

Adición de serrín en la producción de ladrillos ligeros: evaluación de los cambios en el sistema poroso en función del porcentaje de aditivo añadido

Giuseppe Cultrone (1,*), Carmen Casado (1), Itziar Aurrekoetxea (1)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, 18002, Granada (España)

* corresponding author: cultrone@ugr.es

Palabras Clave: Ladrillos macizos, Serrín, Sistema poroso. | **Key Words:** Solid bricks, Sawdust, Porous system.

INTRODUCCIÓN

El serrín es uno de los residuos orgánicos que actualmente se está investigando en la producción de ladrillos con propiedades termo-aislantes. Si se tiene en cuenta el volumen de madera que se tala cada año (más de 400 millones de m³ desde el año 2000 en la Unión Europea), la cantidad de serrín que se genera durante las labores de aserrado es importante. Además, el serrín suele reciclarse solo en una pequeña parte, como en la fabricación de tableros, en la limpieza de suelos mojados y en la producción de pellets para su uso como combustible. En cuanto a la adición de serrín en la producción de ladrillos, se ha comprobado que altas temperaturas de cocción dan lugar a piezas más resistentes mecánicamente (Eliche Quesada et al., 2012). Y variando las concentraciones de serrín, los mejores resultados físicos y mecánicos se alcanzan con porcentajes bajos de residuo (Demir, 2008). El objetivo de este trabajo es evaluar cómo influye la adición de serrín en el sistema poroso de los ladrillos.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de ladrillos sin aditivos y con la adición de serrín se ha utilizado una materia prima arcillosa procedente de Jun (Granada, España), rica en cuarzo y filosilicatos y con menores cantidades de plagioclasas, feldespatos potásicos, yeso, calcita y dolomita (Cultrone y Elías, 2018). El serrín, de madera de haya, ha sido previamente tamizado para reducir su granulometría a tamaños inferiores a 1,5 mm antes de añadirlo a la tierra arcillosa en porcentajes del 2,5%, 5% y 10% en peso. Los ladrillos con y sin aditivos se han elaborado manualmente y cocido en un horno eléctrico Herotec CR-35 a 800, 950 y 1100 °C.

El estudio del sistema poroso de los ladrillos se ha llevado a cabo mediante ensayos hídricos y porosimetría de inyección de mercurio (PIM). Los ensayos hídricos han permitido cuantificar la capacidad de absorber y

evaporar el agua en el tiempo de probetas cúbicas de 4 cm de lado de acuerdo con las normas UNE-EN 13755 (2008) y Normal 29/88 (1988). La distribución porométrica ha sido determinada mediante un equipo Micromeritics Autopore IV 9500 sobre fragmentos de ladrillo de aproximadamente 1 cm³.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha observado que la adicción y porcentaje de serrín influyen más que la temperatura de cocción en el comportamiento hídrico de los ladrillos. La figura 1 muestra claramente que al aumentar la cantidad de serrín aumenta también la capacidad de absorber agua. Los ladrillos con el 10% de serrín alcanzan una variación en peso que es el doble de los ladrillos sin aditivos. Donde sí la temperatura condiciona el comportamiento hídrico de los ladrillos es dentro de cada grupo.

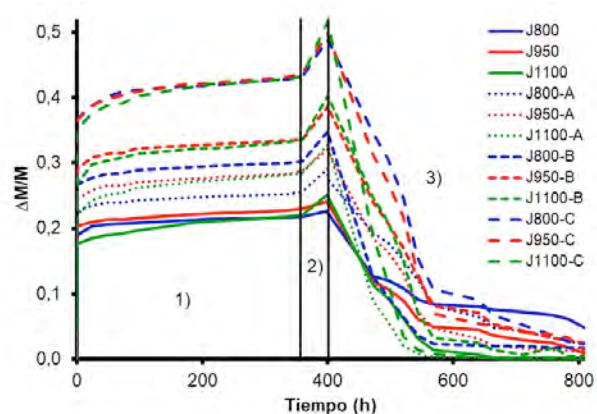


Figura 1. Absorción libre de agua (1), absorción forzada (2) y desorción (3) de ladrillos sin aditivos (J) y con la adición de serrín al 2,5% (J-A), 5% (J-B) y 10% (J-C) en peso cocidos a 800, 950 y 1100 °C. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus el tiempo (en h).

En efecto, al comienzo del ensayo hídrico (parte 1 del diagrama de la fig. 1) las muestras cocidas a más alta temperatura absorben el agua más lentamente que las

demás, pero cuando se alcanza la saturación forzada (parte 2) las de 1100 °C han absorbido más agua que los ladrillos de 950 °C y estos a su vez más que las muestras de 800 °C. Estas diferencias son una señal de los cambios que ha ido sufriendo el sistema poroso conforme aumenta la temperatura de cocción, volviéndose más tortuoso y dificultando la absorción de agua por parte de las muestras. En cuanto al secado (parte 3), los ladrillos que pierden el agua más velozmente son los cocidos a la temperatura más baja. Este comportamiento es lógico al tratarse de los ladrillos con mejor grado de interconexión entre los poros, lo que permite una salida más rápida del agua. Lo opuesto ocurre a 1100 °C y en los ladrillos con contenido en serrín del 5 y 10%.

La PIM confirma la influencia del serrín en modificar el sistema poroso de los ladrillos. Al comparar las curvas porométricas de los ladrillos sin aditivos y con serrín, las primeras presentan una clara distribución unimodal con el pico máximo que se desplaza hacia tamaños de poro más grandes conforme aumenta la temperatura de cocción (de 0.25 µm a 800 °C a 0.53 µm a 950 °C y 0.75 µm a 1100 °C). En cambio, las segundas son bimodales. El serrín es el responsable de la aparición de una segunda familia de poros, en torno a 10 µm, y esta familia aumenta en proporción al aumentar el contenido en serrín. Se trata de los poros que dejaron las fibras de serrín al quemarse durante la cocción de las piezas.

| | P_o | SSA | ρ_a | ρ_r |
|---------|-------|-------|----------|----------|
| J800 | 38,45 | 7,96 | 1,61 | 2,61 |
| J950 | 42,79 | 6,34 | 1,58 | 2,77 |
| J1100 | 43,29 | 2,06 | 1,56 | 2,76 |
| J800-A | 41,13 | 11,92 | 1,56 | 2,65 |
| J950-A | 47,66 | 6,28 | 1,44 | 2,75 |
| J1100-A | 46,58 | 1,35 | 1,49 | 2,80 |
| J800-B | 45,93 | 11,29 | 1,45 | 2,67 |
| J950-B | 49,08 | 5,85 | 1,41 | 2,76 |
| J1100-B | 52,88 | 4,94 | 1,31 | 2,78 |
| J800-C | 55,46 | 10,71 | 1,19 | 2,68 |
| J950-C | 58,58 | 5,74 | 1,13 | 2,73 |
| J1100-C | 59,62 | 4,67 | 1,12 | 2,77 |

Tabla 1. Resultados de los ensayos de PIM. P_o = porosidad abierta (%); SSA = superficie específica de los poros (m^2/g); ρ_a = densidad aparente ($g\ cm^{-3}$); ρ_r = densidad real ($g\ cm^{-3}$).

La presencia de serrín incrementa la porosidad de los ladrillos y es mayor aumentando el porcentaje de residuo y, también, aumentando la temperatura de cocción (P_o , Tabla 1). Con el 10% en peso de serrín se llega a rondar una porosidad de 60% convirtiéndolos en materiales cerámicos ligeros. De hecho, los valores de densidad aparente (ρ_a , Tabla 1) disminuyen al aumentar el porcentaje de serrín llegando a valores de 1,1 g/cm^3 . Por el contrario, la densidad real (ρ_r , Tabla 1) no sufre estos cambios ya que este parámetro depende de la mineralogía y no del sistema poroso y aumenta, aunque ligeramente, al aumentar la temperatura de cocción. Esto se debe a las transformaciones mineralógicas que sufre el

material cerámico durante la cocción, con la descomposición de los carbonatos y de los filosilicatos y la formación de nuevos silicatos de calcio y de calcio y magnesio (Cultrone et al., 2001). Es interesante observar como el área específica superficial (SSA , Tabla 1) disminuya conforme aumenta la temperatura de cocción por la gradual desaparición de los poros más pequeños. En los diagramas de PIM estos se encuentran alrededor de 0.005 µm en los ladrillos cocidos a 800 °C y van uniéndose formando poros más grandes al aumentar la temperatura. En efecto, a 1100 °C ya no hay poros con ese tamaño.

CONCLUSIONES

Los ladrillos sin aditivos son a la vez los que absorben menos agua y que alcanzan valores de porosidad más bajos. Estos valores son claramente más altos de los que se suelen medir en ladrillos de producción industrial elaborados por extrusión, pero en línea con la porosidad de ladrillos elaborados a mano. Con el 10% de serrín los ladrillos absorben más agua y alcanzan casi el 60% de porosidad, convirtiéndolos en materiales ligeros. Es necesario investigar el comportamiento mecánico de estos materiales pasa valorar su posible utilización en construcción.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Grupo de Investigación RNM 179 de la Junta de Andalucía y el Proyecto de Investigación MAT-2016-75889-R.

REFERENCIAS

- Cultrone, G., Elias, M.L. (2018): Transformaciones mineralógicas y en el sistema poroso de ladrillos elaborados con lodo de diatomita calcinada y cloruro sódico. *Macla*, **24**, 2pp.
- Cultrone, G., Rodríguez Navarro, C., Sebastián, E., Cazalla, O., de la Torre, M.J. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *Eur. J. Mineral.*, **13**, 621-634.
- Demir, I. (2008): Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks. *Waste Manag.*, **28**, 622-627.
- Eliche Quesada, D., Corpas Iglesias, F.A., Pérez Villarejo, L., Iglesias Godino, F.J. (2012): Recycling of sawdust, spent earth from oil filtration, compost and marble residues for brick manufacturing. *Constr. Build. Mater.*, **34**, 275-284.
- Normal 29/88 (1988): Misura dell'indice di asciugamento (drying index). CNR-ICR, Roma
- UNE-EN 13755 (2008): Natural stone test methods. Determination of water absorption at atmospheric pressure. AENOR, Madrid.
- Zhang, L. (2013): Production of bricks from waste materials. A review. *Constr. Build. Mater.*, **47**, 643-655.