

INFLUENCIA DEL ACONDICIONAMIENTO DE LADRILLOS DE ARCILLA SOBRE LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA POR CORTE DE LA ALBAÑILERÍA



C. Briceño

Candidato PhD
 Universidade do Minho,
 ISISE, Dep.
 Engenharia Civil,
 Guimarães
 id8649@uminho.pt



M. Azenha

Professor Auxiliar,
 Universidade do Minho, ISISE,
 Dep. Engenharia Civil,
 Guimarães
 miguel.azenha@civil.uminho.pt



G. Vasconcelos

Professora Associada
 Universidade do Minho,
 ISISE, Dep. Engenharia
 Civil, Guimarães
 graca@civil.uminho.pt



P. B. Lourenço

Professor Catedrático
 Universidade do Minho,
 ISISE, Dep.
 Engenharia Civil,
 Guimarães
 pbl@civil.uminho.pt

RESUMEN

Las propiedades físicas de las unidades (ladrillos) y el mortero afectan a la adherencia entre ellos, así como el rendimiento mecánico de la albañilería. Particularmente, para las unidades, la tasa de absorción inicial puede estar influenciada por el contenido de humedad durante la etapa constructiva. Este trabajo tiene como objetivo comprender la influencia de diferentes acondicionamientos de ladrillos (sin inmersión en agua, sumergidos durante 1 - 2 segundos, y sumergidos durante 30 minutos) en la resistencia a la adherencia por corte de la albañilería; considerándose dos morteros pre – mezclados altamente comercializados en Portugal para su construcción. Los resultados sugieren que, independientemente del tipo de mortero, la resistencia al corte asociado a unidades que fueron sumergidas un mayor tiempo fue superior a aquellas referentes los otros casos de acondicionamiento.

Palabras-clave: Acondicionamiento de ladrillos de arcilla; albañilería de ladrillos de arcilla; resistencia a la adherencia por corte, morteros portugueses pre – mezclados

1. INTRODUCCIÓN

Para alcanzar un eficiente comportamiento en términos estructurales, de serviciabilidad y de durabilidad de las construcciones de albañilería, es necesario garantizar la adecuada adherencia entre las unidades y el mortero. Esto debido a que las juntas entre componentes

de la albañilería pueden resultar vulnerables ante diferentes sollicitaciones externas, tales como eventos sísmicos, y propensas a la degradación a largo plazo ante agentes ambientales [1], [2].

La adherencia entre componentes de la albañilería está asociada a dos mecanismos de conexión, de carácter mecánico y químico [1]. El primer mecanismo se origina debido al enlace mecánico de los productos de hidratación y/o carbonatación del mortero en los poros de la superficie de apoyo [2]. Dichos productos son afectados tanto por la composición de mortero, como por la cantidad de agua disponible durante el periodo de hidratación de los aglomerantes, así como por el periodo de exposición al medio ambiente. Por otro lado, el mecanismo químico hace referencia a las reacciones químicas entre las unidades y el mortero, en el cual las fuerzas covalentes y de van der Waals aportan a la adherencia entre ambos [3]–[5].

Existen diversos factores que influyen la adherencia entre componentes en la albañilería: (a) características de la unidad, tales como absorción, contenido de humedad, textura superficial, material, entre otros; (b) propiedades del mortero, como su composición, distribución granulométrica del agregado, retentividad del agua, uso de aditivos, etc.; (c) factores ambientales relacionados a la temperatura, humedad y condiciones de curado de la albañilería; así como (d) la mano de obra, relacionado principalmente al método de asentamiento de las unidades de albañilería [1], [6], [7]. Dentro de estos factores, se observa que en investigaciones anteriores [8], [9], que la absorción superficial por parte de la unidad de albañilería, y la retentividad del agua del mortero representan factores cruciales para el desarrollo de una adherencia óptima, ya que estos definen la velocidad de volumen de la transferencia del agua, así como la cantidad de agua disponible en la interface. Lawrence y Cao [10] resaltan la importancia del contenido de humedad de la unidad debido a la influencia en la absorción de los productos de hidratación del aglutinante del mortero, a fin de que se desarrolle la permeación de estos productos en los vacíos de la unidad. Adicionalmente, existen múltiples campañas experimentales [7], [11]–[14] en las que se ha tomado en consideración el contenido de humedad de la unidad de albañilería durante el proceso de construcción. Así, es claro que se debe buscar la optimización entre la demanda y disponibilidad de agua en la interfaz para garantizar el desarrollo adecuado de adherencia entre unidades y mortero. Por ello, este trabajo tiene como objetivo comprender la influencia de diferentes condiciones de acondicionamiento de los ladrillos sobre la adherencia de componentes y en su comportamiento mecánico ante cargas de corte.

Se consideró tres variaciones para el estado de humedad de las unidades previo a la ejecución del proceso constructivo: (C1) Sin inmersión en agua; (C2) inmersión en agua por 1 – 2 segundos; e (C3) inmersión durante un periodo de 30 minutos en agua; a fin de evaluar estas condiciones en la resistencia a la adherencia por corte de la albañilería. Para cada condición, la construcción de los especímenes debe realizarse dentro de los 30 minutos siguientes a la finalización del acondicionamiento de las unidades (EN 1052-3 [15]). Asimismo, para la fabricación de los especímenes de albañilería se utilizaron dos morteros pre – mezclados altamente comercializados en Portugal, así como ladrillos de arcilla maciza y ranurada. Los tripletes de albañilería se construyeron siguiendo los lineamientos indicados según EN 1052-3 [15], a fin de realizar ensayos de corte según las indicaciones del mismo estándar. Así, tres especímenes para cada condición fueron ensayados, teniendo en cuenta tres niveles

diferentes de pre – compresión: 0,2 MPa, 0,6 MPa, y 1 MPa. Además, se estudió las propiedades frescas y endurecidas a los 28 días de edad de los morteros utilizados con la finalidad de realizar un control de calidad y caracterización mecánica.

1.1 Morteros pre – mezclados comerciales

Se escogieron dos tipos de morteros pre – mezclados comerciales en Portugal, debido a su disponibilidad, fácil uso, y calidad, los cuales se denominaron para esta investigación como PM1 y PM2 y cuyas características generales son indicadas en la Tabla 1.

La descripción de la composición de ambos morteros pre – mezclados son especificados parcialmente por los productores, sin indicar las proporciones de los componentes ni características específicas. Las dos opciones escogidas de morteros pre – mezclados se diferencian entre sí por la clase de mortero a la cual son asociadas, y diferentes tipos de aglutinantes en su composición.

Aunque en las especificaciones dadas por los productores están indicadas las relaciones de agua y mortero pre – mezclado, ver la Tabla 1, se decidió ajustar dichas relaciones considerando la experiencia del albañil profesional, resultando en el valor de 0,13 como ratio para ambos morteros. Este valor se determinó considerando valores de flujo adecuado con base a la experiencia del albañil, de modo que una ratio de 0,13 asegure un valor de flujo dentro de un rango de $150 \pm 10\text{mm}$ y $140 \pm 10\text{mm}$ para los morteros pre – mezclados PM1 y PM2, respectivamente. Es importante mencionar que dichos valores de esparcimiento difieren entre sí debido a la diferente viscosidad de ambos morteros, probablemente ocasionado por la participación de diferentes aditivos en sus composiciones. Cabe mencionar que el proceso de mezclado fue realizado por un albañil profesional en el laboratorio, cuyas condiciones ambientales eran alrededor de $\sim 21 \pm 1^\circ\text{C}$ y $70 \pm 5\%$ humedad relativa.

Tabla 1. Características de los morteros pre-mezclados

Mortero pre – mezclado	Resistencia a la compresión según productor a los 28 días [MPa]	Composición según las especificaciones dadas por el productor	Agua/aglutinante (en peso) especificado por el productor	Agua/aglutinante (en peso) utilizado en la campaña
PM1	>10	Cemento, cal, agregados y aditivos químicos (no especificados)	0,14 – 0,16	0,13
PM2	>5	Cemento Portland, arena graduada y aditivos para mejorar la trabajabilidad y la adherencia	0,16 – 0,18	0,13

1.2 Acondicionamiento de las unidades y construcción de la albañilería

Según los estándares europeos para la ejecución de ensayos mecánicos en especímenes de albañilería (EN 1052), no existe alguna recomendación o especificación respecto a la condición de la unidad previa a la construcción de la albañilería. Sin embargo, RILEM LUM B1 [16] menciona que debe de considerarse que las unidades estén en un estado

de humedad apropiado a fin de asegurar la correcta interacción entre ellas y el mortero aplicado. Dado que el acondicionamiento es la principal variable dentro de esta investigación, se adoptaron tres variaciones, mostradas en la Figura 1a, para el estado de humedad las unidades previo a la construcción de la albañilería: (C1) Sin inmersión en agua; (C2) inmersión en agua por 1 – 2 segundos; e (C3) inmersión durante un periodo de 30 minutos en agua. La última condición fue incluida a fin de representar las prácticas en campo, de modo que los ladrillos de arcilla alcancen un estado de humedad apropiado. Respecto a la unidad de albañilería utilizada, se optó por ladrillos macizos y ranurados de arcilla, de dimensiones de 215×102×65 mm que fueron suministrados por Wienerberger (ver Tabla 2).

Tabla 2. Características del ladrillo de arcilla utilizado en la campaña

Propiedades físicas y mecánicas				
Resistencia a compresión [MPa]	Absorción de agua [%]	Tasa de absorción inicial [kg/(m ² ·min)]	Densidad neta [kg/m ³]	Densidad bruta [kg/m ³]
12	15	1 - 5	1800	1650

Respecto al proceso constructivo, se siguió las especificaciones indicadas en el estándar EN 1052 – 3, por lo que la fabricación de los especímenes se realizó en menos de 30 minutos después de la finalización del acondicionamiento de las unidades y de la mezcla del mortero. Además, inmediatamente después de la construcción, se les aplicó una pre – compresión asociada a una masa distribuida uniformemente sobre el espécimen, a fin de dar un esfuerzo vertical en el rango de 0,002 – 0,005 MPa (Figure 1b).

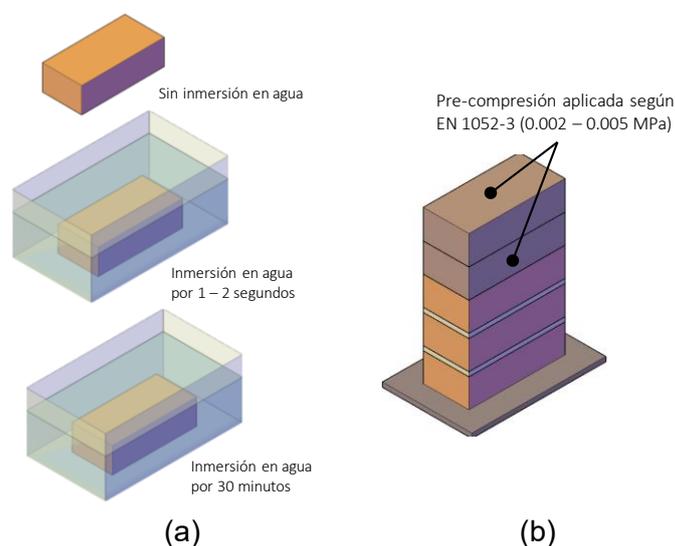


Figura 1. Acondicionamiento (a) de ladrillos de arcilla y (b) especímenes de albañilería

Se consideró una pequeña cantidad de cada mortero utilizado para la determinación de propiedades frescas del mortero (trabajabilidad y retentividad de agua), así como para la elaboración de prismas de control de las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y a la flexión) a los 28 días de edad.

1.3 Detalles de la configuración experimental

Las propiedades frescas de los morteros fueron obtenidas aplicando los lineamientos indicados en el estándar EN 1015 – 3 [17] y BS 4551 : 2005 [18] para determinar el valor de flujo (trabajabilidad) y retentividad de agua, respectivamente. Por otro lado, respecto a las resistencias a compresión y flexión a los 28 días de edad, los especímenes prismáticos fueron ensayados según el estándar EN 1015 – 11 [19].

Respecto a los especímenes de albañilería, se ensayaron un total de 54 tripletes según el estándar EN 1052 – 3, ensayándose tres tripletes por cada combinación de acondicionamiento de unidad, tipo de mortero, y nivel de pre – compresión (0,2 MPa, 0,6 MPa y 1 MPa). Estos especímenes fueron rectificadas con una resina epóxica en aquellas superficies que estarían en contacto con sistema mecánico a fin de garantizar la transmisión correcta de fuerzas en dichas superficies (Figura 2a). Sin embargo, es necesario mencionar que las condiciones C1 y C2 resultaron más frágiles y difíciles de manipular y movilizar, por lo que, en algunos casos, se ensayó uno o dos especímenes por combinación. Para la aplicación de la pre – compresión se utilizó un actuador, manteniendo la carga constante durante todo el ensayo. Respecto a la carga de corte, esta se aplicó mediante un actuador diferente, aplicando una carga vertical con control de desplazamiento a una velocidad de 3 micras/segundo y una frecuencia de adquisición de 4 Hz. Asimismo, se utilizaron dos LVDTs en los lados opuesto de espécimen (Figura 2b), para la medición del deslizamiento relativo entre unidades. A diferencia de los especímenes de mortero, todos los ensayos de corte se ejecutaron a los 60 días de edad.

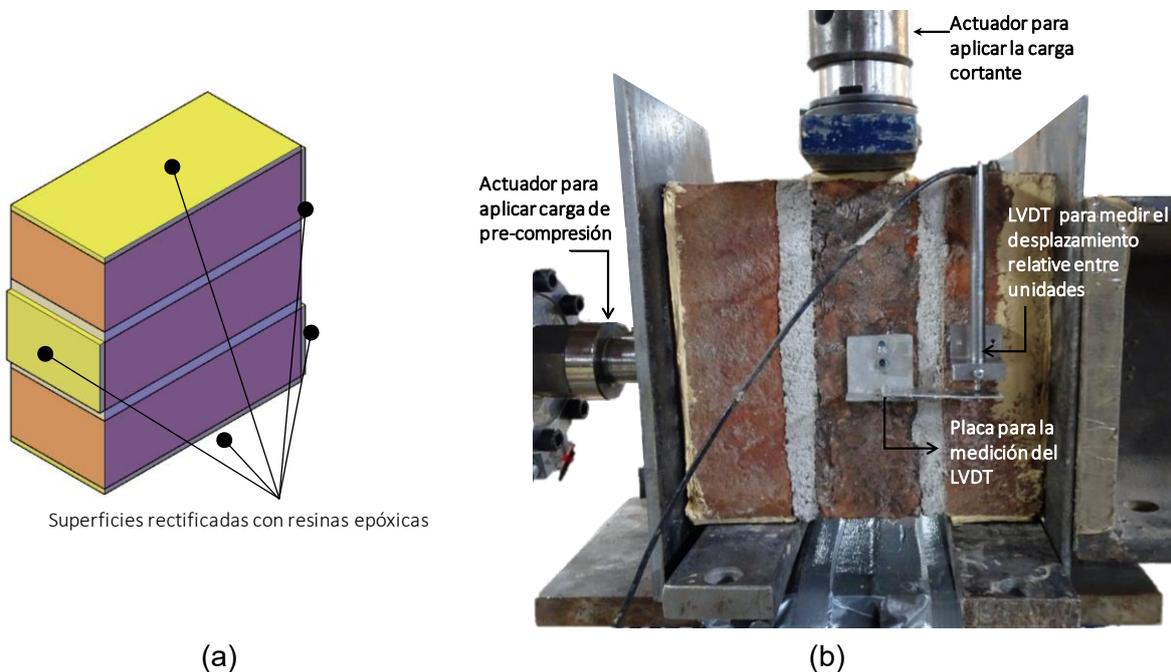


Figura 2. Ensayo de corte según EN 1052-3: (a) Indicación de superficies rectificadas en los tripletes; (b) detalles de la configuración para la ejecución del ensayo de corte

2. RESULTADOS

2.1 Caracterización del mortero

Los morteros pre-mezclados fueron ensayados inmediatamente después del proceso de mezcla para el estudio de las propiedades frescas y a los 28 días de edad con la finalidad de realizar un control de calidad de la resistencia a flexión y compresión (Tabla 3). Respecto al estado fresco, se observó que en ambos casos los valores de flujo asociados a la trabajabilidad están dentro de los rangos deseados, y que sus capacidades de retención de agua son altas, superiores al 95%. Respecto a las propiedades relacionadas al estado endurecido, según los proveedores, los morteros PM1 y PM2 tendrán a los 28 días de edad una resistencia a compresión mínima de 10 y 5 MPa, respectivamente. Sin embargo, dichos valores de resistencia están asociados a las ratios de agua y cantidad de mortero pre – mezclado indicados por los productores. Como se indicó en la Sección 1.1, se optó por otra ratio de agua/mortero pre – mezclado, por lo que los valores de las resistencias mecánicas podían ser diferentes a las esperadas según las especificaciones comerciales. Evaluando las resistencias a flexión de ambas mezclas, se observa que la mezcla PM1 tiene una resistencia equivalente al 50% de la obtenida con la mezcla PM2. Sin embargo, dicho patrón no se repite en la resistencia a la compresión, en la cual se observa que los valores son similares entre ambas mezclas. Adicionalmente, resulta importante indicar los valores considerables de variabilidad que se obtuvieron en las resistencias referentes a la mezcla PM1 en comparación con la otra opción.

Tabla 3. Caracterización mecánica de control de los morteros pre-mezclados utilizados en la campaña experimental

Tipos de mortero	Propiedades frescas		Propiedades endurecidas	
	Valor de flujo [mm] (CoV [%])	Retentividad de agua [%] (CoV [%])	Resistencia a la flexión [MPa] (CoV [%])	Resistencia a la compresión [MPa] (CoV [%])
PM1	142,50 (1,81)	96,57 (1,40)	2,28 (16,0)	9,47 (11,62)
PM2	135,88 (3,38)	99,55 (0,25)	4,57 (5,37)	9,30 (5,18)

Algunos factores relacionados al mortero tales como características del agregado utilizado, ratios de aglutinantes, retentividad de agua, así como contenido de agua [20] son usualmente considerados como influyentes sobre la resistencia al corte en la albañilería. Sin embargo, también es viable tomar en cuenta las características mecánicas para realizar una comparación del rendimiento de ambos tipos de mortero. Dado que ambos morteros presentan resistencia a la compresión similares a los 28 días, podría esperarse las resistencias de adherencia por corte a nivel albañilería podrían ser similares. Por otro lado, una de las principales diferencias entre los morteros es su composición, y aunque no se cuente con las proporciones de mezcla especificadas por los productores, sí está indicado que la mezcla PM1 corresponde a un mortero cuyo aglutinante está compuesto por cemento y cal, mientras que para el caso del PM2, sólo de cemento (Tabla 1). Por ello, también

resultaría interesante evaluar los resultados a nivel albañilería considerando esta particularidad.

2.2 Resultados experimentales de los especímenes de albañilería

En la Figura 3, se muestran gráficamente los resultados de la resistencia al corte – desplazamiento considerando cada uno de los tres tipos de acondicionamiento, dos tipos de morteros, y los tres niveles de pre – compresión.

Los resultados de los LVDTs utilizados en los especímenes son mostrados para cada caso de pre – compresión, por lo que se muestran dos curvas en cada gráfico. Se observa que existen casos en los que el deslizamiento entre unidades no ocurre de manera simultánea, y que además las capacidades cortantes van aumentando a medida que la pre – compresión aplicada aumenta.

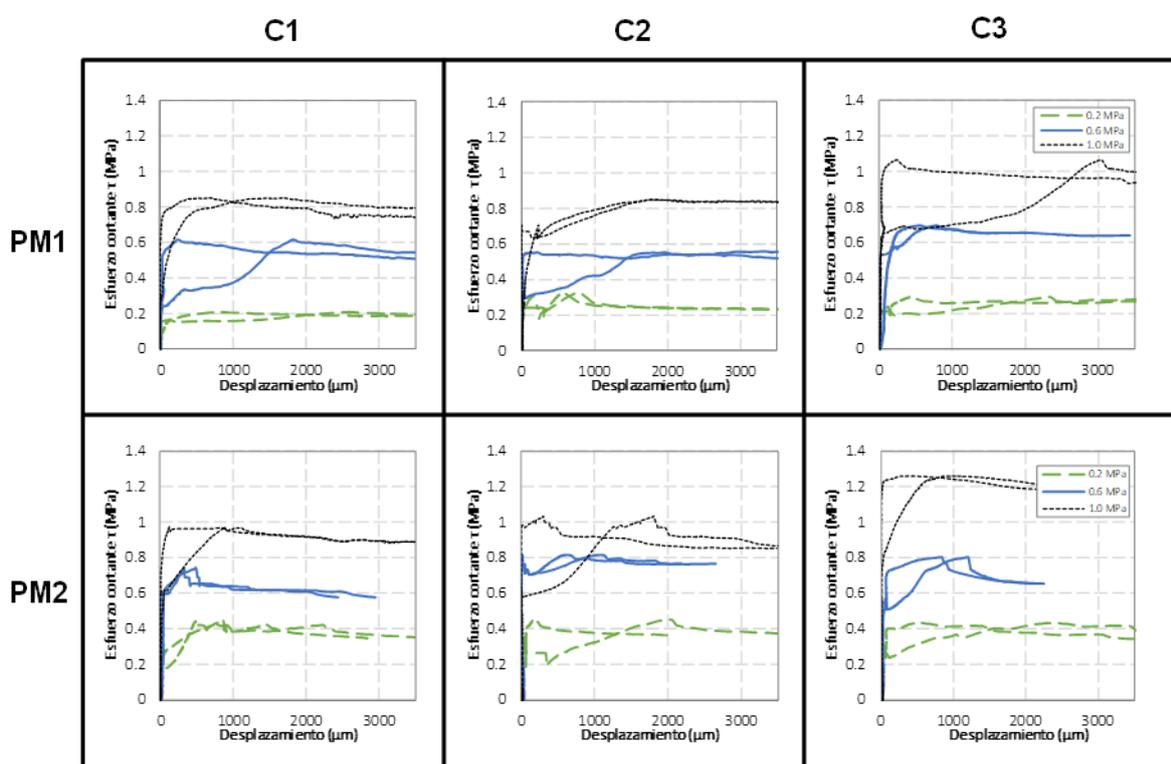


Figura 3. Esfuerzo cortante en función del desplazamiento entre unidades para diferentes especímenes de albañilería con mortero PM1 y PM2

La Tabla 4 muestran los valores del esfuerzo cortante medio, el cual representa el promedio de los resultados experimentales obtenidos de cada caso. Considerando como variable el tipo de mortero utilizado, se observa que los resultados asociados a la mezcla PM2 son mayores a los correspondientes a la mezcla PM1 independientemente de la opción de acondicionamiento aplicada a las unidades. Así, considerando los valores medios, las resistencias asociadas a PM2 con respecto a los valores con PM1, resultaron superiores en un rango de 10 – 40 %, con excepción de la condición C1, en la cual la diferencia excede en más del 110%. En otras palabras, el mortero PM2 mostró un desempeño menos influenciado por el acondicionamiento de los ladrillos, lo cual podría indicar que este mortero es más

tolerante a prácticas de construcción menos completas. Por otro lado, considerando como variable las opciones de acondicionamiento se observa que independientemente del tipo de mortero utilizado, los valores asociados a la condición C3 siempre son mayores a las de las otras dos condiciones. Particularmente, considerando como referencia a los valores referentes a la condición C1, se observa que los valores asociados a C3 resultan ser mayores en un rango de 8.2 – 95.2 % en el caso de la mezcla PM1, mientras que para la mezcla PM2, los valores resultan mayores, pero con un rango menor de 2.2 – 13.5 %. Además, cuando se observan las diferencias entre los resultados asociados las condiciones C1 y C2, se encuentran generalmente menores contrastes (-8.7 – 4.7%), a excepción del caso PM1C1 para el nivel de 0,2 MPa, pero esta anomalía podría justificarse debido a la alta dificultad para la ejecución de los ensayos, debido a la fragilidad de los mismos, para ensayar en dicha condición.

Tabla 4. Valores del esfuerzo cortante máximo para diferentes niveles de pre – compresión

	Conditioning of bricks/Shear stress - τ (MPa)	Pre-compression stress - σ (MPa)		
		0,2 (CoV %)	0,6 (CoV %)	1,0 (CoV %)
PM1	C1	0,21 (-)	0,61 (3,82)	0,863 (44,25)
	C2	0,32 (2,14)	0,56 (6,37)	0,88 (3,39)
	C3	0,41 (31,72)	0,66 (13,03)	1,06 (2,26)
PM2	C1	0,46 (16,75)	0,74 (0,08)	1,06 (12,48)
	C2	0,42 (11,98)	0,77 (5,39)	1,01 (4,02)
	C3	0,47 (7,31)	0,84 (5,25)	1,17 (15,00)

La resistencia la corte asociada a albañilería no reforzada puede ser asociada a la expresión de la fricción al corte de Mohr-Coulomb [20]–[22]:

$$f_v = f_{v0} + \mu\sigma_d \quad (1)$$

donde f_{vk} = resistencia al corte en el momento de la pérdida de la adherencia por corte; f_{v0} = resistencia a la adherencia por corte con esfuerzo normal nulo debido a la resistencia a la adherencia del mortero; μ = coeficiente de fricción interna entre la unidad y el mortero; σ_n = esfuerzo normal. Así, es posible obtener parámetros como el coeficiente de fricción y cohesión de los resultados experimentales, los cuales son mostrados en la Figura 4.

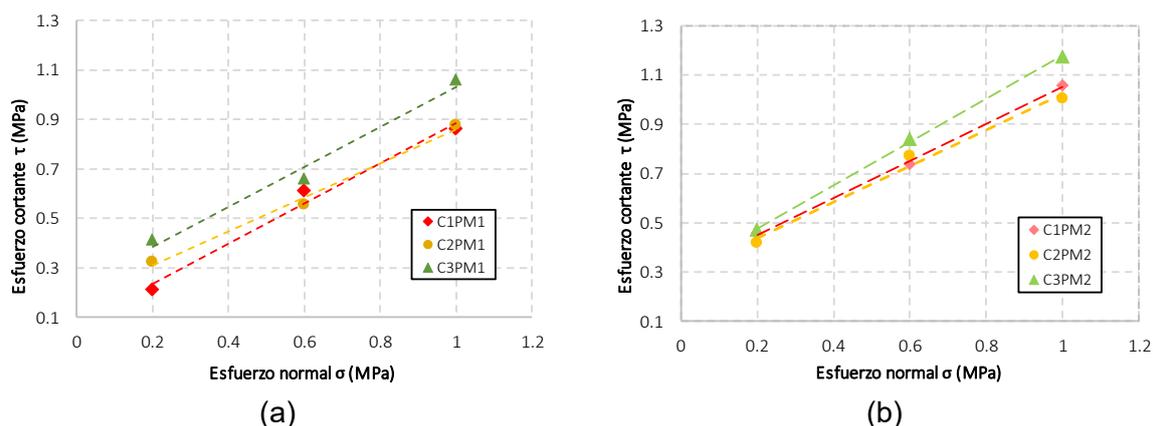


Figura 4. Esfuerzo normal (pre-compresión) versus al esfuerzo cortante para especímenes de albañilería con diferentes combinaciones de morteros pre – mezclados y acondicionamiento de unidades de arcilla: (a) PM1, (b) PM2

La linealidad de las relaciones entre el esfuerzo normal pre-compresión y el esfuerzo cortante debe de garantizarse al asociar los resultados experimentales a la expresión Mohr-Coulomb, por lo que se realizó la regresión lineal a cada secuencia de valores asociados al mismo tipo de mortero y de acondicionamiento. Para la mezcla PM1 (Figura 4a), se obtuvo R^2 valores de 0,98, 0,99 y 0,98 para las condiciones C1, C2 y C3, respectivamente. Similarmente, para la mezcla PM2, se comprobó que el valor de R^2 era 0,99 para los tres casos de acondicionamiento de las unidades. Los valores de los parámetros se muestran en la Tabla 5. El valor más alto de esfuerzo cortante inicial corresponde al mortero PM2 con acondicionamiento C1 y C3; mientras que, para el coeficiente de fricción, el valor más alto resultó a la combinación del mortero PM2 con el acondicionamiento C3.

Tabla 5. Características de las juntas para diferentes combinaciones de tipos de morteros y unidades con diferentes acondicionamientos

	Acondicionamiento de las unidades	Cohesión [MPa] - c	Ángulo de fricción (φ)	Coefficiente de fricción ($\tan \varphi$)
PM1	C1	0,07	39,35	0,82
	C2	0,17	34,61	0,69
	C3	0,23	39,00	0,81
PM2	C1	0,30	36,87	0,75
	C2	0,29	36,13	0,73
	C3	0,30	41,35	0,88

En el caso de la mezcla PM1, se observa claramente un patrón ascendente del valor de cohesión a medida que se aumenta el tiempo de inmersión en agua de las unidades, lo cual no ocurre para el coeficiente de fricción. Por otro lado, para la mezcla PM2, se identificó valores similares de cohesión, independientemente del acondicionamiento de las unidades.

Mientras que, para el coeficiente de fricción, se observa la similitud de valores entre los resultados asociados al acondicionamiento C1 y C2, siendo mayor para la condición C3.

Asimismo, es interesante señalar que, pese a que las resistencias a compresión de los morteros resultaron ser similares a los 28 días, los valores experimentales (Tabla 4) resultaron ser mayores para la mezcla PM2 en todos los casos, lo cual se observa nuevamente en la Tabla 5, en términos de cohesión. En general, realizando una comparación entre cada valor asociado al mismo nivel de pre – compresión y acondicionamiento, se puede ver que las diferencias entre valores de los parámetros son mayores para el parámetro de la cohesión que para el coeficiente fricción. De hecho, es posible observar que esta diferencia entre valores de cohesión entre PM1 y PM2 para el mismo nivel de pre – compresión y acondicionamiento, va disminuyendo a medida que el tiempo de inmersión es mayor. Cabe mencionar que, aunque es esperado que los valores de los parámetros sean menores a medida que se degrada el acondicionamiento de las unidades (C1 y C2), en el caso particular PM2, dicha degradación no genera un impacto tan evidente.

Una diferencia particular entre los morteros era que la mezcla PM1 considera como aglutinante una combinación de cemento y cal, mientras que PM2, solo cemento, lo cual podría tener un efecto sobre las resistencias a la edad de 60 días. En especial, para el caso de la mezcla PM1, puesto que la carbonatación asociada a la presencia de cal podría repercutir a una ganancia de resistencia, que podría esperarse verse reflejado en los resultados de los ensayos de corte a nivel albañilería. Sin embargo, esto no ocurrió quizás debido a la cantidad limitada de cal presente en la mezcla PM2 para poder tener un efecto considerable en el tiempo.

3. CONCLUSIONES

En este trabajo se estudia la influencia del acondicionamiento de ladrillos de arcilla previa a la etapa constructiva en la resistencia a la adherencia por corte de la albañilería, por lo que se construyeron tripletes utilizando dos tipos diferentes de mortero pre-mezclados comerciales y portugueses, en conjunto con tres condiciones diferentes de acondicionamiento para el estado de humedad de las unidades. Estos especímenes fueron sometidos a diferentes niveles de pre-compresión, según la normativa EN 1052 – 3. Se encontraron rangos de valores de resistencia al corte de 0,21 – 1,06 MPa y 0,44 – 1,17 MPa para los especímenes con morteros PM1 y PM2, respectivamente. Además, considerándose los resultados asociados a la mezcla PM1, los parámetros de cohesión y coeficiente de fricción variaban de 0,07 – 0,23 y 0,69 – 0,82, respectivamente; mientras que para PM2, sus rangos eran de 0,29 – 0,30 y 0,73 – 0,88. Así, fue posible concluir lo siguiente:

- 1) Los valores más altos de la resistencia al corte, así como de los parámetros de fricción y cohesión corresponden al acondicionamiento que implica la inmersión en agua por media hora (C3), lo cual se cumple independientemente del tipo de mortero aplicado.
- 2) Los resultados asociados al mortero PM2 dan a entender que los parámetros de cohesión y coeficiente de fricción no son altamente influenciados por el acondicionamiento de las unidades, e incluso que las condiciones referentes a unidades sin inmersión (C1) e inmersas por unos segundos (C2) muestran resultados

similares. Mientras que para el mortero PM1, se ve la influencia de la humedad de las unidades sobre la cohesión, debido a su aumento gradual a medida que el tiempo de inmersión aumenta.

- 3) Pese a presentar resistencias a la compresión similares a los 28 días, los resultados de resistencia por corte en los especímenes de albañilería mostraron diferencias considerables. Esto puede justificarse por la composición de los morteros aplicados, lo cual pudo tener influencia en el desarrollo de la adherencia entre materiales en conjunto con el acondicionamiento de unidades.
- 4) Independientemente de los resultados numéricos, fue posible observar durante la ejecución de los ensayos, la ineficiente y precaria adherencia entre unidades y morteros considerando el primer y segundo acondicionamiento (C1 y C2), justificando porque no son usualmente aplicados en campo.

Este estudio corresponde a una etapa preliminar para estudiar el impacto de diferentes acondicionamientos de unidades en la resistencia de adherencia por corte en la albañilería. Sin embargo, es recomendable realizar más estudios antes de generalizar los resultados hallados, por lo que es prudente seguir investigando, utilizando diferentes tipos de unidades y morteros.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado con fondos nacionales a través de la FCT - Fundación para la Ciencia y la Tecnología, bajo el acuerdo de subvención 2020.07964.BD atribuido al 1^{er} autor, y a la Unidad de I+D del Instituto para la Sostenibilidad y la Innovación en Ingeniería Estructural (ISISE), bajo la referencia UIDB / 04029/2020. Los autores también agradecen a la Asociación Europea de Cal (EuLA) la financiación de este proyecto

REFERENCIAS

- [1] Lawrence, S. J.; Page, A. W. – “Bond studies in masonry”. CSIRO. Division of Building, Construction and Engineering, 1994.
- [2] Taha, M. M. R.; Shrive, N. G. – “The use of pozzolans to improve bond and bond strength,” en 9th Canadian masonry symposium. Canadá, 2001.
- [3] Toumbakari, E. E. et al. – “Effect of the mechanical properties of injection grouts on the structural behaviour of three leaf masonry walls,” en Proceedings of the 9th North American Masonry Conference, Carolina del Sur, 2003.
- [4] Toumbakari, E. E. et al. – “Shear behaviour of masonry units and lime-pozzolan-cement grout interfaces,” en Proceedings. 10th NAMC, Mason. Soc. St Louis, Missouri, 2007, p767–776.
- [5] Van Gemert, D. et al. – “Consolidation and strengthening of historical masonry by means of mineral grouts: grout development,” *Restor. Build. Monum.*, 2015, vol. 21, no. 1, p. 29–45.

- [6] Adami, C.-E.; Vintzileou, E. – “Interventions to historic masonries: Investigation of the bond mechanism between stones or bricks and grouts,” *Mater. Struct.*, 2008, vol. 41, no. 2, p. 255–267.
- [7] Dehghan, S. M. et al. – “Mechanical and bond properties of solid clay brick masonry with different sand grading,” *Constr. Build. Mater.*, 2018, vol. 174, p. 1–10.
- [8] Goodwin, J. F.; West, W. H. – “A review of the literature on brick/mortar bond,” en *Proc. Br. Ceram. Soc.*, 1982, vol. 30, no. 23, p. 23–37.
- [9] McGinley, W. M. – IRA and the flexural bond strength of clay brick masonry. *American Society for Testing and Materials*, ASTM STP 1063, 1990.
- [10] Lawrence, S. J.; Cao, H. T. – “Microstructure of the interface between brick and mortar,” en *Proc Brick Block Masonry (8 th IBMAC)* London, Elsevier Appl. Sci., 1988, vol. 1, p. 194–204.
- [11] Elangovan, C.; Subramanian, K. – “Reuse of alum sludge in clay brick manufacturing,” *Water Sci. Technol. Water Supply*, 2011, vol. 11, no. 3, p. 333–341.
- [12] Franzoni, E. et al. – “Towards the assessment of the shear behaviour of masonry in on-site conditions: a study on dry and salt/water conditioned brick masonry triplets,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 65, p. 405–416, 2014.
- [13] Ramesh, M. et al. – “Impact of type of mortar on shear bond strength of brick masonry,” in *Brick and Block Masonry-From Historical to Sustainable Masonry*, CRC Press, 2020, p. 591–595.
- [14] Briceño, C. et al. – “Influence of lime in mortar on strength and stiffness of brick masonry,” in *Reabilitat & Betao Estrutural 2020*, 2021, p. 991–999.
- [15] Comité Européen de Normalisation, EN 1015-3:2007. Methods of test for mortar for masonry. Part 3: determination of consistency of fresh mortar (by flow table). 2007.
- [16] T. C. Rilem, “RILEM recommendations for the testing and use of constructions materials,” *RC*, 1994, vol. 6, p. 218–220.
- [17] European Committee for Standardization (CEN) – BS EN 1015-3:1999, Methods of test for mortar for masonry, Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table). p. 1999.
- [18] BSI, “BS 4551: 2005 , Mortar-Methods of test for mortar and screed-Chemical analysis and physical testing.” BSI London, 2005.
- [19] European Committee for Standardization (CEN) – BS EN 1015-11:1999, Methods of test for mortar for masonry, Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. 1999.
- [20] Crisafulli, F. J. et al. – “Shear strength of unreinforced masonry panels,” en *Proceedings of the Pacific Conference on Earthquake Engineering*, 1995, p. 77–86.
- [21] Crisafulli, F. J. – “Seismic behaviour of reinforced concrete structures with masonry infills,” 1997.
- [22] Hendry, A. W. et al. – “Design of Masonry Structures, Load Bearing Brickwork Design,” E&FN Spon, UK, 1997.