en expresión gráfica

La segunda sección de la encuesta, enfocada a obtener la percepción de la utilidad de la herramienta para el tema de visualización de isométricos y la abstracción de sus diferentes vistas, arrojó los siguientes resultados (Figura 4):

#### RESULTADOS UTILIDAD EN EXPRESIÓN GRÁFICA

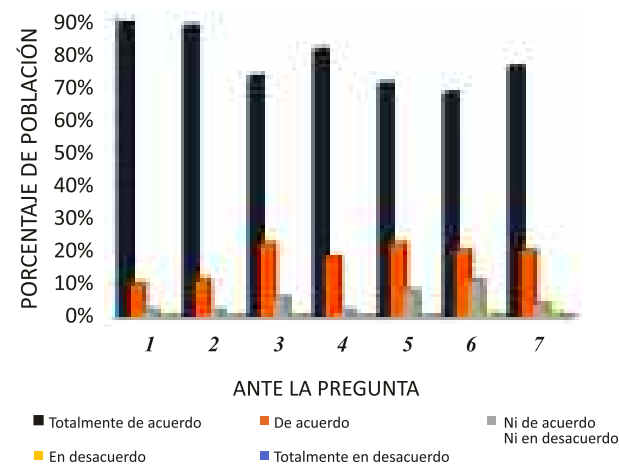


Figura 4. Resultados de expresión gráfica. Grupo experimental materia de expresión gráfica.

#### Afirmaciones:

1. El uso de la realidad virtual inmersiva me permitió visualizar un objeto en perspectiva isométrica.
2. El uso de la realidad virtual inmersiva permite apreciar de mejor manera las características de un isométrico.
3. Me resultó más fácil con el uso de la realidad virtual inmersiva obtener las diferentes vistas del isométrico.
4. Me resultó útil para obtener las vistas y la posibilidad de recorrer el isométrico por medio de la realidad virtual inmersiva.
5. El uso de la realidad virtual inmersiva me permitió dibujar con mayor facilidad las vistas posterior, lateral izquierda e inferior.
6. El uso de la realidad virtual inmersiva me permitió identificar más fácil los cortes inclinados del isométrico.
7. El uso de la realidad virtual inmersiva me permitió dibujar con mayor facilidad las vistas que tenían cortes inclinados.

La población encuestada encontró que la realidad virtual inmersiva les permitió visualizar las características generales y específicas de los isométricos de la prueba de mejor manera. En tal sentido, un 88% respondió estar completamente de acuerdo con la afirmación, es decir, el uso de la realidad virtual inmersiva me permitió visualizar un objeto en perspectiva isométrica; y un 87% respondió que el uso de la realidad virtual inmersiva permite apreciar de mejor manera las características de un isométrico. De igual manera, los resultados de la encuesta muestran que a la mayoría de los estudiantes (80%) se les facilitó obtener las vistas y, específicamente, aquellas que con el método tradicional (observación de isométrico dibujado en papel) quedan ocultas como son la vista posterior, la lateral izquierda y la inferior. Por lo tanto, resulta una herramienta útil.

#### RESULTADOS DEL EJERCICIO EXPERIMENTAL

Como parte del ejercicio se recolectaron algunos datos personales de los estudiantes, encaminados a analizar algunas variables que podían influir en el uso y utilidad de la realidad virtual inmersiva en la enseñanza, tales como la edad de los participantes, su género (masculino o femenino) y si se tenía o no experiencia con videojuegos y simulaciones 3D.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El promedio de errores, teniendo en cuenta que cada vista mala se considera como un error, fue de 2,26 para el método de realidad virtual inmersiva y de 2,11 para el método tradicional (Figura 5). Una diferencia poco significativa teniendo en cuenta que los estudiantes tenían una trayectoria en el método tradicional, mientras que en el método de realidad virtual inmersiva era la primera vez que se enfrentaban a este tipo de herramientas en el ámbito educativo.

#### PROMEDIO DE ERRORES

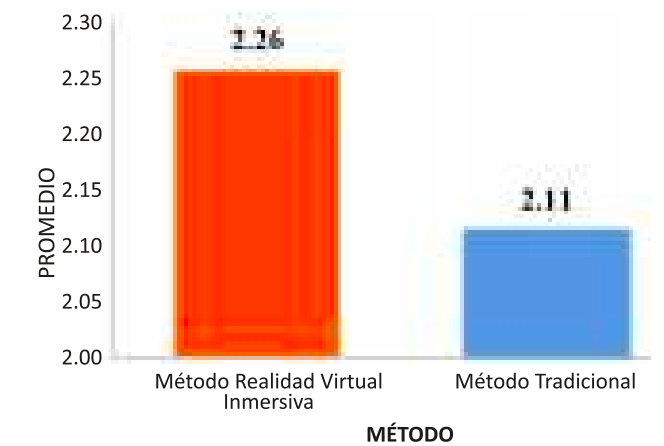


Figura 5. Promedio de errores según método. Prueba experimental materia de expresión gráfica.

Sin embargo, la evaluación muestra que por el método de realidad virtual inmersiva un porcentaje menor de la población se equivocó al realizar las vistas inferior y posterior (Figura 6). Esto debido a que este método permite realizar un recorrido por todos los lados del isométrico y, por lo tanto, tener una visión del mismo desde cualquier ángulo, lo que facilita la interpretación de estas vistas ocultas en el método tradicional.

#### RESULTADOS SEGÚN MÉTODO Y VISTAS

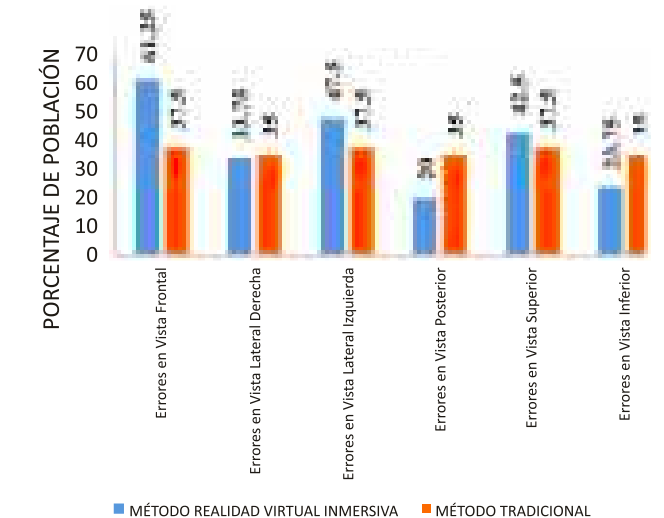
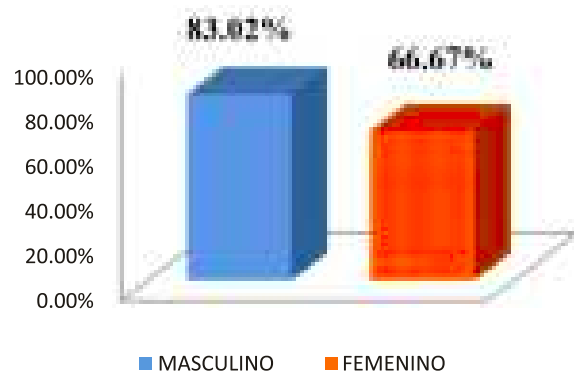


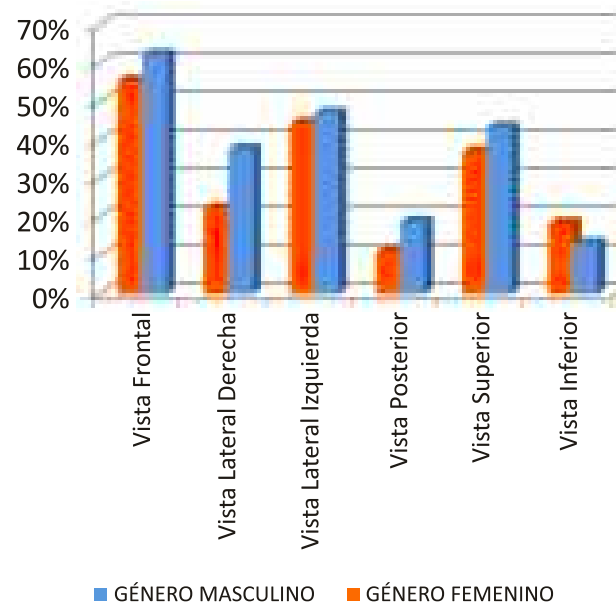
Figura 6. Porcentaje de población con errores según métodos y vistas. Grupo experimental materia de expresión gráfica.

Por otro lado, el análisis del género de los estudiantes comparado con el número de errores, en los isométricos realizados mediante el método de realidad virtual inmersiva, arrojó los siguientes resultados: un 83,02% de la población masculina del experimento tuvo errores en la obtención de las diferentes vistas de los isométricos frente a un 66,67% de la población femenina, aun cuando un 59,26% de la población femenina no tenía experiencia en el manejo de videojuegos. Lo anterior permite concluir que la herramienta, que para esta población experimental, aunque era mayormente conocida para el género masculino (90,57%), es de fácil comprensión y manejo para ambos géneros sin distinción de tener la experiencia o no. (Figuras 7 y 8).

**PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON ERRORES SEGÚN GÉNERO**



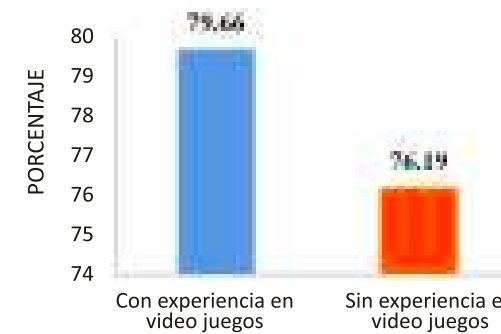
**Figura 7.** Promedio de errores según género con el método realidad virtual inmersiva. Grupo experimental materia de expresión gráfica.



**Figura 8.** Porcentaje de población según género con errores en las diferentes vistas de los isométricos, con el método realidad virtual inmersiva. Grupo experimental materia de expresión gráfica.

La experiencia con videojuegos por parte de la población de la prueba no fue relevante en los resultados del ejercicio, aun cuando aproximadamente un cuarto de los estudiantes no tenían experiencia con ellos. En la población del experimento un 74% tenía experiencia con los videojuegos frente a un 26% que no la tenían. Sin embargo, el resultado de la pruebas, según este dato, fue de una diferencia de tan solo 3,47%. Además, un 79,66% de la población cometió errores aun con la experiencia en el uso de este tipo de tecnología frente a un 76,19% que no contaban con experiencia en los videojuegos (ver figura 9); lo que indica que la herramienta se presta para un fácil manejo y entendimiento. Por lo tanto, no es excluyente en cuanto a esta característica de la población.

**PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON ERRORES SEGÚN EXPERIENCIA EN VIDEO JUEGOS**



**Figura 9.** Porcentaje de población con errores con o sin experiencia en video juegos. Grupo experimental materia expresión gráfica.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Como parte fundamental del conocimiento socialmente construido está la utilización de los sentidos como herramienta fundamental para la obtención de evidencia. La posibilidad de ver los modelos a dibujar es, entonces, el primer paso para construir este conocimiento. El propósito de incluir herramientas como la realidad virtual inmersiva en el proceso de enseñanza apunta a que los estudiantes y futuros profesionales no solo utilicen una herramienta sino que sean capaces de identificar, analizar y solucionar un problema a través de su observación, dando respuesta a las competencias fundamentales de los profesionales del siglo XXI donde se apunta a la capacidad de identificar y analizar un problema, diseñar e implementar soluciones y dar mantenimiento a los mismos. ( National Academy of Engineering, 2004).

Es importante resaltar que mejorar la capacidad de abstracción es uno de los propósitos del dibujo de isométricos en la asignatura Técnicas De Expresión Gráfica. Por tal motivo, los autores consideran que la posibilidad de observar el modelo construido ayuda a que los estudiantes comprendan mejor de donde salen los conceptos; o incluso, poder

lograr que los estudiantes analicen los volúmenes y puedan construir sus propios conceptos sobre el dibujo isométrico.

Los resultados de la encuesta de percepción como de la evaluación de los resultados, según las variables, permiten visualizar a la realidad virtual inmersiva como un valioso aporte a la enseñanza para el caso de la Ingeniería Civil, así como aplicable en la Arquitectura y la Ingeniería de la Construcción, no solo en el tema de interpretación de isométricos y sus diferentes vistas, sino en las diferentes materias que permitan su inclusión y que se den a la tarea de obtener beneficios a la visualización ofrecida por la misma.

La realidad virtual inmersiva no es una herramienta excluyente de acuerdo al género de la población que haga uso de ella y tampoco requiere ser utilizada por personas que tengan experiencia en este tipo de tecnologías. Por el contrario, facilita el entendimiento y su uso es ágil y sencillo.

De igual manera, los estudiantes que hicieron parte de este primer acercamiento de la inclusión de la realidad virtual inmersiva en la enseñanza de la Ingeniería Civil dejaron abiertas las puertas a su aceptación en las prácticas académicas, permitiendo al proyecto continuar con su objetivo de incluir este tipo de herramientas en las siguientes pruebas e, incluso, demostrándonos que pertenecen a una nueva generación de estudiantes que requieren de nuevos y diferentes métodos de enseñanza acordes con los lenguajes actuales de comunicación.

Es trabajo futuro de investigación demostrar que el conocimiento construido por los estudiantes sobre el tema utilizando la realidad virtual inmersiva es significativamente mejor, reflejado en sus notas en materias posteriores que utilicen dichos conceptos, que el adquirido por el método actualmente utilizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**National Academy of Engineering. (2004).** The engineer of 2020; visions of engineering in the new century. Washington, DC.

**Blanco Rivero, L. E. (2007).** Perfil del ingeniero colombiano para el 2020. "Developing Entrepreneurial Engineers for the Sustainable Growth of Latin America and the Caribbean: Education, Innovation, Technology and Practice", (pág. 5). Tampico, México.

**Boroni, G., Vagliati, P., & Vénere, M. (2003).** SEDICI. Repositorio Institucional de la UNLP. Recuperado el marzo de 2013, de <http://hdl.handle.net/10915/22649>: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22649/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22649/Documento_completo.pdf?sequence=1)

**Botero Botero, L. F. (2013).** Aplicación de la realidad virtual en la enseñanza de ingeniería de construcción. Propuesta de investigación. MEDELLIN.

**Camarasa, D. A., & Bianchi, O. M. (2012).** SEDICI Repositorio institucional de la UNLP. Recuperado el marzo de 2013, de [sedici.unlp.edu.ar](http://sedici.unlp.edu.ar): <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19214>

**Casadei Carniel, L., Cuicas Ávila, M., Debel Chourio, E., & Álvarez Vargas, Z. (2008).** La simulación como herramienta de aprendizaje en física. Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación, 8(2), 1- 27.

**Davis, F. (1989).** Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly: Management Information Systems, 13, 319-339.

**Departamento Nacional de Planeación. (2005).** VISION COLOMBIA II CENTENARIO: 2019. Bogotá, D.C., Colombia.

**González, S. (2013).** Contenido programático de la materia técnicas de expresión gráfica. Documento interno de alistamiento académico. Medellín: Universidad EAFIT.

**Guzmán, J. L., Domínguez, M., Berenguel, M., Fuertes, J. J., Rodríguez, F., & Reguera, P. (2010).** Entornos de experimentación para la enseñanza de conceptos básicos de modelado y control. Revista Iberoamericana de Automática e Informatica Industrial, 7(1), 10-22.

**Hernández Rodríguez, F. (1995).** Consideraciones para actualizar y modernizar el currículo en Ingeniería Civil. Bogotá, D.C., Colombia: ACOFI.

**Monterroso Casado, E., & Escutia Romero, R. (2011).** Educación inmersiva: Enseñanza práctica del Derecho en 3D. Ícono 14, 2(Año 9), 84-100.

**National Computer Science Academy. (2010).** La Realidad virtual en la educación. Recuperado el 02 de 2013

**Otero Franco, A., & Flores González, J. (2011).** Realidad virtual: Un medio de comunicación de contenidos. Aplicación como herramienta educativa y factores de diseño e implantación en museos y espacios públicos. Ícono 14, 2 (Año 9), 185 - 211.

**Parra Pay, F., & Jiménez Toledo, R. (2007).** Las nuevas tecnologías aplicadas a la Educación Superior. UNIMAR, 65-67.

**Ramos Nava, M. d., Larios Delgado, J., Franco Serrano, H., Cruz Lovera, T. M., & Díaz Espinoza, J. R. (2012).** Desarrollo de aplicaciones para el tratamiento de padecimientos psicológicos usando realidad virtual. Revista Digital Universitaria, 13(23), 9 pag.

**Rodríguez García, T. C., & Baños González, M. (2011).** E-Learning en mundos virtuales 3D. Una experiencia educativa en Second Life. Ícono 14, 2(Año 9), 39 - 58.

**Rodríguez, E. (17 de Enero de 2012).** Fieras de la Ingeniería. Recuperado el mayo de 2013, de [www.fierasdeingenieria.com](http://www.fierasdeingenieria.com): <http://www.fierasdeingenieria.com/bim-4d-el-tiempo-anadido-al-modelado-de-informacion-de-construccion/>

**Tejada Fernández, J. (1999).** El formador ante las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación: Nuevos roles y competencias profesionales. Comunicación y Pedagogía, 17-26.

**Universidad de Antioquía, Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2006).** Proceso de transformación curricular del programa de Ingeniería Civil. Medellín.

**Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. (2012).** Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Computo y de Tecnologías de la Información y la Comunicación. Recuperado el marzo de 2013, de <http://www.ixtli.unam.mx/>: <http://www.ixtli.unam.mx/>

## CORRESPONDENCIA

Tatiana Sanchez Botero  
Universidad Católica de Pereira, Pereira,  
Colombia.  
tsanche1@eafit.edu.co.

Luis Fernando Botero Botero  
Universidad EAFIT, Medellín, Colombia  
lfbotero@eafit.edu.co.