



EL USO DE LA ZEOLITA EN MORTEROS DE RESTAURACIÓN

Jorge Luís Álvarez Cabrera

Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, "Finca el Ingenito", carretera Casablanca y calle 70, Reparto Guiteras, Regla, La Habana, Cuba. E-mail: jorgel@ctdmc.co.cu

RESUMEN

Los morteros de restauración son morteros pobres que deben garantizar minimizar los problemas existentes en las obras donde se vayan a aplicar, de ahí la importante de preparar un mortero con características específicas, aunque en general deben cumplir algunos parámetros técnico como son: que tengan buena laborabilidad, un fraguado adecuado, la menor retracción posible, que sus características mecánicas y térmicas sean compatibles con el sustrato y que aporten la menor cantidad de sales solubles al revestimiento. Se sabe que los morteros a base de cal presentan muy bajas propiedades mecánicas algo que siempre se ha querido aumentar con el empleo de adiciones y aditivos, de ahí que se buscara una adición como la puzolana, que mezclada con la cal en proporciones definida pudiera proporcionar mejoras en sus propiedades físico mecánicas.

Se prepararon tres dosificaciones diferentes de morteros de albañilería (1:1, 1:1,5 y 1:2) con el empleo de un aglomerante compuesto por 30 % de hidrato de cal y 70 % de puzolana del yacimiento Tasajera, y se evaluaron sus propiedades fundamentales como son: retención de agua, resistencias mecánicas a flexión y compresión y absorción por capilaridad.

Se obtuvieron parámetros de retención de agua en todos los casos mayor del 90 %, resistencias mecánicas a compresión a los 28 días entre 6,40 MPa y 8,68 MPa y valores de absorción por capilaridad entre 2,77 y 3,45 g/cm².

ABSTRACT

The mortars of restoration are poor mortars that have to guarantee decrease the existent problems in the works where go to apply, from here the important to prepare a mortar with specific characteristics, although in general they have to fulfill some technical parameters as they are: that have good laborability, suitable forged, the lower shrinkage possible, that his mechanical and thermal characteristics are compatible with the to cover and that contribute the lower quantity of soluble salts to the covering. It knows that the mortars of lime present very low mechanical properties something that always has wanted to increase with the employment of additions and additives, from here that it looked for an addition like the pozzolan, that mixed with the lime in clear-cut proportions could provide improvements in his mechanical physical properties.

They prepared three different dosages of mortars of masonry (1:1, 1:1,5 and 1:2) with the employment of an conglomerate composed by 30 % of hydrate of lime and 70 % of pozzolan of the Tasajera deposit, and evaluated his fundamental properties as they are: retention of water, mechanical resistances to flection and compression and absorption by capillarity.

They parameters of retention of water in all the greater cases of the 90 %, mechanical resistances to compression to the 28 days between 6,40 MPa and 8,68 MPa and values of absorption by capilarity between 2,77 and 3,45 g/cm² are obtained.

INTRODUCCIÓN

Durante siglos en aglomerante más utilizado en las construcciones fue la cal aérea, la cual experimentó un importante desarrollo con la civilización romana (*Casaña J.-1856, Louis, Prado-2006*). A esta última se debe, la invención del mortero de cal hidráulica o mortero puzolánica, al utilizar árido de rocas volcánicas o de fragmentos de ladrillos y tejas. Esta observación condujo a mejoras substanciales en la hidraulicidad de los morteros utilizados en el civilización romana. Los romanos observaron que la hidraulicidad de los morteros se incrementaba a medida que disminuía el tamaño de los granos de los áridos de las rocas volcánicas y lograron desarrollar morteros con características mecánicas sin igual hasta ese momento. Estos morteros, denominados morteros romanos, constaban de mezclas de cal apagada, polvo molido de rocas volcánicas y/o fragmentos



de cerámica y árido del mismo tipo o, alternativamente, de arena de río y más raramente, de playa (Blount B.-1923). Generalmente emplearon las cenizas volcánicas del cráter de Pozzuoli, cerca de Nápoles, de ahí el nombre de pozzolana.

Más tarde y con la experiencia adquirida llegaron a determinar que la hidraulicidad en los morteros de cal y puzolana se debe al sustancial incremento de la superficie del material aluminosilicatado (puzolana, tejas y ladrillos de arcilla, etc) cuando su tamaño de grano es muy fino (polvo), esto supone un incremento en la tasa de reacción entre el material aluminosilicatado, la cal y el agua, esto es, un volumen mayor de material, en contacto con la cal, es capaz de reaccionar por unidad de tiempo (Prado R- 2011).

Para la realización del trabajo se prepararon tres dosificaciones diferentes de morteros de albañilería (1:1, 1:1,5 y 1:2) con el empleo de un aglomerante compuesto por 30 % de hidrato de cal y 70 % de puzolana del yacimiento Tasajera (A2), y se evaluaron sus propiedades fundamentales como son: retención de agua, resistencias mecánicas a flexión y compresión y absorción por capilaridad.

MATERIALES Y METODOS

- Materiales

Se obtuvieron los siguientes materiales: hidrato de cal comercial, puzolana del yacimiento Tasajera y arena triturada de la cantera La Molina. Todos los materiales fueron sometidos a análisis químico y además a la arena se le determinó su granulometría una vez pasada por el tamiz de 1,19 mm.

El hidrato de cal y la puzolana fueron mezclados en proporciones de 30 % de hidrato de cal y 70 % de puzolana y molidos en un molino de bolas por espacio de 15 minutos obteniéndose un aglomerante con una finura de 90% pasado por el tamiz de 0,074 mm. La arena de la cantera La Molina de pasó por el tamiz 1,19 mm.

- Métodos

Se prepararon morteros de albañilería con dosificaciones 1:1, 1:1,5 y 1:2 (ver tabla I). Las dosificaciones fueron evaluadas para determinar sus propiedades tanto en estado fresco: retención de agua (NC 169) como en estado endurecido: resistencias mecánicas a flexión y compresión a 7 y 28 días (NC173), y absorción por capilaridad (NC171). En la tabla 1 se muestran las dosificaciones evaluadas.

Tabla I Dosificaciones volumétricas

| Materiales | Mortero M 2 | | | | | |
|--|--------------|---------|----------------|---------|--------------|---------|
| | Mortero M2-1 | | Mortero M2-1,5 | | Mortero M2-2 | |
| | Vol. | Peso(g) | Vol. | Peso(g) | Vol. | Peso(g) |
| Aglomerante- A2 | 1 | 615 | 1 | 457 | 1 | 363 |
| Arena Pasada Tamiz < 1,19 mm | 1 | 1385 | 1,5 | 1543 | 2 | 1637 |
| Agua | - | 535 | - | 415 | - | 340 |

A2- 30 % A1+70 % puzolana

Los morteros de albañilería se prepararon con una fluidez de 105 ± 5 mm medidos en la mesa de fluidez o sacudidas de acuerdo con la NC 170: 2002.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS MISMOS

En la tabla II se muestran los resultados del análisis químico de los materiales componentes del aglomerante, del aglomerante preparado y de la arena.

Tabla II Análisis químico

| Característica | UM | Hidrato de cal | Puzolana | Aglomerante A2 | Arena |
|--------------------------------|----|----------------|----------|----------------|-------|
| SiO ₂ | % | 4,26 | 65,49 | 12,26 | 13,54 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 5,74 | 1,92 | 5,74 | 1,91 |
| Al ₂ O ₃ | % | 0,64 | 11,70 | 6,31 | 2,86 |
| CaO | % | 54,91 | 3,64 | 55,45 | 43,06 |
| MgO | % | 0,97 | 0,60 | 1,16 | 2,41 |
| SO ₃ | % | - | 0,10 | - | 0,06 |
| PPI | % | 29,63 | 14,50 | 17,02 | 33,84 |
| Ca (OH) ₂ aprov. | % | 56,98 | - | 15,54 | - |

El hidrato de cal comercial cumple con el por ciento de cal aprovechable, según la norma de empresa NE 1294-XX: 2012 pudiéndose catalogar como un hidrato II, que es en realidad lo que más interesa en los morteros de albañilería, aunque no cumple con el resto de los óxidos establecidos en las especificaciones del producto excepto con el óxido de magnesio.

Respecto a la puzolana presentan altos contenidos de sílice y aluminio, parámetros característicos de los materiales con actividad puzolánica, la $\sum \text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \geq 70$ y el $\text{SO}_3 \leq 4$ parámetros que la definen como un aditivo mineral clase N según la NC-TS 528:2013.

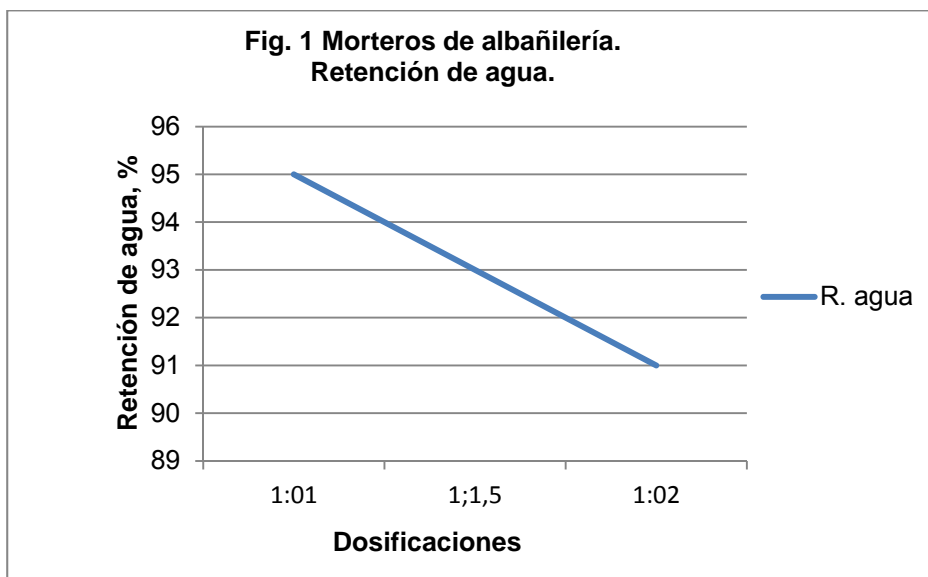
La arena utilizada es una caliza que presenta un 43,06 % de calcio y bajos contenido de magnesio. En la tabla III se muestran los resultados del análisis granulométrico de la arena.

Tabla III Análisis granulométrico de la arena La Molina

| Granulometría(mm) | % pasado | Esp. NC 657 |
|-------------------|----------|-------------|
| 2,38 | 100 | 95- 100 |
| 1,19 | 100 | 70- 100 |
| 0,59 | 55 | 40- 75 |
| 0,297 | 26 | 20- 40 |
| 0,149 | 11 | 10- 25 |
| 0,074 | 4 | 0-10 |

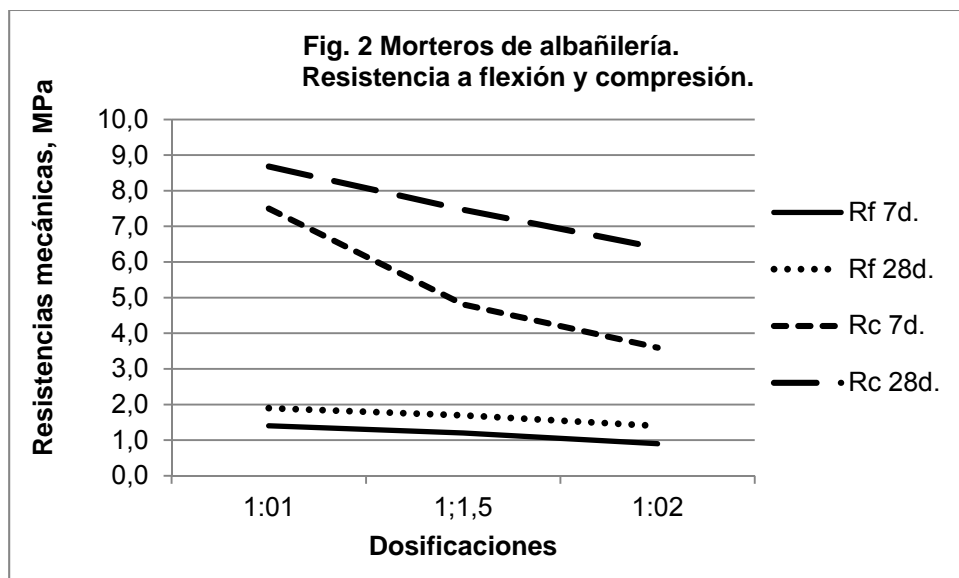
Una vez tamizada la arena cumple con la norma cubana de referencia.

En las figuras 1, 2 y 3 y la tabla IV se muestran los resultados de la evaluación de los morteros de albañilería. La figura 1 es de retención de agua, la figura 2 es de resistencias mecánicas a flexión y compresión a 7 y 28 días y la figura 3 es de absorción de agua por capilaridad.



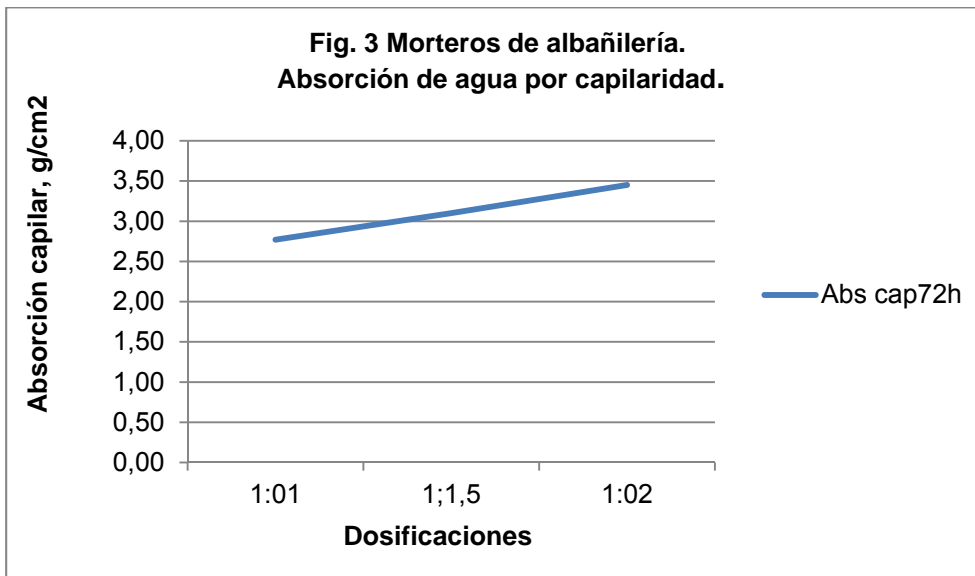
La retención de agua disminuye a medida que la dosificación es más pobre en el aglomerante, de ahí que la dosificación 1:1 presenta una retención de agua de 95 % mientras que la dosificación 1:2 es solo del 91 %, aunque todas las dosificaciones cumplen con lo establecido en las normas cubanas NC 175 y NC 791 que plantean que la retención de agua debe ser ≥ 90 %, la dosificación 1:2 no cumple con la norma NC 566 morteros de cal que especifica que la retención de agua debe ser ≥ 92 %.

La figura 2 es de resistencias mecánicas a flexión y compresión a 7 y 28 días.



Tanto las resistencias mecánicas a flexión como a compresión disminuyen a medida que las dosificaciones son más pobres en el aglomerante. Las resistencias a flexión varían entre 1,40 y 0,90 MPa a los 7 días hasta 1,90 y 1,40 MPa a los 28 días, mientras que las resistencia a compresión varían entre los valores de 7,50 y 3,60 MPa a los 7 días hasta 8,68 y 6,40 MPa a los 28 días. Estos valores de resistencia a compresión, principalmente a los 28 días son bastante altos para este tipo de mortero, lo cual es debido al efecto de la puzolana y su reacción con el hidrato de cal.

La figura 3 es de absorción de agua por capilaridad en los morteros de albañilería.



La absorción capilar aumenta a medida que las dosificaciones son más pobres en el aglomerante. Esta varía entre el rango de valores de 2,77 g/cm² para la dosificación 1:1 hasta 3,45 g/cm² para la dosificación 1:2.

En la tabla IV se muestra un resumen de las propiedades evaluadas.

Tabla IV Resumen de los valores obtenidos de los ensayos realizados a los morteros de albañilería con el aglomerante A2- (30 % A1+70 % puzolana).

| Dosificación/ Mortero | | Mortero M2 | | | | | |
|--------------------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|---|
| | | Rf. 7d. MPa | Rf. 28 d. MPa | Rc. 7 d. MPa | Rc. 28 d. MPa | R. agua, % | Abs cap _{72h} g/cm ² |
| 1:1 | Promedio | 1,40 | 1,90 | 7,50 | 8,68 | 95 | 2,77 |
| | SD | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,286 | | |
| | %V | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,29 | | |
| 1:1,5 | Promedio | 1,20 | 1,70 | 4,81 | 7,47 | 93 | 3,10 |
| | SD | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,052 | | |
| | %V | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 | | |
| 1:2 | Promedio | 0,90 | 1,40 | 3,60 | 6,40 | 91 | 3,45 |
| | SD | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,245 | | |
| | %V | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,83 | | |

CONCLUSIONES

- Se prepararon tres dosificaciones diferentes de morteros de albañilería (1:1, 1:1,5 y 1:2) con el empleo de un aglomerante compuesto por 30 % de hidrato de cal y 70 % de puzolana del yacimiento Tasajera, y se evaluaron sus propiedades fundamentales como son: retención de agua, resistencias mecánicas a flexión y compresión y absorción por capilaridad. Todas las dosificaciones fueron preparadas con una fluidez de 105 ± 5 mm medidos en la mesa de fluidez.
- La retención de agua en los morteros de albañilería presentan valores por encima de 90 % como establecen las normas NC175 y NC 791 en todas las dosificaciones, pero la dosificación 1:4 no cumple con la norma NC 566 morteros de cal que especifica que la retención de agua debe ser ≥ 92 %.
- Los morteros de albañilería base cal-puzolana presentan resistencias mecánicas a compresión a los 28 días, que oscilan entre los valores de 8,68 MPa y 6,40 MPa, lo cual son valores de resistencias mecánicas a compresión altos para este tipo de morteros de albañilería. Entre los



objetivos planteados para este tipo de morteros era precisamente obtener resistencia a compresión a los 28 días aproximadamente en ese rango de valores.

- Respecto a la absorción por capilaridad, presentan valores (desde 2,77 hasta 3,45 g/cm²) lo cual es algo bajo, pero bueno para los usos recomendados de este tipo de mortero de albañilería.

BIBLIOGRAFÍA

- Blount, B. "Cemento". Ediciones Calpe. Madrid. 1923.
- Casaña, J. "Consideraciones generales sobre las calizas y las cales de construcción". Reporte, Madrid, 1856.
- Prado, R. Estudio comparativo de las características de los morteros tradicionales, empleados en restauración con otros de puzolanas naturales y aditivados, Tesis doctoral, Universidad de Alicante 2011.
- NC 169: 2002. Mortero fresco. Determinación de la capacidad de retención de agua.
- NC 170: 2002. Mortero fresco. Determinación de la consistencia en la mesa de sacudidas.
- NC 171: 2002. Mortero endurecido. Determinación de la absorción de agua por capilaridad.
- NC 173: 2002. Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a flexión y compresión.
- NC 175: 2002. Morteros de albañilería. Especificaciones.
- NC 566: 2007. Morteros de cal. Especificaciones, preparación y aplicación.
- NC 657: 2008. Áridos para morteros de albañilería. Especificaciones.
- NC 791: 2010. Código de buenas prácticas sobre la preparación, dosificación, mezclado y colocación de los morteros de albañilería.