

## **AVANCES EN EL USO DE METACAOLIN PARA LA MEJORA DE LAS PROPIEDADES DE LOS MORTEROS DE CEMENTO TIPO PORTLAND**

<sup>1</sup>Gregorio García; <sup>1</sup>Mariano González; <sup>1</sup>Mercedes del Rio

<sup>1</sup> *Departamento D080 – Construcciones Arquitectónicas y su Control, E.T.S. de Edificación de Madrid*

**Palabras Clave:** *Mortero, metacaolín, mejora, adherencia.*

### **Resumen**

*El presente trabajo resume los avances conseguidos hasta el momento en la búsqueda de la mejora de las propiedades de los morteros de cemento tipo portland, que forman parte de fábricas constituidas por estos morteros y ladrillos cerámicos.*

### **Introducción**

Las adiciones de humo de sílice y de cenizas volantes son habituales para la mejora de los productos de cemento, incrementando en general la resistencia y la durabilidad. En los últimos años un nuevo producto ha venido a sumarse a estos con los mismos objetivos, estando publicadas varias monografías sobre el uso del metacaolín como sustituto puzolánico parcial del cemento y sus efectos [1-5]. Estos trabajos anteriores han demostrado que la adición de metacaolín a los morteros realizados con cemento tipo portland incrementan significativamente las propiedades de los mismos.

Se mejora la resistencia a compresión debido a la mayor calidad de la microestructura del cemento hidratado, por reacción del metacaolín con el hidróxido cálcico. Asimismo se mejora la resistencia al ataque de cloruros y la durabilidad en entornos de sulfato-cloruro. Todo ello acompañado de la mejora de la trabajabilidad de la mezcla en fresco. El metacaolín es un material silicoaluminoso activado mediante la calcinación entre 650 y 800 ° C de caolín.

En una línea diferente a trabajos mencionados, en el presente no se sustituye el cemento por el metacaolín sino que se utiliza como una adición a la mezcla. Estas adiciones se han realizado en relación al peso del conglomerante con unos porcentajes del 5%, del 10% y del 15%. Sendas proporciones para dosificaciones con relación cemento/arena de 1:3, 1:4 y 1:5, respetando así la relación de laboratorio y dos más similares a los morteros utilizados habitualmente en obra para fábricas.

La arena utilizada es una de las posibles en el mercado, elegida entre las habituales que se pueden adquirir en los almacenes de materiales de construcción, para su uso habitual. Se ha caracterizado convenientemente, manteniendo la mínima precaución de no cambiar de suministrador y lugar de extracción a lo largo de los ensayos realizados.

Para lograr masas homogéneamente comparables, manteniendo los porcentajes citados de adición de metacaolín y las diferentes proporciones de arena, se ha procurado a través del factor de la trabajabilidad; buscando la dosificación concreta, en cada caso, que permita obtener diámetros de diecisiete centímetros en el ensayo de consistencia de la mesa de sacudidas.

Es de destacar la mejora que se produce de la trabajabilidad de los diferentes morteros en comparación con los utilizados de referencia.

### **Dispositivo experimental**

Para el presente estudio, en una primera fase, se van a llevar a cabo los ensayos básicos de estudio de los morteros; flexión, compresión, densidad en fresco, densidad del mortero endurecido, durabilidad y finalmente adherencia. De los cuales, en la actualidad se poseen los datos de los cuatro primeros y preliminares de la adherencia.

En los ensayos de resistencia a compresión realizados se ha observado un comportamiento no constantemente lineal entre el incremento de la cantidad de metacaolín y el incremento de la resistencia a compresión de los morteros. Variando además el comportamiento en las diferentes relaciones cemento/arena. En general a mayor cantidad de conglomerante el efecto del metacaolín es menor.

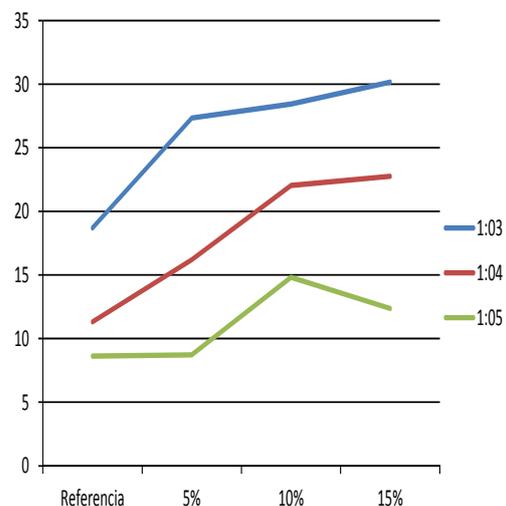
Para la dosificación 1:3 el efecto siempre es positivo en cuanto al incremento de resistencia en relación a la cantidad de metacaolín. Se produce un incremento de resistencia de casi un 50% en el momento que se aporta el metacaolín, pero se observa poca diferencia entre un porcentaje y otro de adición, generándose una plataforma sensiblemente horizontal con pendiente positiva.

Para la dosificación 1:4 el metacaolín logra duplicar la resistencia con el 15% de adición. Se mantiene el incremento de la resistencia, en la misma cantidad, en el primer escalón de aportación de metacaolín, siendo en este caso sumamente escasa la diferencia entre el 10% y el 15% de adición.

Para la dosificación 1:5 el efecto inicial del metacaolín es muy escaso, produciéndose el efecto en el 10%, que logra casi la duplicación de la resistencia. Es relevante de este caso, el hecho de que el mayor porcentaje de

**Tabla 1: Resultados de los ensayos de resistencia a compresión de las diferentes dosificaciones en función de la cantidad de metacaolín aportada y la relación cemento/arena, expresados en Mpa.**

% Metacaolín	1:3	1:4	1:5
Referencia	18,70	11,31	8,63
5%	27,34	16,194	8,72
10%	28,43	22,04	14,83
15%	30,16	22,77	12,36



**Fig. 1: Gráfica de los resultados de resistencia a compresión de las diferentes dosificaciones en función de la cantidad de metacaolín aportada y la relación cemento/arena, expresados en Mpa.**

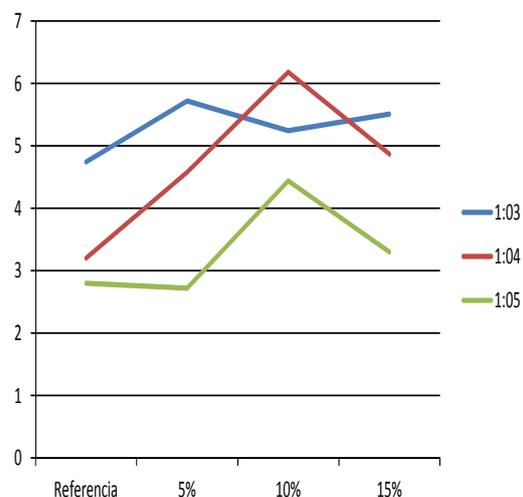
aportación de metacaolín, no solo no incrementa el escalón inferior, sino que la resistencia se reduce.

En sentido transversal se puede afirmar que la adición óptima de metacaolín se encuentra en el entorno del 10%. Coincide tangencialmente con los resultados de Restrepo [6], ya que en su caso se produce la sustitución de cemento por metacaolín.

En los ensayos de resistencia a flexión, contempladas las cautelas necesarias con un mortero sometido a este esfuerzo, se puede afirmar que se mantiene y acentúa el comportamiento no constantemente lineal entre el incremento de la cantidad de metacaolín y el incremento de la resistencia de los morteros.

**Tabla 2: Resultados de los ensayos de resistencia a flexión de las diferentes dosificaciones en función de la cantidad de metacaolín aportada y la relación cemento/arena, expresados en Mpa.**

% Metacaolín	1:3	1:4	1:5
Referencia	4,74	3,20	2,80
5%	5,72	4,58	2,72
10%	5,24	6,18	4,44
15%	5,51	4,87	3,30



**Fig. 2: Gráfica de los resultados de resistencia a flexión de las diferentes dosificaciones en función de la cantidad de metacaolín aportada y la relación cemento/arena, expresados en Mpa.**

Este pico se ve acentuado por el descenso de resistencia que se produce con el nivel de adición del 15%.

En el caso de la dosificación 1:5, el metacaolín produce como primer efecto un ligero descenso de las resistencias, que también está siendo objeto de reestudio, dada la falta de paralelismo con los comportamientos de las otras dosificaciones e incluso con la tónica general de que por debajo del 10% el efecto del metacaolín siempre es beneficioso. Cabe destacar, sin embargo el comportamiento homogéneo de la adición al 10%.

También se observa que el efecto del metacaolín es mucho menor en la dosificación con mayor cantidad de cemento.

Para la dosificación 1:3 el efecto del metacaolín genera un primer escalón de un 20% de incremento de resistencia, sin embargo deja de ser positivo con el incremento de la adición, produciéndose un valle justamente en el 10%, que como se ha visto, en el caso de la compresión es el de mejor comportamiento. Tras la rotura no se apreció defecto alguno en la probeta, pero la falta de correspondencia con los resultados de las semi-probetas resultantes a compresión y de paralelismo con las otras dosificaciones ensayadas, parece indicar la posibilidad de un defecto interno que favoreciese una resistencia tan baja. No se tienen aún los resultados, pero se ha repetido el ensayo para corroborar o descartar los actuales.

De nuevo el mejor comportamiento se corresponde con la dosificación 1:4, con un pico claramente marcado en el 10% de aportación de metacaolín, que

Los datos preliminares de adherencia indican que, utilizando metacaolín, el mejor comportamiento se produce con la dosificación con mayor contenido de cemento, es decir con la 1:3, incrementándose de manera sustantiva en relación a las otras dos, que ofrecen unos resultados muy similares, con una leve deriva hacia la dosificación 1:5. De momento no es posible establecer comparaciones entre los diferentes porcentajes de aportación de metacaolín.

### **Conclusiones**

Con los datos disponibles hasta la fecha, es posible realizar las siguientes afirmaciones:

.- Primero, la ya sobradamente conocida de que el metacaolín mejora las propiedades de los morteros, en la mayor parte de los casos.

.- Se destaca la mejora en dosificaciones mayores que el 1:3, pero no de forma lineal continua, ya que dosificaciones, en el entorno del 1:5, como la mayor de las utilizadas en este estudio, no son beneficiadas en la misma medida.

.- El porcentaje más adecuado, entre los utilizados en este estudio, para el logro del incremento de las propiedades se encuentra en el 10%, lo cual se corresponde con otros estudios existentes.

### **REFERENCIAS**

- [1] Kostuch, J.A.; Walters, V.; Jones, T.R.: "High performance concretes incorporating metakaolin: a review", *Concrete 2000* (1993), E&FN Spon, pp. 1799-1811
- [2] Sabir, B.B.; Wild, S.; Khatib, J.M.: "On the workability and strength development of metakaolin concrete", *Concrete for Environmental Enhancement and Protection* (1996), E&FN Spon, pp. 651-656.
- [3] Curcio, F.; Deangelis, B.A.; Pagliolico, S.: "Metakaolin as a pozzolanic microfiller for high-performance mortars", *Cem. Concr. Res.*, vol. 28, nº 6 (1998), pp. 803-809.
- [4] Sabir, B.B.; Wild, S.; Bai, J.: "Metakaolin and calcined clay as pozzolans for concrete: a review", *Cement and Concrete Composites*, vol. 23 (2001), pp. 441-454.
- [5] Siddique, R.; Klaus, J.: "Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete: a review", *Applied Clay Science*, vol. 43, nº 3-4 (2009), pp. 392-400.
- [6] Restrepo, J. C.; Restrepo, O. J.; Tobón, J. I.: "Efectos de la adición de metacaolín en el cemento portland", *Revista de la facultad de minas de la Universidad Nacional de Colombia*, vol. 73 (2006), nº 150, pp. 131-141.