

<https://doi.org/10.23913/ride.v16i32.2931>

Artículos científicos

Desarrollo y aplicación de una herramienta electrónica para la docencia en Ingeniería Civil

*Development and application of an electronic tool for teaching in Civil
Engineering*

*Desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta eletrônica para o ensino
em Engenharia Civil*

Imelda López Valle

Universidad Autónoma de Guerrero, México

14672@uagro.mx

<https://orcid.org/0009-0005-4247-9616>

Sulpicio Sánchez Tizapa

Universidad Autónoma de Guerrero, México

sstizapa@uagro.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6777-6984>

Gerardo Altamirano de la Cruz

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Gerardocruz@uagro.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1180-5210>

Alfredo Cuevas Sandoval

Universidad Autónoma de Guerrero, México

08721@uagro.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5829-7546>

Roberto Arroyo Matus

Universidad Autónoma de Guerrero, México

arroyomatus@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8388-4299>

*Autor de correspondencia: Imelda López Valle

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo, aplicación y evaluación de una herramienta electrónica interactiva implementada en Microsoft Excel para apoyar la docencia en Ingeniería Civil, orientada al análisis y diseño de muros de mampostería confinada con base en la normatividad vigente. La herramienta integra fundamentos teóricos, procedimientos automatizados de cálculo y comentarios explicativos para fortalecer la comprensión técnica y promover el aprendizaje autónomo.

Los resultados cuantitativos muestran que el uso de la herramienta redujo en promedio 43 % el tiempo de resolución de ejercicios. Asimismo, 86 % de los participantes reportó una mejora en la comprensión del comportamiento de los muros de mampostería confinada; 90 % manifestó no conocer herramientas gratuitas con características equivalentes y 72 % expresó su intención de incorporarla en su práctica profesional. La organización de la hoja de cálculo y los comentarios de apoyo alcanzaron niveles de aceptación de 92 % y 90 %, respectivamente. La valoración de la estructura general del recurso obtuvo una media de 4.34 y desviación estándar de 0.91. La evaluación global del recurso obtuvo una media de 9.54 y una desviación estándar de 0.71.

Se concluye que la herramienta constituye un recurso didáctico accesible, funcional y pertinente, que favorece la integración entre tecnología, pedagogía y normatividad aplicable. Su uso resulta relevante en contextos de educación superior y en entornos académicos con acceso limitado a software especializado.

Palabras clave: aprendizaje activo; docencia; herramienta digital interactiva; ingeniería civil; mampostería confinada.

Abstract

This paper presents the development, implementation, and evaluation of an interactive electronic tool created in Microsoft Excel to support Civil Engineering education, focused on the analysis and design of confined masonry walls in accordance with current regulations. The tool integrates theoretical foundations, automated calculation procedures, and explanatory comments to strengthen technical understanding and promote autonomous learning.

Quantitative results indicate that the use of the tool reduced exercise-solving time by an average of 43%. In addition, 86% of participants reported better understanding of confined

masonry wall behavior; 90% stated that they were not aware of free tools with equivalent features, and 72% expressed their intention to incorporate it into their professional practice. The spreadsheet organization and support comments achieved acceptance levels of 92% and 90%, respectively. The general structure of the resource obtained a mean score of 4.34 and a standard deviation of 0.91. The overall evaluation of the tool reached a mean score of 9.54, with a standard deviation of 0.71.

It is concluded that the proposed tool represents an accessible, functional, and relevant didactic resource that supports the integration of technology, pedagogy, and applicable regulations. Its use is relevant in higher education contexts and in academic environments with limited access to specialized software.

Keywords: active learning; teaching; interactive digital tool; civil engineering; confined masonry.

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de uma ferramenta eletrônica interativa implementada no Microsoft Excel para auxiliar o ensino de Engenharia Civil, com foco específico na análise e no dimensionamento de paredes de alvenaria confinada, de acordo com as normas vigentes. A ferramenta integra fundamentos teóricos, procedimentos de cálculo automatizados e comentários explicativos para fortalecer a compreensão técnica e promover a aprendizagem independente.

Os resultados quantitativos mostram que o uso da ferramenta reduziu o tempo necessário para a resolução dos exercícios em uma média de 43%. Além disso, 86% dos participantes relataram uma melhor compreensão do comportamento de paredes de alvenaria confinada; 90% afirmaram desconhecer qualquer ferramenta gratuita com recursos equivalentes e 72% expressaram a intenção de incorporá-la à sua prática profissional. A organização da planilha e os comentários explicativos alcançaram níveis de aceitação de 92% e 90%, respectivamente. A estrutura geral do recurso foi avaliada com uma média de 4,34 e um desvio padrão de 0,91. A avaliação geral do recurso obteve uma pontuação média de 9,54 e um desvio padrão de 0,71.

Conclui-se que a ferramenta constitui um recurso educacional acessível, funcional e relevante que promove a integração da tecnologia, da pedagogia e das normas aplicáveis. Seu uso é

particularmente relevante em contextos de ensino superior e em ambientes acadêmicos com acesso limitado a softwares especializados.

Palabras-chave: aprendizagem ativa; ensino; ferramenta digital interativa; engenharia civil; alvenaria confinada.

Fecha Recepción: Octubre 2025

Fecha Aceptación: Abril 2026

Introducción

La educación superior en México enfrenta un entorno tecnológico en constante evolución, en el que el desarrollo de herramientas especializadas busca mejorar la eficiencia y efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje en áreas técnicas complejas. Estudios recientes destacan la implementación de recursos digitales que favorecen el aprendizaje colaborativo y la interacción entre docentes y estudiantes. Por ejemplo, Díaz et al. (2023) señalan que los entornos virtuales incrementan la eficiencia de los procesos formativos, mientras que Coca y Benítez (2023) evidencian que GeoGebra mejora la comprensión de conceptos matemáticos. Asimismo, herramientas como GNU-Octave y Raspberry Pi han demostrado utilidad en simulaciones de sistemas no lineales (Torres et al., 2019).

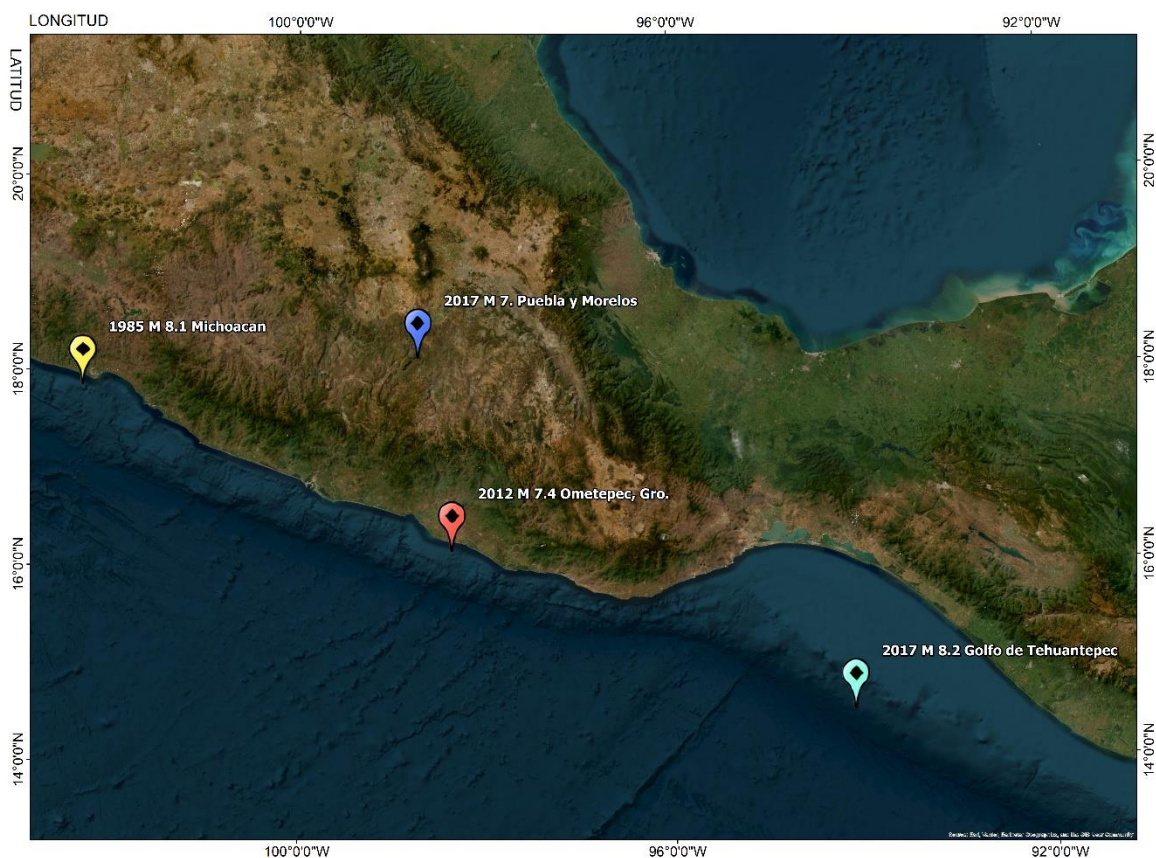
A pesar de estos avances, en Ingeniería Civil aún son limitadas las herramientas de libre acceso que permitan fortalecer la formación práctica mediante simulación, análisis y aplicación normativa, especialmente en el diseño y revisión de muros de mampostería confinada, material ampliamente utilizado en la construcción nacional (Sunley, 2024).

El uso de recursos digitales aplicados a la docencia puede fortalecer la enseñanza y favorecer aprendizajes significativos. Brioso, Calderón y Fuentes (2023) destacan que la incorporación de tecnología educativa contribuye a la actualización de los planes de estudio y a la motivación estudiantil. En particular, el análisis y diseño de muros de mampostería requiere instrumentos didácticos que faciliten la comprensión de criterios normativos y fortalezcan la formación de profesionales capaces de diseñar construcciones más seguras y eficientes.

De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional, la zona centro-sur de México ha registrado eventos sísmicos de gran magnitud que han afectado edificaciones de mampostería confinada y no reforzada (SSN, 1985, 2012, 2017; Flores et al., 2012). La Figura 1 muestra la ubicación de sismos relevantes ocurridos en 1985, 2012 y 2017, mientras que la Tabla 1 resume sus principales características sísmicas.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar, aplicar y evaluar una herramienta electrónica interactiva en Microsoft Excel para el aprendizaje del diseño y revisión de muros de mampostería confinada.

Figura 1. Ubicación de los sismos con magnitudes $7.1 \leq 8.2$.



Fuente: Servicio Sismológico Nacional SSN (1985–2017).

Tabla 1. Sismos relevantes con magnitud $7.1 \leq 8.2$.

Fecha	Hora	Mag.	Lat. ° (N)	Long. ° (W)	Prof., (Km)	Epicentro
19/09/1985	07:17	8.1	18.11	-102.32	15	Michoacán, próximo a Lázaro Cárdenas
7/09/2017	23:49	8.2	14.76	-94.10	45	Al Golfo de Tehuantepec
19/09/2017	13:14	7.1	18.40	-98.72	12	Entre Puebla y Morelos
20/03/2012	12:02	7.4	16.42	-98.36	15	Ometepec, Guerrero

Fuente: Servicio Sismológico Nacional (SSN).

Metodología

El estudio se estructuró en tres etapas principales. En la primera se desarrolló una hoja de cálculo interactiva en Microsoft Excel con fórmulas automatizadas para el análisis y diseño de muros de mampostería confinada, con base en la normatividad vigente (Gobierno de la Ciudad de México, 2023).

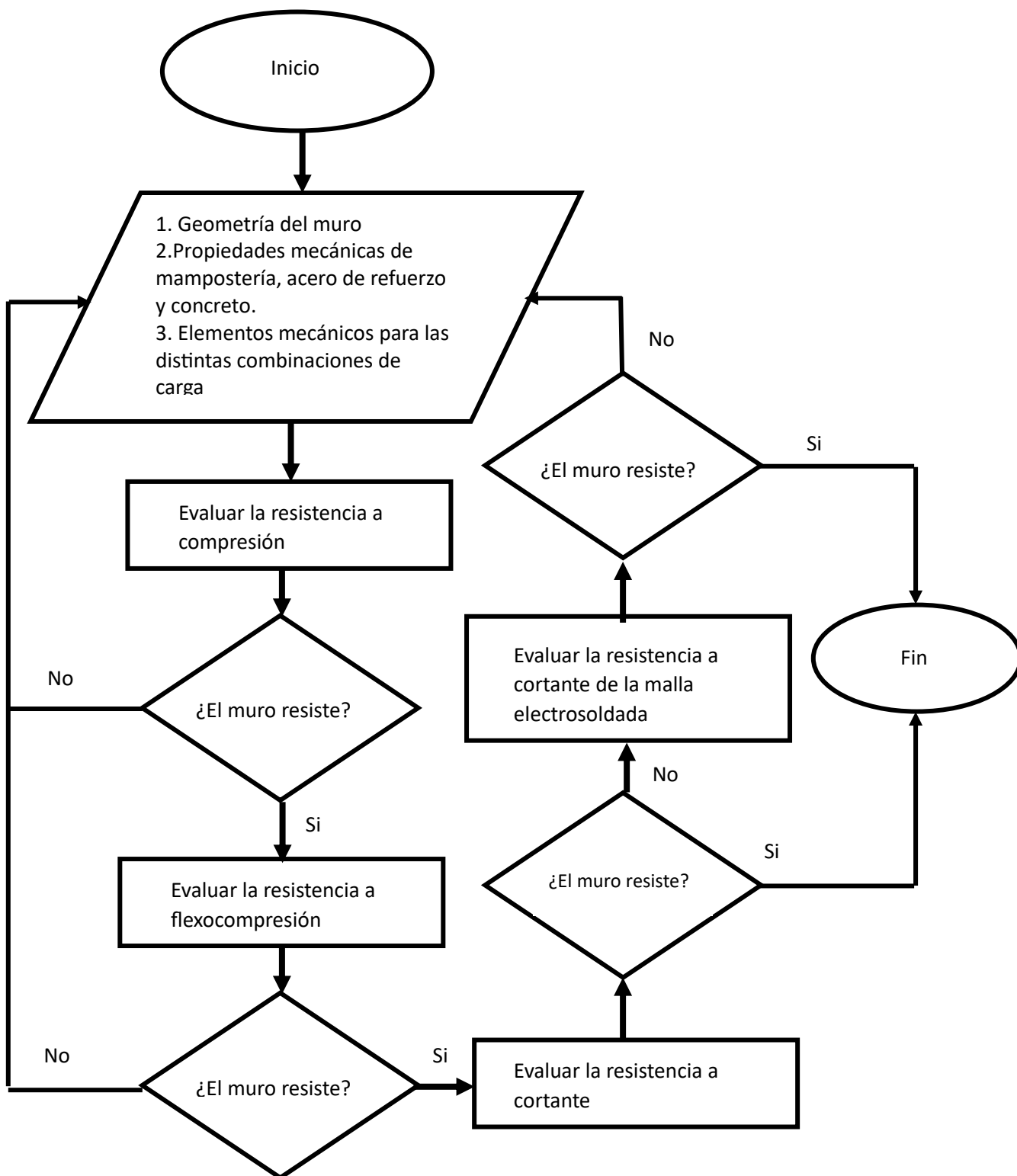
En la segunda etapa se diseñó un instrumento de evaluación conformado por siete ítems tipo Likert de cinco niveles para valorar la eficiencia, claridad, aplicabilidad profesional y pertinencia académica de la herramienta desarrollada.

En la tercera etapa se realizó una aplicación piloto con la participación de 50 personas: 21 estudiantes, 25 profesionistas y cuatro participantes vinculados al sector de la construcción. Esta fase permitió valorar la funcionalidad y aceptación general del recurso propuesto.

a) Desarrollo de la herramienta electrónica

La **Figura 2** presenta el algoritmo general de funcionamiento de la herramienta.

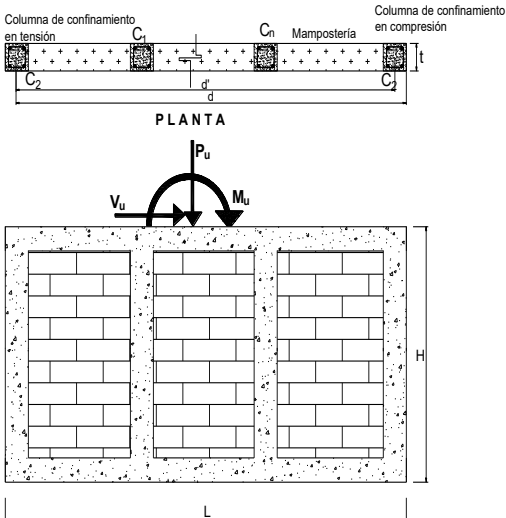
Figura 2. Algoritmo básico de elaboración de la herramienta.



Fuente: elaboración de los autores.

La **Figura 3** muestra la interfaz principal de la hoja de cálculo utilizada para el análisis estructural.

Figura 3. Hoja de cálculo de la herramienta para el diseño de muro (primera página).

D A T O S																									
Identificación de muro		M1																							
 PLANTA ELEVACION		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th>H</th><th>L</th><th>t</th><th>L'</th></tr> <tr><td>2.7</td><td>2.0</td><td>0.13</td><td>2.0</td></tr> <tr><th>Ubicación</th><th>d</th><th>d'</th><td></td></tr> <tr><td>MI</td><td>1.94</td><td>1.87</td><td></td></tr> </table>		H	L	t	L'	2.7	2.0	0.13	2.0	Ubicación	d	d'		MI	1.94	1.87		La longitud del castillo es t					
		H	L	t	L'																				
		2.7	2.0	0.13	2.0																				
Ubicación	d	d'																							
MI	1.94	1.87																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th>#</th><th>As</th></tr> <tr><td>C2</td><td>5.08E-04</td></tr> <tr><td>C2</td><td>5.08E-04</td></tr> </table>		#	As	C2	5.08E-04	C2	5.08E-04	Área de acero en columnas confinantes Área mínima de acero $A_{smin} = 0.2(f'_c/f_y) tb$ $A_{smin} = 1.61E-08$																	
#	As																								
C2	5.08E-04																								
C2	5.08E-04																								
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th>Tipo de pieza</th></tr> <tr><td>Pieza maciza</td></tr> <tr><td>$f_{an} =$</td><td>1</td></tr> </table>		Tipo de pieza	Pieza maciza	$f_{an} =$	1																		
Tipo de pieza																									
Pieza maciza																									
$f_{an} =$	1																								
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th colspan="2">Factor de reducción de resistencia</th></tr> <tr><td>F_R</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>F_R</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>F_R</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>F_R</td><td>0.7</td></tr> </table>		Factor de reducción de resistencia		F_R	0.6	F_R	0.8	F_R	0.6	F_R	0.7	Fuerza axial		Fuerza cortante									
Factor de reducción de resistencia																									
F_R	0.6																								
F_R	0.8																								
F_R	0.6																								
F_R	0.7																								
				Flexocompresión si $P_U \leq P_R/3$		Flexocompresión si $P_U > P_R/3$																			
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (Mpa, KN, m)																									
Propiedades mecánicas de diseño																									
Mampostería		Castillos		Malla electrosoldada																					
f'_m	v'_m	f_y	f'_c	f_{yh}	As	As																			
4	0.35	420	20	500	6.10E-05	8.70E-05																			
Elementos mecánicos de diseño																									
#	Comb	M_U	V_U	P_U																					
1	CM + CV _{MAX}			100.00																					
2	CM+CV _{MC} +SISMO	650.00	90.00	98.10																					

Fuente: elaboración de los autores.

Diseño del instrumento de evaluación

La **Figura 4** presenta el instrumento de evaluación aplicado a los participantes. La consistencia interna del instrumento se verificó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor adecuado para fines exploratorios.

Figura 4. Instrumento de evaluación (encuesta).

Ocupación

Estudiante		Profesionista		Otro
Ingeniería	Arquitectura	Ingeniero	Arquitecto	

☐
☐
☐
☐
☐

¿Conoce usted alguna aplicación con las mismas características (construcciones simples, tipo de mampostería y sin costo)?

Si	No
----	----

☐
☐

En una escala de 1-5, ¿Cuál es el impacto de esta herramienta para comprender el análisis y diseño de construcciones de mampostería confinada con distribuciones arquitectónicas simples?

Bajo/1	2	3	4	Muy alto/5
--------	---	---	---	------------

☐
☐
☐
☐
☐

En una escala de 1-5, ¿Considerando las características de las construcciones estudiadas, que tan frecuentemente utilizaría esta hoja de cálculo en su profesión o estudio?

Nunca/1	2	3	4	Muy frecuente/5
---------	---	---	---	-----------------

☐
☐
☐
☐
☐

En una escala de 1-5, ¿Los comentarios o ayudas existentes en la hoja de cálculo son adecuados?

Inadecuados/1	2	3	4	Muy adecuados/5
---------------	---	---	---	-----------------

☐
☐
☐
☐
☐

En una escala de 1-5, ¿Las doce hojas que integran la aplicación son suficientes?

Insuficientes/1	2	3	4	Suficientes/5
-----------------	---	---	---	---------------

☐
☐
☐
☐
☐

Finalmente, en una escala de 6-10, ¿Cuál es la calificación de esta hoja de cálculo?

6	7	8	9	10
---	---	---	---	----

☐
☐
☐
☐
☐

Cualquier otro comentario enviarlo a: astizapa@uagro.mx

Fuente: elaboración de los autores.

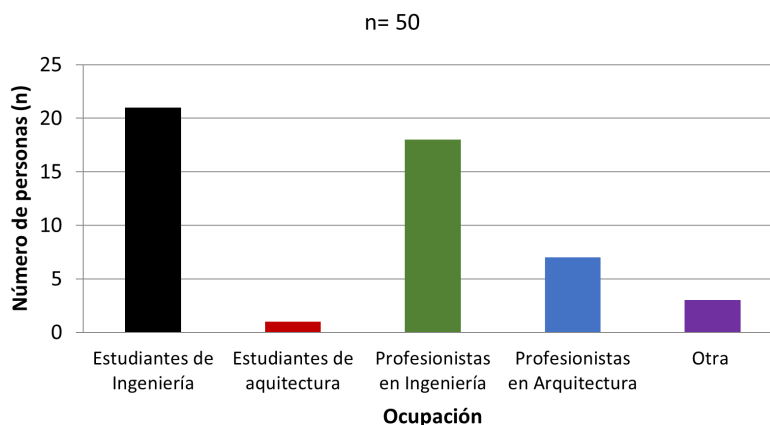
b) Medida de la percepción académica y profesional

Las respuestas obtenidas fueron analizadas mediante estadística descriptiva utilizando frecuencias, porcentajes, medias aritméticas y desviación estándar.

Resultados

La **Figura 5** muestra la distribución de los participantes según ocupación. El instrumento fue respondido por 50 participantes.

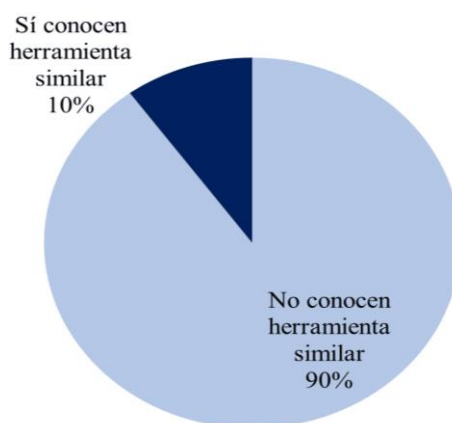
Figura 5. Distribución y ocupación de los participantes.



Fuente: elaboración propia.

En la segunda pregunta, el 90 % de los participantes indicó no conocer otra herramienta gratuita con características equivalentes, mientras que el 10 % respondió afirmativamente. La **Figura 6** presenta dichos resultados.

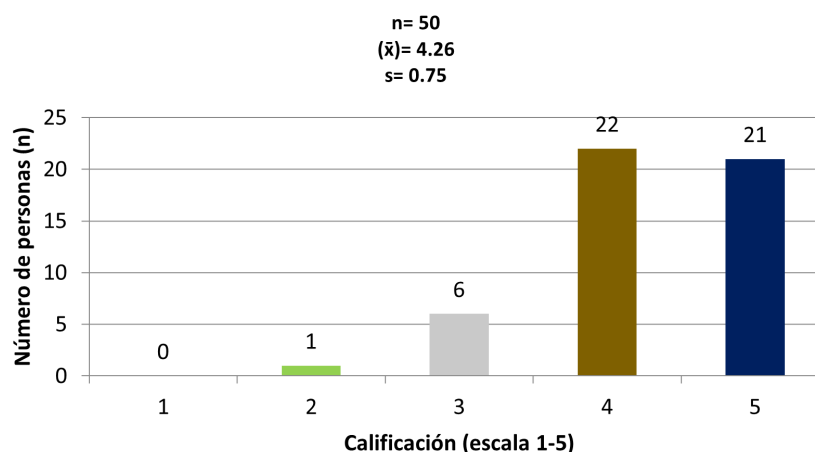
Figura 6. Porcentaje de conocimiento de la herramienta electrónica.



Fuente: elaboración propia.

La **Figura 7** muestra los resultados relacionados con la comprensión del análisis estructural de muros de mampostería confinada. Se obtuvo una media de 4.26 y una desviación estándar de 0.75.

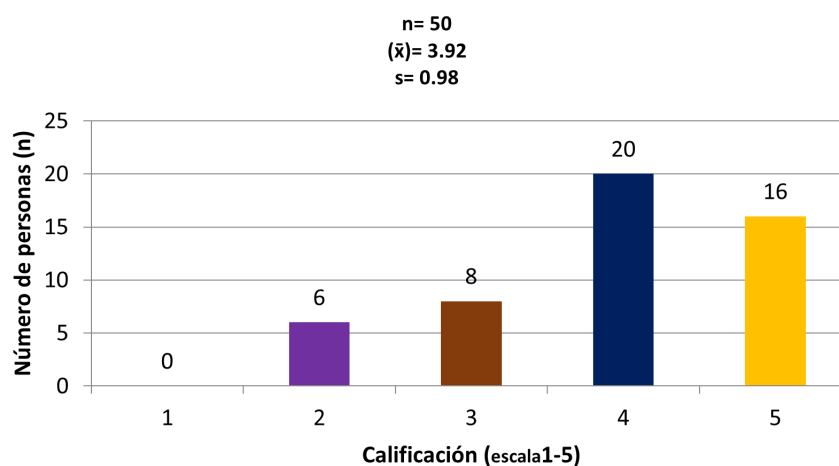
Figura 7. Resultados y número de participantes que evaluaron la herramienta.



Fuente: elaboración propia.

La **Figura 8** presenta la intención de uso futuro de la herramienta en la práctica profesional, con una media de 3.92 y desviación estándar de 0.98.

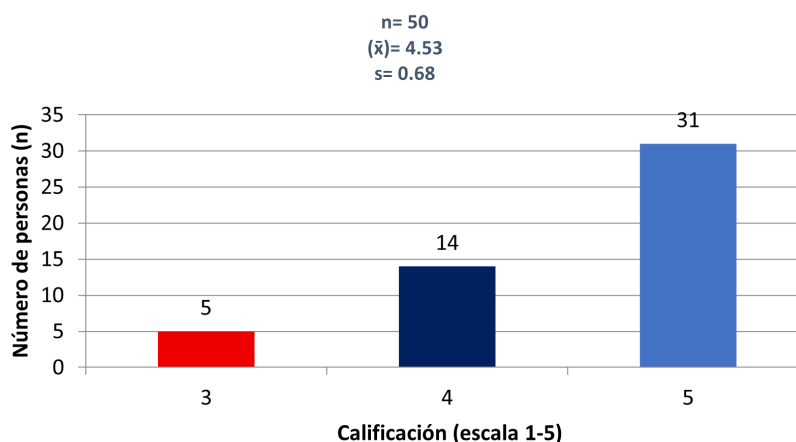
Figura 8. Resultados de calificación de la herramienta para el diseño de muros de mampostería.



Fuente: elaboración propia.

La **Figura 9** muestra la evaluación de claridad de comentarios y ayudas integradas en la hoja de cálculo, con una media de 4.53 y desviación estándar de 0.68.

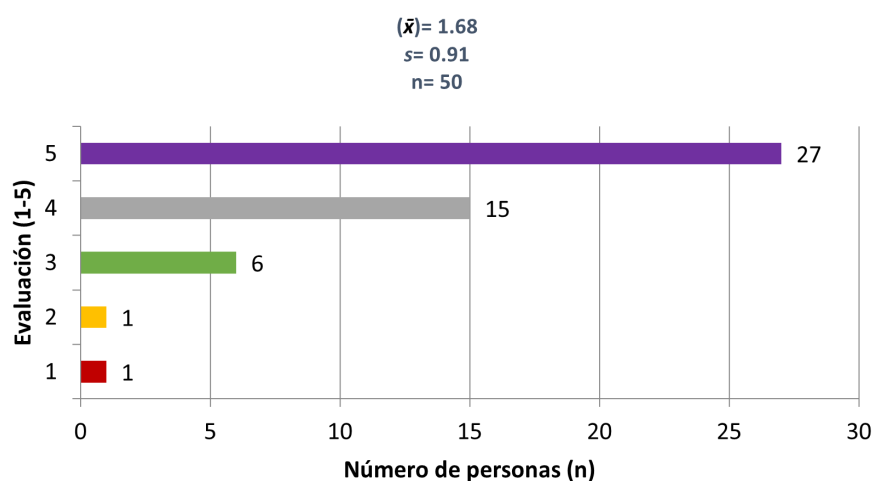
Figura 9. Resultados de la evaluación de la pertinencia de la herramienta.



Fuente: elaboración propia

La **Figura 10** presenta la valoración general sobre la organización estructural de la herramienta. Se obtuvo una media de 4.34 y desviación estándar de 0.91, observándose predominio de valoraciones altas por parte de los participantes.

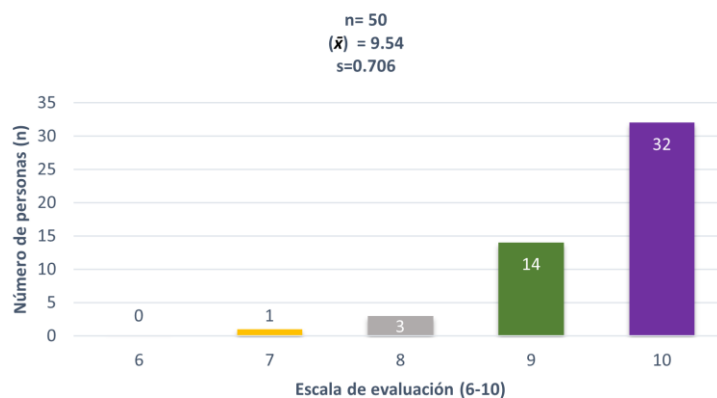
Figura 10. Resultados de evaluación de la aplicación del instrumento (encuesta).



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la **Figura 11** muestra la evaluación global del recurso, con una media de 9.54 y desviación estándar de 0.71.

Figura 11. Resultados de evaluación general de la herramienta.



Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados obtenidos sugieren que la herramienta electrónica interactiva desarrollada en Microsoft Excel puede contribuir a mejorar la eficiencia del aprendizaje en Ingeniería Civil, particularmente en el análisis y diseño de muros de mampostería confinada.

La aceptación observada por parte de los usuarios coincide con estudios previos que destacan el uso de herramientas digitales como apoyo al aprendizaje autónomo, la resolución de problemas y la integración entre teoría y práctica profesional (Brioso et al., 2023; Melgoza y Fabián, 2023).

No obstante, los resultados deben interpretarse considerando el tamaño de la muestra y el carácter exploratorio del estudio. Futuras investigaciones podrán ampliar el número de participantes y aplicar la herramienta en otros contextos académicos y profesionales.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la herramienta electrónica interactiva desarrollada en Microsoft Excel constituye un recurso didáctico útil para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en Ingeniería Civil.

La evaluación realizada mostró una percepción positiva por parte de los usuarios, especialmente en claridad, utilidad y aplicabilidad profesional. Asimismo, favorece la integración entre teoría, normatividad vigente y práctica profesional.

Su carácter accesible la posiciona como una alternativa pertinente para contextos académicos con acceso limitado a software especializado y representa una opción innovadora para la formación técnica contemporánea.

Contribuciones a futuras líneas de investigación

En Instituciones de Educación Superior se requieren herramientas digitales similares para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. La herramienta propuesta ofrece posibilidades de actualización conforme evolucionen las Normas Técnicas Complementarias y puede adaptarse a otras áreas del conocimiento vinculadas con la Ingeniería Civil.

Referencias

- Brioso, X., Calderón, E., & Fuentes, M. (2023). Innovación tecnológica en la docencia de Ingeniería Civil: Retos y oportunidades. *Revista de Tecnología Educativa*, 18(2), 112–128. <https://doi.org/10.1016/j.rte.2023.04.007>
- Coca, A., & Benítez, A. (2023). Análisis de la instrumentalización e instrumentación que genera el uso de GeoGebra en la enseñanza tradicional de matemáticas. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(27). <https://doi.org/10.23913/ride.v14i27.1633>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. doi:10.1007/BF02310555
- Díaz, J. J., Salinas, H. A., Herrera, S. C., & Cajigal, E. (2023). Entorno virtual de aprendizaje y rendimiento académico de estudiantes de nivel superior en el tema de funciones matemáticas. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(26). <https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1407>
- Flores, V., Sánchez, S., Arroyo, R., & Barragán, R. (2012). Propiedades de la mampostería de tabique rojo recocido utilizada en Chilpancingo, Gro. (México). *Informes de la Construcción*, 65(531), 387–395. <https://doi.org/10.3989/ic.12.084>
- García, M., López, J., & Salgado, A. (2021). Aplicación de métodos cuantitativos en investigaciones educativas. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 19(2), 45–60.
- García, S., Juárez, A., Oliver, B., Zeferino, J., & Rivas, M. (2021). Estrategia pedagógica para desarrollar actitudes favorables en la enseñanza de la estadística en estudiantes de la licenciatura en Ciencias Ambientales. *RIDE. Revista Iberoamericana para la*

Investigación y el Desarrollo Educativo, 11(22).
<https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.835>

Gobierno de la Ciudad de México. (2023). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Muros de Mampostería 2023 y Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
<https://www.gob.mx/cdmx>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Melgoza, F., & Fabián, M. (2023). Competencias digitales en la educación superior: Un enfoque desde la Nueva Escuela Mexicana. *Innovación Educativa*, 14(3), 78–93.
<https://doi.org/10.1016/j.innovedu.2023.03.005>

Sánchez, S., López, I., & Altamirano, G. (2025). *Revisión de muros de mampostería confinada* [Manuscrito no publicado]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Servicio Sismológico Nacional. (1985). *Registro sísmico de México*. <https://www.ssn.unam.mx>

Servicio Sismológico Nacional. (2012). *Informe sísmico Ometepepec, Guerrero*.
<https://www.ssn.unam.mx>

Servicio Sismológico Nacional. (2017). *Informe de los sismos de septiembre 2017 en México*. <https://www.ssn.unam.mx>

Sunley, S. A. (2024). Modelado de paredes de mampostería confinada: Revisión de métodos y aplicación utilizando macroelemento discreto. *Investigaciones Latinoamericanas en Ingeniería y Arquitectura*, (1), 108–114. <https://doi.org/10.51378/ilia.vi1.8508>

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

Torres, F. J., Arredondo, M. S., Martínez, J. M., & Ocampo, V. M. (2019). GNU-Octave como alternativa de simulación de sistemas dinámicos no lineales en la enseñanza de la ingeniería. *arXiv preprint, arXiv:1909.01148*. <https://arxiv.org/abs/1909.01148>

Rol de Contribución	Autor(es)
Conceptualización	Imelda López Valle, Sulpicio Sánchez Tizapa (igual)
Metodología	Imelda López Valle(principal), Sulpicio Sánchez Tizapa(principal), Gerardo Altamirano de la Cruz, Alfredo Cuevas-Sandoval(apoya),
Software	Imelda López Valle, Gerardo Altamirano de la Cruz (apoya), Sulpicio Sánchez Tizapa (igual).
Validación	Imelda López Valle, Sulpicio Sánchez Tizapa, Gerardo Altamirano de la Cruz, [Roberto Arroyo-Matus(igual)
Análisis formal	Imelda López Valle (principal), Sulpicio Sánchez Tizapa(principal), Alfredo Cuevas-Sandoval(apoya),
Investigación	Imelda López Valle (principal), Roberto Arroyo-Matus, Alfredo Cuevas-Sandoval(principal),
Recursos	Sulpicio Sánchez Tizapa (principal), Gerardo Altamirano de la Cruz, Roberto Arroyo-Matus
Curación de datos	Imelda López Valle (principal), Alfredo Cuevas-Sandoval
Escritura – Preparación del borrador original	Imelda López Valle (principal)
Escritura – Revisión y edición	Imelda López Valle, Sulpicio Sánchez Tizapa, Gerardo Altamirano de la Cruz, Roberto Arroyo-Matus, Alfredo Cuevas-Sandoval(igual)
Visualización	Imelda López Valle (principal), Gerardo Altamirano de la Cruz(igual)
Supervisión	Sulpicio Sánchez Tizapa (principal), Gerardo Altamirano de la Cruz
Administración de proyectos	Imelda López Valle, Sulpicio Sánchez Tizapa(igual)
Adquisición de fondos	Sulpicio Sánchez Tizapa (principal), Gerardo Altamirano de la Cruz (apoya)