

Review

Earthquake-resistant buildings in steel or mixed columns.

Edificios sismorresistentes de columnas de acero o mixtas.

Christel Gonzalez¹, Diana Rivera¹, and Lisseth Barba^{1,*}¹ Faculty of Engineering Science, State Technical University of Quevedo, Quevedo 120301, Ecuador* Correspondence: cgonzalez@msuteq.edu.ec, driverac5@msuteq.edu.ec, lbarbas@msuteq.edu.ec

Abstract: In the article, the structural optimization of earthquake-resistant buildings is applied, in which said buildings will have columns composed of steel and concrete. Therefore, various investigative documents will be investigated and analyzed, which will help to delve deeper into the materials such as steel and concrete that are used for said anti-seismic buildings, which are a solution to address seismic challenges in areas susceptible to earthquakes. The materials that will be investigated have a greater tendency to be used by civil engineers to make earthquake-resistant buildings, since they have greater resistance effectiveness against high-magnitude earthquakes, thus avoiding large-scale human and material losses. The advantage will be addressed, the management of materials so that buildings are more effective against earthquakes, the importance of implementing steel and concrete materials in the columns. This document will also examine documents that talk about the materials already mentioned previously which highlight the importance of good handling when compacting both steel and iron, highlighting the effectiveness of resistance. This providing a broader vision of the importance of implementing steel and concrete in earthquake-resistant buildings.

Keywords: Earthquake-resistant; anti-seismic; buildings; structural; steel; concrete; earthquake.

1. Introduction

El estudio de las edificaciones sismorresistentes se enfoca actualmente en un análisis estructural detallado, buscando aplacar los efectos destructivo de los terremotos. Estas construcciones incorporan elementos compuestos de hacer y hormigón armado, que son fundamentales para su resistencia y estabilidad. Esta investigación se centra en evaluar la rentabilidad y la capacidad de resistencia sísmica de estas edificaciones, especialmente en áreas de alta actividad sísmica [24].

La solución propuesta se dirige a revisar y seleccionar los mejores materiales para las construcciones sismorresistentes. Se destaca la importancia de las columnas de los edificios altos, las cuales deben mantener su capacidad de carga axial durante un terremoto. Los sistemas estructurales compuestos de acero y hormigón ofrecen ventajas significativas en este sentido, como el uso de vigas de acero con tubos rellenos de concreto y columnas de concreto reforzado con acero [35].

Un antecedente relevante es el terremoto ocurrido en Ecuador en 2016, que evidenció las consecuencias devastadoras de edificaciones sin bases sismorresistentes. Por ello, esta investigación aborda la importancia de seleccionar los materiales y estructuras adecuadas para prevenir desastres en el futuro. Se propone la aplicación rigurosa de elementos de pared compuestos de acero y hormigón, destacando su capacidad para resistir fuerzas sísmicas [23].

Citation: To be added by editorial staff during production.

Academic Editor: Firstname Last-name

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date



Copyright: © 2024 by the author. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Autores como Bruneau y Sharon, enfatizan la importancia de utilizar materiales adecuados y seguir prácticas de construcción precisas para garantizar la resistencia ante terremotos. Se resalta la necesidad de prestar atención a los detalles de fundición y la calidad de ejecución para evitar debilidades estructurales [3,34].

La investigación realizada por Bruneau y Sharon, subraya la relevancia de emplear materiales y técnicas de construcción apropiadas en la creación de edificaciones sismorresistentes. La atención meticulosa a los detalles y la calidad en la ejecución son esenciales para garantizar la seguridad y la durabilidad de las estructuras en condiciones adversas. Al emplear técnicas apropiadas y atención meticulosa al momento de construir, se puede mejorar significativamente la resiliencia ante eventos sísmicos logrando así proteger vidas y edificaciones [27].

1.1 Objetivos

- Evaluar la eficacia de las construcciones sismorresistentes en zonas de alta actividad sísmica.
- Identificar y seleccionar los materiales más adecuados para construcciones sismorresistentes.
- Investigar la efectividad del acero y el hormigón en construcciones sismorresistentes.

2. Materials and Methods

Para realizar este documento de investigación, el grupo inicialmente se puso de acuerdo mediante una reunión para que cada uno investigue y realice ciertas partes del trabajo. De este modo, se facilitaría la realización de la investigación, teniendo un límite de tiempo para realizar la entrega del avance, así daría el tiempo de unir y posteriormente realizar las debidas correcciones. Enviando un documento corregido y con mayor aceptabilidad.

En el proceso, se fue investigando y usando los pasos para redactor un documento científico, según lo explicado en clase y lo que se comprendía de lo que se investigaba se iba realizando el documento de investigación. Según lo explicado, nosotros realizamos primero la introducción, luego el resumen con las palabras claves y por ende el abstract, se siguió con los siguientes puntos, como lo son: los trabajos relacionados, materiales y métodos, la tabla de extracción, entre otras.

A l momento de realizar la extracción de datos el motor de búsqueda a utilizar en la investigación fue Springer, Elsevier. Estas herramientas investigativas las cuales fueron recomendadas, obteniendo así fuentes confiables de información teniendo en cuenta que aquellos documentos seleccionados contengan DOI para poder utilizarlos.

La herramienta Mendely, fue otras de las herramientas importantes, La cual nos permitió obtener de una manera sencilla las citas y referencias bibliográficas

3. Protocolo de revisión

La investigación que se presenta en este documento, explora y analiza algunas prácticas, técnicas y materiales que son indispensable el importantes al momento de construir edificaciones sismorresistentes.

La importancia del estudio que se presenta, radica en conocer sobre el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes, en base a esto, se conocerán los materiales, técnicas y prácticas efectivas para brindarle resistencia y seguridad a las edificaciones [30].

Se tiene como objetivo examinar las ventajas del uso de materiales como el acero y hormigón, la ubicación geográfica al momento de construir, esto se llevará a cabo mediante una exhaustiva investigación, en la cual recopilaremos datos y analizaremos para extraer la información necesaria y poder responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo afecta la combinación de acero y otros materiales en las construcciones sismorresistentes?
2. ¿Existen casos en los que se prefiere usar columnas mixtas en lugar de columnas de acero para edificaciones sismorresistentes?
3. ¿Cómo influye la ubicación geográfica en el diseño de una construcción sismorresistentes?

Table 1. Tabla de extracción.

Referencias	Titulo	Tipo Documento	Año	Efectos de combinación de materiales	Preferencia de material	Ubicación geográfica	Estudiante:
[1]	Study on axial behaviour of concrete filled steel tubular columns	Journal	2023	La combinación de acero y hormigón en las columnas, ayuda en una excelente ductilidad	Se prefirió el acero ya que es un buen material y rápido.	Estos tienen grandes influencias en Industrias, edificios de gran altura, puentes y otras estructuras.	Diana Rivera
[2]	Experimental and theoretical investigation of concrete filled and encased steel column under compression loading	Journal	2023	El comportamiento axial de una columna de tubo de acero relleno de hormigón utilizando fibra de acero.	Se determinó que el estudio de preferencia fue de una columna de tubos de acero de doble capa sometida a carga axial.	Es popular en el sector de la construcción	Diana Rivera
[3]	Study on restraint coefficient of the stirrups-stiffened square concrete	Journal	2024	Los estribos mejoraron significativamente las propiedades mecánicas de las columnas con grandes	Los estribos mejoraron de manera más efectiva el rendimiento	Sin información	Diana Rivera
[4]	Seismic performance of T- shaped CFST column to U-shaped steel composite beam joints	Journal	2024	Se realizó una combinación de tubos de acero rellenos de hormigón con columnas las cuales no quedaron expuestas las columnas en el interior.	La viga compuesta de acero.	Sin información.	Diana Rivera

[5]	Design method of axial compression stability for cross section corrugated plate steel special shaped column	Journal	2024	Hormigón armado y tubos de acero.	Column as de acero.	Su aplicación específica es en industrias de construcción.	Diana Rivera
[6]	Seismic behaviour of FRP-concrete -steel double-tube columns with shear studs: Experimental study and numerical modelling	Journal	2024	Elementos estructurales compuesto por dos tubos relleno de hormigón.	Tubos de acero.	Sin información	Lisbeth Barba
[7]	Parametric investigation of rectangular CFRP-confined concrete columns reinforced by inner elliptical Steel tubes using finite element and machine learning models	Journal	2024	El hormigón confinado con polímero reforzado con fibra la cual es utilizada para la durabilidad del hormigón.	Hormigón confinado.	Sin información	Lisbeth Barba
[8]	Structural performance of rigid shear connectors in concrete encased steel composite columns	Journal	2023	En este caso, la combinación se da entre el hormigón y el acero.	Hormigón amado y acero	Sin información	Lisbeth Barba
[9]	Analysis and design of axially loaded ring beam joints connecting steel tubed RC column and RC beams	Journal	2023	Se dio a cabo un estudio de los efectos y resistencia del hormigón, el límite elástico del tubo de hacer, el espesor y su altura.	Las columnas tubulares de acero rellenas de hormigón	Sin información	Lisbeth Barba

[10]	Hybrid FRP-concretes tubular columns: Concept and behavior	Journal	2007	Mejora el rendimiento estructural al brindarle al concreto soporte adicional y resistencia al corte.	Consta de un tubo interior de aluminio y un tubo exterior de fibra de vidrio, con un espacio hueco entre ellos.	Sin información	Lisbeth Barba
[11]	Steel concrete composite systems for modular construction of highrise buildings	Journal	2019	Sin información	Se propone un sistema modular fabricado en acero y hormigón ligero.	Zonas Urbanas	Christel González
[12]	Life cycle cost optimization of earthquake resistant steel framed tube tall buildings	Journal	2021	Sin información	Edificios de gran altura centralizados en los tubos con estructura de acero.	Áreas metropolitanas	Christel González
[13]	State of the art report on steel concrete composite columns	Journal	2001	Sin información	Columnas de hormigón y acero.	Sin información	Christel González
[14]	Assessment of current methods for the design of composite columns in buildings	Journal	2000	Al utilizar una columna compuesta incluye una sección transversal más pequeña y una mayor relación resistencia peso que un miembro de hormigón armado convencional.	Columnas compuestas íntegramente de hormigón	Sin información	Christel González
[15]	Strengthening of steel structures with fiber-reinforced polymer composites	Journal	2012	Los compuestos de FRP tienen varias ventajas sobre el aluminio, las más notables son su resistencia superior a la corrosión y su alta resistencia al peso	Estructuras de acero reforzado con FRP	Sin información	Christel González

4. Results

La combinación de acero con otros materiales no solo afecta negativamente, sino que cuando se logra realizar de manera adecuada, proporciona una mayor efectividad a las columnas, generando beneficios significativos como resistencia y ductilidad. Estas características ayudan a minimizar los daños y a maximizar la seguridad estructural.

Es vital tener en cuenta la ubicación geográfica al construir edificaciones sismorresistentes, dado que esta tiene un impacto significativo en el comportamiento sísmico de las estructuras. Por lo tanto, es fundamental evaluar cuidadosamente las zonas geográficas para tomar decisiones informadas sobre los materiales, técnicas constructivas y otros aspectos, con el objetivo de mitigar los efectos de los sismos.

En ciertas circunstancias, las columnas mixtas se convierten en una opción preferida. Estas columnas, que combinan acero y concreto, ofrecen una mayor resistencia y se utilizan principalmente en estructuras de gran altura y en regiones con alto riesgo sísmico.

Su uso optimiza la seguridad estructural y contribuye significativamente a proteger las edificaciones ante eventos sísmicos.

5. Discussion

Según lo leído y analizado de la extracción de datos. Se concluye que las columnas de acero tienen como ventaja la resistencia ante sismos. La combinación de materiales en las columnas da mayor resistencia que una columna de acero sola. Por ello, se dice que se prefiere hacer uso de las columnas mixtas debido a su resistencia y ductilidad en edificaciones y zonas de riesgo sísmico.

Las innovaciones no son muchas, pero, si nos ayuda a minimizar los daños. Sin embargo, se debe tener en consideración siempre la zona geográfica al momento de construir. Esto, nos permite mitigar los efectos sísmicos según las normativas que se presente en el lugar.

Table 2. This is a table. Tables should be placed in the main text near to the first time they are cited.

Autores	Año	Principal resultado	Revista
Gholamreza Ghobarah, et al.	2023	Evaluación del comportamiento sísmico de edificios con columnas de acero perfiladas en frío mediante análisis no lineal. Se encontró que estas columnas pueden proporcionar un desempeño sísmico adecuado bajo ciertas condiciones.	Journal of Structural Engineering (ASCE)
Feng Lu, et al.	2022	Estudio del comportamiento sismorresistente de conexiones entre columnas de acero y vigas de hormigón. Se propusieron nuevas estrategias de diseño para mejorar la ductilidad y disipación de energía en estas conexiones.	Engineering Structures
Mohammadreza Mofid, et al.	2021	Desarrollo de un modelo numérico para simular el comportamiento sísmico de edificios con marcos de acero y hormigón. El modelo se validó con datos experimentales y se utilizó para evaluar la influencia de diferentes parámetros de diseño.	Earthquake Engineering & Structural Dynamics
Anil K. Chopra, et al.	2020	Análisis del comportamiento sísmico de edificios con sistemas de arriostramiento concéntrico de acero. Se identificaron las principales deficiencias de estos sistemas y se propusieron soluciones para mejorar su desempeño sísmico.	Journal of Earthquake Engineering

Eduardo Miranda, et al.	2019	Estudio del comportamiento sísmico de edificios con muros de corte de hormigón y columnas de acero. Se determinó que la interacción entre estos elementos puede mejorar significativamente la resistencia sísmica del edificio.	ACI Structural Journal
James M. Bracci, et al.	2018	Desarrollo de un método de diseño para edificios con columnas de acero y vigas de hormigón pretensado. El método se basa en la capacidad de la estructura para disipar energía mediante la formación de rótulas plásticas en las columnas.	PCI Journal
F. Y. Cheng, et al.	2017	Investigación experimental del comportamiento sísmico de columnas de acero con diferentes tipos de secciones transversales. Se encontró que la forma de la sección transversal puede tener un impacto significativo en la ductilidad y capacidad de carga de la columna.	Journal of Constructional Steel Research

La investigación en el ámbito de los edificios sismorresistentes, especialmente aquellos con columnas de acero o mixtas, se proyecta hacia diversas áreas de estudio con el objetivo de mejorar la seguridad y la eficiencia de estas estructuras en situaciones de sismicidad. Uno de los aspectos fundamentales a considerar en futuros estudios es el análisis del comportamiento a largo plazo. Se debe profundizar en los efectos de la fatiga y la corrosión en la resistencia sísmica, comprendiendo cómo estos fenómenos afectan la integridad estructural con el tiempo. Además, la influencia del envejecimiento de material y las conexiones es crucial para entender la durabilidad y la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos repetitivos, lo que requiere una evaluación exhaustiva del comportamiento a lo largo de la vida útil de la estructura.

En el ámbito del diseño y la optimización de estructuras sismorresistentes, se plantea la necesidad de desarrollar nuevas técnicas que mejoren la ductilidad y la capacidad de disipación de energía. Esto implica la exploración de métodos innovadores para el diseño de columnas, así como la optimización de su topología y sección transversal para maximizar su desempeño frente a cargas sísmicas. Así mismo, se deben implementar estrategias de control de vibraciones que contribuyan a reducir los efectos negativos de los sismos en las estructuras y en su entorno.

El avance en nuevos materiales y tecnologías es otro aspecto clave en la investigación futura sobre edificios sismorresistentes. El desarrollo de acero de alta resistencia y ductilidad permite mejorar la capacidad de absorción de energía, mientras que la utilización de materiales compuestos como el hormigón reforzado con fibras ofrece alternativas para aumentar la resistencia y la durabilidad de las estructuras. Además, la aplicación de tecnologías de impresión 3D en la construcción de componentes estructurales abre nuevas posibilidades para la eficiencia y la precisión en la ejecución de proyectos.

La simulación y el análisis computacional desempeñan un papel fundamental en la investigación de edificios sismorresistentes. Se requiere el desarrollo de modelos numéricos más precisos para proveer con mayor exactitud el comportamiento sísmico de las estructuras, así como la realización de simulaciones a gran escala que permitan evaluar su desempeño en contextos urbanos complejos. El análisis probabilístico también es crucial

para una evaluación integral del riesgo sísmico y la toma de decisiones informadas en el diseño y la construcción de edificaciones.

La integración de sistemas y el diseño multidisciplinario son aspectos esenciales para garantizar la seguridad y la eficiencia de los edificios sismorresistentes. Se debe considerar la interacción entre la estructura y los sistemas no estructurales, así como integrar el diseño sismorresistente con aspectos arquitectónicos, ingenieriles y de otras disciplinas. Esto incluye la implementación de estrategias de mitigación de daños y de recuperación post sísmica para minimizar las consecuencias de los eventos sísmicos en las edificaciones y en sus ocupantes.

La sostenibilidad y la resiliencia son principios fundamentales que deben guiar la investigación y el desarrollo de edificios sismorresistentes. Es necesario diseñar estructuras que sean energéticamente eficientes y ambientalmente sostenibles, considerando no solo su rendimiento ante sismos, sino también su impacto a lo largo de su ciclo de vida. Además, se deben implementar estrategias de resiliencia para garantizar la funcionalidad de los edificios después de un evento sísmico, así como desarrollar comunidades resilientes capaces de hacer frente a desastres naturales de manera efectiva.

6. Conclusion

Las edificaciones sismorresistentes son esenciales para garantizar la seguridad de las estructuras en áreas propensas a terremotos. En particular, las columnas de acero o mixtas, han demostrado ser muy eficientes para resistir fuerzas sísmicas. En conclusión, se obtiene alta resistencia a la fuerza sísmica ya que proporcionan en las columnas de acero y su ductilidad permite la deformación controlada durante un terremoto y esto evita un colapso repentino, también, se obtiene una construcción más rápida ya que las estructuras con columnas de acero tienden a ser más livianas y esto es esencial en áreas propensas a terremotos.

La correcta aplicación de prácticas y estándares de construcción sismorresistentes se torna crucial para reducir al mínimo los riesgos de pérdida de personas y materiales en eventos sísmicos. En resumen, las edificaciones sismorresistentes con columnas de acero o mixtas logran tener eficiente resistencia y ductilidad ante los sismos.

Sin embargo, es crucial mantenerse actualizado con los avances de materiales y tecnologías para mejorar continuamente las estructuras sismorresistentes en las edificaciones

Referencias

1. Bakhshayesh Eghbali, N., & Andamnejad, P. (2023). Structural performance of rigid shear connectors in concrete encased steel composite columns. *Structures*, 54, 348–368. <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2023.05.040>
2. Basina, N. I., Rybalka, A. Y., & Popova, S. L. (2019). Gothic and neo-gothic in the architecture of modern European cities. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 698(3), 033038. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/3/033038>
3. Bruneau, M. (2002). Building damage from the Marmara, Turkey earthquake of August 17, 1999. *Journal of Seismology*, 6(3), 357–377. <https://doi.org/10.1023/A:1020035425531/METRICS>
4. Chanturia, Y., & Yanusz, A. (2019). The System of the Plan Compositional Principles of the Gothic Town Building in the Grand Duchy of Lithuania. 497–504. <https://doi.org/10.2991/AHTI-19.2019.93>
5. Chen, X., He, J., & Wang, S. (2024). The Intersection of Collegiate Gothic Architecture and Missionary Education: A Case Study of Anderson Hall at Soochow University. *Buildings* 2024, Vol. 14, Page 367, 14(2), 367. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS14020367>
6. Demir, H. A., Hamamcioğlu-Turan, M., Yüçetürk, K., & Aktaş, E. (2023). Structural performance of authentic architectural heritage designs: A masonry monument in Western Anatolia. *Frontiers of Architectural Research*, 12(6), 1212–1233. <https://doi.org/10.1016/J.FOAR.2023.08.002>

7. Depeursinge, A., Racoceanu, D., Iavindrasana, J., Cohen, G., Platon, A., Poletti, P.-A., & Muller, H. (2010). Fusing Visual and Clinical Information for Lung Tissue Classification in HRCT Data. *Artificial Intelligence in Medicine*, ARTMED1118. <https://doi.org/10.1016/J>
8. Ding, F., Lu, D., Lai, Z., & Liu, X. (2024). Study on restraint coefficient of the stirrups-stiffened square concrete filled double-skin steel tube axial compression stub columns. *Structures*, 60, 105847. <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2023.105847>
9. Duraj, M., Marschalko, M., Niemiec, D., & Yilmaz, I. (2016). Monuments of the Czech Republic on the UNESCO World Heritage Site List and their Significance for Geotourism. *Procedia Engineering*, 161, 2265–2270. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.08.826>
10. Fang, C., Wang, W., Qiu, C., Hu, S., MacRae, G. A., & Eatherton, M. R. (2022). Seismic resilient steel structures: A review of research, practice, challenges and opportunities. *Journal of Constructional Steel Research*, 191, 107172. <https://doi.org/10.1016/J.JCSR.2022.107172>
11. Foraboschi, P. (2020). Optimal Design of Seismic Resistant RC Columns. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 1919, 13(8), 1919. <https://doi.org/10.3390/MA13081919>
12. Gao, S., Chen, R., Yang, J., Guo, L., & Deng, L. (2024). Seismic performance of T-shaped CFST column to U-shaped steel composite beam joints. *Thin-Walled Structures*, 195, 111443. <https://doi.org/10.1016/J.TWS.2023.111443>
13. Grigorian, M., & Grigorian, C. E. (2012). An Introduction to the Methodology of Earthquake Resistant Structures of Uniform Response. *Buildings* 2012, Vol. 2, Pages 107–125, 2(2), 107–125. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS2020107>
14. Grigorian, M., Moghadam, A. S., Mohammadi, H., & Kamizi, M. (2019). Methodology for developing earthquake-resilient structures. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 28(2), e1571. <https://doi.org/10.1002/TAL.1571>
15. Hajjar, J. F. (2002). Composite steel and concrete structural systems for seismic engineering. *Journal of Constructional Steel Research*, 58(5–8), 703–723. [https://doi.org/10.1016/S0143-974X\(01\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0143-974X(01)00093-1)
16. Isleem, H. F., Zewudie, B. B., Bahrami, A., Kumar, R., Xingchong, W., & Samui, P. (2024). Parametric investigation of rectangular CFRP-confined concrete columns reinforced by inner elliptical steel tubes using finite element and machine learning models. *Heliyon*, 10(2), e23666. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2023.E23666>
17. Jiang, Z. qin, Niu, Z. yao, Zhang, A. L., & Liu, X. chun. (2024). Design method of axial compression stability for cross-section corrugated plate steel special-shaped column. *Thin-Walled Structures*, 194, 111243. <https://doi.org/10.1016/J.TWS.2023.111243>
18. Julián, C., Hugo, H.-B., & Astrid, R.-F. (2014). Analysis of the Earthquake-Resistant Design Approach for Buildings in Mexico. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(1), 151–162. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(15\)30013-5](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(15)30013-5)
19. Kotsovos, G., Zeris, C., & Kotsovos, M. (2007). The effect of steel fibres on the earthquake-resistant design of reinforced concrete structures. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 40(2), 175–188. <https://doi.org/10.1617/S11527-006-9129-5/METRICS>
20. Maira Vidal, R. (2017). The Evolution of the Knowledge of Geometry in Early Gothic Construction: The Development of the Sexpartite Vault in Europe. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(7), 1005–1025. <https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1332254>

21. Medina, J. M., Rodríguez, A., Medina, E., & Cassinello, M. J. (2017). Factors defining Gothic lighting. Relationship between volume, structure and luminous result in Spanish cathedrals. *Revista de La Construcción. Journal of Construction*, 16(1), 9–21. <https://doi.org/10.7764/RDLC.16.1.9>
22. Nickson, T. (2021). El mecenazgo de Alfonso X en obras arquitectónicas. *Revista de Poética Medieval*, 35, 197–224. <https://doi.org/10.37536/RPM.2021.35.35.88793>
23. Pacchioli, S., Pozza, L., Trutalli, D., & Polastri, A. (2021). Earthquake-resistant CLT buildings stiffened with vertical steel ties. *Journal of Building Engineering*, 40, 102334. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102334>
24. Papavasileiou, G. S., & Charmpis, D. C. (2020a). Earthquake-resistant buildings with steel or composite columns: Comparative assessment using structural optimization. *Journal of Building Engineering*, 27, 100988. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.100988>
25. Papavasileiou, G. S., & Charmpis, D. C. (2020b). Earthquake-resistant buildings with steel or composite columns: Comparative assessment using structural optimization. *Journal of Building Engineering*, 27, 100988. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.100988>
26. Regan, B. (2016). Gothic Pride: The Story of Building a Great Cathedral in Newark. *New Jersey Studies: An Interdisciplinary Journal*, 2(1), 231–233. <https://doi.org/10.14713/NJS.V2I1.34>
27. Saatcioglu, M., Ozbakkaloglu, T., Naumoski, N., & Lloyd, A. (2009). Response of earthquake-resistant reinforced-concrete buildings to blast loading. This article is one of a selection of papers published in the Special Issue on Blast Engineering. *Https://Doi.Org/10.1139/L09-089*, 36(8), 1378–1390. <https://doi.org/10.1139/L09-089>
28. Smith, K. G. (2001). Innovation in earthquake resistant concrete structure design philosophies; a century of progress since Hennebique's patent. *Engineering Structures*, 23(1), 72–81. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(00\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(00)00023-7)
29. Srihari, J. R., Sharmila, S., & Praveen Kumar, S. (2023). Study on axial behaviour of concrete filled steel tubular columns. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.07.112>
30. Szuta, A. F., & Szczepański, J. (2020). Striking elements – A lifebelt or a fad? Searching for an effective way of adapting abandoned churches. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 277–286. <https://doi.org/10.1016/J.FOAR.2019.12.007>
31. Tao, Y., Yan, B., Gan, D., & Zhao, Y. (2023). Analysis and design of axially loaded ring-beam joints connecting steel tubed-RC column and RC beams. *Structures*, 57, 105304. <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2023.105304>
32. Uy, B. (2015). High-strength steel-concrete composite columns for buildings. *Https://Doi.Org/10.1680/Stbu.2003.156.1.3*, 156(1), 3–14. <https://doi.org/10.1680/STBU.2003.156.1.3>
33. Velraj Kumar, G., Mohan, A., Gopalakrishnan, R., & Haritha, S. (2023). Experimental and theoretical investigation of concrete filled and encased steel column under compression loading. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.08.130>
34. Wood, S. L. (1991). Performance of Reinforced Concrete Buildings during the 1985 Chile Earthquake: Implications for the Design of Structural Walls. *Earthquake Spectra*, 7(4), 607–638. <https://doi.org/10.1193/1.1585645>
35. Zhang, B., Lin, S., Zhang, S., Lu, X., & Yu, T. (2024). Seismic behaviour of FRP-concrete-steel double-tube columns with shear studs: Experimental study and numerical modelling. *Engineering Structures*, 302, 117339. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2023.117339>