

## LA ARENA CALIZA ACTIVADA MEDIANTE EL PROCESO AERODINÁMICO ESTUDIADA COMO ADICIÓN AL CEMENTO Y HORMIGONES

**E. Téllez, Abdel Pérez**

*Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, (CTDMC), Cuba. Carretera a Casa Blanca y calle 70. Reparto Bahía. Municipio regl. CP 11200. Ciudad de la Habana. Cuba. Email: [elena@ctdmc.co.cu](mailto:elena@ctdmc.co.cu)*

### RESUMEN

En el trabajo se presentan los resultados del estudio realizado de las propiedades físicas, físico-mecánicas y reológicas de la arena caliza activada conjuntamente con el cemento por un proceso triboquímico, mediante un activador termodinámico, cuando se utiliza como adición o como cemento mezclado.

Este proceso logra aumentar la reactividad de los materiales, toda vez que incrementa su finura a nivel cristalino y cambia la estructura de éstos, lo que contribuye al incremento de su eficiencia (mayores prestaciones con igual consumo o iguales prestaciones con menor consumo), ahorro de energía, optimización de su consumo y disminución de la utilización de un recurso no renovable.

La evaluación de la mezcla MCC se realizó de dos formas como un cemento mezclado y como una adición en un 5 y 12 % del peso del cemento, siguiendo el procedimiento y la normativa del control de calidad de cemento y evaluando en el primer caso con los resultados obtenidos con el cemento PP - 250 y en segundo caso como una adición comparándola con los resultados de los morteros donde se empleó la zeolita.

En ambas evaluaciones se obtienen resultados positivos ya que el proceso de activación de la mezcla de cemento y caliza proporciona un incremento en las resistencias mecánicas respecto al cemento mezclado con toba zeolitizada, PP 250 y el índice de actividad evaluado a partir de las resistencias a compresión a las edades de 7 y 28 días según la norma ASTM C 618 fue cumplimentado satisfactoriamente.

### ABSTRACT

In the work the results of the realized study of the physical, physical-mechanical estates and reológicas of the calcareous sand are presented activated jointly with the cement by a process triboquímico, by means of a thermodynamic activator, when it is used as addition or like blended cement.

This process is able to increase the reactivity of the materials, all time that increases its fineness at crystalline level and it changes the structure these, what contributes to the increment of its efficiency (bigger benefits with equal consumption or same benefits with smaller consumption), energy saving, optimization of its consumption and decrease of the use of a nonrenewable resource.

The evaluation of the mixture MCC was carried out in two ways as a blended cement and like an addition in a 5 and 12% of the weight of the cement, following the procedure and the regulatory scheme of the cement quality control and evaluating in the first case with the obtained results with the cement PP - 250 and in second case like an addition comparing it with the results of the mortars where the zeolita was used.

In both evaluations positive results are obtained the process of activation of the cement mixture since and calcareous sand provides an increment in the mechanical resistances regarding the blended cement with tufa zeolitizada, PP 250 and the valued activity index starting from the resistances to compression to the ages of 7 and 28 days according to the norm ASTM C 618 were executed satisfactorily.

### INTRODUCCIÓN

La activación de materiales, como adición a la producción de mezclas hidráulicas empleadas en la construcción se utilizan desde hace algún tiempo en el mundo. Estas tecnologías utilizan fundamentalmente dos métodos por vía húmeda y por vía seca mediante procesos mecánicos, hidráulicos, eléctricos, magnéticos acústicos, ultrasónicos, térmicos al vacío y otros. Entre los activadores mas conocidos se han desarrollado los micronizadores mecánicos, (aerodinámicos, electrovibradores, desintegradores y otros), los electrohidráulicos los turbohidráulicos los cavitadores

y los fluidos de alta velocidad, electromagnéticos, los electroacústicos y termoacústicos y otros que emplean los principios anteriores directos o combinados.<sup>(1)</sup>

El resultado es el incremento notable de la actividad de los aglomerantes y las arcillas por efecto del cambio de las estructuras moleculares, con un incremento notable de la superficie específica y por tanto un mayor contacto entre las sustancias reaccionantes elevando la velocidad de reacción, logrando la optimización en el empleo de los materiales, mayores prestaciones o menores consumo para igual prestación.

En este trabajo utilizamos un equipo que sigue el principio aerodinámico, como método de activación de materiales que según sus autores permite obtener propiedades cualitativamente nuevas de empleo en el hormigón, en la piedra artificial, recubrimiento y artículos decorativos y tiene como rasgo característico la baja potencia específica, bajo gasto de energía eléctrica, sencillez y elevada productividad<sup>(1)</sup>

## DESARROLLO DEL TRABAJO

La activación consiste fundamentalmente en la disminución considerable, del orden de la micras, el tamaño de las partículas, lo que provoca una alteración o modificación de la estructura cristalina a nivel molecular como resultado de las influencias energética regulable. El material activado tiene una capacidad de reacción entre de 1,5 a 2 veces<sup>(2)</sup>

El trabajo consistió en la determinación de la caracterización y la evaluación de sus efectos en morteros y hormigones de la arena caliza mezclada con cemento Pórtland P-350 con vista a ser empleada como un cemento mezclado o como una adición al mismo.

La activación de la arena se realizó en un equipo experimental que fue instalado por especialistas que suministran esta tecnología en el Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción

La arena empleada la arena calcárea, procedente de la Zona No. 1 de la antigua provincia Habana

### 3.1 Características generales del Equipo

El equipo es del tipo aerodinámico con capacidad promedio de 2,5 kg / hora, compuesto por:

- El bastidor de apoyo
- El cuerpo de la cámara de molido
- Motor eléctrico

Detalles del de activador aerodinámico.



Foto 1 Activador



Foto 2 Proceso de carga al activador



Foto 3 Descarga material activado

### 3.2 Materiales empleados

- Arena caliza de la Zona 1, La Habana.
- Cemento Pórtland P-350
- Cemento Pórtland Puzolánico de marca PP-250
- Zeolita fracción 0,8 mm, Zoad como aditivo mineral activo

### 3.3 Ensayos realizados y resultados alcanzados

La mezcla se preparó en peso con una proporción de 70% de cemento y 30% de arena caliza antes de alimentarla al activador.

La evaluación de la mezcla a la que se denominó, MCC, se realizó de dos formas: como un cemento mezclado y como una adición en un 5 y 12 % del peso del cemento, siguiendo para el primer caso el procedimiento y la normativa del control de calidad de cemento y evaluando los resultados obtenidos con el del cemento PP - 250 y en segundo caso como una adición comparándola con los resultados de los morteros donde se empleó la zeolita.

#### Evaluación como cemento mezclado:

**Ensayos físicos.** Se realizaron paralelamente al cemento mezclados de marca 250 MPa y la mezcla MCC, los ensayos de peso específico según NC 523/2007, superficie específica Blaine según NC EN 196-6/2007, granulometría por vía húmeda según NC 172/2005 por los tamices de 71, 53 y 45 micras; la Consistencia Normal y Tiempo de Fraguado por la NC -524 /2007

**Tabla I. Propiedades físicas**

| Ensayos realizados                          |                | Muestras |      |
|---|----------------|----------|------|
|   |                | Cemento  | MCC  |
| Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )        |                | 3,05     | 3,10 |
| Superficie Esp. Blaine (cm <sup>2</sup> /g) |                | 2892     | 3965 |
| Consistencia Normal (%)                     |                | 25       | 25,9 |
| Agua de Amasado (ml)                        |                | 125      | 129  |
| Tiempo de Fraguado                          | Inicial (min.) | 100      | 90   |
|   | Final (h/min.) | 2:30     | 2:18 |

**Tabla II. Ensayos Granulométricos vía húmeda, % de retenido en micras**

| Muestras                   | 71 micras | 53 micras | 45 micras |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Cemento PP 250 sin activar | 16,14     | 12,24     | 6,3       |
| MCC                        | 2,88      | 2,78      | 1,85      |

**Tabla III. Plasticidad determinada por el método del minicono.**

| Muestra        | Área de la pastilla (cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|--|
| Cemento PP-250 | 43,47                                  |

|            |       |
|------------|-------|
| Mezcla MCC | 48,20 |
|------------|-------|

**Tabla IV. Ensayos de Resistencia a Flexión y Compresión**

| Muestras       | Edad    | Resistencia Flexión (MPa) | Resistencia Compresión (MPa) |
|----------------|---------|---------------------------|------------------------------|
| Cemento PP 250 | 7 días  | 5,0                       | 26,9                         |
| MCC            | 7 días  | 5,7                       | 30,1                         |
| Cemento PP 250 | 28 días | 7,2                       | 34,8                         |
| MCC            | 28 días | 7,5                       | 38,6                         |

#### Evaluación como adición:

Para verificar las propiedades de la mezcla MCC como adición se sustituyó en un 5 y 12 % del cemento en las pastas de cemento y de mortero por la mezcla MCC y por zeolita que actualmente se emplea con este fin.

Además se verificó la actividad puzolánica aplicando los criterios para esta capacidad por la norma ASTM C 618.

**Tabla V. Ensayos Granulométricos vía húmeda, % de retenido**

| Muestras | Tamiz 71 micras | Tamiz 53 micras | Tamiz 45 micras |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Zeolita  | 19,83           | 0,46            | 0,02            |
| MCC      | 2,88            | 2,78            | 1,85            |

**Tabla VI. Propiedades físicas comparadas con la Zeolita**

| Ensayos realizados                          | Muestras |       |
|---|----------|-------|
|   | Zeolita  | MCC   |
| Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )        | 2.24     | 3, 10 |
| Superficie Esp. Blaine (cm <sup>2</sup> /g) | 241,85   | 3965  |

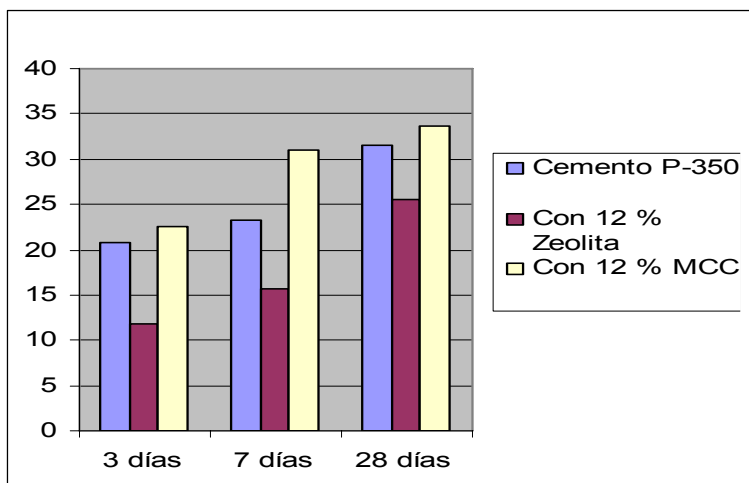
**Tabla VII. Plasticidad**

| PLASTICIDAD DE LA PASTA       |             |                      |
|-------------------------------|-------------|----------------------|
| Muestra                       | Adición (g) | Área cm <sup>2</sup> |
| Cemento P350 sin adición      | -           | 46.74                |
| Cemento P350 con 12 % Zeolita | 8.5         | 30.75                |
| Cemento P350 con 12 % MCC     | 8,5         | 49,45                |
| Cemento P350 con 5% MCC       | 5           | 41,23                |

**Tabla VIII. Resistencias mecánicas en morteros**

| Material            | Resistencia a Flexión (MPa) |        |         | Resistencia a Compresión (MPa) |        |         |
|---------------------|-----------------------------|--------|---------|--------------------------------|--------|---------|
|                     | 3 días                      | 7 días | 28 días | 3 días                         | 7 días | 28 días |
| Cemento P-350 Puro  | 5.0                         | 5.1    | 6.4     | 20.8                           | 23.2   | 31.6    |
| Con 12 % de Zeolita | 3,4                         | 4.27   | 6.67    | 11,8                           | 15.77  | 25.58   |
| Con 12 % de MCC     | 4,9                         | 6,1    | 6,8     | 22,5                           | 30,7   | 33,6    |

**Grafico 1. Resistencia a compresión en mortero**



### Índice de actividad Puzolánica

A partir de los resultados de las resistencias a compresión a las edades de 7 y 28 días se estima el índice de actividad como recomienda la norma ASTM C 618.

Los resultados comparados con los requerimientos dados en dicha norma son los siguientes.

**Tabla IX. Resultados del cumplimiento de requisitos físicos de idoneidad de la mezcla MCC como aditivo mineral activo según norma ASTM C 618.**

| Requerimientos físicos (ASTM C 618)             |    | MCC  |
|---|----|------|
| Finura %. Retenido tamiz 45 $\mu$ m ( % máximo) | 34 | 1,84 |
| Edad 7 días. % mínimo del mortero s/ adición    | 75 | 120  |
| Edad 28 días % mínimo del mortero s/adición     | 75 | 106  |

### Hormigones fluidos

En la dosificación de estos hormigones se emplearon 450 kg/m<sup>3</sup> y los áridos: Fino fracción 0.149/4.76 mm, Victoria II, Granito 5/12 y Gravilla 12/19 mm Alacranes, con una granulometría continua, logrando hormigones coherentes y plásticos. Calculado para una Resistencia Media de 30 MPa y un asentamiento de 160-180 mm, relación a/c 0,4 con aditivo superplastificante.

Las mezclas evaluadas fueron preparadas:

- con cemento Pórtland P-350
- con la mezcla activada de cementos 70% de cemento y 30% de arena caliza en sustitución de un 5% del cemento Pórtland.

**Tabla X. Resultados de las resistencias y rendimientos hormigones.**

| Variantes                |      | a)   | b)   |
|--------------------------|------|------|------|
| Relación a/c real        |      | 0,42 | 0,43 |
| Consistencia Cono , mm   |      | 17,5 | 14,6 |
| Resistencia a compresión | 24 h | 18,2 | 19,4 |
|                          | 7d   | 31,4 | 32,2 |
|                          | 28d  | 35,0 | 37,6 |
| Rendimiento              | 28d  | 0,78 | 0,83 |

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La mezcla MCC evaluada como cemento mezclado posee mayor peso específico, superficie específica, finura, plasticidad y resistencias mecánicas, con similares tiempo de fraguados y agua de consistencia que los cementos clasificados como tal.

Evaluada como adición mineral cumple con todos los parámetros de idoneidad física según la norma ASTM C 618. Tiene mayor finura, peso específico, plasticidad que la zeolita utilizada con igual fin, así como mayor resistencia en los morteros a las edades de 3, 7 días y 28 días respecto al cemento y la zeolita.

En hormigones, con la utilización de la mezcla de cemento activado con caliza, se obtuvieron incrementos de la resistencia y del rendimiento, aspecto que posibilita la sustitución del cemento y por supuesto incremento de el ahorro de este material

## CONCLUSIONES

- La activación de la mezcla estudiada denota que este proceso incrementa la superficie de contacto aspectos favorables para las reacciones de los materiales. Lo que permite obtener mayores prestaciones a tempranas edades.
- El uso de materiales activados trae consigo la necesidad de empleo de aditivos químicos para disminuir el consumo de agua requerida por el incremento de la superficie específica. Lo que además con la combinación material activado-aditivo se obtiene las posibilidades de disminución en el consumo de cemento y por tanto un beneficio económico y ecológico.
- Esta tecnología además de propiciar un beneficio técnico-económico, también es contribuyente a los beneficios medioambientales pues al incrementar la efectividad de los materiales, promueve a su menor consumo, por tanto a su optimización y con ello la necesidad de disminución en la extracción, así como el menor consumo energético para su procesamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Folleto Técnico Activación de los componentes de las mezclas de construcción. Activador Dinámico. Editado por Cosmoexport Aerospace Research Agency, 19 p.

- Saltons, Vladislav N. Ahorro Energético, Costo Eficiente en las Construcciones Tecnológicas. Folleto Editado por Cosmoexport Aerospace Research Agency, 13 p.
- Téllez, E; R, Gayoso; M, Gener; M, Rosell; A, Pérez. Obtención, estudio y caracterización de materiales activados a escala de laboratorio con tecnología Rusa. Sus efectos en mezclas de morteros y hormigones. Informe Técnico. CTDMC, 15 Diciembre 2009, 33 p
- Téllez, E; R, Gayoso; M, Gener; M, Rosell; A, Pérez Activación de materiales, una tecnología para el incremento de su eficiencia, calidad y contribución a la preservación al medio ambiente. Memorias II Convención de Ingeniería en Cuba. Varadero, matanzas, Junio 2010, Memorias. ISBN 978-959-247-077-4