YACHANA

REVISTA CIENTÍFICA

Volumen 8, Número 3/ Noviembre-Diciembre, 2019

ISSN-1390-7778 (Versión Impresa)

ISSN 2528-8148 (Versión Electrónica)

Factibilidad técnica y económica comparativa por adherencia, entre los morteros tradicionales y el mejorado con aditivo para edificaciones

(En prensa)

Laura de Jesús Calero Proaño PhD. [(1)]

Marcial Sebastián Calero Amores, PhD. [(2)]

Resumen

Las edificaciones tienen como principio seguridad, estabilidad y economía, por tanto, optimizar técnica y económicamente el enlucido de las partes estructurales representa aportar al desarrollo de la ingeniería. La investigación abordó optimizar la factibilidad comparada entre los morteros tradicional y mejorado con aditivos que son utilizados para enlucidos en edificios. Se investigaron tres aditivos que lideran la comercialización en el país. Actualmente los aditivos se comercializan fundamentado en mejorar la resistencia por adherencia del mortero, lo cual, ha sido poco analizado técnica y económicamente respecto al mortero tradicional, además, no existen estudios para determinar indicadores que relacionen la adherencia con la edad del componente estructural. La investigación tiene enfoque experimental y cuantitativo, levantó más de 200 registros. Se prepararon testigos de hormigón tipo viga, a los cuales, en función de la edad se enlucieron y mediante el equipo TESTER se determinó la resistencia por adherencia del mortero aplicado. Se determinó que la resistencia por adherencia del mortero es función directa de la edad de la viga. Valorando la relación por resistencia de adherencia y costos del mortero tradicional con B/C=1, se determinó que la mejor factibilidad comparada es del mortero tipo C con B/C de 1,21, mientras que los tipos A y B presentan costos y adherencias inferiores al tradicional. La investigación científicamente aporta al desarrollo de las edificaciones y genera espacios para nuevas investigaciones que impacten en optimizar la estabilidad y economía del edificio.

Palabras claves: Factibilidad técnica y económica. Edificación. Aditivo. Mortero tradicional y mejorado.

Fecha de recepción: 27 de junio de 2019

Fecha de aprobación: 14 de octubre de 2019

[(1)(2)] Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Docente-Investigador/a Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Miembro del Comité Científico, Facultad de Arquitectura, Universidad de Guayaquil. laura.calerop@ug.edu.ec.

[(2)] Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, Ecuador, Docente Investigador, Director Laboratorio Hidráulica, FIIC, ULVR, Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción mcaleroa@ulvr.edu.ec

Abstract

The buildings have as a principle security, stability and economy, therefore, technically and economically optimizing the plastering of the structural parts represents contributing to the development of engineering. The research aimed to optimize the comparative feasibility between traditional and improved mortars with additives that are used for plastering in buildings. Three additives that lead marketing in the country were investigated. Currently the additives are marketed based on improving the adhesion resistance of the mortar, which has been little analyzed technical and economic compared to traditional mortar, in addition, there are no studies to determine indicators that relate the adherence with the age of the structural component. The research has an experimental and quantitative approach and raised more than 200 records. Beam type concrete witnesses were prepared, to which, depending on the age, they were plastered and the resistance by adhesion of the applied mortar was determined by the TESTER equipment. It was determined that the bond strength of the mortar is a direct function of the beam's age. Valuing the relation by resistance of adhesion and costs of the traditional mortar with B / C = 1, it was determined that the best comparative feasibility is of mortar type C with B / C of 1.21, while types A and B present costs and adhesions inferior to the traditional one. Research scientifically contributes to the development of buildings and generates spaces for new research that impact on optimizing the stability and economy of the building.

Keywords: Technical and economic feasibility. Edification. Additive. Traditional and improved mortar.

Introducción

Las edificaciones representan construcciones realizadas por el ser humano que resguardan espacios habitacionales, hidráulicos, actividades humanas, entre otras, pero, requieren ser seguras, estables, duraderas y sostenibles (Loyola y Goldsack 2010). Autores como, García, Morán y Arroyo (2016), señalan que los morteros son componentes estructurales de las edificaciones y, de forma tradicional, compuestos por conglomerantes inorgánicos, agregados finos y agua, que aportan al aparejo o enlucido entre elementos de la construcción. Rivera (2015) señala que algunas veces el mortero tradicional se combina con aditivos para incrementar la resistencia de adherencia en el componente estructural. La adición de aditivos permite disminuir los tiempos para continuar con otro proceso constructivo en la edificación (Modenese 2018).

Gutiérrez (2003) afirma, el revestimiento con mortero tradicional o con mortero con aditivo

constituyen procesos constructivos para seguridad y estabilidad estructural, representando un componente fundamental en la construcción. El uso del mortero con aditivo debe fundamentarse en ventajas comparativas respecto al tradicional tanto por resistencia como tiempo para alcanzar la resistencia (Niasa, 2018). Además, el mortero mejorado debe ser factible técnica y económicamente de manera que sea competitivo con el mortero tradicional y eficiente (Cadenas y López, 2018).

Autores como Valbuena y Mena (2016) señalan que la resistencia por adherencia representa la principal propiedad del comportamiento mecánico del mortero para enlucido; sin embargo, debe señalarse que, en el mortero tradicional, la mecánica estructural por adherencia se fundamenta en la lechada de agua cemento que se aplica previo al enlucido.

La tecnología de hormigones ha desarrollado aditivos para optimizar la adherencia del mortero y mejorar técnica y económicamente el sistema estructural (Galobardes 2009), además, la práctica constructiva estima que el enlucido en vigas, columnas, entre otros, debe realizarse cuando la estructura ha alcanzado el nivel de endurecimiento, que ocurre alrededor de los 28 días, imposibilitando la realización de actividades técnicas antes de ese lapso. Los aspectos señalados determinan una problemática en el campo de la construcción de edificaciones, debido a la necesidad de determinar el mejor comportamiento comparativo técnico y económico por adherencia entre los morteros tradicional y el mejorado aplicados en el revestimiento de estructuras.

La investigación responde al conflicto que se presenta en la construcción, sí, la adición de aditivos en el mortero para enlucido tiene ventajas técnicas y económicas respecto al mortero tradicional o sin aditivo. El trabajo estudió la adherencia del mortero y su relación con respecto a la edad del hormigón, para evaluar comparativamente la factibilidad técnica y económica tanto, del mortero tradicional como del mejorado con aditivo. El análisis incluyó tres tipos de aditivos, Sika, Aditec e Intaco que son los principalmente comercializados y de amplia aceptación en el país.

La investigación es pertinente al desarrollo de las ciencias de ingeniería y arquitectura y representa un aporte científico al campo de la construcción de obras civiles y militar al cuasi optimizar el comportamiento estructural y económico del mortero para revestimiento de la edificación.

Metodología

La investigación se desarrolló en los laboratorios de aguas y materiales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de

Guayaquil en el período 2018-2019, con enfoque cuantitativo, experimental y empírico. En base al trabajo de Guamán y Ortiz, (2018) se analizó más de 200 registros experimentales validados estadísticamente y procesados utilizando software de código abierto y hojas electrónicas desarrolladas. Los materiales utilizados fueron cemento Portland, áridos, agua, acero y aditivos para mortero, que constituyeron los componentes para desarrollar elementos de hormigón armado y morteros para enlucido.

El trabajo estimó la resistencia por adherencia del mortero para diferentes edades de las vigas, pero, la evaluación técnica y económica final se determinó cuando la resistencia a compresión en la viga fue igual a la proyectada en el diseño y la resistencia por adherencia medida en el mortero. Para el mortero tradicional se utiliza una lechada de agua cemento mientras que, para cada uno de los morteros mejorados se utilizan los aditivos principalmente comercializados en el país. El estudio se fundamentó en la norma American Society for Testing and Materials (ASTM) como lo señala Campos (2017), así como se indica en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (MIDUVI, 2014) y la normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2011a), lo cual responde a los requisitos para concreto que son expuestos por el INEN (2011b).

Los testigos construidos fueron de hormigón tipo viga de 15 x 15 x 60 ms con relación agua/cemento: 0,43 y 40 MPa a los 28 días. La dosificación del mortero, cemento/arena fue 1:3.

Para una misma fecha se elaboraron las 6 vigas o testigos de hormigón, incluyendo las muestras cilíndricas para determinar la resistencia a la compresión. Estas muestras se curan y se ensayan de acuerdo a las normas INEN 1576:2011 y ASTM C39. Los morteros se elaboraron en base a la edad del testigo de hormigón, determinando la resistencia por adherencia a los 7, 14 y 28 días.

La resistencia a compresión de las vigas se determinó ensayando los cilindros de prueba de hormigón a los 7 días, 14 días y 28 días. Previo a la aplicación del mortero se procedió al pulido y a picar de forma uniforme las superficies de las vigas. Para cada uno de los ensayos a los 7, 14 y 28 días, se aplica el mortero a las superficies 4 días antes de ensayar el disco por estimar la adherencia del mortero. Para el mortero tradicional se aplica una lechada de agua-cemento en igual proporción, mientras que, para el mortero mejorado, el aditivo, se aplica de acuerdo a las especificaciones indicadas en los respectivos manuales del comercializador y señalados en la documentación técnica de ADITEC (2015), INTACO (2018) y SIKA (2014).

La factibilidad técnica se fundamentó en evaluar el comportamiento integral de la resistencia por adherencia del mortero relacionado con las edades de la viga, tanto para el mortero

tradicional como para el mortero con aditivo, para lo cual, a los 3 días de enlucido según las fechas de los ensayos se pegan los discos o pastillas que sirven para determinar la resistencia por adherencia del mortero. A los 4 días de enlucido y mediante el equipo medidor de adherencia tipo TESTER, se hace la extracción del disco y se determina el comportamiento mecánico mortero-viga por el grado de resistencia de la adherencia del mortero en función de la edad de la viga ensayada. Los discos para determinar la resistencia por adherencia del mortero se extraen o ensayan a los 7 días, 14 días y 28 días de haber fundido la viga de acuerdo a la Norma ASTM 7234. Mediante el ensayo Pull Off con el equipo TESTER se estimó la resistencia del mortero por adherencia.

Se ensayan los discos considerando que son necesarios 2 testigos para cada prueba o ensayo ya que se requiere 3 pruebas o ensayos por el mortero con aditivo y 1 para el mortero tradicional

Los registros analíticos evaluados se obtuvieron directamente de las máquinas de ensayos para resistencia a compresión y del TESTER para la resistencia por adherencia con el ensayo Pull Off.

La factibilidad técnica y económica se estimó mediante indicadores que se obtuvieron de la aplicación del método denominado Adherencia-Costo evitado. El método se fundamenta en la resistencia de compresión a los 28 días y el número de días que el mortero mejorado alcanza la misma adherencia que el mortero tradicional a los 28 días. La factibilidad técnica se determinó mediante un indicador por adherencia, que relacionó la mayor resistencia del mortero mejorado con la resistencia del mortero tradicional obtenida a los 28 días de edad de la viga. La factibilidad económica se estima mediante un indicador de beneficio-costo, fundamentado en la disminución de días del mortero mejorado para igualar o exceder la adherencia del mortero tradicional a los 28 días y que son aprovechables para desarrollar otras actividades en la construcción.

Resultados y Discusión

Resultados

La resistencia de adherencia de los morteros ensayados para 7, 14, y 28 días de edad de la viga, se describen en las figuras 1 a 4. La estimación de indicadores técnico y económico parcial y total para los 4 morteros se describen en las figuras 5 y 6, los cuales se obtuvieron con el método tiempo disminuido-costo evitado. La evaluación técnica y económica determinó el comportamiento optimizado de la factibilidad comparativa entre el mortero tradicional y los modificados.

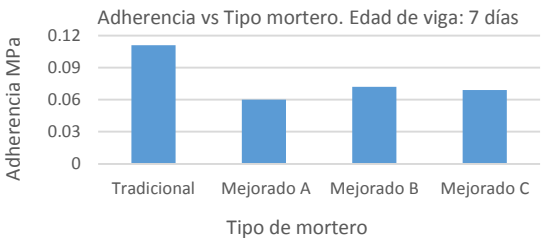

Figura 1. Resistencia por adherencia y por mortero. Edad de viga: 7 días

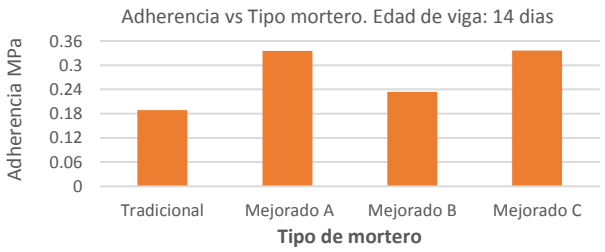

Figura 2. Resistencia por adherencia y por mortero. Edad de viga: 14 días.

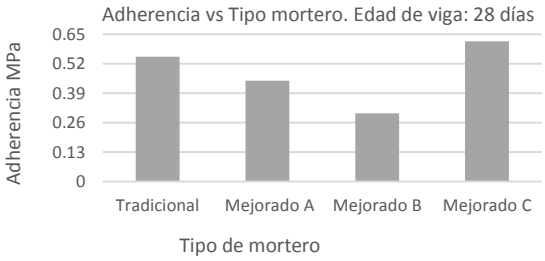

Figura 3. Resistencia por adherencia y por mortero. Edad de viga: 28 días.

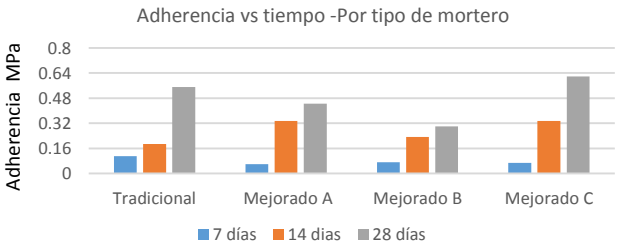

Figura 4. Resistencia por adherencia del mortero y edad de fundida de viga.

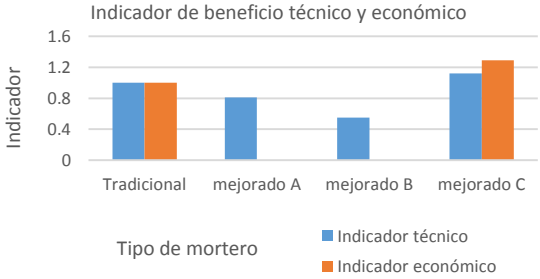

Figura 5. Indicador beneficio técnico y económico por mortero.

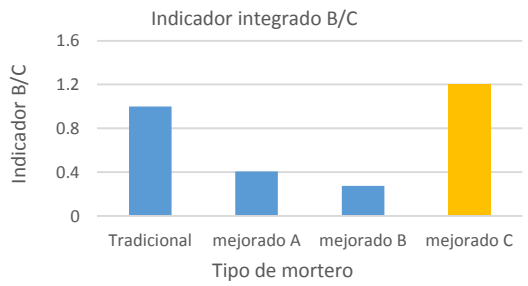

Figura 6 Indicador integrado de factibilidad técnica-económica.

Discusión

Las figuras 1, 2, 3 y 4 evidenciaron la variación de la resistencia por adherencia del mortero tradicional y del mejorado con aditivo con respecto a la edad de la viga. La adherencia del mortero y la edad de la viga se correlacionan de forma directa, así mismo, la resistencia por adherencia es variable que depende del tipo de aditivo utilizado para el mortero.

La resistencia a compresión de la viga responde a la variación tradicional de estos elementos y que para el estudio es: $\sigma = -0{,}0083t^2 + 0{,}7047t + 27{,}926$ con el 99,4% de confianza. La resistencia a los 28 días por adherencia del mortero tradicional es de 0,551 MPa, mientras que para el mortero tipo C es 0,609 MPa, determinando un incremento del 12% sobre el tradicional. Los morteros A y B representan respectivamente adherencias del 81% y 55% respecto al 100% del tradicional, evidenciando adherencias inferiores al mortero de comparación, determinándose que los morteros tipo A y B, no tienen factibilidad técnica ni económica respecto al mortero tradicional y no-competitivos respecto al mortero tipo C.

Asignando un B/C igual a 1 para el mortero tradicional, las figuras 5 y 6 evidencian que, en el horizonte de la investigación hasta los 28 días, solo el mortero tipo C supera al mortero tradicional con indicadores de calidad técnica dada por la adherencia de 1,12 e indicador económico adherencia-costo días evitado de 1,29. Integrando los dos indicadores, el B/C del mortero C es de 1,21 respecto al mortero tradicional. Los indicadores totales de beneficio de los morteros tipo A y B no se determinan por la resistencia que alcanzan en el período de 28 días analizado.

Con base en la factibilidad técnica-económica del mortero tradicional, se determinó que el mortero tipo C tiene la mejor factibilidad y, que los morteros A y B no presentan ventajas por adherencia ni por costo económico, lo cual responde a los objetivos de la investigación y aporte científico.

Conclusiones

La factibilidad técnica y económica comparada entre el mortero tradicional y los morteros A, B y C mejorados, estableció que el mortero mejorado C supera al tradicional en 12% y 29% técnica y económicamente respectivamente y determina como B/C integrado el 21%. Los morteros tipo A y B no se evalúan integralmente por responder a parámetros técnicos inferiores al del mortero tradicional.

La resistencia por adherencia tanto del mortero tradicional como los mejorados se ensayaron a la edad de 7, 14 y 28 días de la viga y siguiendo las guías de la comercializadora determinando que, la resistencia por adherencia y la edad de la viga son correlacionales y directamente proporcional.

Los 3 tipos de mortero con aditivos investigados, presentan comportamiento diferente en la adherencia, teniendo los morteros A y B a los 28 días 73% y 49% de la resistencia del mortero C.

El B/C de 21% del mortero tipo C, representa un impacto en la edificación, determinándose que la optimización del tipo de mortero, representa técnica y económicamente una ventaja agregada que incidirá en los costos de inversión y comercialización de la edificación y tiempo de construcción.

Referencias

ADITEC. (2015). *Adhesivo acrílico para hormigones y morteros. Hoja técnica 044-2015* [Folleto]. Recuperado de https://bit.ly/2ErMUWX

Cadenas, N. y López, B. (enero-junio, 2018). Evaluación de la eficiencia de morteros de revestimiento con aditivos reciclados aplicando Análisis Envolvente de Datos (DEA). *Publicaciones en Ciencias y Tecnologías, 12*(1), 33-41. Recuperado de https://bit.ly/2rYqaLt

Campos, I. (2017). *Normas ASTM para cemento y concreto* [Presentación en Power Point]. Recuperada de https://bit.ly/34BCSNP

Galobardes, I. (2009). *Estudio relativo a la caracterización de aditivos acelerantes para hormigón proyectado por vía húmeda* (Tesis de especialidad, Universitat Politècnica de Catalunya, España). Recuperada de https://bit.ly/2M6r6o3

García, A. Morán, F. y Arroyo, J. (2016). *Jiménez Montoya. Hormigón Armado*. Recuperado de https://bit.ly/34tuPm4

Guamán, M. y Ortiz, V. (2018). *Ficha técnica comparativa de la adherencia del mortero a elementos estructurales mediante métodos artesanales y productos adherentes* (Tesis

de grado, Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil). Recuperada de https://bit.ly/36PC4q1

Gutiérrez, L. (marzo, 2003) *El concreto y otros materiales para la construcción.* Recuperado de https://bit.ly/36MzKQE

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011a). *Morteros, evaluación previa a la construcción y durante la construcción de morteros para mampostería simple y reforzada. NTE. INEN 2563:2011*. Recuperada de https://bit.ly/2r7B8hy

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011b). *Curado del hormigón. Norma INEN 1576:2011*. Recuperada de https://bit.ly/34rywbO

INTACO. (2018). *Maxicril® Adhesivo o aditivo no reemulsificable para mortero* [Guía técnica]. Recuperado de https://bit.ly/2qYF83E

Loyola, M. y Goldsack, L. (2010). *Constructividad y Arquitectura*. Recuperado de https://bit.ly/2EpjRU2

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (diciembre, 2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Mampostería Estructural.* Recuperado de https://bit.ly/36HSZL5

Modenese, P. (2018). *Manual de Obra. Una guía práctica para construcción en el Ecuador* (Cap. 1). Recuperado de https://bit.ly/36KUckD

Niasa. (2018). Las ventajas de utilizar aditivos en la construcción. En *Blog Niasa.* Recuperado de https://bit.ly/2M5j7rn

Rivera, G. (2015). *Concreto Simple*. Recuperado de https://bit.ly/2sGeBbK

SIKA. (abril, 2014). *Hoja técnica de productos. Sikatop 77* (2ª ed.) [Folleto]. Recuperado de https://bit.ly/2M0r9ll

Valbuena, S. y Mena, M. (abril-junio, 2016). Evaluación de la resistencia a compresión en morteros de pega de acuerdo con la dosificación establecida por el código sismo resistente colombiano. Estudio de caso. *Tecnura, 20*(48), 115-121. Recuperado de https://bit.ly/2r10rBG

Para citar este artículo utilice el siguiente formato:

Calero, L. y Calero, M. (noviembre-diciembre de 2019). Factibilidad técnica y económica comparativa por adherencia, entre los morteros tradicionales y el mejorado con aditivo para edificaciones. [En prensa]. *YACHANA*, Revista Científica, 8 (3), 1-9.