

LABORATORIO VIRTUAL EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL PARA EL APRENDIZAJE DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Muñoz, Reider^a; Gómez, Daniel^a; Ortiz, Albert^a; Villamizar, Sandra^b

^aIngeniero Civil, Universidad del Valle, Cali, Colombia

^bIngeniero Civil, Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia

reider.munoz@correounivalle.edu.co

RESUMEN

La Resistencia de Materiales es una asignatura esencial en la ingeniería que abarca aspectos relacionados con el comportamiento mecánico de los materiales que posteriormente serán utilizados en el análisis y diseño de estructuras. Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC's) utilizadas para desarrollar herramientas educativas como los laboratorios virtuales, se han convertido en una práctica valiosa de apoyo en diversas áreas de formación profesional. Este estudio se centra en el desarrollo de un laboratorio virtual de Resistencia de Materiales, que incluye módulos de tracción, compresión, flexión y torsión. La construcción del entorno se lleva a cabo mediante el uso de diversas herramientas tecnológicas, como el software de modelado 3D, lenguajes de programación y repositorios Git, entre otros. El principal objetivo de este laboratorio es fortalecer las experiencias académicas de los estudiantes sin depender de un laboratorio físico, presentando ventajas como la reducción de costos de materiales y la posibilidad de utilizarlo repetidamente.

ABSTRACT

Strength of Materials is an essential subject in engineering that encompasses aspects related to the mechanical behavior of materials, which are later used in the analysis and design of structures. Information and Communication Technologies (ICTs) used to develop educational tools, such as virtual laboratories, have become a valuable support practice in various areas of professional training. This study focuses on the development of a virtual laboratory for Strength of Materials, which includes modules for tension, compression, bending, and torsion. The construction of the environment is carried out using various technological tools, such as 3D modeling software, programming languages, and Git repositories, among others. The primary objective of this laboratory is to enhance students' academic experiences without relying on a physical laboratory, presenting advantages such as reduced material costs and the possibility of repeated use

Organiza:



Asociación de Ingenieros
Estructurales
ARGENTINA

Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar

1. INTRODUCCIÓN

La resistencia de materiales es una rama de la ingeniería que estudia la capacidad de los materiales para soportar diferentes tipos de esfuerzos estructurales. Esta disciplina es crucial debido a su amplio campo de aplicación en la construcción y fabricación de diversas piezas mecánicas (Mott et al., 2009¹; Murugan, 2020²; Kim et al., 2018³).

Una de las formas más efectivas de aprender sobre los conceptos fundamentales de resistencia de materiales es la combinación de teoría y experimentación en un laboratorio, ya que esta última permite comprender de manera visual, efectiva, rápida y sólida los conceptos de la disciplina (Guerrero M et al., 2014⁴). Sin embargo, algunas instituciones de educación superior no cuentan con laboratorios físicos debido a la falta de infraestructura, equipo y espacio, creando una brecha con los estudiantes que sí disponen de estos recursos. Para superar esta brecha, se ha propuesto la conversión de laboratorios físicos a laboratorios virtuales aprovechando las TIC's.

Este estudio se centra en el desarrollo de un laboratorio virtual de Resistencia de Materiales, el cual está dividido en cuatro módulos: tracción, compresión, flexión y torsión. Esta herramienta virtual traslada estas prácticas al entorno digital, permitiendo que estudiantes y cualquier persona interesada puedan acceder de manera gratuita. Además, una vez completado el experimento, el usuario puede repetirlo y explorar sus variantes cuantas veces desee. Esto no solo apoya la enseñanza impartida por los profesores, sino que también facilita una mejor interacción con los conceptos de Resistencia de Materiales.

2. MARCO TEÓRICO

Laboratorio virtual

Un laboratorio virtual es un entorno digital que simula las condiciones y funcionalidades de un laboratorio físico, permitiendo a los usuarios realizar experimentos y prácticas a través de una interfaz en línea. Esta herramienta es esencial para la educación moderna, facilitando el aprendizaje interactivo y accesible desde cualquier lugar. A continuación, se presentan las diferentes herramientas tecnológicas usadas en la elaboración del laboratorio virtual:

HTML (HyperText Markup Language)

HTML es el lenguaje estándar de marcado utilizado para crear y estructurar contenido en la web. Define la estructura y el contenido de las páginas web mediante el uso de etiquetas y atributos. HTML permite la inclusión de texto, imágenes, enlaces, formularios y otros elementos multimedia, proporcionando la base sobre la cual se construyen las páginas web. Es un lenguaje esencial para cualquier desarrollador web, ya que establece el esqueleto fundamental de cualquier sitio web (Prescott, 2015⁵).

Organiza:



Asociación de Ingenieros
Estructurales
ARGENTINA

Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar

Lenguaje de Programación JavaScript (JS)

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, utilizado principalmente para el desarrollo web. Es uno de los pilares del desarrollo web junto con HTML y CSS. JavaScript permite la creación de contenido dinámico e interactivo en las páginas web, facilitando la interactividad del usuario y la manipulación en tiempo real del contenido. Su versatilidad y potencia lo hacen indispensable para el desarrollo de aplicaciones web modernas (Oviedo Chavez, 2021⁶).

CSS3 (Cascading Style Sheets, Level 3)

CSS3 es la última evolución del lenguaje de hojas de estilo en cascada, utilizado para describir la presentación de un documento HTML. CSS3 introduce nuevas características y módulos, como transiciones, animaciones y transformaciones, que permiten crear diseños web más atractivos y sofisticados. Facilita la separación de contenido y presentación, mejorando la mantenibilidad y flexibilidad del código. Además, las nuevas propiedades de CSS3 permiten diseñar interfaces responsivas que se adaptan a diferentes dispositivos y resoluciones de pantalla (Puig, 2013⁷).

Librerías de JavaScript

Las librerías de JavaScript son colecciones de código predefinido que facilitan el desarrollo de aplicaciones web. Estas librerías proporcionan funciones y métodos que ahorran tiempo y esfuerzo a los desarrolladores, permitiéndoles centrarse en la lógica de la aplicación y la experiencia del usuario.

Three.js

Three.js es una librería de JavaScript que facilita la creación de gráficos 3D en el navegador web mediante WebGL. Proporciona una API simple y poderosa para renderizar modelos 3D, animaciones y escenas complejas. Three.js soporta una amplia gama de geometrías, materiales, luces y efectos especiales, lo que la convierte en una herramienta ideal para desarrollar aplicaciones interactivas y visualmente impactantes. Además, Three.js es compatible con diversos dispositivos y navegadores, garantizando una experiencia consistente y de alta calidad (Maggiolo Ruiz et al., 2022⁸).

Blender

Blender es un software de código abierto diseñado para la creación de contenido 3D. Ofrece un conjunto completo de herramientas que abarcan el modelado, texturizado, animación, simulación, renderizado y composición. Utilizado en diversas industrias como videojuegos, películas y realidad virtual, Blender destaca por su flexibilidad y

Organiza:

potencia. Su integración con Three.js permite exportar modelos 3D complejos para usar en aplicaciones web, combinando la capacidad creativa de Blender con la interactividad de Three.js (Soni et al., 2023⁹).

GitHub Pages

GitHub Pages es un servicio de alojamiento ofrecido por GitHub que permite a los usuarios publicar sitios web directamente desde un repositorio en GitHub. Es especialmente útil para desarrolladores que desean mostrar su trabajo, documentación de proyectos, o crear blogs y sitios web personales. GitHub Pages soporta HTML, CSS y JavaScript, lo que facilita la creación de sitios web complejos y dinámicos con herramientas estándar de desarrollo web (Hu, 2022¹⁰).

3. DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO VIRTUAL DE RESISTENCIA DE MATERIALES

El Laboratorio Virtual de Resistencia de Materiales es una plataforma educativa interactiva diseñada para simular experimentos y prácticas relacionados con la resistencia de materiales bajo diversas condiciones de carga. Su objetivo es proporcionar a estudiantes y profesionales de la ingeniería una herramienta accesible y efectiva para complementar su formación teórica con experiencias prácticas en un entorno digital avanzado. Utilizando tecnologías web avanzadas, este laboratorio virtual ofrece un entorno de simulación interactivo que permite a los usuarios realizar una variedad de ensayos, como pruebas de tensión, compresión, flexión y torsión. Estos experimentos se presentan mediante gráficos 3D realistas renderizados con la librería Three.js, asegurando una experiencia visual inmersiva y detallada.

Algunas de las características que proporciona el laboratorio virtual de Resistencia de Materiales son:

- **Simulaciones Interactivas:** Los usuarios pueden realizar diferentes tipos de pruebas de resistencia de materiales ajustando parámetros como la carga aplicada, el tipo de material y la geometría de la muestra. Las simulaciones muestran en tiempo real cómo los materiales responden a las cargas, permitiendo una comprensión profunda de los conceptos teóricos
- **Visualización de Datos:** Los resultados de las pruebas se presentan en forma de gráficos y valores numéricos que muestran datos como la carga y la deformación. Esta visualización ayuda a los usuarios a interpretar y analizar los resultados de manera efectiva.
- **Manuales:** Incluye una serie de manuales paso a paso que explican cómo realizar los experimentos y entender los resultados obtenidos. Estos recursos educativos están diseñados para facilitar el aprendizaje autónomo y guiado de los usuarios.

Organiza:

- **Accesibilidad y Disponibilidad:** Al ser basado en tecnologías web, el laboratorio virtual es accesible desde cualquier dispositivo con conexión a Internet, eliminando la necesidad de instalar software adicional. Esto permite a los usuarios acceder a los experimentos en cualquier momento y lugar, superando las limitaciones de los laboratorios físicos tradicionales.

Este laboratorio virtual no solo proporciona una plataforma para la práctica segura y controlada de conceptos de resistencia de materiales, sino que también promueve un aprendizaje interactivo y flexible que se adapta a las necesidades educativas actuales.

Módulo de Tracción

El módulo de tracción del Laboratorio Virtual de Resistencia de Materiales (ver Figura 1) está diseñado para simular ensayos de tracción en diversos materiales, proporcionando una experiencia educativa interactiva y práctica. Este módulo permite a estudiantes y profesionales de la ingeniería comprender mejor cómo los materiales responden a las fuerzas de tracción, analizando sus propiedades mecánicas de manera detallada.



Figura 1. Módulo de Tracción

El módulo de tracción del laboratorio virtual permite aplicar una fuerza de tracción a una muestra de material y observar su comportamiento en tiempo real. Los usuarios pueden visualizar cómo se deforma la muestra bajo la carga aplicada, lo cual permite identificar las etapas de elasticidad y plasticidad del material. La configuración del módulo de tracción se centra en la selección del material, ofreciendo opciones como acero y aluminio, junto con diferentes tamaños de barra como #3, #5 y #8. Los

Organiza:

resultados de la relación entre la carga aplicada y la deformación se muestran en tiempo real a través de gráficos interactivos, proporcionando una representación visual clara de los datos obtenidos durante el ensayo.

Módulo de Compresión

El módulo de compresión del Laboratorio Virtual de Resistencia de Materiales (ver Figura 2) permite realizar ensayos de compresión en una variedad de materiales, facilitando la comprensión del comportamiento de estos bajo cargas compresivas.



Figura 2. Módulo de Compresión

El módulo de compresión del laboratorio virtual aplica una carga de compresión a una muestra de material, permitiendo observar su comportamiento en tiempo real. Los usuarios pueden visualizar la deformación y el eventual colapso de la muestra bajo la carga aplicada. La configuración del módulo de compresión se adapta según el material seleccionado, incluyendo opciones como madera con fibras orientadas de manera paralela o perpendicular a la carga. Los resultados, que muestran la relación entre la carga aplicada y la deformación, se presentan de manera visual mediante gráficos en tiempo real.

Módulo de Flexión

El módulo de flexión del Laboratorio Virtual de Resistencia de Materiales (ver Figura 3) simula ensayos de flexión en vigas y otros elementos estructurales, proporcionando una herramienta educativa para comprender el comportamiento de los materiales bajo cargas de flexión.

Organiza:



Figura 3. Módulo de Flexión

El módulo de flexión permite aplicar una carga de flexión a una muestra de material y observar su comportamiento en tiempo real. Los usuarios pueden visualizar la curva de flexión y la deformación de la muestra conforme se aplica la carga. La configuración del módulo de flexión del laboratorio virtual varía según el material seleccionado. Los resultados, que muestran la relación entre la carga aplicada y la deflexión, se presentan de manera gráfica en tiempo real, permitiendo una comprensión visual y detallada de los datos obtenidos durante el ensayo.

Módulo de Torsión

El módulo de torsión del Laboratorio Virtual de Resistencia de Materiales (ver Figura 4) permite realizar ensayos de torsión en materiales cilíndricos, ofreciendo un análisis detallado del comportamiento de los materiales bajo cargas torsionales.

Organiza:

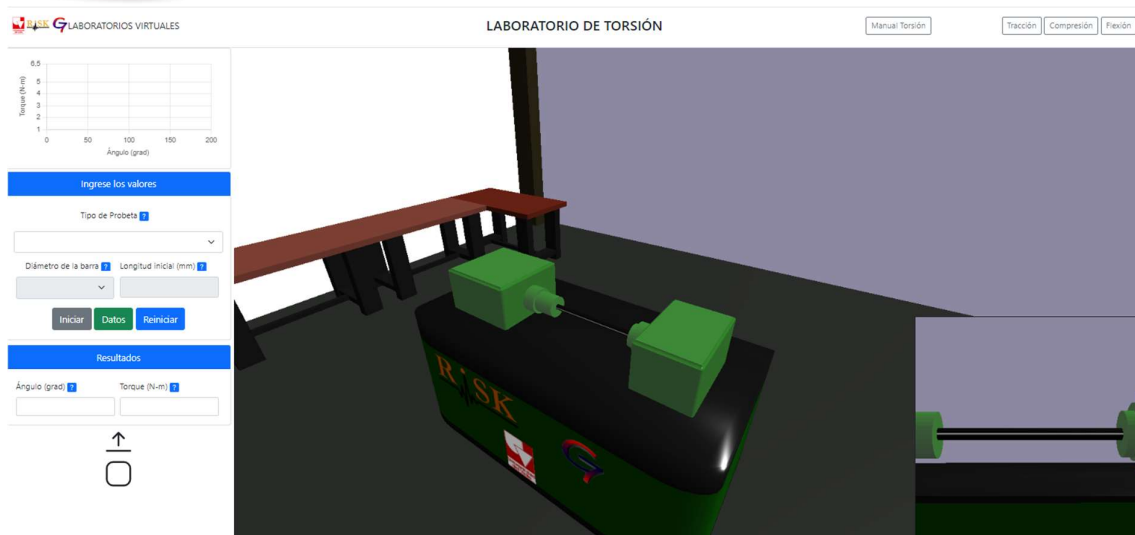


Figura 4. Módulo de Torsión

Este módulo permite aplicar una carga de torsión a una muestra de material y observar su comportamiento en tiempo real. Además, muestra cómo se deforma la muestra y responde ante la carga torsional aplicada. La configuración del módulo de torsión en el laboratorio virtual se adapta según el material seleccionado y las condiciones específicas del ensayo. Los resultados, que muestran la relación entre la carga torsional aplicada y la deformación, se presentan gráficamente en tiempo real para una mejor comprensión visual y análisis de los datos obtenidos.

4. CONCLUSIONES

El Laboratorio Virtual de Resistencia de Materiales ofrece una plataforma educativa completa e interactiva mediante sus módulos de tracción, compresión, flexión y torsión. Estos permiten simular una variedad de ensayos mecánicos sobre materiales, facilitando el estudio detallado del comportamiento de los materiales bajo diferentes tipos de cargas y condiciones. La interactividad y el realismo son destacados, ya que los usuarios pueden realizar experimentos virtuales en tiempo real, observando cómo los materiales se deforman y responden a las cargas aplicadas. Esta experiencia práctica se complementa con la visualización detallada mediante gráficos y modelos 3D realistas, como los renderizados con Three.js, mejorando así la comprensión de los conceptos teóricos a través de la práctica visual.

La accesibilidad y flexibilidad educativa son otro aspecto clave del laboratorio virtual, ya que al estar basado en tecnologías web, es accesible desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Esto supera las limitaciones de los laboratorios físicos tradicionales, permitiendo a los usuarios realizar experimentos y estudiar en cualquier momento y lugar, adaptándose plenamente a las necesidades educativas actuales.

Organiza:

Además, las aplicaciones de uso docente y de bajo costo hacen del laboratorio virtual una herramienta invaluable para el desarrollo de habilidades en ingeniería. La expectativa es que otras instituciones adopten esta alternativa educativa en los laboratorios de Resistencia de Materiales, beneficiándose de la personalización de los ensayos y la claridad en la visualización de resultados y manuales. Los módulos del laboratorio virtual se diseñan para ajustarse a diferentes tipos de dispositivos inteligentes, sin necesidad de instalar ningún programa adicional, asegurando una experiencia fluida y accesible para todos los usuarios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo de la Universidad del Valle y CIDESCO a través del proyecto “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO VIRTUAL EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL PARA EL APOYO A LA DOCENCIA Y AL APRENDIZAJE”.

REFERENCIAS

¹Mott RL, Salas RN, Flores MAR, Martínez EB. Resistencia de materiales. volume 5. Pearson Educación, 2009.

²Murugan SS. Mechanical properties of materials: definition, testing and application. International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering (IJMSME) 2020;6(2):28–38.

³Kim J, Jeong JH, Kim N, Joshi R, Lee GH. Mechanical properties of two-dimensional materials and their applications. Journal of Physics D: Applied Physics 2018;52. doi:10.1088/1361-6463/aaf465.

⁴Guerrero M LF, Gómez P D, Sandoval V E, Thomson P, Marulanda Casas J, et al. Sismilab, un laboratorio virtual de ingeniería sísmica, y su impacto en la educación 2014.

⁵Prescott, P. (2015). Html 5. Babelcube Inc.

⁶Oviedo Chavez, C. D. (2021). Desarrollo de sitio web para la trazabilidad de actividades en campo, y el almacenamiento de información relevante del proyecto wipen en la empresa línea comunicaciones sas.

⁷Puig, J. C. (2013). Css3 y javascript avanzado. Disponible en <https://openlibra.com/es/book/download/css3-y-javascript-avanzado>

⁸Maggiolo Ruiz, S. A., y cols. (2022). Desarrollo de herramientas de visualización de datos basadas en three.js.

Organiza:



⁹Soni, L., Kaur, A., y Sharma, A. (2023). A review on different versions and interfaces of blender software. En 2023 7th international conference on trends in electronics and informatics (icoei) (pp. 882–887).

¹⁰Hu, L. (2022). Desarrollo de una herramienta web para el diseño y realización de evaluaciones de experiencia de usuario tipo ueq.

Organiza:



Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar