

# EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE ALTERNATIVAS DE REFORMA SÍSMICA PARA COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO.



Foto: <https://images.app.goo.gl/qco7urvyv6AFQGa8>

*Los sismos críticos de los últimos años ponen de relieve la urgente necesidad de reforzamiento sísmico de los edificios existentes debido a su envejecimiento o diseño inadecuado. Se deben considerar factores económicos, ambientales y funcionales importantes al decidir entre varias alternativas de reforzamiento. La fibra de carbono como material de reforzamiento también es una alternativa viable, principalmente por su menor huella ambiental y su mayor funcionalidad.*

El terremoto de Pedernales en abril de 2016, provocó alrededor de 700 muertos, con el colapso total o parcial de numerosos edificios de hormigón armado. Entre las deficiencias observadas se encuentra el confinamiento transversal insuficiente en columnas con espaciamiento excesivo entre estribos.

Este estudio adopta un enfoque de la cuna a la tumba en las evaluaciones del ciclo de vida, enfatizando la importancia de considerar todas las etapas involucradas. La etapa de diseño y prueba, requiere pruebas semidestructivas para caracterizar las propiedades mecánicas del hormigón, determinar el refuerzo y asegurar la correcta instalación de los reforzamientos. El mantenimiento preventivo que aborda

las deficiencias del material, carbonatación del hormigón (**proceso natural que se produce cuando el dióxido de carbono presente en el ambiente reacciona con el agua o la humedad retenida, reduciendo su pH**), corrosión del acero y vulnerabilidad al fuego del acero y las fibras de carbono tiene una importancia considerable en los análisis económicos y ambientales, particularmente para ST y CFRP. Además, aunque se obtienen valores mínimos al evaluar la etapa de fin de vida, resaltan los valores del encamisado de hormigón. Dada la complejidad que caracteriza la inclusión e integración de los criterios a menudo contradictorios que definen la sostenibilidad, este estudio utilizó métodos de toma de decisiones

multicriterio (MCDM) para la selección de la alternativa óptima. Desde un punto de vista holístico, la alternativa de reforzamiento que ha demostrado el desempeño más favorable es el encamisado de acero, seguido de la incorporación de fibras de carbono y el encamisado de hormigón.

Las conclusiones del estudio pueden servir de orientación a los tomadores de decisiones en la selección de estrategias de reforzamiento para mejorar el confinamiento de columnas de hormigón armado en edificaciones ubicadas en localidades de alto riesgo sísmico. A pesar de tener los mayores costos económicos e impactos ambientales asociados al mantenimiento preventivo requerido, el **encamisado de acero** (modo de reforzar una columna

que ha sufrido alguna alteración que ha empeorado su capacidad de resistencia) mantiene un equilibrio en cinco de los criterios analizados, lo que lo hace emerger como la opción óptima. La fibra de carbono como material de reforzamiento también es una alternativa viable, principalmente por su menor huella ambiental y su mayor funcionalidad. Es una opción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente que los materiales convencionales.

Sin embargo, su puntuación en el ranking está limitada por los importantes costos asociados a las materias primas. El encamisado de hormigón parece ser la opción menos favorable desde una perspectiva holística. A pesar de los menores gastos en diseño, pruebas, construcción y uso, genera importantes impactos ambientales totales, principalmente derivados de la producción de materia prima. Además, plantea implicaciones arquitectónicas más significativas e implica interrupciones prolongadas durante los trabajos de reparación.

El estudio se centra en las alternativas tradicionales de reforzamiento de columnas en una región de alto riesgo sísmico con deficiencias de confinamiento. Las alternativas incluyen encamisado de hormigón CR, encamisado de acero ST y la incorporación de fibras de carbono CFRP. La investigación emplea una metodología de evaluación del ciclo de vida de la cuna a la tumba, considerando factores económicos y ambientales. La evaluación económica (LCC) abarca los costos asociados con el diseño, pruebas necesarias, construcción, uso (incluido el mantenimiento preventivo) y las consideraciones de fin de vida. Mientras tanto,

la evaluación ambiental (LCA) analiza las etapas de producción, construcción, uso y fin de vida, adoptando enfoques tanto de punto medio como de punto final para garantizar una comprensión integral del impacto ambiental. El estudio asume una vida útil de 50 años a partir de la incorporación de las mejoras. Se ha desarrollado un modelo integrado utilizando métodos de toma de decisiones multicriterio MCDM, que incorpora tres criterios económicos, tres ambientales y dos funcionales. Estos criterios se evalúan a través de 19 indicadores específicos. Se empleó los métodos AHP para determinar las ponderaciones de los criterios y TOPSIS para la clasificación final de las alternativas.

Las construcciones sin ingeniería representan más de la mitad del parque inmobiliario en los países de ingresos bajos y medianos. La evaluación holística de las alternativas de reforzamiento es crucial para garantizar la seguridad sísmica de estas edificaciones ante presupuestos restrictivos, que incluyan impactos ambientales y funcionales.

El objetivo fundamental de la ingeniería estructural ha sido tradicionalmente garantizar la máxima seguridad con la mínima inversión. Sin embargo,

debido a la creciente preocupación por la sostenibilidad, los aspectos económicos, ambientales y sociales, han ganado importancia. Los métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) han ganado prominencia en los últimos años. Las aplicaciones de MCDM se han expandido constantemente, lo que subraya el potencial significativo de estos métodos para tomar decisiones sostenibles en ingeniería civil, construcción y tecnología de la edificación. Los resultados de este estudio proporcionarán información relevante para que los ingenieros y los tomadores de decisiones seleccionen las opciones más adecuadas para el reforzamiento de edificios al considerar varias perspectivas simultáneas.

Las investigaciones futuras podrían explorar dos áreas clave. En primer lugar, incorporar la dimensión social de la sostenibilidad a través del análisis del ciclo de vida. En segundo lugar, aunque este estudio incluye un análisis de sensibilidad, no abordó la gestión de las incertidumbres. Las decisiones de ingeniería a menudo se toman en entornos inciertos, por lo que es fundamental considerar las incertidumbres. A menudo, el aspecto más subjetivo de la toma de decisiones es la asignación de pesos a los criterios.



Foto: Imagen del artículo original

A pesar de tener los mayores costos económicos e impactos ambientales asociados al mantenimiento preventivo requerido, el **encamisado de acero** (modo de reforzar una columna que ha sufrido alguna alteración que ha empeorado su capacidad de resistencia) mantiene un equilibrio en cinco de los criterios analizados, lo que lo hace emerger como la opción óptima.