



Conservación de morteros de cal-arena a partir de partículas coloidales de hidróxido de calcio

Gilberto Álvarez Guzman¹, Jorge A. Cervantes Jáuregui¹, Dolores E. Álvarez Gasca²

¹Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, ²Universidad de Guanajuato, División de Arquitectura, Arte y Diseño.
g.alvarez@ugto.mx, jauregi@ugto.mx, elenaag@ugto.mx

RESUMEN

En tiempos recientes, la conservación del Patrimonio Cultural se ha visto enriquecida a través del trabajo inter y multidisciplinario y **con** el uso de las nuevas tecnologías, logrando así rescates exitosos que permiten preservar la memoria histórica del bien cultural. Dentro de este rubro la nanotecnología ha incursionado en el campo de la restauración y conservación del patrimonio cultural, un ejemplo es el uso de nanopartículas de SiO_2 , hidróxidos de magnesio y calcio empleados en la conservación de pintura mural y materiales pétreos. La nanotecnología como ciencia aplicada permite sintetizar y diseñar materiales de acorde a requerimientos específicos. Es en este punto en donde recaerá esta investigación en el uso de nanomateriales para la conservación de un mortero de cal y arena, constituyente de una noria alta que perteneció a la Ex Hacienda de Bustos, ubicada en el barrio de Cata en Guanajuato, Gto. En este trabajo de investigación se logró la síntesis de partículas coloidales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, las cuales serán empleadas en los proceso de consolidación del mortero de cal arena de la noria alta de Cata. El sistema de partículas obtenido fue caracterizado por SEM, DRX y Dispersión de Luz Dinámica. Posteriormente, se aplicó en morteros de cal sintetizados en el laboratorio (simulando al que se encuentra en la noria) y sometidos a pruebas de intemperismo (efectos de sales solubles y efectos de lluvia ácida), el producto de dicha experiencia se caracterizó por SEM y DRX.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación del Patrimonio Cultural es una actividad que en las últimas décadas se ha procurado con mayor énfasis, debido a la mayor concientización por resguardar los vestigios que son testigos de la cultura e historia de las sociedades humanas. Esta tarea es ardua y no solamente el especialista en conservación es la persona que interviene en este proceso pues a últimas fechas esta actividad se ha visto enriquecida a través de los trabajos multidisciplinarios e interdisciplinarios.

Dentro de este rubro la nanotecnología ha comenzado a incursionar en el campo de la restauración y conservación del patrimonio cultural, un ejemplo es el uso de nanopartículas de SiO_2 , hidróxidos de Mg y Ca empleados en la conservación de pintura y materiales pétreos. La nanotecnología como ciencia aplicada permite sintetizar y diseñar materiales en concordancia con requerimientos específicos. Es en este punto en donde recae esta investigación en el uso de partículas coloidales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, para la conservación de un mortero de cal y arena, constituyente de una noria alta que perteneció a la Ex Hacienda de Bustos, ubicada en el barrio de Cata en Guanajuato, Gto. ¿Por qué la conservación de morteros de cal? Como es bien sabido los morteros de cal revolucionaron



la arquitectura desde su introducción en la construcción hace más de 6000 años, algo que lo hizo de gran valor dentro de la construcción fueron sus propiedades físicas, promoviendo la generación de sistemas constructivos y una diversidad de aplicaciones. Además de lo anterior todas las obras arquitectónicas construidas hasta antes de principios del siglo XX, emplearon como material cementante morteros de cal (Alejandre, 2002).

En este estudio se logró la síntesis y caracterización de partículas coloidales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y las cuales fueron probadas sobre morteros de cal-arena deteriorados, en la cual se observó el efecto que tiene en el proceso de consolidación de la matriz calcárea afectada por lluvia ácida y alta condiciones de humedad, los cuales son los principales agentes de deterioro de este tipo de material constructivo.

2. TEORÍA

La cal es uno de los materiales que revolucionaron la arquitectura desde hace más de 6000 años, debido a sus propiedades mecánicas, ya que presentan una capacidad de deformación relativamente alta gracias a su módulo de elasticidad bajo, lo que le permite absorber los movimientos producidos por los materiales colindantes sin sufrir fractura. Aunado a lo anterior, su naturaleza alcalina le protege de las sales solubles, las cuales son las causantes de las eflorescencias, criptoflorescencias, subflorescencias, etc. (Alejandre, 2002; Meli 2011.). Esto permitió revolucionar los sistemas constructivos y darle un sinfín de usos en la construcción. **En el** territorio mexicano el uso de cal data desde tiempos precolombinos y en la zona maya es uno de los máximos exponentes en el uso variado de este material. El principal agente de deterioro de los morteros de cal es el agua, que al combinarse con contaminantes como los óxidos de azufre provoca un cambio en la composición del material pasando de carbonato de calcio, a sulfato del calcio di hidratado (yeso), el cual mecánicamente es un material excesivamente endeble. Además de lo anterior, en climas tropicales en los que hay una humedad relativa muy alta, este material se ve afectado por microorganismos, generalmente algas oscilatorias y en algunos casos ciertos hongos, los cuales ya sea que tiendan a alimentarse del carbonato de calcio o en su proceso metabólico excreten ácidos generando el deterioro del material (Warscheid 2000, Novelo 2011).

Debido a la importancia que ha tenido este material en el avance de las técnicas constructivas empleadas por el ser humano, desde hace una década se ha venido investigando sobre el uso de materiales compatibles con el hidróxido de calcio elemento principal de la cal. Una de tales aportaciones son las obtenidas por el grupo Colloidal Science and Nanotechnology for Cultural Heritage (CSGI) en donde Baglioni y colaboradores han logrado sintetizar y emplear nanopartículas basadas en hidróxido de calcio para restaurar los murales Mayas de Calakmul en el Estado de Campeche, México (Baglioni, 2006). Cabe mencionar que a partir de las propuestas de este grupo de investigación, han surgido una serie de nanomateriales que son compatibles con materiales calcáreos como las hidroxiapatitas (Gómez- Villalba, 2011).

Se puede observar que a pesar de ser una ciencia que hace menos de diez años incursionó en la protección y conservación del patrimonio cultural la nanotecnología de materiales ya ha tenido resultados de suma importancia.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Se presentan los resultados obtenidos sobre la caracterización de tamaño y morfología de la partícula coloidal y la aplicación sobre muestras de mortero de cal- arena, las cuales fueron sometidas a pruebas de intemperismo acelerado.

- Las partículas coloidales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se obtuvieron a partir de la metodología propuesta por Taglieri y col. A partir de ella, se precipita una solución al 0.3mol/L de CaCl_2 , con una



solución de NaOH al 0.6 mol/L a una razón de 4mL/min a 90°C. Se observara un cambio en la coloración de la solución, de ser transparente a blanco lechoso. Posteriormente se deja reposar por 24 h, y se observara la formación de dos fases. Se desecha la fase superior. La fase inferior contiene la solución de partículas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y NaCl el cual debe eliminarse con 4 lavados con agua desionizada corroborado lo anterior mediante un análisis de ausencia de cloruros efectuado mediante la adición de gotas de AgNO_3 al 30%. Una vez terminado el lavado se procede a reconcentrar en 2-propanol las partículas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ obtenidas.

- Caracterización de tamaño y morfología: Para determinar el tamaño de partícula, se empleó el equipo Beckman Coulter el cual cuenta con un dispersor de luz dinámica y por medio del obtener el tamaño promedio de partícula el cual fue de 256 nm, esto concuerda con lo reportado por Baglioni empleando la misma técnica y corroborando con AFM (Baglioni, 2001, 2008 y 2010).

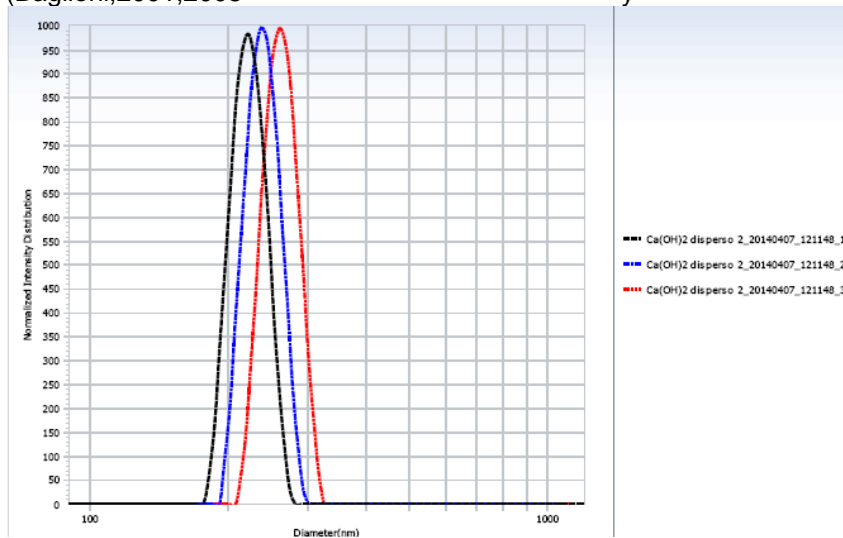


Fig.1 Distribución de tamaño de partícula por dispersión de luz dinámica (LS).

La observación de la morfología de la partícula se realizó a través de Microscopia Electrónica de Barrido (SEM). Ha sido reportado por Baglioni, Gómez-Villalba entre otros que estos sistemas presentan una geometría planar hexagonal así como prismática, en este estudio se encontraron los dos sistemas (Baglioni 2001, 2008, 2010; Gómez-Villalba 2011).

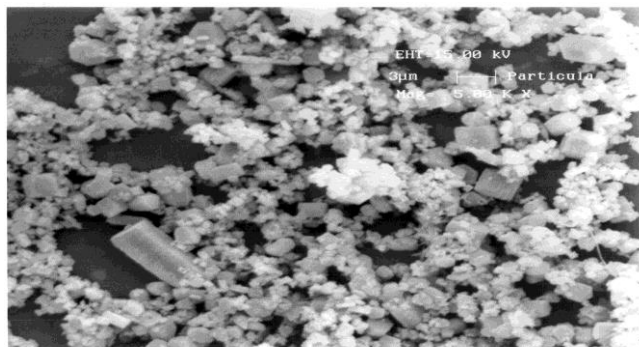


Fig. 2 SEM morfología de partícula de $\text{Ca}(\text{OH})_2$



- Intemperismo acelerado: Una vez determinado el tamaño de partícula y su morfología, se sometió a probarlo en un mortero de cal-arena preparado a una proporción 1:3 el cual es la referencia que se tiene para dicho uso. Al mortero se le realizaron pruebas de intemperismo acelerado en una cámara acondicionada a una humedad relativa del 85% a temperatura ambiente y se le realizaron dos pruebas, absorción de sales solubles empleando una solución al 25% de sulfato de sodio, y una simulación de ataque por lluvia acida, empleando una solución de H_2SO_4 a pH 3 de acuerdo a lo reportado para este tipo de prueba. (Thornbush 2007, Shaodong Xie 2004). Se efectuaron ciclos de inmersión en las soluciones. El primero fue llevarla a 4 ciclos de 4 h de inmersión y 2h de secado. La segunda prueba fue de 12 h de inmersión y 2 h de secado. En las pruebas se observó el proceso de sulfatación del carbonato de calcio a sulfato de calcio efectuado la verificación por SEM y mediante una prueba analítica de identificación la cual consiste en hacer reaccionar una pequeña muestra con sulfato de bario, el cual da positivo a yeso si se obtiene un precipitado blanco, siendo en este estudio positivo. En la micrografía se observa el crecimiento de sistemas tipo aguja típico del sulfato de calcio, lo que indica que las muestras han sufrido el proceso de deterioro y por ende están listas para el proceso de consolidación.

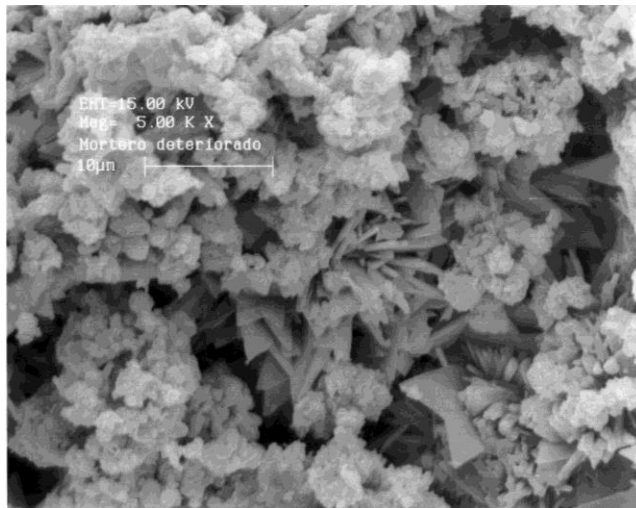


Fig.3 Mortero deteriorado.

El proceso de consolidación se realizó por aspersión al rociar la muestra con la suspensión coloidal de $Ca(OH)_2$ dejando el material tratado en reposo por tres semanas controlando la temperatura para que el material absorbiera el consolidante. Se efectuó el análisis por SEM para verificar el proceso de re carbonatación y por DRX para su corroboración. El patrón de difracción de rayos-X muestra que el proceso se llevó a cabo y en la micrografía se observa como las partículas se adhieren a la parte deteriorada dando como resultado un proceso de consolidación efectivo.

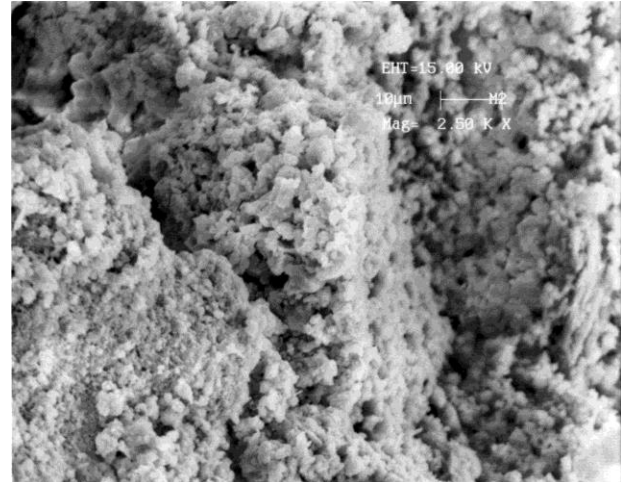
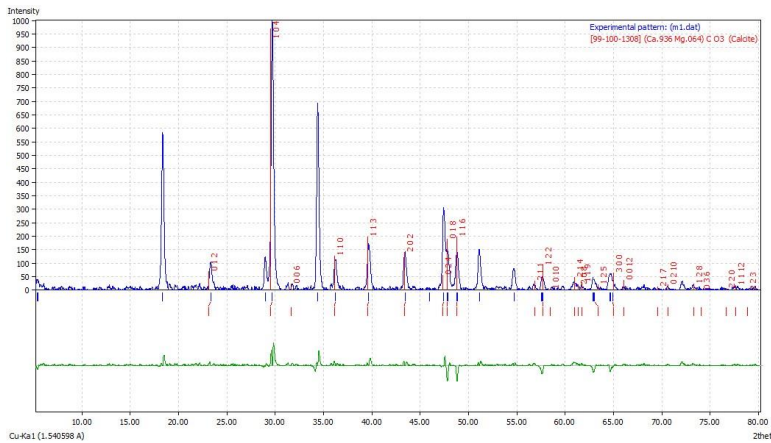


Fig. 4 DRX y SEM de las muestras consolidadas.

4. CONCLUSIONES

Como parte de este estudio, se ha podido sintetizar el sistema coloidal de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, obteniéndose su tamaño promedio de partícula. Al ser aplicado en el mortero deteriorado de cal-arena preparado expofeso, muestra una buena interacción cumpliendo cabalmente con el proceso de consolidación.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Alejandro Sánchez, F.J. *Historia, caracterización y restauración de morteros*, Volumen 25 de texto de Doctorado en Arquitectura, Universidad de Sevilla, 2002. ISBN. 8447207730, 9788447207732.
2. Meli Roberto. *“Los conventos mexicanos del siglo XVI”*. Instituto de Ingeniería de la UNAM y Miguel Ángel de Porrúa. México, 2011.
3. Eberto Novelo et al. *Las algas en las zonas arqueológicas mayas*. Ciencias 104,2001.
4. Th Warscheid and J. Braams. *Biodeterioration of stone: a review*. International Biodeterioration & Biodegradation 46, 2000.
5. Baglio, P, Giorgi, R. *Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage*. The Royal Society Chemistry, Soft. Matter, Vol. 2, 2006, pp. 293-303.
6. Gomez-Villalba et al. *Aplicación de nanopartículas a la consolidación del patrimonio pétreo*. La Ciencia y el Arte III: Ciencias Experimentales y Conservación del Patrimonio, Ministerio de Cultura. España 2011.
7. Taglieri, D. et al. *The nanolimes in Cultural Heritage conservation: Characterisation and analysis of the carbonatation process*. Journal of Cultural Heritage, 9 (2008) 294-301.