

Artículo de Investigación

Uso de cal en mortero para pega de bloques de mampostería y su incidencia en la resistencia a la compresión

Use of lime in mortar for bonding masonry blocks and its impact on compressive strength

Uso de cal na argamassa para assentamento de blocos de alvenaria e seu impacto na resistência à compressão



Luis Andrés Arteaga Zambrano¹  , Luis Ney Cusme Tuárez¹  ,
Wilter Enrique Ruiz Párraga²  

¹ Universidad Técnica de Manabí (UTM), Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Av. José María Urbina, 130111, Portoviejo, Ecuador

² Universidad Técnica de Manabí (UTM), Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Av. José María Urbina, 130111, Portoviejo, Ecuador

Recibido: 2026-01-02 / **Aceptado:** 2026-02-10 / **Publicado:** 2026-02-20

RESUMEN

La presente investigación experimental evaluó la incidencia de la cal hidratada en el desempeño mecánico de morteros de pega para mampostería, comparando su efecto en mezclas elaboradas con arena fina de banco y arena natural de río de la provincia de Manabí. La metodología incluyó la caracterización física de los agregados mediante ensayos de laboratorio y ensayos complementarios como colorimetría y sedimentación. Se diseñaron cuatro dosificaciones para determinar la resistencia a la compresión en cubos, la resistencia a compresión axial en prismas (ASTM C1314) y la resistencia al corte en muretes mediante compresión diagonal (ASTM E519). Los resultados evidenciaron que la calidad del agregado fino es el factor preponderante en la resistencia del mortero. La arena de río presentó deficiencias críticas asociadas a su elevado contenido de finos y alta absorción, generando reducciones superiores al 60% y sin cumplir los requisitos asociados a un mortero Tipo S, lo que justificó su descarte para la evaluación del sistema mampostería. En contraste, las mezclas con arena de banco alcanzaron las resistencias requeridas. La incorporación de cal produjo un comportamiento dual: incrementó la resistencia axial en prismas en un 22%, pero redujo la resistencia al corte en muretes en un 46%. Se concluye que el uso de cal es viable en elementos sometidos predominantemente a cargas gravitacionales; no obstante, su aplicación en muros estructurales en zonas sísmicas debe evaluarse con cautela debido a la disminución de la resistencia diagonal.

Palabras clave: cal hidratada; mampostería; mortero; resistencia a la compresión; sedimentación

ABSTRACT

This experimental research evaluated the influence of hydrated lime on the mechanical performance of masonry bonding mortars, comparing its effect in mixtures prepared with fine quarry sand and natural river sand from the province of Manabí. The methodology included the physical characterization of aggregates through laboratory tests and complementary procedures such as colorimetry and sedimentation. Four mortar dosages were designed to determine compressive strength in cubes, axial compressive strength in prisms (ASTM C1314), and shear strength in masonry wallets through diagonal compression tests (ASTM E519). The results demonstrated that aggregate quality is the predominant factor affecting mortar strength. The river sand exhibited critical deficiencies associated with its high fines content and elevated absorption, leading to strength reductions greater than 60% and failing to meet the requirements associated with a Type S mortar classification, which justified its exclusion from the evaluation of the masonry system. In contrast, mixtures prepared with quarry sand achieved the required strength levels. The incorporation of lime produced a dual behavior: it increased axial compressive strength in prisms by 22%, but reduced shear strength in masonry wallets

by 46%. It is concluded that the use of lime is viable for elements subjected primarily to gravitational loads; however, its application in structural shear walls in seismic regions should be carefully evaluated due to the reduction in diagonal shear resistance.

Keywords: hydrated lime; masonry; mortar; compressive strength; sedimentation

RESUMO

A presente pesquisa experimental avaliou a incidência da cal hidratada no desempenho mecânico de argamassas de assentamento para alvenaria, comparando seu efeito em misturas elaboradas com areia fina de jazida e areia natural de rio da província de Manabí. A metodologia incluiu a caracterização física dos agregados por meio de ensaios laboratoriais e testes complementares, como colorimetria e sedimentação. Foram elaboradas quatro dosagens para determinar a resistência à compressão em cubos, a resistência à compressão axial em prismas (ASTM C1314) e a resistência ao cisalhamento em painéis por compressão diagonal (ASTM E519). Os resultados evidenciaram que a qualidade do agregado miúdo é o fator preponderante na resistência da argamassa. A areia de rio apresentou deficiências críticas associadas ao seu elevado teor de finos e alta absorção, gerando reduções superiores a 60% e sem atender aos requisitos associados a uma argamassa Tipo S, o que justificou seu descarte para a avaliação do sistema de alvenaria. Em contraste, as misturas com areia de jazida alcançaram as resistências requeridas. A incorporação de cal produziu um comportamento dual: aumentou a resistência axial em prismas em 22%, porém reduziu a resistência ao cisalhamento em painéis em 46%. Conclui-se que o uso de cal é viável em elementos submetidos predominantemente a cargas gravitacionais; entretanto, sua aplicação em paredes estruturais em zonas sísmicas deve ser avaliada com cautela devido à diminuição da resistência diagonal.

Palavras-chave: cal hidratada; alvenaria; argamassa; resistência à compressão; sedimentação

Forma sugerida de citar (APA):

Arteaga Zambrano, L. A., Cusme Tuárez, L. N., & Ruiz Párraga, W. E. (2026). Uso de cal en mortero para pega de bloques de mampostería y su incidencia en la resistencia a la compresión. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 3(1), 282-295. <https://doi.org/10.63415/saga.v3i1.342>



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

La mampostería es uno de los sistemas constructivos más empleados en edificaciones de mediana y baja altura, especialmente en viviendas y obras civiles urbanas, debido a su tradición y adaptabilidad económica (Suculanda Piñacela & Vicente Quezada, 2025). Su desempeño estructural depende en gran medida del tipo y calidad del mortero empleado para la pega de bloques, este material actúa como elemento de unión, transferencia de esfuerzos y sellado. El mortero tradicional está constituido principalmente por cemento Portland, arena y agua; sin embargo, la búsqueda de mezclas más trabajables, duraderas y sostenibles ha impulsado el estudio de adiciones minerales como la cal.

El uso de cal en morteros no es una práctica reciente. Desde la antigüedad, este material ha sido valorado por su plasticidad, adherencia y durabilidad. Con el auge del cemento Portland,

su aplicación disminuyó considerablemente (Galván Ruiz & Velázquez Castillo, 2011), pero en la actualidad, el interés por mejorar la eficiencia técnica y ambiental de los materiales de construcción ha reactivado la investigación sobre mezclas híbridas cemento-cal. (Viera & Acero, 2022) argumentan que la cal representa actualmente una alternativa viable en la construcción por varias razones. Se destaca su menor impacto ambiental en comparación con el cemento, ya que requiere menos energía en su proceso de calcinación y emite una cantidad menor de CO₂, adicionalmente, mencionan que la cal tiene la capacidad de reducir la contracción en los morteros, ayudando a prevenir el agrietamiento.

Estudios recientes, como el realizado por (Carro & Rojas, 2018) en Costa Rica, demostraron que la incorporación de cal hidratada puede mejorar la retención de agua, la trabajabilidad y la adherencia del mortero, aunque puede reducir ligeramente la resistencia a la compresión en cubos de

ensayo. Este comportamiento sugiere que la cal influye directamente en la microestructura del material y en la calidad de la unión entre bloques y mortero. Además de sus ventajas de trabajabilidad y adherencia, se ha comprobado que los morteros con cal mejoran el comportamiento estructural de los muros de mampostería confinada ante esfuerzos sísmicos, favoreciendo su uso en regiones con alta actividad sísmica (Jinmer Bravo & Anderson Nuñez, 2024).

En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2024), el hormigón armado es el principal material empleado en la construcción de edificaciones, mientras que el bloque es el material más utilizado en paredes, lo que evidencia el alto consumo de cemento en el sector.

La evaluación de materiales alternativos y la comparación entre diferentes tipos de arenas son aspectos relevantes para el desarrollo de la construcción regional. Factores como la procedencia del agregado fino, su granulometría y su absorción de agua influyen significativamente en las propiedades finales del mortero. De hecho, investigaciones han demostrado que la resistencia a la compresión puede variar drásticamente manteniendo el cemento constante y modificando únicamente el tipo de agregado (Guzmán Benítez, Cuevas Sandoval, Barragán Trinidad, & Sánchez Calvo, 2017). Esto resulta crítico en contextos donde la variabilidad de las fuentes de extracción, como cauces de ríos o minas de banco, introduce incertidumbre sobre la calidad del material y, por ende, sobre la seguridad estructural de la mampostería (Muciño Vélez, Guillén Guillén, Tahuilton-Mora, & Orozco Mendoza, 2022).

La presente investigación propone evaluar la incidencia del uso de cal hidratada en morteros de pega para mampostería, empleando dos tipos de agregado fino: una arena fina lavada de banco (cantera) y una arena natural de río de la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo, con el fin de determinar su influencia en el desempeño mecánico del mortero.

El programa experimental contempla la fabricación de cubos de mortero que fueron curados en piscina de agua conforme a la NTE INEN 488:2009 y se elaboraron muretes y prismas, los cuales fueron curados a través del método de rociado, se realizaron ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días para los cubos y a los 28 días para los muretes y prismas. Se busca establecer comparaciones entre las diferentes combinaciones de materiales, determinar si la inclusión de cal resulta beneficiosa en términos de resistencia y analizar el efecto del tipo de arena en el desempeño del mortero y del conjunto bloque-mortero.

Esta investigación evalúa la resistencia del mortero, su desempeño dentro del sistema constructivo, mediante el análisis experimental de cubos, prismas y muretes de mampostería.

En síntesis, este estudio contribuye a la evaluación experimental de la incidencia de la cal hidratada en las propiedades mecánicas de los morteros de pega, aportando información técnica relevante para optimizar el diseño de mezclas locales y promover el uso de materiales más sostenibles y adecuados a las condiciones constructivas de la provincia de Manabí, Ecuador.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo experimental, con alcance descriptivo y comparativo, orientado a evaluar la incidencia del uso de cal hidratada en la resistencia a la compresión del mortero de pega para mampostería, considerando dos tipos de agregados finos.

El estudio comparó el comportamiento mecánico de un mortero convencional cemento-arena-agua con un mortero experimental cemento-cal-arena-agua, ambos elaborados conforme a las proporciones y procedimientos establecidos en las normativas técnicas ecuatorianas vigentes.

Los materiales empleados en la elaboración de los morteros cumplieron con las normativas técnicas ecuatorianas vigentes:

- Cemento: cemento Portland tipo GU, conforme a la NTE INEN 151.
- Agregado fino: arena de banco procedente de una de las canteras de la ciudad de Portoviejo en la parroquia Picoazá y arena natural de río proveniente de la parroquia Abdón Calderón, del cantón Portoviejo.
- Agua: agua potable utilizada como agua de mezcla, conforme a la NTE INEN 2617.
- Cal hidratada: se empleó cal hidratada comercial, clasificada como cal apagada compuesta principalmente por hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Según la ficha técnica del fabricante, el material presenta un contenido mínimo de 79% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 60% de CaO aprovechable (ASTM C25), con un análisis típico de 82,37% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

En cuanto a sus características físicas, la cal presenta un retenido máximo de 6,5% en malla 230 (INEN 244) y una densidad aparente entre 0,5 y 0,6 g/cm³, lo que evidencia su alta finura y adecuada dispersión en mezclas cementantes.

Caracterización de los agregados finos

Previo al diseño de las mezclas, se determinaron las propiedades físicas de ambas arenas para validar su aptitud. Para el análisis granulométrico, se emplearon muestras representativas de 500 g para cada tipo de arena, realizando los ensayos mediante los métodos de lavado y seco según la norma NTE INEN 696:2011. Adicionalmente, se determinó la densidad y absorción según NTE INEN 856:2010, y la masa unitaria según NTE INEN 858:2010.

La presencia de impurezas orgánicas fue evaluada mediante el ensayo de colorimetría (clorinometría), conforme a la NTE INEN 855:2010 y la ASTM C40. Por su parte, el contenido relativo de finos y arcillas se determinó mediante el ensayo de sedimentación rápida, conocido técnicamente como la “prueba del frasco”.

Los resultados cualitativos (figuras 1 y 2) corroboran los datos físicos de la tabla 1. La figura 1 corresponde a la arena de banco, donde se observa a la izquierda un resultado de

colorimetría "Incoloro / Blanco transparente" (Nivel 1) en la escala de Gardner, lo que indica la ausencia de impurezas orgánicas, y a la derecha una sedimentación con agua clara. Por el contrario, la figura 2 ilustra los ensayos para la arena de río. A la izquierda, la prueba de colorimetría muestra una coloración “amarillo oscuro” (Nivel 3) que según la escala de Gardner considera que el árido fino contiene cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas, y a la derecha, la sedimentación revela una alta turbidez y saturación de finos en suspensión, confirmando su deficiente adherencia para uso estructural.

Figura 1. Ensayos de campo para arena de banco. Derecha: Sedimentación (agua clara, limpia). Izquierda: Colorimetría (blanco transparente, bueno)



Fuente: Autores (2025)

Figura 2. Ensayos de campo para arena de río. Derecha: Sedimentación (agua turbia, exceso de finos). Izquierda: Colorimetría (amarillo oscuro, contiene impurezas orgánicas).



Fuente: Autores (2025)

Los resultados obtenidos (tabla 1) evidencian diferencias físico-mecánica significativas. La arena de banco presenta características óptimas con un bajo contenido de finos y absorción controlada. En contraste,

la arena de río mostró una calidad deficiente, caracterizada por una excesiva cantidad de material pasante del tamiz N.º 200 y una alta tasa de absorción, factores que inciden directamente en la demanda de agua.

Tabla 1. Caracterización físico-mecánica de los agregados finos

Propiedad	Norma	Unidad	Arena de banco	Arena de río
Densidad (gravedad esp. de masa)	NTE INEN 856	g/cm ³	2.61	2.11
Densidad SSS (saturada superf. seca)		g/cm ³	2.66	2.23
Densidad aparente		g/cm ³	2.74	2.39
Tasa de absorción	NTE INEN 696	%	1.72	5.60
Módulo de finura		-	0.97	0.16
Material fino (pasante tamiz #200)		%	2.47	50.53
Masa unitaria suelta	NTE INEN 858	kg/m ³	1409	1133
Masa unitaria compactada		kg/m ³	1569	1270

Fuente: Autores (2025)

Caracterización de bloques de mampostería

Los bloques de mampostería utilizados en la construcción de los prismas y muretes fueron sometidos a ensayos de absorción de agua, con el fin de evaluar su capacidad de absorción y

su influencia en la adherencia y el desempeño del mortero. Este ensayo permitió verificar la uniformidad y calidad del material empleado. La capacidad de absorción de los bloques se evaluó según el método establecido en la norma NTE INEN 296:2016.

Tabla 2. Resultados de ensayo de absorción de bloques (NTE INEN 296).

Muestra	Peso seco (P1) [g]	Peso saturado (P2) [g]	Absorción (%)
Bloque 1	7767	9029	16.25
Bloque 2	7574	8792	16.08
Bloque 3	7642	8932	16.88
Promedio			16.40

Fuente: Autores (2025)

Se ensayaron tres unidades representativas, registrando sus pesos en estado seco y saturado tras 24 horas de inmersión. Los resultados, detallados en la tabla 2, muestran una absorción promedio del 16.40%. Este valor indica una porosidad considerable en las unidades, lo cual es relevante para la adherencia mecánica, pero también sugiere

una alta demanda de agua del mortero de pega durante el proceso constructivo si no se controlan las condiciones de humedecimiento previo.

La resistencia mecánica de las unidades se determinó siguiendo los lineamientos de la norma NTE INEN 3066:2016. Se sometieron a

carga axial tres bloques a la edad de 28 días. Como se observa en la tabla 3, la resistencia promedio obtenida fue de 2.38 MPa, que corresponde a un bloque “clase C”, de acuerdo a la norma, con una carga de rotura media de

59.50 kN. Estos valores corresponden a bloques de mampostería no estructural o de baja resistencia, comúnmente utilizados en cerramientos y divisiones en la práctica constructiva local.

Tabla 3. Resistencia a la compresión de bloques (NTE INEN 3066).

Muestra	Carga máxima [kN]	Resistencia a la compresión [MPa]
Bloque 1	63.04	2.52
Bloque 2	58.56	2.34
Bloque 3	56.89	2.28
Promedio	59.50	2.38

Fuente: Autores (2025)

Caracterización del cemento hidráulico

El cemento hidráulico empleado en la investigación fue caracterizado mediante el ensayo de determinación del tiempo de fraguado, utilizando el método de la aguja de vicat, conforme al procedimiento establecido en la norma NTE INEN 158:2009. Este ensayo se realizó tanto para la pasta de cemento puro (referencia) como para la pasta con

incorporación de cal, con el objetivo de verificar la influencia de la adición mineral en los tiempos de trabajabilidad.

Los resultados (tabla 4) indican que la adición de cal redujo la penetración inicial a 5 mm en comparación con los 23 mm del cemento sin adición, y retrasó los tiempos de fraguado en 15 minutos, manteniéndose dentro de los rangos normativos.

Tabla 4. Tiempos de fraguado y penetración (Método manual de vicat).

Material	Fraguado inicial (penetración)	Fraguado final (penetración)
Cemento (patrón)	120 min (23 mm)	210 min (0 mm)
Cemento + cal	135 min (5 mm)	225 min (0 mm)

Fuente: Autores (2025)

Propiedades en estado fresco (fluidez)

La consistencia de los morteros se evaluó inmediatamente después del mezclado mediante la mesa de flujo, conforme a los procedimientos establecidos en las normas NTE INEN 2502:2009, aplicable a morteros sin cal, y NTE INEN 2518:2010, correspondiente a morteros con incorporación de cal.

Los resultados, presentados en la tabla 5, confirman que las dosificaciones empleadas

permitieron alcanzar un rango de trabajabilidad similar, validando la comparabilidad entre las mezclas. De acuerdo con los criterios normativos, los morteros de pega deben presentar una retención mínima de agua del 75%, considerando como referencia un flujo inicial comprendido entre 105% y 115%, rango que garantiza una adecuada plasticidad, cohesión y capacidad de adherencia sin comprometer excesivamente la resistencia mecánica.

Tabla 5. Resultados de fluidez del mortero.

Tipo de mezcla	Agregado fino	Norma aplicada	Fluidez promedio (%)
Patrón (sin cal)	Arena de banco	NTE INEN 2502	106.75%
Patrón (sin cal)	Arena de río		107.50%
Experimental (con cal)	Arena de banco	NTE INEN 2518	112.50%
Experimental (con cal)	Arena de río		105.25%

Fuente: Autores (2025)

Aunque los valores de fluidez son cercanos (rango 105% - 112%), es importante notar que el mortero con arena de banco y cal obtuvo la mayor fluidez (112.50%) con una relación A/C de apenas 0.66. En contraste, la arena de río requirió saturarse de agua (A/C de 0.92 a 1.18) para lograr fluideces de 105% - 107%. Esto demuestra la baja trabajabilidad intrínseca que aporta la arena de río debido a su textura y exceso de finos.

Diseño de mezclas y dosificación

Para alcanzar la resistencia a compresión del mortero Tipo S, que según la NTE INEN 2518:2010 tiene una resistencia de 12.4 MPa y evaluar la incidencia de los agregados, se establecieron cuatro diseños de mezcla. Las cantidades de materiales se determinaron experimentalmente buscando mantener una consistencia plástica adecuada.

Las cantidades de materiales se determinaron de manera experimental, ajustando el contenido de agua hasta alcanzar una consistencia plástica uniforme que permitiera el correcto moldeo de las probetas, conforme a los criterios de la NTE INEN 488:2009. Este procedimiento se aplicó de forma independiente para cada tipo de agregado fino (arena de banco y arena de río), con el fin de evaluar su influencia en la dosificación y en el comportamiento del mortero.

Los valores finales de dosificación obtenidos para cada mezcla, expresados en masa y relación agua/cemento, se presentan en la tabla 6, correspondiente a las mezclas elaboradas con arena de banco, y en la tabla 7, para las mezclas elaboradas con arena de río.

Tabla 6. Dosificación de las mezclas (arena de banco)

Arena de banco			
Sin cal		Con cal	
Cemento	700 gr	Cemento	700 gr
Arena	1505 gr	Arena	1697.5 gr
Agua	455 gr	Cal	280 gr
		Agua	648 gr
a/c= 0.65		a/c= 0.66	

Fuente: Autores (2025)

Los resultados de la dosificación, de la tabla 6, indican que la arena de banco permitió obtener mezclas con relaciones agua/cemento relativamente bajas (0.65–0.66), manteniendo

una consistencia adecuada tanto en el mortero patrón como en el mortero con cal, lo que evidencia un comportamiento favorable del agregado fino.

Tabla 7. Dosificación de las mezclas (arena de río)

Arena natural de río			
Sin cal		Con cal	
Cemento	700 gr	Cemento	700 gr
Arena	1505 gr	Arena	1365 gr
Agua	823 gr	Cal	280 gr
		Agua	903 gr
a/c= 1.175		a/c= 0.92	

Fuente: Autores (2025)

En contraste, en la tabla 7 se muestra que las mezclas elaboradas con arena de río requirieron un mayor contenido de agua para alcanzar una consistencia plástica, registrándose relaciones agua/cementos significativamente superiores (0.92–1.18), lo cual se asocia a la elevada absorción y al alto contenido de finos del agregado.

Procedimiento experimental

El mezclado de los materiales se realizó de forma manual hasta garantizar la completa homogeneidad de los componentes. Para los ensayos de compresión del mortero, se fabricaron probetas cúbicas de 50 mm de arista, siguiendo los lineamientos de la norma NTE INEN 488:2009. La compactación se efectuó en dos capas para asegurar una densidad adecuada y minimizar el aire atrapado.

Para la caracterización de la mampostería, se elaboraron dos tipos de especímenes adicionales:

1. Prismas de mampostería: Se construyeron pilas de dos bloques unidos con mortero para evaluar la resistencia a la compresión axial (f_m^a), conforme a la norma ASTM C1314. Estos especímenes presentaron 40 cm de largo, 42 cm de alto y una sección transversal acorde al espesor del bloque de 10 cm.
2. Muretes de mampostería: Se construyeron paneles cuadrados para evaluar el comportamiento ante esfuerzos de corte mediante el ensayo de compresión diagonal, según la norma ASTM E519/E519M. Los muretes presentaron una longitud de diagonal aproximada de 0.90 m y un espesor de 0.10 m,

dimensiones compatibles con el marco de reacción del laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, de la Universidad Técnica de Manabí.

El curado se realizó una vez transcurridas 24 horas desde el moldeo, las probetas de mortero fueron desencofradas y sumergidas inmediatamente en una piscina de curado con agua, garantizando una hidratación continua del material hasta la edad de ensayo. Este procedimiento permite mantener condiciones adecuadas de humedad y temperatura, favoreciendo el desarrollo de las reacciones de hidratación del cemento y asegurando la uniformidad de las propiedades mecánicas. El curado de las probetas se realizó en estricto cumplimiento de los lineamientos establecidos en la ASTM C511.

En el caso de los muretes y prismas de mampostería, debido a sus dimensiones y configuración constructiva, se empleó un curado por rociado, asegurando una humedad constante para evitar la desecación prematura del mortero y replicar las condiciones reales de obra.

El ensayo de resistencia de cubos de morteros fue aplicado según NTE INEN 488:2009. La resistencia a la compresión se determinó utilizando una prensa hidráulica universal calibrada. Se ensayaron probetas de mortero a las edades de 7, 14 y 28 días para registrar la evolución de la resistencia. Por su parte, los muretes de mampostería fueron ensayados a la edad de 28 días. Los resultados de carga máxima kN fueron registrados y convertidos a esfuerzo MPa para su posterior análisis comparativo y validación estadística.

El comportamiento al corte del sistema bloque-mortero se evaluó mediante el ensayo de compresión diagonal en muretes, conforme a la norma ASTM E519/E519M. Se aplicó una carga monotónica creciente a lo largo de la diagonal utilizando un marco de reacción (figura 5), generando un estado de esfuerzos que simula la respuesta real de la mampostería ante esfuerzos cortantes en el plano.

Con el objetivo de complementar la evaluación del comportamiento mecánico de la mampostería, se elaboraron prismas de mampostería para determinar la resistencia a la compresión axial, conforme a la norma ASTM C1314. Este ensayo permite caracterizar la

capacidad resistente del sistema bloque-mortero frente a cargas gravitacionales, representativas del peso propio y de las cargas permanentes que actúan sobre los muros en servicio.

RESULTADOS

Resistencia a la compresión del mortero

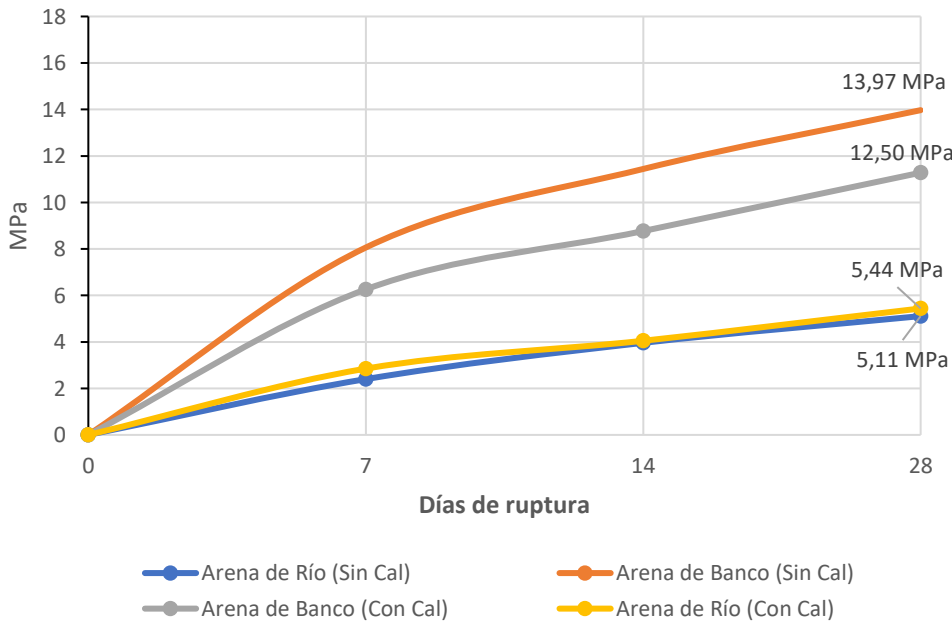
En la tabla 8 se muestran los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los cubos de mortero ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días. Los valores representan la resistencia promedio por tipo de arena (banco y río).

Tabla 8. Resistencia promedio a la compresión (MPa).

Edad (días)	Arena de banco (sin cal)	Arena de banco (con cal)	Arena de río (sin cal)	Arena de río (con cal)
7	8.06	6.26	2.40	2.85
14	11.44	8.77	3.96	4.05
28	13.97	12.50	5.11	5.44

Fuente: Autores (2025)

Figura 3. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: Autores (2025)

Para este estudio se estableció como objetivo alcanzar un mortero Tipo S según la norma NTE INEN 2518:2010. Al analizar los

resultados a los 28 días, se determinó que únicamente las mezclas elaboradas con arena de banco (con y sin cal) cumplieron con la

resistencia requerida para esta clasificación. Por el contrario, los morteros con arena de río (con y sin cal) no alcanzaron la resistencia mínima esperada, siendo clasificados como morteros de Tipo N y O, por consiguiente, se descartó la elaboración de prismas y muretes.

Compresión axial en prismas

Los resultados del ensayo de compresión axial en prismas de mampostería se presentan en la tabla 9, donde se indican las cargas máximas alcanzadas y la resistencia promedio correspondiente para cada configuración de mortero evaluada.

Tabla 9. Resultados de resistencia a la compresión axial en prismas (arena de banco)

Identificación	Mezcla	Carga máxima (kN)	Resistencia (MPa)
P1	sin cal	59.58	2.38
P2	con cal	72.75	2.91

Fuente: Autores (2025)

Figura 4. Modos de falla en compresión axial de prismas. (a) Prisma P1 sin cal. (b) Prisma P2 con cal.



Fuente: Autores (2025)

En el prisma sin cal (P1) se observa una falla concentrada principalmente en el bloque, con fractura evidente de la unidad. En el prisma con cal (P2), la fisuración se presenta de manera más distribuida entre bloque y mortero. Esto evidencia diferencias en el modo de falla bajo compresión axial entre ambas mezclas.

Compresión diagonal en muretes

Los resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de mampostería se presentan en la tabla 10, donde se reportan los valores de carga máxima aplicada y el esfuerzo cortante correspondiente para cada tipo de mortero.

Tabla 10. Resultados de resistencia a la compresión diagonal (arena de banco).

Identificación	Mezcla	Diagonal (m)	Espesor (m)	Carga (P) (kN)	Esfuerzo de corte (MPa)
M1	sin cal	0.900	0.10	38.41	0.43
M2	con cal	0.895	0.10	20.50	0.23

Fuente: Autores (2025)

Figura 5. Ensayo de compresión diagonal. (a) Murete M1 sin cal. b) Murete M2 con cal.



Fuente: Autores (2025)

En el murete sin cal (M1), la fisuración diagonal es directa y concentrada, atravesando el conjunto con menor desviación. En el murete con cal (M2) se observa una falla diagonal escalonada que se desarrolla principalmente a través de las juntas de mortero.

DISCUSIÓN

La investigación evaluó la incidencia de la cal hidratada y el tipo de agregado fino en el desempeño mecánico de la mampostería. Los resultados permitieron establecer tres niveles de análisis: la pasta cementante, el mortero como material y el comportamiento del sistema mampostería.

En primer lugar, el ensayo de vicat demostró que la incorporación de cal actúa como un regulador de fraguado, retrasando el tiempo inicial en 15 minutos. Este comportamiento confirma la capacidad de la

cal para retener agua, lo cual extiende el tiempo de fraguado de la mezcla, facilitando la colocación de los bloques en climas cálidos como el de Portoviejo, sin afectar negativamente el endurecimiento final según la norma NTE INEN 158.

En cuanto a la resistencia a la compresión del mortero (cubos), se ratifica que la calidad del agregado es el factor dominante. El uso de arena de río redujo la resistencia en más del 60% respecto a la arena de banco. Este comportamiento se encuentra directamente asociado al elevado contenido de finos y a la presencia de materia orgánica en la arena de río, confirmados mediante los ensayos de sedimentación y colorimetría, los cuales incrementan la demanda de agua y afectan la adherencia pasta-agregado. En este escenario, la cal tuvo un efecto marginal en los cubos, actuando como filler en la arena deficiente,

pero diluyendo la resistencia en la arena de calidad.

De acuerdo con los criterios establecidos en la norma NTE INEN 2518:2010, el objetivo del estudio fue alcanzar un mortero Tipo S. Al analizar los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días, se evidenció que únicamente las mezclas elaboradas con arena de banco, con y sin cal, cumplieron con la resistencia mínima requerida para dicha clasificación. En contraste, los morteros fabricados con arena de río no alcanzaron los valores exigidos, siendo clasificados como morteros de Tipo N y O.

Debido al bajo desempeño mecánico del mortero elaborado con arena de río, su uso fue descartado para la construcción de prismas y muretes, concentrándose el análisis del sistema mampostería exclusivamente en mezclas elaboradas con arena de banco.

En los ensayos de prismas sometidos a compresión axial, la mezcla con cal presentó una resistencia 22% superior a la mezcla sin cal (2.91 MPa frente a 2.38 MPa). Mientras el prisma sin cal alcanzó prácticamente la misma resistencia que el bloque individual, evidenciando una falla gobernada por la unidad, el prisma con cal mostró una mayor capacidad resistente del conjunto. Este comportamiento indica que la incorporación de cal favoreció una mejor interacción bloque-mortero y una distribución más uniforme de las cargas, permitiendo que el sistema mampostería trabajara de manera más integrada bajo compresión axial.

Por el contrario, en los muretes (compresión diagonal), la cal redujo la resistencia al corte un 46% (0.43 a 0.23 MPa). El murete M1 (sin cal) alcanzó la carga máxima (38.41 kN) desarrollando una falla diagonal directa que fracturó los bloques, evidenciando una excelente adherencia que confirió comportamiento monolítico al sistema. En contraste, el murete M2 (con cal) falló prematuramente (20.50 kN) mediante un patrón escalonado a través de las juntas; la mayor demanda de agua de la cal debilitó la interfaz bloque-mortero, provocando el colapso por cizallamiento antes de agotar la

resistencia a tracción de las unidades. Esto implica que, aunque la cal mejora la trabajabilidad, su uso en muros de corte estructurales con agregados de alta absorción debe ser limitado, ya que la pérdida de adherencia compromete la resistencia del conjunto.

CONCLUSIONES

La incorporación de cal hidratada en el mortero actuó como regulador del tiempo de fraguado, incrementando el tiempo inicial en aproximadamente 15 minutos según el ensayo de vicat. Este efecto favorece la trabajabilidad y la colocación de la mampostería en condiciones climáticas cálidas, sin comprometer el endurecimiento final del material.

La calidad del agregado fino resultó ser el factor más influyente en la resistencia a la compresión del mortero. La arena de río presentó un desempeño mecánico deficiente, con reducciones superiores al 60% en resistencia, atribuibles a su inapropiada cantidad de finos y presencia de materia orgánica, confirmados mediante los ensayos de sedimentación y colorimetría, lo que justificó su descarte para la evaluación del sistema mampostería. En consecuencia, solo las mezclas elaboradas con arena de banco cumplieron con los requisitos de resistencia asociados a un mortero Tipo S.

En los ensayos de compresión axial de prismas elaborados con arena de banco, la mezcla con cal superó en un 22% la resistencia de la mezcla sin cal, evidenciando una mejor compatibilidad mecánica entre el mortero y el bloque, y una distribución más uniforme de las cargas dentro del sistema mampostería.

Por el contrario, los ensayos de compresión diagonal en muretes revelaron que la cal redujo la resistencia al corte en un 46%. Este comportamiento se atribuye a un debilitamiento de la adherencia en la interfaz bloque-mortero, evidenciado por un cambio en el modo de falla: de un comportamiento monolítico en la mezcla sin cal, a una falla escalonada por las juntas en la mezcla con cal.

En función de los resultados, el uso de morteros híbridos con cal es técnicamente viable y beneficioso para muros sometidos a cargas gravitacionales (peso propio). Sin embargo, su aplicación en muros de corte estructurales en zonas sísmicas debe restringirse o analizarse con rigor, ya que la ganancia en deformabilidad conlleva una pérdida significativa de adherencia diagonal.

Finalmente, este estudio aporta información experimental relevante para el diseño y selección de morteros de mampostería en la provincia de Manabí, contribuyendo al uso racional de materiales locales y al desarrollo de soluciones constructivas acordes a las condiciones técnicas y normativas del Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM International. (2020). *ASTM C40/C40M: Standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete*. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2021a). *ASTM C1314: Standard test method for compressive strength of masonry prisms*. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2021b). *ASTM C511: Standard specification for mixing rooms, moist cabinets, moist rooms, and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concretes*. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2021c). *ASTM E519/E519M: Standard test method for diagonal tension (shear) in masonry assemblages*. West Conshohocken, PA.
- Carro, A. N., & Rojas, A. C. (2018). Influencia de la cal en el mortero. *Métodos & Materiales*, 8, 1–10. <https://doi.org/10.15517/mym.v8i1.32892>
- Galván Ruiz, M., & Velázquez Castillo, R. (2011). Cal, un antiguo material como una renovada opción para la construcción. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 7(1), 93–102. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Guzmán Benítez, B., Cuevas Sandoval, A., Barragán Trinidad, R., & Sánchez Calvo, M. (2017). Incidencia de los componentes en la resistencia del mortero utilizado en Chilpancingo Guerrero. *Innova Ingeniería*. <https://innovaingenieria.uagro.mx/innova/index.php/innova/article/view/8/8>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2024). *Estadísticas de edificaciones (ESED) anual 2024*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2024/anual/2.2024_ESED_Principales_resultados.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2009a). *NTE INEN 158: Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat* (1ra rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2009b). *NTE INEN 2502: Cemento hidráulico. Determinación del flujo en morteros*. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2009c). *NTE INEN 488: Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista* (2da rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010a). *NTE INEN 151: Cemento hidráulico. Definición de términos* (3ra rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010b). *NTE INEN 247: Cal hidratada para uso en mampostería. Requisitos* (1ra rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010c). *NTE INEN 2518: Morteros para unidades de mampostería. Requisitos*. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010d). *NTE INEN 855: Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón* (1ra rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010e). *NTE INEN 856: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino* (1ra rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010f). *NTE INEN 858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y vacíos en los áridos* (1ra rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). *NTE INEN 696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso* (1ra rev.). Quito, Ecuador.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2012). *NTE INEN 2617: Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos*. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2016a). *NTE INEN 296: Ladrillos cerámicos. Determinación de la absorción de humedad* (2da rev.). Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2016b). *NTE INEN 3066: Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*. Quito, Ecuador.
- Jinmer Bravo, A., & Anderson Núñez, F. (2024). Evaluación de morteros con óxido de calcio y sulfato de calcio hidratado para uniones en mampostería. *C&T Riqchary Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología*, 6(1), 37–43. <https://doi.org/10.57166/riqchary.v6.n1.2024.120>
- Muciño Vélez, A., Guillén Guillén, C., Tahuiton-Mora, A., & Orozco Mendoza, E. (2022). Influencia de la arena en la resistencia mecánica del mortero empleando diferentes marcas de cemento. *CIENCIA ergo-sum*, 29(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-87822022000100153#ref11
- Suculanda Piñacela, D., & Vicente Quezada, B. (2025). *Determinación de daños en mampostería de ladrillo panelón bajo cargas de servicio*. Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45991>
- Viera, P., & Acero, M. (2022). Diseño de un mortero a partir de la caracterización de cal producida. *Novasineria*, 5(2), 158–173. <https://doi.org/10.37135/ns.01.10.09>

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Arteaga Zambrano, L. A., Cusme Tuárez, L. N., & Ruiz Párraga, W. E. (2026)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.