

# CiviLAB-VR: Laboratorio Inmersivo para el aprendizaje de Estática en Ingeniería Civil

**CiviLAB-VR: Immersive Laboratory for Learning Statics in Civil Engineering**

1                   Sebastián Delgado<sup>1</sup>, Sandra Villamizar<sup>2</sup>, Diego Loaiza<sup>3</sup>, Diego Gomez<sup>4</sup>  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Santiago de Cali, Colombia,

jose.delgado04@usc.edu.co

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Santiago de Cali, Colombia,

sandravillamizar00@usc.edu.co

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Santiago de Cali, Colombia,

diego.loaiza02@usc.edu.co

<sup>4</sup>Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Universidad del Valle, Colombia,

daniel.gomez@correounivalle.edu.co

## Resumen

Este estudio presenta el desarrollo de *CiviLAB-VR*, un laboratorio de realidad virtual interactivo orientado a fortalecer el aprendizaje del curso de Estática en Ingeniería Civil en la Universidad Santiago de Cali. El entorno, diseñado en Unity 3D para visores Meta Quest 3, ofrece cinco prácticas interactivas con retroalimentación en tiempo real, que permiten a los estudiantes visualizar y analizar estructuras estáticas en tres dimensiones. Estas simulaciones facilitan la comparación entre cálculos manuales y resultados virtuales, reforzando la comprensión conceptual y promoviendo un aprendizaje activo e intuitivo. El laboratorio incluye ejercicios prácticos sobre equilibrio tridimensional de cuerpos rígidos, cables con cargas concentradas, análisis de armaduras, vigas y sistemas de poleas, acompañados de guías didácticas y retos que reproducen situaciones reales. Para evaluar el impacto, se aplicaron cuestionarios enfocados en usabilidad, carga cognitiva, inmersión y motivación, así como pruebas diagnósticas y registros de interacción. Los resultados evidencian alta motivación e inmersión (con el 100% de los estudiantes ubicados en niveles altos de motivación), junto con una baja carga de frustración y mejoras significativas en la comprensión de los principios de equilibrio y distribución de fuerzas.

**Palabras clave:** Realidad virtual; Laboratorios Virtuales; Estática; Ingeniería civil; Herramienta educativa.

## Introducción

La enseñanza de la Estática en Ingeniería Civil enfrenta el desafío de lograr que los estudiantes comprendan y visualicen conceptos teóricos relacionados con equilibrio de fuerzas y la interacción de diferentes elementos estructurales, creando una brecha significativa entre la teoría y la práctica [1], [2]. Estas limitaciones pueden superarse

35 mediante entornos inmersivos que favorecen la percepción espacial y fortalecen el  
36 aprendizaje activo. En este marco se desarrolla CiviLAB-VR, un laboratorio de realidad  
37 virtual interactivo orientado a cursos de la línea de estructuras y construcciones en la  
38 Universidad Santiago de Cali. Aunque incluye módulos para Estática, Mecánica de Sólidos  
39 y Construcción de Viviendas y Edificaciones, este artículo se centra en el módulo de Estática,  
40 diseñado para que los estudiantes exploren y experimenten principios fundamentales  
41 mediante simulaciones tridimensionales con retroalimentación visual en tiempo real. Con el  
42 desarrollo de este entorno se busca potenciar la comprensión conceptual y la motivación  
43 estudiantil, consolidándose como una herramienta pedagógica que complementa los métodos  
44 tradicionales de enseñanza [1], [3].  
45

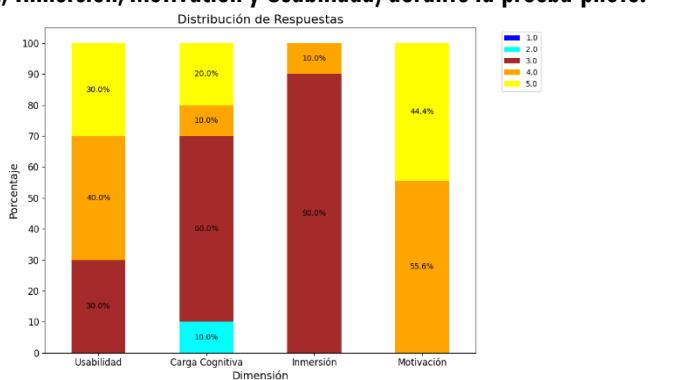
## 46 **Metodología**

47 El laboratorio CiviLAB-VR se desarrolló utilizando Unity 3D (C#), integrando modelos  
48 estructurales en 3D para cinco principios clave de Estática y habilitando la interacción  
49 tridimensional con visores Meta Quest 3. Para validar su funcionamiento, se realizó una  
50 prueba preliminar con 15 estudiantes de los semestres intermedios de Ingeniería Civil,  
51 quienes cursaban la asignatura de Estática. El objetivo fue evaluar la claridad de los  
52 instrumentos de medición, enfocados en usabilidad, inmersión, motivación y carga cognitiva,  
53 utilizando el System Usability Scale (SUS) como instrumento principal. El análisis  
54 descriptivo de los resultados confirmó la viabilidad técnica y funcional del sistema,  
55 garantizando las condiciones necesarias para su aplicación en un estudio comparativo  
56 posterior.  
57

## 58 **Resultados**

59 Los resultados iniciales se orientaron a la validación preliminar de CiviLAB-VR, resaltando  
60 las percepciones positivas de los estudiantes. La Motivación es el factor más sólido, con el  
61 100% de los estudiantes reportando niveles de respuesta altos (4.0 y 5.0), lo que confirma el  
62 alto engagement generado por el laboratorio (Ver Figura 1).  
63

64 **Figura 1. Distribución porcentual de las respuestas por nivel (1.0 a 5.0) en cada dimensión evaluada (Carga  
65 Cognitiva, Inmersión, Motivación y Usabilidad) durante la prueba piloto.**



66

67 La Inmersión también fue altamente valorada. Estos altos niveles de compromiso son  
68 consistentes con la literatura sobre Realidad Virtual en ingeniería, que reporta una mejor  
69 retención del conocimiento debido al sentido de presencia. Además, la Carga Cognitiva fue  
70 percibida como baja, lo cual es un hallazgo clave que contrasta favorablemente con la  
71 preocupación común de que la navegación en entornos 3D complejos sobrecargue al usuario  
72 [4]. Los resultados descriptivos de Usabilidad sugieren áreas menores de mejora en la  
73 interfaz. Estos hallazgos confirman la viabilidad y el potencial pedagógico del sistema para  
74 la fase de evaluación comparativa..

75

## 76 **Conclusiones**

77 Los resultados alcanzados mediante la validación preliminar del módulo de Estática en el  
78 Laboratorio CiviLAB-VR confirman el cumplimiento del objetivo principal del estudio: el  
79 diseño e implementación de una herramienta viable y eficaz para mejorar la comprensión  
80 conceptual de la Estática en Ingeniería Civil. La novedad y relevancia del trabajo radican en  
81 la integración exitosa de la realidad virtual para transformar el proceso de aprendizaje de  
82 temas tradicionalmente abstractos. Los hallazgos demuestran que el entorno es altamente  
83 motivador e inmersivo, con un 100% de los estudiantes reportando niveles de alta  
84 motivación, lo cual es fundamental para el aprendizaje activo y el compromiso sostenido. La  
85 contribución de este trabajo es doble: ofrece una solución tecnológica que facilita la  
86 visualización tridimensional y la experimentación en tiempo real (contribución pedagógica)  
87 y establece un modelo escalable para la creación de laboratorios virtuales en otras disciplinas  
88 de la ingeniería (contribución tecnológica). En definitiva, CiviLAB-VR constituye una  
89 alternativa de alto impacto que potencia la formación de ingenieros civiles, preparándolos  
90 con herramientas innovadoras que acercan la teoría a la práctica y fortalecen sus  
91 competencias profesionales.

92

## 93 **Referencias**

94

- 95 [1] D. M. Barry y H. Kanematsu, “Virtual reality enhances active student learning”, en *Procedia*  
96 *Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 408–415. doi: 10.1016/j.procs.2022.09.075.
- 97 [2] F. P. Beer, E. Russell Johnston, D. F. Mazurek, y E. R. Eisenberg, “Mecánica Vectorial para  
98 ingenieros Estática”. [En línea]. Disponible en: [www.FreeLibros.me](http://www.FreeLibros.me)
- 99 [3] V. Potkonjak *et al.*, “Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A  
100 review”, *Comput Educ*, vol. 95, pp. 309–327, abr. 2016, doi: 10.1016/j.compedu.2016.02.002.
- 101 [4] M. Y. Rafiq y D. J. Easterbrook, “Using the Computer to Develop a Better Understanding in  
102 Teaching Structural Engineering Behavior to Undergraduates”, *Journal of Computing in Civil  
103 Engineering*, vol. 19, núm. 1, pp. 34–44, ene. 2005, doi: 10.1061/(asce)0887-3801(2005)19:1(34).