

Adiciones minerales como atenuantes de la reacción álcali sílice en estructuras de concreto hidráulico

Mineral admixtures as attenuators of the alkali silica reaction in Portland cement concrete structures

CECILIA OLAGUE-CABALLERO^{1,2}, GILBERTO WENGLAS-LARA¹
Y FERNANDO ASTORGA-BUSTILLOS¹

Recibido: Junio 6, 2011

Aceptado: Noviembre 25, 2011

Resumen

La reacción álcali sílice (RAS) afecta la durabilidad de estructuras de concreto hidráulico, ocasionando deterioros prematuros en el concreto hecho con agregados pétreos reactivos. El objetivo fue evaluar el potencial de la RAS del concreto hidráulico elaborado con agregados pétreos de dos regiones de Chihuahua para proponer medidas preventivas contra la RAS. Se discuten conceptos básicos de la reacción y mecanismos de expansión, condiciones que dan lugar al desarrollo y sustentabilidad de la RAS en el concreto. Se evaluaron diferentes mezclas de mortero mediante la norma ASTM C1260. Se consideraron dos tipos de cemento que comúnmente se comercializan (alto y bajo en álcalis) y dos tipos de adiciones minerales (micro sílice y ceniza volante clase F) para elaborar barras de mortero y medir su expansión a los 16 días de su elaboración, colocadas a una temperatura de 80 °C y en una solución de hidróxido de sodio. Para la determinación de la expansión se utilizó el comparador de longitudes (ASTM C490). En el caso de la arena de Ciudad Juárez combinada con 15% de micro sílice y con 25% de ceniza volante clase F, resultó no reactiva, con límites de expansión menores al 0.1%, que es el límite máximo permisible. De manera análoga, la arena del río Satevó, combinada con 5% de micro sílice y 20% de ceniza volante clase F, resultó no reactiva. Se concluye que estas proporciones son recomendables para su aplicación en estructuras de la ciudad de Chihuahua.

Palabras clave: mortero, expansión, micro sílice, ceniza volante clase F.

Abstract

The alkali silica reaction (ASR) affects the durability of Portland cement concrete structures. It causes premature damages in structures made with Portland cement concrete in which is involved reactive aggregates. The objective of this research was to evaluate the potential of the ASR of Portland cement concrete with reactive aggregates of two regions of Chihuahua, in order to give alternatives to prevent the ASR were proposed. The issues discussed include basic concepts of reaction and expansion mechanisms, conditions that lead to the development and sustainability of ASR in the concrete. Several mixtures were evaluated by ASTM C1260. There were evaluated two types of cements that are commonly marketed (high and low in alkalis) and two types of mineral admixtures (silica fume and class F fly ash) were used to produce mortar bars samples. These samples were placed at a temperature of 80 °C and into a solution of sodium hydroxide for 16 days. After that, the expansion was measured (ASTM C490). In the case of Juarez city sand, it was mixed with 15% silica fume and 25% fly ash class F; the expansion was lower than 0.1%, which is the maximum allowable limit to be considered as reactive. In a similar way, Satevo river sand mixed with 5% silica fume and 20% fly ash class F was not reactive. It was concluded that these proportions are recommended for using in Portland cement structures.

Keywords: mortar, expansion, silica fume, fly ash class F.

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua. Nuevo Campus Universitario. Chihuahua, Chih., México, 31160. Tel. (614) 4 42 95 00.

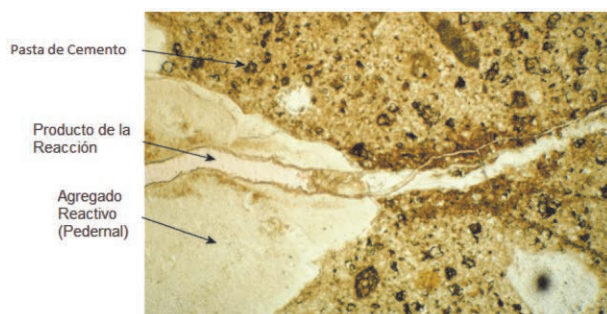
² Dirección electrónica del autor de correspondencia: colague@uach.mx.

Introducción

La reacción álcali sílice (RAS) afecta la durabilidad de estructuras de concreto, ocasionando deterioros prematuros del concreto construido con agregados reactivos. La RAS en concretos de cemento portland ocurre cuando los álcalis del cemento reaccionan con la sílice de los agregados, produciendo un gel que en presencia de humedad se expande, causando un agrietamiento en forma de piel de cocodrilo característico de la reacción.

El gel en presencia de humedad da lugar a un incremento en la presión interna en regiones localizadas de la matriz cementosa, esto induce deformaciones y puede iniciar un micro o macro fracturamiento, expansión excesiva y desalineamiento de la estructura. La Figura 1 muestra una imagen vista al microscopio de un concreto afectado por la RAS.

Figura 1. Imagen de un concreto dañado por RAS, se observa el gel y el patrón típico de agrietamiento.



El deterioro álcali sílice, en un nivel micro estructural, puede ser atribuido a la formación de un gel hidrofílico debido a la sílice reactiva de los agregados (S^{2+}), álcalis en el clinker del cemento (llamados K^+ y Na^+) y agua en la solución de poro del concreto. Macro estructuralmente las grietas pueden debilitar o degradar las condiciones de la estructura, extendiéndose por la acción del congelamiento y deshielo o cargas del tráfico causando la falla prematura de los pavimentos (Hasparyk *et al.*, 2000). La expansión inicial aparece en la superficie del pavimento con forma irregular, como un fracturamiento en forma de mapa (map-cracking), la cual puede llevar a desconchamiento de juntas (popout), estallamientos y otra clase de problemas relacionados con presiones.

Olague *et al.* (2001) estudiaron los deterioros prematuros en algunas áreas de la ciudad de Chihuahua, observando algunas vialidades dañadas por la acción de la RAS, como es el caso de la vialidad Juan Escutia, la cual presenta un severo agrietamiento en forma de mapeo y desconchamiento, que se muestra en la Figura 2.a. En el puente Sacramento, ubicado en el entronque de la calle Juárez y la carretera a Aldama, se evidencia el mapeo característico de la reacción el cual se observa en la foto del parapeto del puente mostrado en la Figura 2.b.

Las investigaciones de Olague *et al.* (2001) evidenciaron la causa de los deterioros mostrados y la cual es atribuible a la RAS. Este trabajo pretende probar la efectividad en el uso de micro sílice y ceniza volante clase F para inhibir la evolución de la reacción en la elaboración de concretos nuevos en que se utilicen los mismos bancos de materiales que fueron usados en la construcción de las vialidades Juan Escutia y calle 34, y del puente Sacramento, entre otros. La prueba de expansión de barras de mortero ASTM C1260 puede ser utilizada para explicar los deterioros observados en las estructuras de concreto hidráulico (Šachlová, *et al.*, 2010).

Figura 2. Deterioros debido a la presencia de la RAS en la ciudad de Chihuahua.



(a) Vialidad Juan Escutia

(b) Parapeto del puente Sacramento

Las adiciones minerales que pueden ser utilizadas para mitigar la RAS son: micro sílice y puzolana clase F. Se decidió la utilización de la ceniza volante clase F porque es la que ha probado ser más eficiente para inhibir la evolución de la RAS (Shon *et al.*, 2002).

Los objetivos de la investigación fueron:

- Determinar el grado del potencial de expansión de las barras de mortero formadas con arenas de las principales ciudades del estado de Chihuahua: Ciudad Juárez y Chihuahua.

- Establecer el porcentaje óptimo de la adición mineral que mitiga la RAS y probar su efectividad.

Materiales y métodos

Los materiales utilizados fueron, en el caso de Ciudad Juárez, bancos de arena natural y en el caso de Chihuahua, agregados provenientes del río Satevó. Las barras se elaboraron con los cementos disponibles en la región, uno alto en álcalis y otro bajo en álcalis.

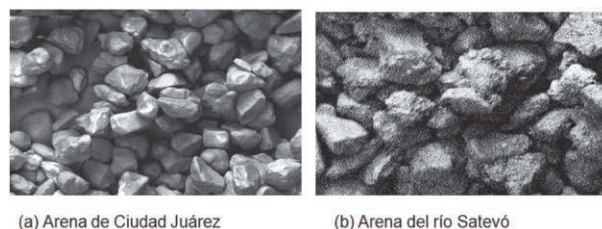
La metodología experimental consistió en elaborar barras de mortero añadiendo dos adiciones minerales; la primera, micro sílice, en porcentajes de 5%, 10% y 15%; la segunda, una ceniza volante clase F, en porcentajes de 15, 20 y 25%, con la finalidad de determinar la expansión mediante la prueba ASTM C1260 (ASTM, 2007). El Cuadro 1 muestra las combinaciones de mortero evaluadas.

Las arenas de Ciudad Juárez y de la ciudad de Chihuahua (Figura 3), fueron analizadas a través de la prueba de microscopía electrónica de barrido, con el objeto de determinar los elementos químicos que están presentes en los minerales detectados en la literatura como potencialmente reactivos a la RAS. Adicionalmente, los dos cementos utilizados (bajo y alto en álcalis) fueron sometidos a un análisis químico para determinar el porcentaje de álcalis presentes en los mismos medidos en unidades de sodio equivalente.

Cuadro 1. Mezclas de mortero evaluadas.

Mezcla	Origen del agregado (arena)	Tipo de cemento	Adición mineral
M1	Ciudad Juárez	Bajo en álcalis	
M2	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	
M3	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	Micro sílice 5%
M4	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	Micro sílice 10%
M5	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	Micro sílice 15%
M6	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	Ceniza volante clase F 15%
M7	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	Ceniza volante clase F 20%
M8	Ciudad Juárez	Alto en álcalis	Ceniza volante clase F 25%
M9	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Alto en álcalis	
M10	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Bajo en álcalis	
M11	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Alto en álcalis	Ceniza volante clase F 15%
M12	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Alto en álcalis	Ceniza volante clase F 20%
M13	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Alto en álcalis	Ceniza volante clase F 25%
M14	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Alto en álcalis	Micro sílice 5%
M15	Ciudad de Chihuahua (río Satevó)	Alto en álcalis	Micro sílice 10%

Figura 3. Agregado fino utilizado para hacer mortero (imagen de electrones retrodispersados 95X).

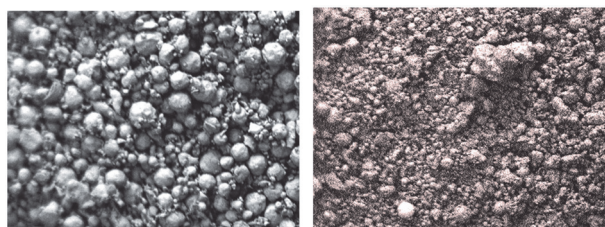


Adiciones minerales. Las adiciones minerales seleccionadas para inhibir la RAS fueron micro sílice y ceniza volante clase F. La micro sílice (Figura 4a) es un micro relleno que físicamente llena los espacios entre las partículas del cemento, reduciendo la permeabilidad; reacciona químicamente dentro de la matriz cementicia para aumentar la cantidad de hidrosilicato de calcio (gel HSC).

El gel HSC es un agente de adhesión que mantiene la matriz cementicia aglomerada en el estado de solidificación (MBT, 2004). En la imagen se muestra una estructura esférica, de diversos tamaños, lo cual permite reducir los vacíos entre el agregado y cemento.

La producción de la ceniza volante clase F está dada por la combustión del carbón bituminoso. La ceniza producida por estos carbones contiene solamente una mínima cantidad de calcio, menos del 10% de CaO, con contenidos de carbono usualmente menores del 5%. La ceniza volante clase F no exhibe características de auto-cementación.

Figura 4. Adiciones minerales (imagen de electrones retro-dispersados 95X).



(a) Micro sílice Rheomac SF100

(b) Ceniza volante Clase F

Preparación de las muestras de mortero. Se prepararon tres especímenes de prueba por cada combinación arena-cemento-material cementante suplementario. Los moldes utilizados fueron los especificados en la norma ASTM C490 (ASTM, 2011a), en los cuales su superficie interior se cubrió con aceite para evitar que las barras se pegaran al molde. Las cantidades de materiales especificadas para la elaboración de las barras son de 440 g de cemento, 900 g de arena con una proporción agua-cemento de 0.47 por masa, por lo que le corresponde la cantidad de 210 ml de agua. En los morteros basados en combinaciones se le restó a la masa de cemento la masa de micro sílice o puzolana, para mantener las cantidades especificadas. La mezcla del mortero se realizó con los requerimientos de la norma ASTM C305 (ASTM, 2011b).

Medición de la expansión de las muestras de mortero. Inmediatamente después de

colados los moldes, se colocaron en el cuarto de humedad, donde permanecieron por 24 h. La temperatura del cuarto se adecuó 23 °C más 1.7 °C de acuerdo a la norma ASTM C511 (ASTM, 2009). Pasadas las 24 h se retiraron los especímenes del molde, protegiéndolos de la pérdida de humedad, se identificaron y tomaron lecturas iniciales en el comparador de longitudes referido en la norma ASTM C490 (ASTM, 2011a). Dicho comparador está compuesto por una base metálica adicionada con un micrómetro electrónico, el cual mide longitudes en unidades 0.001 mm. Una vez medidos, los especímenes se sumergieron en contenedores (a prueba de altas temperaturas) con agua y se colocaron en un horno a 80 °C con una tolerancia de ± 5 °C por un periodo de 24 h.

Después de las 24 h en el horno, se procedió a tomar la lectura cero de cada barra, el proceso de secado y lectura debe ser de 15 s, con una tolerancia de ± 5 s. Inmediatamente, las barras se sumergieron en contenedores con la solución reactiva de NaOH, esta solución se formó en base a la norma ASTM C1260 (ASTM, 2007), la cual especifica que cada litro de solución deberá contener 40 g de NaOH disuelta en 900 ml de agua y debe ser diluida con agua destilada para obtener 1 l de solución. Posteriormente, los contenedores se regresaron al horno a una temperatura de 80 °C con una tolerancia de ± 5 °C, permaneciendo en el horno durante los siguientes 14 días; se tomó una lectura intermedia a los siete días, a la misma hora.

Obtenidos los datos de todas las lecturas, se calculó la diferencia entre la lectura cero y la lectura de 14 días en 0.001% de longitud efectiva y se registró la expansión del espécimen. Para el cálculo de esta expansión se utilizó la fórmula:

$$L = [(L_x - L_i) / G] \times 100$$

Donde:

L = Cambio de longitud en un tiempo «x», %.

L_x = Lectura del comparador del espécimen en «x» tiempo menos la lectura del comparador de la barra de referencia, mm.

Li = Lectura inicial del comparador del espécimen menos la lectura del comparador de la barra de referencia, mm.

G = Longitud nominal del molde, las lecturas fueron tomadas en milímetros.

Los porcentajes obtenidos de la prueba se interpretaron con los siguientes límites:

-Porcentaje de expansión < 0.10%: materiales no reactivos

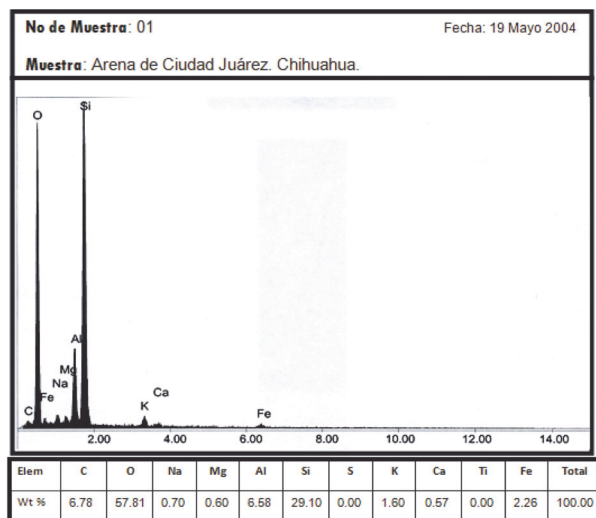
-Porcentaje de expansión > 0.20%: materiales potencialmente reactivos

- Porcentaje de expansión entre 0.10% < L < 0.20%: materiales posiblemente reactivos, se necesita información suplementaria para determinar su potencial.

Resultados y discusión

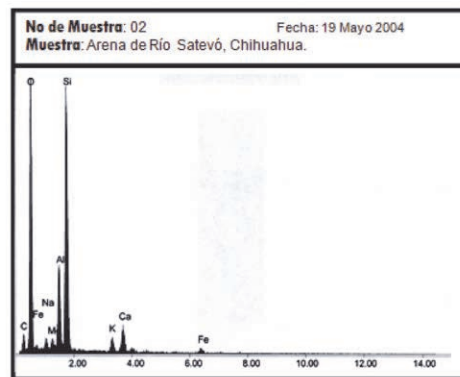
Análisis del agregado fino y cemento. Como resultado de la prueba de microscopia electrónica de barrido (ver Figura 5), se observa que la arena de Ciudad Juárez tiene un alto contenido de sílice (29.10%), mostrando cristales de cuarzo (C), microclina (M), sanidina (S) y fragmentos líticos de cuarcita (Cr), granito (G), riolita (R), hornfels de epidota (H) y pedernal (P). La combinación de estos minerales crea un potencial alto de reactividad álcali sílice.

Figura 5. Análisis de microscopia electrónica de barrido en arena de Ciudad Juárez.



En el caso de la arena del río Satevó (ver Figura 6), se observa que tiene un menor contenido de sílice (20.01%), mostrando cristales de cuarzo (C), calcita, aluminatos cálcicos (AlCa) y cristobalita. La combinación de estos minerales crea un potencial medio de reactividad álcali sílice.

Figura 6. Análisis de microscopia electrónica de barrido en arena de río Satevó.



Las pruebas de examinación petrográfica (Cuadro 2) muestran la presencia en el banco de arena de Ciudad Juárez de minerales reactivos como la calcedonia en un porcentaje del 10% y cuarzo reactivo en un porcentaje de 50%, como lo muestra la prueba de difracción de rayos X.

La arena del río Satevó (Cuadro 2) mostró, de acuerdo a las pruebas de examinación petrográfica de agregados, la presencia de líticos riolíticos en un porcentaje de 20%, y la presencia de cuarzo reactivo en un 40%.

Cuadro 2. Resultados de las pruebas de examinación petrográfica y difracción de rayos X de los bancos estudiados.

Banco de material	Difracción de rayos X	Examinación petrográfica (ASTM C295)	
		Minerales reactivos	Porcentaje
Arena de Ciudad Juárez	Cuarzo criptocristalino	Calcedonia	10
		Cuarzo	50
Arena del río Satevó	Cuarzo criptocristalino	Líticos riolíticos	20
		Cuarzo	40

El cemento alto en álcalis (C1) y el cemento bajo en álcalis (C2), fueron sometidos a un análisis químico para determinar el porcentaje de álcalis presentes medidos en unidades de sodio equivalente. Estos resultados se muestran en el Cuadro 3. En el Cuadro 4 se muestra el contenido total de álcalis en unidades de sodio equivalente para los dos cementos estudiados.

Cuadro 3. Análisis químico de los cementos utilizados.

Compuesto	Cemento C1 %	Cemento C2 %
SiO ₂	19.56	20.14
Al ₂ O ₃	4.79	4.86
Fe ₂ O ₃	2.93	3.24
CaO	61.37	63.41
MgO	2.50	2.52
SO ₃	3.69	2.88
Na ₂ O	0.45	0.06
K ₂ O	0.73	0.57
TiO ₂	0.20	0.23
P ₂ O ₅	0.11	0.11
Mn ₂ O ₃	0.19	0.06

Cuadro 4. Contenido total de álcalis en Na₂O equivalente.

Tipo de cemento	Na ₂ O	K ₂ O	% Contenido de álcalis Na ₂ O equivalente
Cemento C1	0.45	0.73	0.9345
Cemento C2	0.06	0.57	0.4282

Análisis de las muestras con arena de Ciudad Juárez. La Figura 7 muestra los porcentajes de expansión de las barras de mortero preparadas con arena de Ciudad Juárez y los dos tipos de cemento considerados (alto y bajo en álcalis). Podemos observar que ninguno de los morteros cumple con el límite de expansión de 0.1%, por lo que es necesario la adición de materiales cementantes

suplementarios a la mezcla con la finalidad de reducir esta expansión.

En el caso de las combinaciones con materiales cementantes suplementarios (MCS), la arena de Juárez reaccionó positivamente al adicionar micro sílice en 15% o ceniza volante 25%; las combinaciones con porcentajes de concentraciones menores a los indicados anteriormente resultaron potencialmente reactivos a la RAS, como se muestra en la Figura 8.

Figura 7. Porcentaje de expansión de barras de mortero con arena de Ciudad Juárez y los dos tipos de cemento.

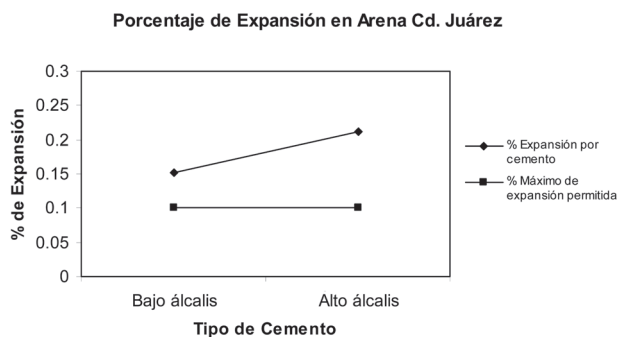
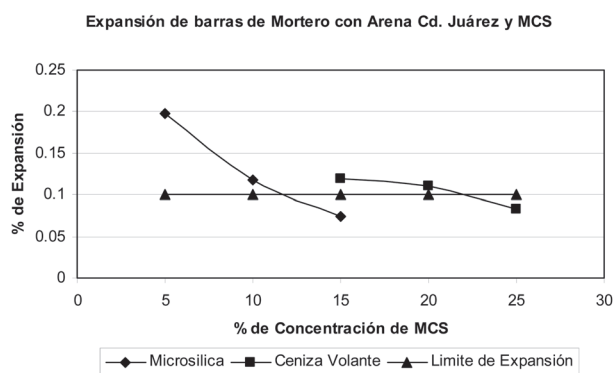


Figura 8. Porcentaje de expansión de barras de mortero con arena de Ciudad Juárez y materiales cementantes suplementarios (MCS).



Análisis de las muestras con arena de la ciudad de Chihuahua. La Figura 9 muestra los porcentajes de expansión de las barras de mortero realizadas con arena de Chihuahua y los dos tipos de cemento (bajo y alto en álcalis). Se puede observar que la arena de la ciudad de

Chihuahua se encuentran dentro del rango potencialmente reactivo ($0.2\% > E > 0.1\%$).

Al combinar la arena de Satevó con micro sílice 5% o ceniza volante 20% (Figura 10), se obtuvieron porcentajes en el rango no reactivo a la RAS, por lo que se recomienda su aplicación a concretos utilizados en la ciudad de Chihuahua.

Figura 9. Porcentaje de expansión de barras de mortero con arena del río Satevó y los dos tipos de cemento.

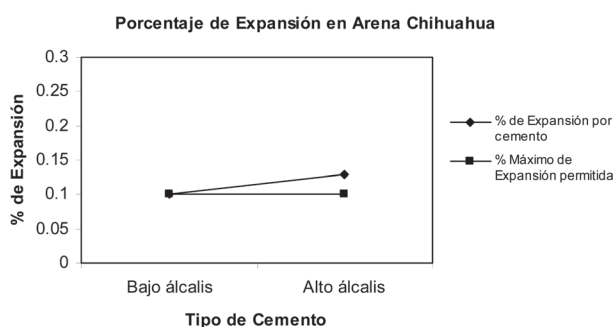
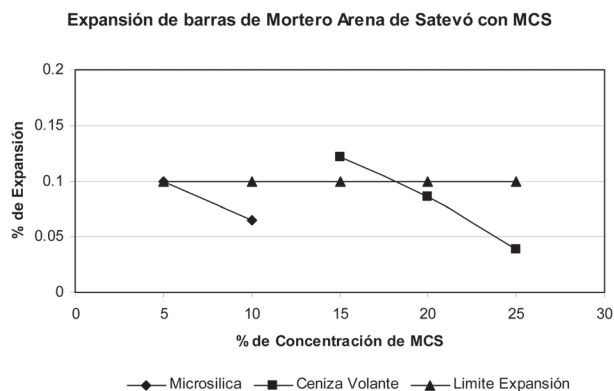


Figura 10. Porcentaje de expansión de barras de mortero con arena del río Satevó y materiales cementantes suplementarios (MCS).



Conclusiones

La expansión producida por la RAS utilizando los agregados y cementos de la región de Chihuahua, se encuentra entre 0.15% a 0.25%, por lo que se considera dentro de un rango reactivo.

La utilización de adiciones minerales como

la micro sílice y la ceniza volante clase F probó ser una medida efectiva para inhibir la evolución de la RAS, siempre y cuando se utilicen en los porcentajes adecuados.

En el caso de la arena de Ciudad Juárez, la mejor opción para inhibir la RAS fue la adición de 15% de micro sílice; en el caso de la arena del río Satevó fue del 5% de micro sílice. Es importante mencionar que más de un 15% incrementaría sustancialmente el costo del concreto.


La adición de ceniza volante clase F para inhibir la RAS, en el caso de la arena de Ciudad Juárez deberá ser del 25% y en el caso de la arena del río Satevó, del 20%.

Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua y al Centro de Investigación de Materiales Avanzados, por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación. Al Grupo Cementos de Chihuahua por la donación de materiales utilizados en las distintas etapas de la investigación.

Literatura citada

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2011. ASTM C 490-11. Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete. Annual Book of Standards, vol. 4.01. Construction. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2011. ASTM C 305-11. Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency. Annual Book of Standards, vol. 4.01. Construction. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2009. ASTM C 511-09. Standard Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes. Annual Book of Standards, vol. 4.01. Construction. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2007. ASTM C 1260-07. Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method). Annual Book of Standards, vol. 4.02. Construction. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- HASPARYK, N. P., P. J. M. Monteiro y H. Carasek. 2000. Electronic microscopy to identify ASR. *ACI Journal Materials*, 97(1): 486-492.
- MASTER BUILDERS TECHNOLOGIES, MBT México (MBT). 2004. <http://www.mbt-la.com>. «Recomendaciones sobre la aplicación de micro sílice rheomac sf 100». Latinoamérica.

- NOCHAIYA, T., W. Wongkeo y A. Chaipanich. 2010. Utilization of fly ash with silica fume and properties of Portland cement-fly ash-silica fume concrete. *Fuel*, 89 (1): 768-774.
- OLAGUE, C. O., R. Bojórquez y P. Castro. 2001. Application of a methodology for evaluating concrete pavements with durability criteria. International Congress of International Road Federation. Paris France.
- OLAGUE, C. O. 2003. Caracterización físico química de agregados para concreto hidráulico. Universidad Autónoma de Chihuahua. Colección de Textos Universitarios. Chihuahua, México. pp. 75-77, 117-129, 166-1.
- SHON, G. S., D.G. Zollinger y S. L. Sarkar. 2002 evaluation of modified ASTM C1260 accelerated mortar bar test for alkali-silica reactivity. *Cement and Concrete Research*. 32(1): 1981-1987.
- ŠACHLOVÁ, Š., R. Pøikryl y Z. Pertold. 2010. Alkali-silica reaction products: Comparison between samples. *Materials Characterization* 61(1): 1379-139. 

Este artículo es citado así:

Olague-Caballero, C., G. Wenglas-Lara y F. Astorga-Bustillos. 2012: *Adiciones minerales como atenuantes de la reacción álcali sílice en estructuras de concreto hidráulico*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(1): 49-56.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

CECILIA OLAGUE CABALLERO. Terminó su licenciatura en 1984, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero civil por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Chihuahua, Chih., donde obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Especialidad en Vías Terrestres en 1990 por la Universidad Autónoma de Chihuahua y el grado de Doctor en Ciencias Químicas en 2001 por la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 1988 labora en la Facultad de Ingeniería de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Fue delegada por México del comité de transporte sustentable del 2004 a 2007. Secretaria Hispanohablante en la Asociación Mundial de la carretera de 2007. Coordinadora de a Maestría en Vías Terrestres de 1992 al 2000, Secretaria de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua del 2000 a 2004. Subdelegada de Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio de SEDESOL, 2004. Fue Consejero directivo de Comité Municipal de Ecología, del Consejo Municipal de Planeación y de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento del 2004 a 2007. Directora de Desarrollo Urbano y Ecología, Ayuntamiento de Chihuahua, 2004 a 2007. Ha dirigido 24 tesis de licenciatura, 18 de maestría y 1 de doctorado. Es autora de aproximadamente 80 artículos científicos, ha participado en ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha escrito como autor un libro especializado titulado «Agregados para Concreto Hidráulico» editado en la colección Textos Universitarios de la UACH. Autor del escrito científico titulado «Adicciones minerales como atenuantes de la reacción álcali sílice en estructuras de concreto hidráulico». Coautor de libro especializado «Infraestructura de concreto armado, deterioro y opciones de preservación, editado por el Instituto Mexicano de Cemento y el Concreto.