

## APROVECHAMIENTO DEL ESCOMBRO DE LADRILLO ROJO COMO AGREGADO FINO EN MEZCLAS DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA

### USE OF RED BRICK RUBBLE AS FINE AGGREGATES IN MASONRY MORTAR MIXTURES

Bolaina-Bolaina E. de. J., Mora-Ortiz R.S.\* , Díaz-Alvarado S. A., Munguía-Balvanera E.

<sup>1</sup>División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez km 1. Cunduacán, Tabasco, México.

\* renemora1121@ujat.mx

#### Artículo Científico

Publicado: 17 de diciembre 2024

#### RESUMEN

En la presente investigación se analiza el reciclaje de los escombros de ladrillo rojo como sustitutos parciales de la arena natural en mezclas de mortero de albañilería. Para lograr lo anterior, se diseñó una mezcla de mortero convencional (cemento, arena natural y agua) que sirvió como mezcla de control. Posteriormente se trituraron y tamizaron escombros de ladrillo rojo de manera que alcanzaran el tamaño y distribución granulométrica de la arena natural, con esto se obtuvo el agregado reciclado de ladrillo rojo (RCB). Para reducir la conocida alta absorción de agua de los RCB se le sometió a un proceso de saturación en agua previo al mezclado. Tomando como base la mezcla de control se realizó la sustitución de la arena natural en peso seco a diferentes porcentajes, creando diferentes tipos de mezclas. Para cada tipo de mezcla se fabricaron nueve muestras de mortero, las cuales fueron ensayadas a compresión simple a la edad de 28 días

de curado en agua. Los resultados mostraron que para porcentajes de sustitución de hasta 10 % se presentan incrementos de hasta 5.3 % en la resistencia con respecto al mortero de control, mientras que para las sustituciones mayores a este porcentaje se observa una tendencia a la disminución. El porcentaje óptimo de sustitución se estableció en 30 % debido a que la resistencia fue muy similar a la del mortero de control (141 kg/cm<sup>2</sup>), además de que permitió reciclar la mayor cantidad de RCB.

**Palabras clave:** Agregado fino; mortero; RCD; ladrillo rojo.

#### ABSTRACT

The present research analyzes the recycling of red bricks debris as partial substitutes for natural sand in masonry mortar mixes. To achieve this, a conventional mortar mix (cement, natural sand, and water) was designed as a control mix. Subsequently, red bricks

debris was crushed and sieved to reach the size and particle distribution of natural sand, resulting in recycled red brick aggregate (RCB). To mitigate the known high-water absorption of RCB, it underwent a water saturation process prior to mixing. Based on the control mix, substitution of natural sand in dry weight was carried out at various percentages, creating different types of mixes. For each mix type, nine mortar samples were fabricated and subjected to simple compression testing at 28 days of curing in water. The results indicated that substitution percentages of up to 10% showed increases up to 5.3 % are presented in strength compared to the control mortar, whereas substitutions exceeding this percentage showed a tendency towards decrease. The optimum substitution percentage was established at 30% as it yielded similar strength to the control mortar (141 kg/cm<sup>2</sup>), while also allowing for the recycling of the highest amount of RCB.

**Keywords** fine aggregate; mortar; RCD; red partition.

## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es un sector muy importante en la economía de México ya que genera inversión (pública y privada) y contribuye a la creación de empleos directa e indirectamente. Sin embargo, los trabajos que conlleva esta industria ya sean demoliciones, rehabilitaciones, construcciones y restauraciones, generan grandes cantidades de los residuos llamados RCD (Residuos de la construcción y

demolición). Los RCD están formados principalmente por escombros de concreto, mortero, cerámica, vidrio, ladrillo rojo; y en menor medida podemos encontrar plásticos, madera, metales y papel, entre otros materiales.

La acumulación de los RCD es un problema que va en aumento cada año, ya que aún no se crea una verdadera cultura del reciclado en el sector de la construcción. El uso que tradicionalmente se les da a estos residuos es de relleno de terrenos y baches de vialidades. Estas prácticas generan mala imagen urbana y no solucionan los problemas de bacheo y relleno. Los RCD que no se utilizan como relleno terminan en los vertederos municipales de basura o en basureros clandestinos, lugares en donde se acumulan por toneladas [1]. En México se generan al día más de 30,000 toneladas de residuos provenientes de la industria de la construcción y demolición, de los cuales, el porcentaje que es aprovechado es prácticamente nulo [2].

Diversos investigadores han señalado que la generación de RCD representa uno de los mayores problemas tanto en la parte de sustentabilidad ambiental, como en la económica y social [3-6]. Entre los problemas que la acumulación de RCD ocasiona está la degradación y erosión de suelos, destrucción de la vegetación y pérdida de los ecosistemas naturales [7]. Adicionalmente, puede ocasionar serios problemas de salud, debido a que los cúmulos de RCD son el hogar de especies venenosas de animales o transmisoras de enfermedades [8]. Esta situación de la generación de residuos

puede cambiar si se tiene conocimiento de los procesos de reciclaje y se realiza una buena gestión de estos residuos; los cuales tendrían que someterse a procesos de identificación, cuantificación y clasificación que permitan valorizarlos como nuevos insumos y no como basura [9].

La ingeniería de la construcción moderna debe cumplir con tres aspectos fundamentales: el primero es generar nuevos materiales que sean amigables con el medio ambiente, la segunda es que cumplan con los estándares y normativas de la industria de la construcción y, por último, lograr reducir los costos de producción [10]. Por lo anterior, diversos investigadores han analizado la reutilización del RCD como sustituto parcial del agregado natural en mezclas de mortero de albañilería [6, 11-13]. Por ejemplo, Braga *et al.* [14], Neno *et al.* [15] y Saiz Martínez *et al.* [16], identificaron que es posible sustituir a la arena natural por concreto triturado hasta en un 30%. Por su parte, Silva *et al.* [17] y Jiménez *et al.* [18], concluyeron que es posible utilizar residuos de cerámica en la elaboración de mortero hasta un máximo de 40 % sin que se presenten disminuciones en las propiedades del mortero.

El escombros de ladrillo rojo es un material que forma parte del RCD y del cuál su reciclado se ha estudiado poco con respecto a otros materiales como el concreto y la cerámica. Lo anterior puede deberse a dos razones fundamentales. Número uno, es un material que está presente en mucha menor proporción que

otros tipos de escombros y, número dos, es un material que absorbe mucha agua, lo que afecta el desempeño de las nuevas mezclas en las que se utiliza [1]. Sin embargo, Vilca [19] realizó pruebas en probetas a base de arena, grava, cemento, agua y ladrillo reciclado molido. Los resultados obtenidos determinaron que cuando aumentó el porcentaje de ladrillo reciclado la resistencia a la compresión se incrementó moderadamente hasta un 20 % de reemplazo, a partir de ahí la resistencia decayó. Vilca [19] determinó que un concreto con 20 % de ladrillo reciclado presenta mejor resistencia a la compresión ( $196.54 \text{ kg/cm}^2$ ) a comparación de las probetas control ( $185.27 \text{ kg/cm}^2$ ). Silva *et al.* [20] demostraron la factibilidad de utilizar escombros de ladrillo rojo como sustituto de la arena en mezclas de mortero de albañilería. Concluyeron que con un porcentaje máximo de 20 % de sustitución generalmente se mejora el rendimiento mecánico de los morteros. Por su parte, Corinaldesi [21] concluyó que este tipo de escombros no mejora la resistencia a la compresión del mortero, pero si aumenta su adherencia, propiedad muy importante en los trabajos de reparación de edificios históricos.

En estas investigaciones no se ha tomado en consideración la importancia de reducir la absorción de agua del escombros de ladrillo rojo antes de reutilizarlo en nuevas mezclas de mortero. Por lo cual, el objetivo de esta investigación fue analizar los beneficios que se logran en el comportamiento de

las nuevas mezclas de mortero cuando se reduce el potencial de absorción de este escombros. La técnica que se utilizó para disminuir la absorción es conocida como pre-humedecimiento (*prewetting*) y consiste en saturar a los agregados con agua antes de utilizarlos en las nuevas mezclas. Esta técnica ha sido utilizada con éxito por varios investigadores en otro tipo de escombros [6, 22-24].

Con el aprovechamiento del escombros de ladrillo rojo como sustituto de la arena en las mezclas de mortero lograríamos aumentar el tiempo de vida de estos materiales, reducir costos en la construcción, evitar acumulaciones en los vertederos clandestinos y cuidar nuestros bancos naturales de arena.

## METODOLOGÍA

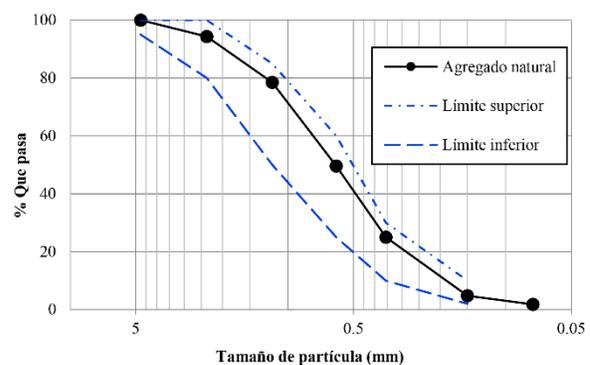
**Caracterización de los materiales.** Los materiales que se utilizaron para la realización de las pruebas de la mezcla de mortero fueron los siguientes:

*Cemento Portland compuesto.* Clase 30R de la marca Cemex, con peso específico de  $3.15 \text{ kg/m}^3$ . Su composición química se muestra en la (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición química del cemento.

Compuesto	%
CaO	63
SiO <sub>2</sub>	22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5
MgO	2.6
K <sub>2</sub> O	0.6
Na <sub>2</sub> O	0.3
SO <sub>3</sub>	2.0
Residuo insoluble	1.0

*Arena (agregado natural).* La arena utilizada como agregado fino procede del banco “Samaria” ubicado en la R/a Cucuyulapa 2da sección del municipio de Cunduacán, Tabasco, México. Para la elaboración de la mezcla de mortero ésta se cribó a través del tamiz ASTM No. 4 el cual tiene una abertura de 4.75 mm. Con este procedimiento se eliminaron impurezas y agregados gruesos que la arena pudiese contener. En la **Figura 1** se muestra la curva granulométrica de la arena utilizada, en donde se observa los límites superior e inferior marcados por la norma mexicana de la construcción NMX-C-111-ONNCCE [25]. La densidad específica de los agregados en estudio se determinó siguiendo el procedimiento de la norma NMX-C-416-ONNCCE-2003 [26]. Para el caso de la arena natural la densidad fue de  $2.72 \text{ g/cm}^3$ .



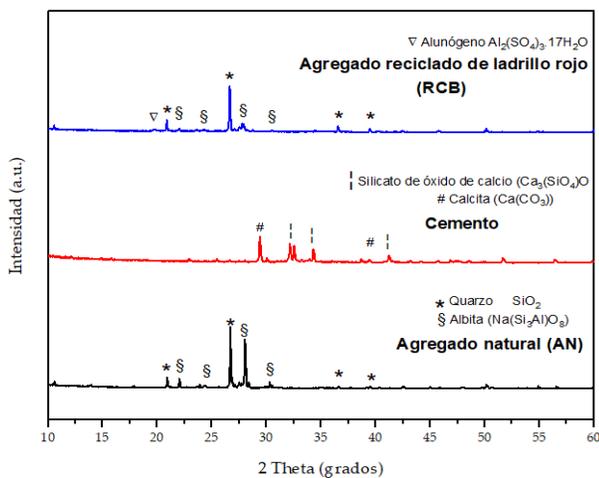
**Figura 1.** Curva granulométrica del agregado natural (arena).

*Agua.* Para la elaboración de la mezcla de mortero, se utilizó agua del servicio municipal.

*Agregado reciclado de ladrillo rojo (RCB).* Los ladrillos rojos de arcilla cocida se compraron en una tienda de materiales

de construcción, esto para asegurar que todos los materiales estuvieran en las mismas condiciones. Las dimensiones de cada ladrillo fueron de 5 cm (alto) x 10 cm (ancho) x 23 cm (largo). Después de adquirirlos, se procedió a triturarlos con herramienta manual hasta lograr la misma granulometría de la arena natural (**Figura 1**). La densidad específica del agregado de ladrillo rojo fue de 2.15 g/cm<sup>3</sup>.

La **Figura 2** muestra los resultados del ensayo de difracción de rayos X realizados en los agregados y el cemento utilizado. El detector de rayos X utilizado fue un modelo Advance Eco de Bruker (Coventry, Inglaterra); usando radiación Cu-K (= 0.154 nm), un rango de escaneo 10-60 con un tamaño de paso de 0,02 y un tiempo de transición suave de 0.3.



**Figura 2.** Patrones de difracción de rayos x para los agregados y el cemento.

Se observa que en los agregados de ladrillos rojo y la arena natural los minerales dominantes son el cuarzo (PDF00-046-1045) y la albita (PDF00-010-0393). También se encuentran

presentes Alunógeno (PDF00-022-0022), silicato de calcio (PDF04-018-9701) y calcita (PDF 04-008-0198).

Por su parte, en el cemento los minerales en mayor proporción son la calcita y el silicato de óxido de calcio.

**Dosificación de los morteros.** Como primer paso se elaboró una mezcla de mortero convencional (cemento + arena + agua) que sirvió como mezcla de control (**Tabla 2**). Tomando como base esta mezcla de control se sustituyó parcialmente (en peso seco) a la arena natural por ladrillo rojo triturado en diferentes porcentajes: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 %. La (**Tabla 2**) muestra las dosificaciones de las mezclas utilizadas.

**Tabla 2.** Dosificación de las mezclas utilizadas en la investigación.

Tipo de mortero	Arena/Ladrillo (%)	Arena (g)	Ladrillo (g)
Control	100/0	2735	0
CT-5	95/5	2598.44	136.76
CT-10	90/10	2461.68	273.52
CT-15	85/15	2324.92	410.28
CT-20	80/20	2188.16	547.04
CT-30	70/30	1914.64	820.56
CT 40	60/40	1641.12	1094.08
CT 50	50/50	1367.60	1367.60

La cantidad de cemento en todas las mezclas fue de 611 g. La cantidad de agua para cada mezcla fue la necesaria para conseguir la misma consistencia (trabajabilidad). La consistencia de proyecto para todas las mezclas fue de 175 mm ± 5 mm.

**Método de Prehumedecimiento de los agregados (*Pre-wetting*).** Con la finalidad de reducir la absorción de agua de los agregados reciclados se utilizó la técnica de pre-humedecimiento. La cual consiste en lo siguiente: en una mezcladora de mortero estándar se coloca el agregado y agua destilada suficiente como para sumergir ligeramente al agregado. Posteriormente, ambos elementos se mezclan a baja velocidad (140 rpm) durante cinco minutos. Al final del proceso de mezclado los elementos se dejan en reposo durante diez minutos. Transcurrido ese tiempo se retira el agregado del agua y se deja drenar durante diez minutos más. Al final de todo el proceso, el agregado se utiliza en la elaboración de las mezclas de mortero. Con esta práctica se garantiza que los agregados no absorban agua de la mezcla de mortero por lo que ésta no se seca y conserva su trabajabilidad.

### Procedimiento experimental

1. Se diseñó una mezcla de mortero convencional (cemento, arena y agua) en proporción de cemento-arena 1:4 a esta mezcla se le llamó mortero de control.
2. Teniendo la mezcla de control se elaboraron nueve muestras de mortero (**Figura 3**). 24 horas después de su elaboración las muestras se sometieron a un proceso de curado por inmersión en agua. Después de 28 días de curado se determinó la resistencia a compresión simple de las muestras. Estos resultados sirvieron como base de comparación para

la sustitución parcial de la arena por el ladrillo rojo.



**Figura 3.** Muestras de morteros con 30 % de contenido de ladrillo rojo.

Usando la misma proporción del mortero de control y siguiendo el mismo procedimiento de elaboración se fabricaron morteros sustituyendo parcialmente la arena por ladrillo molido, las proporciones de sustitución fueron 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 % (**Tabla 2**). La sustitución se llevó a cabo en peso seco de arena. Al igual que en los morteros de control, los nuevos morteros con agregado de ladrillo rojo fueron sometidos a un proceso de curado por inmersión en agua durante 28 días, periodo después del cual fueron ensayados para determinar la resistencia a la compresión simple.

La norma ASTM C109 [27] establece las características del ensayo a compresión simple. Este ensayo consiste en someter a las muestras de mortero a una carga axial mediante una prensa hidráulica. La resistencia a la compresión se determinó con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{P}{A}$$

Donde,

R = Resistencia a la compresión simple (kg/cm<sup>2</sup>),

P = Carga axial (kg),

A = Área en la que se aplica la carga (cm<sup>2</sup>)

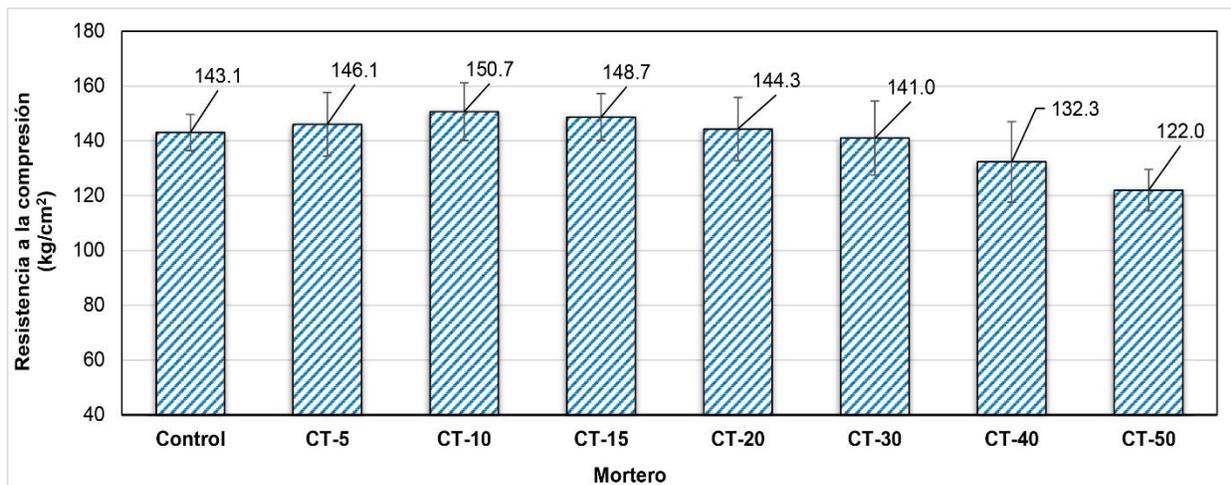
A continuación, se presentan los resultados experimentales obtenidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La resistencia a la compresión simple de las muestras de mortero es considerada la principal propiedad de estos materiales, ya que se sabe que morteros resistentes son morteros con mejor

adherencia, más densos y con menor porosidad, lo que impide el ingreso de agentes nocivos para el mortero como lo son algunos sulfatos, resultando todo esto en morteros más durables [1].

La **Figura 4** muestra los resultados de los ensayos de compresión simple en los morteros analizados. Se observa que los morteros con 5 % de sustitución de la arena por ladrillo rojo (CT-5) aumentaron su resistencia en un 2 % con respecto al mortero de control. Por su parte, los morteros con sustitución de 10 % (CT-10) mostraron un aumento de resistencia del 5.3 %. A partir de este porcentaje se observa una tendencia a la baja en la resistencia a la compresión lograda hasta este punto, sin embargo, los morteros con 15 %, 20 % y 30 % de sustitución muestran una resistencia mayor o muy similar al mortero de control.



**Figura 4.** Resistencia a la compresión simple de las muestras de mortero analizadas.

Los morteros que mostraron menor resistencia con respecto al mortero de control fueron aquellos con 50 % de sustitución de la arena por ladrillo rojo (14 % menos).

Como se observó existe una tendencia al aumento de la resistencia hasta alcanzar el 10 % de sustitución, a partir de este porcentaje cualquier incremento en la sustitución de arena natural por ladrillo genera una disminución de la resistencia alcanzada hasta ese momento. Este comportamiento se debe a dos características de la partícula de ladrillo rojo que a continuación se describen.

1) El incremento en la resistencia de los morteros se debe a que durante el proceso de trituración las partículas de ladrillo adquieren una superficie irregular y rugosa, lo que hace que la pasta de cemento se adhiera mejor a diferencia de lo que ocurre con las partículas de arena natural las cuales tienen una superficie redondeada y lisa.

2) La disminución de la resistencia se debe a que la partícula de ladrillo posee una densidad específica ( $2.15 \text{ gr/cm}^3$ ) menor que la densidad de la arena natural ( $2.72 \text{ gr/cm}^3$ ). Al ser una partícula menos densa (más porosa) resiste menor carga. Mora-Ortiz et al. [1] comprobaron la mayor porosidad de la partícula de ladrillo rojo con respecto a la arena natural mediante ensayos de laboratorio y fotografías SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Con los ensayos realizados se observó que para los porcentajes de sustitución de hasta 10 % el efecto positivo de la

superficie de la partícula de ladrillo se impone sobre el efecto negativo de la menor densidad de este agregado. A partir del 10 % de sustitución, el efecto negativo se va imponiendo, de manera que a más agregado de ladrillo menor resistencia.

Con estos resultados como base se eligió al mortero CT-30 (30 % de sustitución) como el mortero con el porcentaje óptimo de sustitución. Lo anterior se debe a que es el mortero con la mayor cantidad de ladrillo rojo reciclado y el que posee la resistencia a la compresión más parecida al mortero de control.

## CONCLUSIONES

Con la finalidad de contribuir al reciclaje de los escombros de ladrillo rojo y de aumentar el ciclo de vida de estos materiales se analizó la viabilidad de su uso como sustituto parcial de la arena natural. El análisis de los resultados mostró que para los porcentajes de sustitución de hasta 10 % existe un incremento en la resistencia. Por otro lado, se observó que para porcentajes mayores la resistencia a la compresión disminuye (con respecto a la resistencia del mortero con 10 % de sustitución). Esta disminución se debe a la baja densidad del agregado de ladrillo que es más poroso que la partícula de arena natural, por lo que al aumentar su cantidad disminuye la resistencia del mortero. Los resultados experimentales mostraron que es posible sustituir a la arena por estos escombros hasta en un 30 %, manteniendo prácticamente la

misma resistencia a la compresión del mortero de control (1.5 % menor).

Con la implementación de procesos de reciclaje de los residuos de la construcción como el que se planteó en esta investigación se logrará reducir su acumulación excesiva en basureros y otros sitios urbanos, además de contribuir a la conservación del medio ambiente y la salud de la población.

## REFERENCIAS

- [1] Mora-Ortiz R.S, Díaz S.A, Del Angel-Meraz E, and Magaña-Hernández F (2022). Recycled Fine Aggregates from Mortar Debris and Red Clay Brick to Fabricate Masonry Mortars: Mechanical Analysis, *Materials*, vol. 15, no. 21, p. 7707, doi: 10.3390/ma15217707.
- [2] Ceñal-Ruiz B. y Korb-Reachy D.P. (2015). Problemática de los residuos de la construcción y demolición, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- [3] Zhang J, Ding L, Li F, and Peng J. (2020). Recycled aggregates from construction and demolition wastes as alternative filling materials for highway subgrades in China, *J Clean Prod*, vol. 255, p. 120-223, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120223.
- [4] Kim J, Grabiec A.M. and Ubysz A. (2022). An Experimental Study on Structural Concrete Containing Recycled Aggregates and Powder from Construction and Demolition Waste, *Materials*, vol. 15, no. 7, p. 24-58, doi: 10.3390/ma15072458.
- [5] Colangelo F, Petrillo A, and Farina I. (2021). Comparative environmental evaluation of recycled aggregates from construction and demolition wastes in Italy, *Science of The Total Environment*, vol. 798, p. 149-250, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149250.
- [6] Mora-Ortiz R.S. et al. (2021). Effect of Pre-Wetting Recycled Mortar Aggregate on the Mechanical Properties of Masonry Mortar, *Materials*, vol. 14, no. 6, p. 15-47, doi: 10.3390/ma14061547.
- [7] Mejía E, Osorno L, and Osorio N. (2015). Residuos de la construcción: una opción para la recuperación de suelos, *Revista EIA*, vol. 12.
- [8] Mora-Ortiz R.S. et al. (2023). The Use of Pre-Wetting to Improve the Mechanical Behavior of Masonry Mortar Elaborated with Crushed Oyster Shell, *Sustainability*, vol. 16, no. 1, p. 199, doi: 10.3390/su16010199.
- [9] López J. (2019). "Caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda en México. un modelo teórico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tamaulipas.
- [10] Ledesma E. (2016). Aplicación de residuos en la fabricación de morteros industriales, Universidad de Córdoba, Córdoba.

- [11] Ferreira R. L. S, Anjos M. AS, Nóbrega A. KC, Pereira J. ES, and Ledesma EF. (2019). The role of powder content of the recycled aggregates of CDW in the behaviour of rendering mortars, *Constr Build Mater*, vol. 208, pp. 601–612, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.058.
- [12] Martínez I, Etxeberria M, Pavón E, and Díaz N. (2018). Influence of Demolition Waste Fine Particles on the Properties of Recycled Aggregate Masonry Mortar, *International Journal of Civil Engineering*, vol. 16, no. 9, pp. 1213–1226, doi: 10.1007/s40999-017-0280-x.
- [13] Cheng-Chih A, Huang R, Hwang H, and Chao S. (2015). The Effects of Different Fine Recycled Concrete Aggregates on the Properties of Mortar, *Materials*, vol. 8, no. 5, pp. 2658–2672, doi: 10.3390/ma8052658.
- [14] Braga M, de Brito J, and Veiga R. (2012). Incorporation of fine concrete aggregates in mortars, *Constr Build Mater*, vol. 36, pp. 960–968, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.06.031.
- [15] Neno C, de Brito J, and Veiga R. (2013). Using fine recycled concrete aggregate for mortar production, *Materials Research*, vol. 17, no. 1, pp. 168–177, doi: 10.1590/S1516-14392013005000164.
- [16] Saiz-Martínez P, González-Cortina M, and Fernández-Martínez F. (2015). Characterization and influence of fine recycled aggregates on masonry mortars properties, *Materiales de Construcción*, vol. 65, no. 319, p. e058, doi: 10.3989/mc.2015.06014.
- [17] Silva J, de Brito J, and Veiga R. (2009). Incorporation of fine ceramics in mortars, *Constr Build Mater*, vol. 23, no. 1, pp. 556–564, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2007.10.014.
- [18] Jiménez J.R, Ayuso J, López M, Fernández J.M, and de Brito J. (2013). Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing, *Constr Build Mater*, vol. 40, pp. 679–690, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.036.
- [19] Vilca K. (2017). Influencia del porcentaje de ladrillo reciclado como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo ms., Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- [20] Silva J, de Brito J, and Veiga R. (2010). Recycled Red-Clay Ceramic Construction and Demolition Waste for Mortars Production, *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 22, no. 3, pp. 236–244, doi: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2010)22:3(236).
- [21] Corinaldesi V. (2012). Environmentally-friendly bedding

- mortars for repair of historical buildings, *Constr Build Mater*, vol. 35, pp. 778–784, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.131.
- [22] Meftteh H, Kebaïli O, Oucief H, Berredjem L, and Arabi N. (2013). Influence of moisture conditioning of recycled aggregates on the properties of fresh and hardened concrete, *J Clean Prod*, vol. 54, pp. 282–288, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.05.009.
- [23] Cuenca-Moyano G.M, Martín-Morales M, Valverde-Palacios I, Valverde-Espinosa I, and Zamorano M. (2014). Influence of pre-soaked recycled fine aggregate on the properties of masonry mortar, *Constr Build Mater*, vol. 70, pp. 71–79, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.07.098.
- [24] García-González J, Rodríguez-Robles D, Valdés A. J, Morán del Pozo J, and Guerra-Romero M.I. (2013). Influence of Moisture States of Recycled Coarse Aggregates on the Slump Test, *Adv Mat Res*, vol. 742, pp. 379–383, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.742.379.
- [25] NMX-C-111-ONNCCE. (2018). *Industria de la Construcción-Agregados para concreto hidráulico-Especificaciones y métodos de ensayo*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de La Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE).
- [26] NMX-C-416-ONNCCE. (2003). *Industria de la construcción - muestreo de estructurastérreas y métodos de prueba*, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE).
- [27] ASTM C109-21. (2021). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA.

