

PROMOVIENDO UNA CULTURA DE CONSTRUCCIÓN SEGURA FRENTE A LA AMENAZA SÍSMICA EN COLOMBIA

Melo, Danny^a; Castañeda, Gerardo^b; Villamizar, Sandra^{a,b}; Gómez, Daniel^a.

^a Escuela de Ingeniería Civil y Geomática

^b Escuela de Arquitectura

Universidad del Valle

danny.melo@correunivalle.edu.co

RESUMEN

En Colombia, debido a la alta amenaza sísmica en zonas densamente pobladas, los profesionales del diseño y construcción de infraestructura desempeñan un papel crucial en la prevención de daños por sismos. La existencia de edificaciones que no cumplen con las normas de diseño y construcción sísmo resistente ha causado efectos devastadores durante eventos sísmicos. Para abordar esta situación, se creó ConCiencia Sísmica, un programa didáctico que promueve prácticas seguras de diseño y construcción sísmo resistente en la comunidad, especialmente entre los jóvenes. Este artículo presenta la metodología adoptada para el desarrollo del programa ConCiencia Sísmica, que incluye la creación de material didáctico y modelos estructurales a escala reducida para ilustrar el comportamiento estructural, así como la divulgación de requisitos mínimos para construir edificaciones seguras. Este programa ha sido ampliamente aceptado por los jóvenes como una estrategia efectiva para promover una cultura de construcción más segura, influyendo positivamente en la percepción de la comunidad sobre el riesgo sísmico.

ABSTRACT

In Colombia, given the high seismic hazard in densely populated areas, professionals in infrastructure design and construction play a crucial role in preventing earthquake damage. The existence of buildings that do not comply with seismic design and construction standards has caused devastating effects during seismic events. To address this situation, ConCiencia Sísmica was created, an educational program promoting safe practices in earthquake-resistant design and construction within the community, especially targeting young people. This article presents the methodology adopted for the development of the ConCiencia Sísmica program, which includes creating educational materials and building small-scale structural models to illustrate structural behavior, as well as disseminating minimum requirements for constructing safe buildings. This program has been widely embraced by young people as an effective strategy to promote a safer construction culture, positively influencing the community's perception of seismic risk.

Organiza:

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la ingeniería sísmica ha avanzado significativamente en la comprensión y mitigación del riesgo sísmico, enfocándose en mejorar la seguridad estructural y reducir las pérdidas humanas y económicas durante eventos sísmicos. Estudios previos han explorado diversas estrategias para fortalecer las estructuras frente a terremotos, como el uso de técnicas de análisis dinámico no lineal y la implementación de sistemas de aislamiento sísmico [1],[2]. Además, se han desarrollado numerosas normativas para promover la construcción de edificaciones resistentes a los sismos.

En países como Colombia, donde el 39.7% de la población vive en zonas de amenaza sísmica alta y el 47.3% se encuentra en zonas de amenaza sísmica intermedia, existe la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10) [3]. Sin embargo, a pesar de la existencia de esta normativa, los eventos sísmicos continúan causando efectos devastadores debido principalmente a la presencia de infraestructuras y edificaciones vulnerables frente a la actividad sísmica. Esto se debe a que muchas estructuras no cumplen con los estándares de diseño sísmico establecidos por la NSR-10 ni son construidas conforme a dicha normativa [4].

Estos desafíos subrayan la necesidad de abordar las áreas de incertidumbre que persisten, especialmente en lo que respecta a la percepción comunitaria sobre el riesgo sísmico y su impacto en las decisiones de diseño y construcción. En este contexto, las herramientas didácticas han demostrado ser efectivas y ampliamente aceptadas para mejorar la comprensión y el aprendizaje de conceptos fundamentales en ingeniería sísmica [5]. Por consiguiente, en este estudio se propone el desarrollo de "Conciencia Sísmica", una iniciativa educativa diseñada para promover una cultura de prácticas responsables en el diseño y la construcción sísmica. Este programa didáctico tiene como objetivo cultivar una mayor conciencia entre la población sobre la importancia del diseño sísmico seguro desde una edad temprana, comenzando con la educación de los jóvenes y futuros profesionales.

Previamente se han desarrollado programas con enfoques similares. Por ejemplo, en 1998, se lanzó el proyecto "The University Consortium of Instructional Shake Tables (UCIST)" bajo la dirección de la profesora Shirley J. Dyke del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Washington en St. Louis, con el objetivo de mejorar la educación en ingeniería sísmica a nivel de pregrado y posgrado. En la actualidad, más de 100 universidades buscan aumentar la calidad del aprendizaje mediante la adquisición de mesas sísmicas y el desarrollo de programas curriculares como parte del UCIST.

Este artículo presenta la metodología adoptada para el desarrollo del programa didáctico ConCiencia Sísmica, desarrollado en la Universidad del Valle en Cali (Colombia). En primer lugar, se detalla la creación del material didáctico y de los modelos estructurales a escala reducida, diseñados específicamente para ilustrar de manera efectiva el comportamiento estructural ante eventos sísmicos.

Organiza:



Posteriormente, se presentan los resultados de la difusión del programa educativo de ConCiencia Sísmica en la comunidad, con el objetivo de fomentar prácticas seguras de diseño y construcción sísmicamente resistentes en las futuras generaciones.

METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología detallada y estructurada que abarca principalmente lo siguiente:

1) Creación del material didáctico.

El material educativo digital es una presentación que se diseña con el propósito de ser interactivo y atractivo, utilizando tecnología multimedia para ofrecer una experiencia de aprendizaje enriquecedora y efectiva en los jóvenes. Además de presentar información técnica, se enfoca en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, preparando a los participantes para enfrentar y mitigar los riesgos sísmicos de manera informada y responsable. Este enfoque integral no solo educa, sino que también inspira a los jóvenes y futuros profesionales a convertirse en agentes de cambio en sus comunidades, promoviendo la seguridad y la resiliencia frente a desastres naturales como los terremotos.

El material digital incluye a "Conciensín", un personaje guía presente en todo el material didáctico del taller, diseñado para acompañar a los participantes a lo largo de todas las actividades. La Figura 1 muestra el logo desarrollado para el proyecto de investigación, donde el personaje "Conciensín" está representado con forma de cerebro. Esta elección simboliza la importancia de tener conciencia en el proceso constructivo. En su mano derecha sostiene libros, destacando la necesidad del aprendizaje de los conceptos teóricos del comportamiento estructural. En su mano izquierda, el personaje sostiene un edificio afectado por un sismo, subrayando la necesidad de considerar la amenaza sísmica y las implicaciones de seguridad en la construcción.

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



Figura 1. Logo del proyecto con el personaje guía.

2) Creación de modelos estructurales a escala.

Se construyeron tres modelos a escala, cada uno con diferentes características en su respuesta estructural, considerando diversos sistemas constructivos e irregularidades según la clasificación del Título A de la NSR-10 [4]. La geometría y los materiales usados para la construcción de estos modelos a escala se han variado con el fin de explorar la mejor manera de construirlo que proporcione claramente el comportamiento deseado.

La Figura 2 presenta una vista tridimensional del segundo modelo a escala construido, para este se optó por utilizar madera de balsa para las columnas, las cuales tenían una sección transversal cuadrada de 6 mm y estaban posicionadas cada 7.5 mm (medidas centro-a-centro), tal como se muestra en la Figura 3. El entrepiso se construyó con una lámina de triplex de 3.2 mm de espesor. El edificio a escala constaba de tres pisos, con alturas de piso (medidas centro-a-centro) según se detalla en la alzada de la Figura 4.

Organiza:

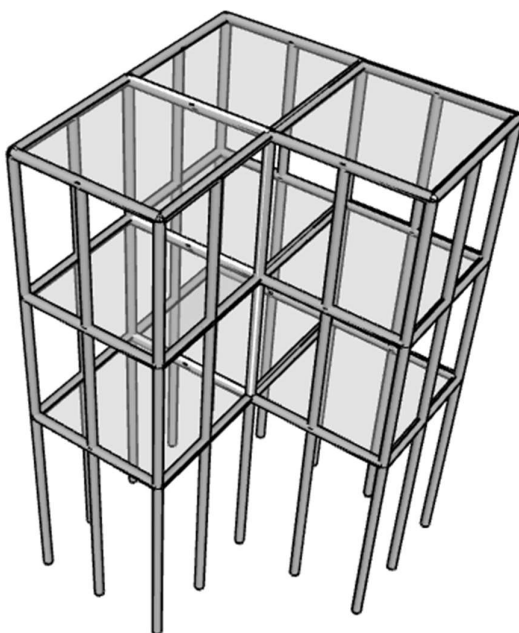


Figura 2. Vista 3D del primer modelo a escala.

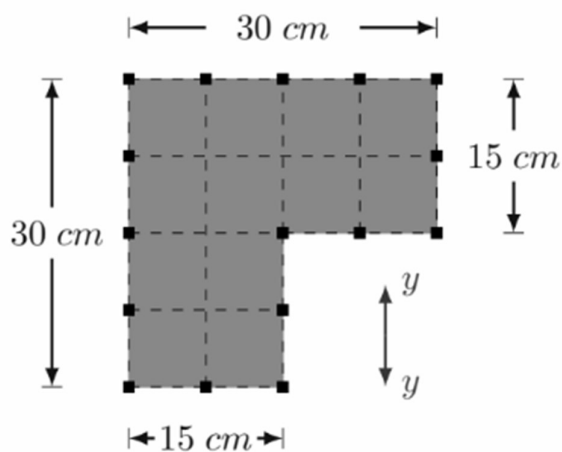


Figura 3. Vista en planta del primer modelo a escala.

Organiza:

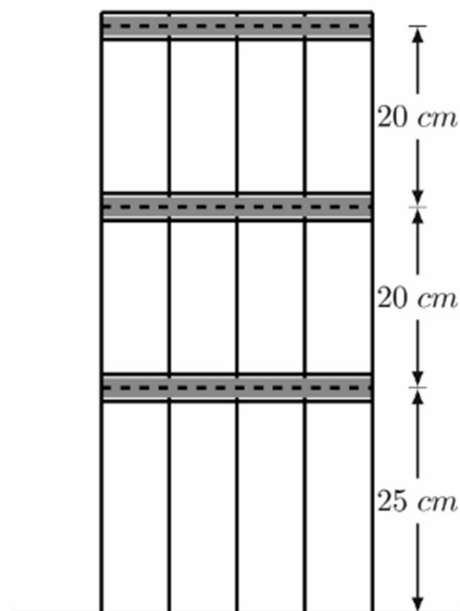


Figura 4. Vista en alzada del primer modelo a escala.

La Figura 5 presenta una vista tridimensional del segundo modelo a escala construido con retrocesos en las esquinas. El material empleado para la construcción fue pitillos plásticos desechables de diferentes longitudes para simular las columnas y vigas de la edificación. Las columnas, con sección transversal de 1 cm x 1 cm, fueron posicionadas cada 15 cm (medidas centro-a-centro) como se muestra en la Figura 6. Para simular las losas de entrepiso se emplearon láminas de cartón con un espesor de 4 mm. El edificio es de tres pisos, con alturas de pisos (medidas centro-a-centro) tal y como se ilustra en la alzada de la Figura 7. Nótese que en las dos primeras estructuras a escala se optó por una altura mayor en el primer piso con el fin de incluir el efecto de piso flexible.

Organiza:

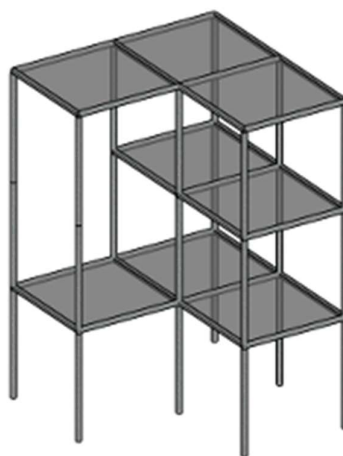


Figura 5. Vista 3D del segundo modelo a escala.

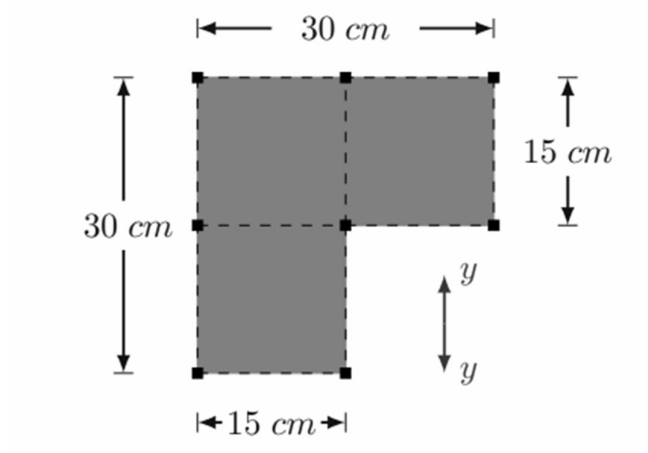


Figura 6. Vista en planta del segundo modelo a escala.

Organiza:

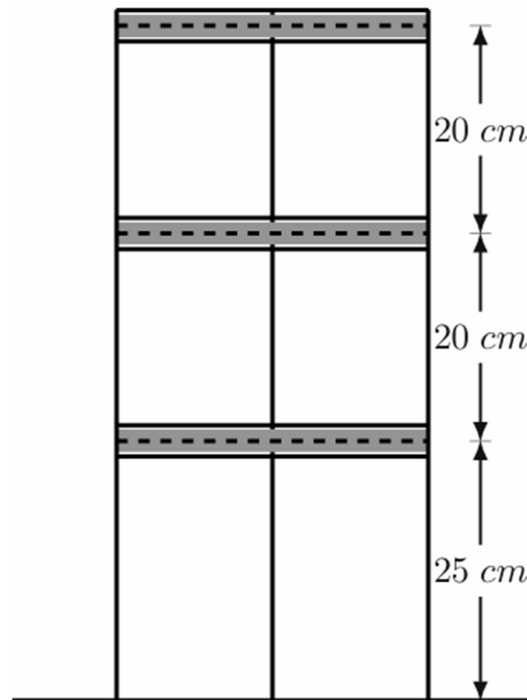


Figura 7. Vista en alzada del segundo modelo a escala.

La Figura 8 presenta el tercer modelo a escala construido con retrocesos en las esquinas. Para la construcción de este modelo se utilizaron pitillos plásticos desechables que simulaban las columnas y vigas de manera efectiva. Las columnas se construyeron con una sección transversal máxima de 1 cm x 1 cm posicionadas cada 15 cm (medidas centro-a-centro) como se muestra en la Figura 9. Para simular las losas de entrepiso se emplearon láminas de cartón con un espesor de 4 mm. El edificio es de dos pisos, con alturas de entrepisos (medidas centro-a-centro) de 20 cm, como se muestra en la Figura 10. Obsérvese en las Figuras 5 y 8 que en los últimos dos modelos (segundo y tercer) se eliminaron columnas en el primer piso.

Organiza:

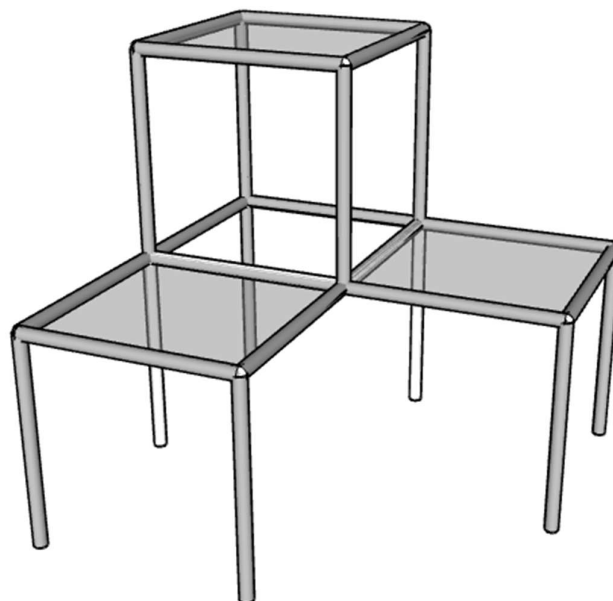


Figura 8. Vista 3D del tercer modelo a escala.

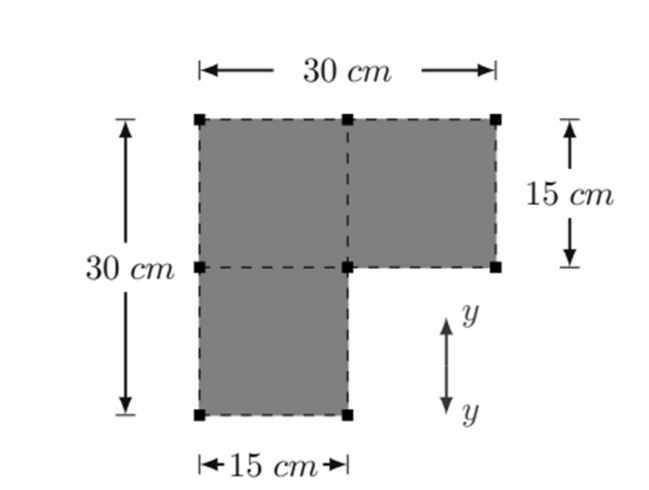


Figura 9. Vista en planta del tercer modelo a escala.

Organiza:

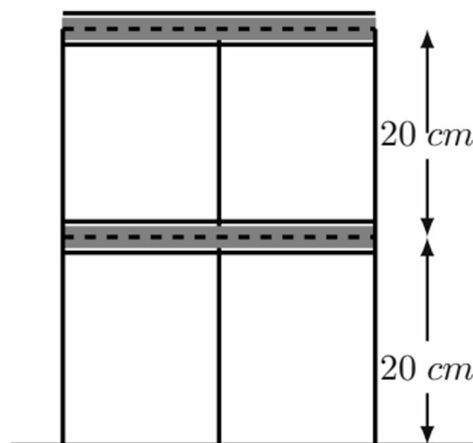


Figura 10. Vista en alzada del tercer modelo a escala.

3) Implementación del programa didáctico ConCiencia Sísmica.

La implementación inicial del programa ConCiencia Sísmica tuvo lugar en la sede Meléndez de la Universidad del Valle, con la participación de estudiantes de tercer y quinto semestre de la Escuela de Arquitectura y la Escuela de Ingeniería Civil y Geomática. La duración de la actividad fue de aproximadamente tres horas. Durante el taller, se introdujeron diversos conceptos básicos sobre la respuesta estructural ante sismos utilizando el material didáctico desarrollado. Los grupos se formaron con 5 a 7 personas, dependiendo de la cantidad de participantes. Al inicio del evento, cada grupo recibió un presupuesto de 100,000 COP en billetes didácticos y un kit de materiales para construir las estructuras a escala descritas anteriormente. Disponían de 45 minutos para ensamblar la estructura asignada, bajo la supervisión de un miembro del equipo del taller para asegurar el cumplimiento de las especificaciones y evitar modificaciones posteriores. Posteriormente, cada grupo evaluó su estructura en un simulador sísmico portátil y tuvo la oportunidad de fortalecerla mediante la compra de materiales en una tienda gestionada por el equipo del taller.

Después de reforzar las estructuras, los participantes enfrentaron desafíos asignados mediante una ruleta que determinó cambios en la rigidez y la masa de la estructura (Figura 11). Finalmente, cada grupo sometió su estructura a un sismo diseñado específicamente para poner a prueba su resistencia. Al concluir el taller, cada equipo compartió retroalimentación sobre lo aprendido en construcción sismorresistente y discutió sus experiencias positivas y negativas durante el desarrollo de la actividad.

Organiza:

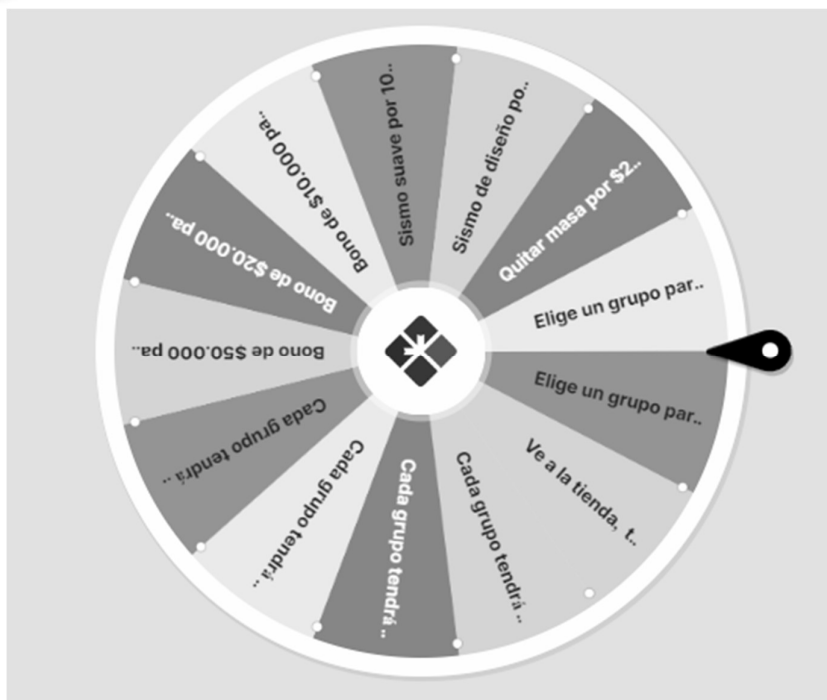


Figura 11. Ruleta de retos.

RESULTADOS

La implementación del programa ConCiencia Sísmica recibió una respuesta altamente positiva de los participantes, quienes demostraron un notable nivel de receptividad y entusiasmo. El uso del personaje guía en el material didáctico fue especialmente bien acogido, brindando una experiencia educativa cohesiva y memorable que mejoró significativamente la retención y comprensión de los conceptos teóricos. El taller, con una duración de tres horas aproximadamente, facilitó un aprendizaje profundo y participativo. La actividad práctica de construcción de modelos a escala en grupos pequeños fomentó el trabajo en equipo y la aplicación directa de los conocimientos adquiridos. Además, los desafíos introducidos a través de una ruleta añadieron un elemento realista de incertidumbre, simulando las condiciones impredecibles de un evento sísmico y destacando la importancia de la flexibilidad y adaptabilidad en el diseño estructural. Las imágenes presentadas en las Figuras 12 a 19 destacan el comportamiento de los modelos estructurales construidos por los participantes.

Organiza:



Figura 12. Reparación de elementos estructurales.



Figura 13. Respuesta estructural ante cargas sísmicas.

Organiza:



Figura 14. Desplazamiento lateral debido a la distribución irregular de masa.

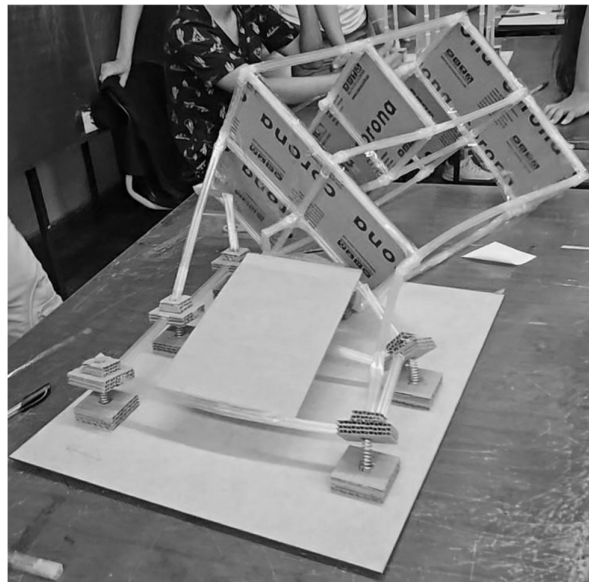


Figura 15. Colapso observado por ubicación irregular de muros estructurales.

Organiza:



Figura 16. Desplazamientos laterales inducidos y estrategias de reforzamiento estructural.



Figura 17. Ensayo de estructuras en el simulador sísmico portátil.

Organiza:



Figura 18. Daño en elementos estructurales.



Figura 19. Colapso por daños en elementos estructurales.

Organiza:

Durante el taller, cada modelo fue sometido a pruebas rigurosas en el simulador sísmico desarrollado, permitiendo una evaluación objetiva de su respuesta estructural bajo condiciones controladas. La retroalimentación final de los participantes subrayó la efectividad del enfoque didáctico del taller y su impacto positivo en la concientización sobre la importancia de las buenas prácticas constructivas en seguridad sísmica. Los participantes comentaron que la dinámica del taller fue tanto educativa como divertida, sugiriendo un impacto positivo en su percepción y preparación ante riesgos sísmicos.

Los resultados obtenidos resaltan la relevancia de este tipo de programas para mejorar las prácticas constructivas y asegurar la protección de vidas y propiedades en zonas de alta sismicidad. Sin embargo, a pesar de la positiva retroalimentación sobre el enfoque didáctico del programa, se señaló que la logística se vio afectada por la falta de personal, lo que dificulta mantener el orden entre los participantes, especialmente debido a la emoción generada durante las actividades del taller.

CONCLUSIÓN

ConCiencia Sísmica ha demostrado ser una iniciativa educativa efectiva para promover una cultura de construcción segura y preparada para enfrentar eventos sísmicos en Colombia. La metodología empleada, centrada en la educación práctica y la experiencia directa, ha generado resultados positivos en la preparación de la comunidad. La retroalimentación recibida resalta la efectividad del enfoque didáctico utilizado, destacando la combinación de teoría y práctica como clave para fortalecer la preparación y la resiliencia comunitaria ante desastres naturales. El programa tiene el potencial de continuar fortaleciendo la resiliencia frente a desastres naturales, impactando positivamente a las futuras generaciones de profesionales y ciudadanos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al proyecto de investigación titulado “ConCiencia Sísmica: generando cultura ciudadana para la reducción del riesgo sísmico” con C.I. 3256, financiado a través del Banco de Proyectos Financiados de la Convocatoria Interna 140-2022 de la Universidad del Valle.

REFERENCIAS

[1] A. Kasimzade, Seismic isolation, structural health monitoring, and performance

Organiza:



based seismic design in earthquake engineering: recent developments, Springer International Publishing, 2019.

[2] C. Álvarez, La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza Aprendizaje, Education Siglo XXI, vol. 30, n° 2, pp. 383-402, 2012.

[3] D. Gómez, J. Marulanda, and P. Thomson, Control systems for dynamic loading protection of civil structures,"Dyna, vol. 75, no. 155, pp. 77–89, 2008.

[4] NSR-10, Norma Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010.

[5] L. Guerrero-Mosquera, D. Gómez & P. Thomson, Desarrollo de un laboratorio virtual de ingeniería sísmica y su impacto en la educación, DYNA, vol. 85, n° 204, pp. 9-17, 2018.

[6] Dyke, S. J., y Caicedo, J. M. (2002). The university consortium of instructional shake tables. En Proceedings of the international conference on advances and new challenges in earthquake engineering, Harbin, china.

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