

# Neutralización de la reacción álcali-sílice con mezcla de cemento y piedra pómez *a sólo centavos por metro*

## RESUMEN GENERAL

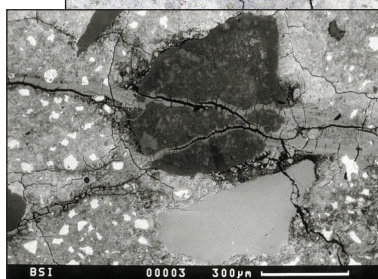
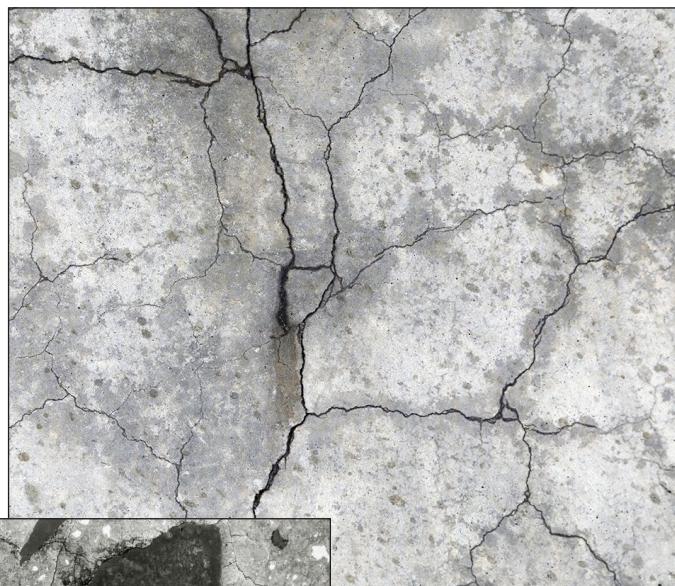
En regiones con agregados reactivos la reacción álcali-sílice (RSA) es un contaminante que infecta y destruye la infraestructura esencial del concreto. La RSA aviva la lenta e implacable explosión del cemento que destruirá tanto el concreto como el agregado y reducirá de manera significativa la vida útil concebida para la estructura contaminada.

Tras activarse la reacción álcali-sílice en el concreto - desencadenada por la colisión del álcali, sílice, la humedad y el hidróxido de calcio (un subproducto nocivo que genera la combinación de cemento Pórtland y la reacción de hidratación por incorporación de agua) - la reacción es imparable. El fracaso es inminente.

Es necesario entonces mitigar la reacción álcali-sílice en el diseño de la mezcla de concreto especificando el material cementicio suplementario (SCM) cuantificable y uniforme que neutralice dicha reacción. Lo ideal para esto es utilizar piedra pómez calcinada, pura y natural de los grandes yacimientos Hess en el sudeste de Idaho, USA: no sólo está probado que esta piedra pómez cuidadosamente refinada neutraliza las reacciones álcali-sílice en presencia de agregados altamente reactivos sino que lo hace con un porcentaje de sustitución de cemento y al mismo tiempo aumenta la durabilidad del concreto.

La incorporación de piedra pómez pulverizada de primera calidad (extraída de los depósitos de piedra pómez de Hess) como material suplementario del cemento en el diseño de la mezcla de concreto hará posible acabar con el problema originado por la reacción álcali-sílice a un muy bajo precio, a sólo de centavos por metro. Mejor aún, el mecanismo de neutralización de la reacción álcali-sílice se enfoca exclusivamente en recuperar el hidróxido de calcio (CH) perjudicial y convertirlo en silicato de calcio hidratado (CSH), un enlace químico que le da mayor efectividad al cemento. Este mecanismo elimina el problema que causa el hidróxido de calcio en la pasta de concreto hidratado a la vez que lo reutiliza para darle mayor densidad a la matriz de concreto y fortalecerla.

Una vez que la reacción química álcali-sílice (ASR) comienza a deteriorar el concreto no hay manera de detenerla. ¿La solución? Mitigar la reacción álcali-sílice con la mezcla de cemento y piedra pómez.



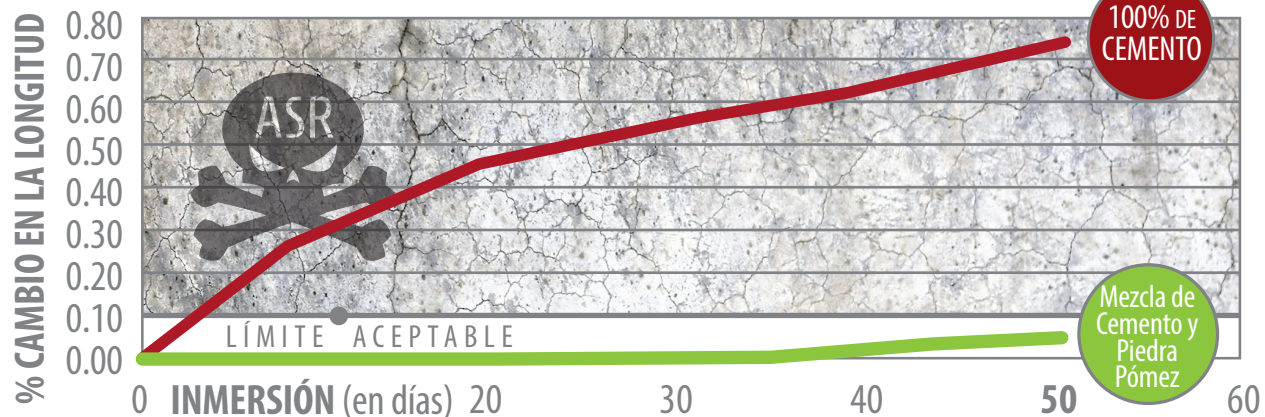
ARRIBA: ASR-dañados mapa muestra concreta de las grietas y pruebas de gel ASR apretando a la superficie.

IZQUIERDA: análisis petrográfico micro-foto de ASR-infectados concreto muestra básica.

EN AQUELLAS REGIONES DEL MUNDO con agregados reactivos la reacción álcali-sílice (ASR) es una asesino implacable de las infraestructuras. Si los componentes que desencadenan una reacción álcali-sílice—agregado reactivo y cemento Pórtland que generan hidróxido de calcio (CH)—están presentes en el concreto curado, la estructura de concreto no cumplirá con la vida útil para la cual fue diseñada. En la mayoría de las enumeraciones que listan los causantes prematuros de fallas en el concreto, la reacción álcali-sílice se ubica en segundo lugar luego de la corrosión del acero reforzado. La ironía en la relación entre los

## MITIGAR LA ASR CON MEZCLA DE CEMENTO Y PIEDRA PÓMEZ

Diseño de mezclas de concreto evaluadas en base a los procedimientos ASTM C1293 modificados con cemento Tipo 1 y agregados gruesos y finos altamente reactivos en un medio de reacción álcali-sílice acelerada (en solución a 80° C y 1 N NaOH) durante 50 días.



ASTM C1293 (modificado)

primeros elementos de la lista es el hecho de que incluso una reacción química moderada generada por álcali-sílice en el mapa de fisuras acelera también los ataques químicos en el acero reforzado.

La reacción álcali-sílice se encuadra dentro de una categoría más amplia de reacción álcali-agregado (AAR) y es actualmente una de las dos reacciones reconocidas álcali-agregado (AAR), en función de la naturaleza reactiva del mineral. La reacción álcali-sílice (ASR) incluye diferentes tipos de minerales reactivos de sílice ( $\text{SiO}_2$ ); la reacción álcali-carbonato (ACR) forma parte de ciertas variantes de rocas dolomíticas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). Estos dos tipos de reacciones pueden dar como resultado la expansión y fisura del concreto lo que lleva a una reducción de la vida útil de estas estructuras.

Los investigadores han definido un triángulo causal que desencadena la reacción álcali-sílice y destroza el concreto. La combinación de agua, cemento Portland y agregado reactivo producen los cuatro ingredientes esenciales de la expansión del gel originado por la reacción álcali-sílice— álcali, sílice, hidróxido de calcio (CH) y humedad. Privar al concreto de unos de estos componentes puede neutralizar eficazmente la reacción álcali-sílice.

### Explicación de los daños que causan las reacciones ASR

Una explicación simple: los compuestos alcalinos en el cemento Portland reaccionan con el sílice en el agregado formando un compuesto químico sedimento de agua. A medida

que absorbe el agua, el gel resultante se expande y comienza a fracturar el concreto y el agregado lo que deja al concreto más expuesto a nuevos ataques de los elementos externos—sulfatos y cloruros, sales marinas y congelación-descongelación—que aceleran el camino hacia la muerte de la estructura.

Una mirada más profunda: la primera reacción química (hidratación) entre el cemento Portland y el agua crea un componente nocivo conocido como hidróxido de calcio (CH)—radical libre de calcio—que, con persistencia, reacciona ante el álcali y el agregado—ayudado por el sílice que contiene el agregado—para formar un gel hidrofílico (atracción de agua) que se expande incesantemente. Al acabarse la humedad la reacción se aletarga pero volverá a expandirse ante una nueva aparición de humedad.

En muchas ocasiones actúan en conjunto diversos mecanismos destructivos del concreto. Algunas partículas de hidróxido de calcio dañino migran hacia la superficie dando como resultado una red de poros microscópicos, cavidades interconectadas que propician el fácil ingreso de agua permitiendo así la continua expansión del gel RAS. El ingreso libre de agua también iniciará el ciclo de destrucción por congelación-descongelación. Los cloruros y los sulfatos también participan en la contaminación atacando el concreto y al acero reforzado dentro de él. Conforme al mapa de fracturas inducidas por la reacción álcali-sílice se propagan hacia la superficie, el camino hacia la destrucción de la estructura se acelera.

Una vez que se desencadena la reacción álcali-sílice en el concreto ya no se podrá detener. Existen algunos métodos





efectivos para desacelerar su avance—(diversos métodos de secado, tratamientos químicos, alivio de la tensión, restricción)—pero los hechos concretos nos dicen que el concreto que ha sido afectado por la reacción álcali-sílice ya está viciado a nivel molecular y no cumplirá con su vida útil.

### **Ganarle la Partida a la Reacción Álcali-Sílice**

Los ingenieros especializados en concretos han ganado su lucha contra la reacción álcali-sílice utilizando diseños de mezclas de concreto preventivas. Desde que la reacción álcali-sílice se identificó por primera vez en 1930, se han intentado con varios métodos ineficientes y poco prácticos como por ejemplo el uso de cemento de baja alcalinidad, el transporte de agregados no reactivos, especificaciones con baja proporción entre agua/cemento, utilización de menores cantidades de cemento e incluso la incorporación de aire.

La solución más práctica y efectiva hasta el momento ha consistido en utilizar materiales cementicios suplementarios que interrumpen de alguna u otra manera la unión fatal entre el álcali, sílice, humedad y el hidróxido de calcio. Algunos de los materiales cementicios suplementarios son el nitrato de litio, el metacaolín, los vapores de sílice, la escoria enfriada al aire y la combinación de cemento con bajo contenido de álcalis y ceniza fina Clase F.

Recientes investigaciones impulsadas por estudios sobre el cemento utilizado en las ruinas romanas aún en pie (muchas de alrededor de 2000 años de antigüedad) se han enfocado en el uso de la piedra pómez como un excelente material cementicio suplementario para mejorar el rendimiento y la vida útil del concreto moderno. Esta

evidencia histórica, en combinación con las investigaciones contemporáneas y cuantificables, ha revelado también la efectividad en particular de la piedra pómez como mitigadora de la reacción álcali-sílice.

ASR Miti•Gator™ es una piedra pómez natural que se utiliza como material cementicio suplementario. Esta piedra pómez se extrae y refina en los yacimientos Hess en el sudeste de Idaho: los depósitos comerciales más puros de piedra pómez blanca. Es un producto simple pero de naturaleza química compleja que estimula la reacción química en el concreto hidratado para neutralizar la reacción álcali-sílice.

### **Ventajas de utilizar ASR Miti•Gator™**

Las investigaciones de especificaciones de las normas ASTM en relación con la prevención de la reacción álcali-sílice utilizando exclusivamente ASR Miti•Gator™ a nivel académico han identificado y definido la efectividad de los mecanismos que se detallan a continuación

1 • ASR Miti•Gator™ consume de inmediato una gran cantidad del hidróxido de calcio nocivo (subproducto de la reacción hidráulica primaria) previniendo la interacción iónica con el álcali que forma el gel álcali-sílice sedimento de agua. El hecho de que se utilice un porcentaje de ASR Miti•Gator como reemplazo del cemento Pórtland da como resultado el desencadenamiento de una menor cantidad de hidróxido de calcio en la reacción hidráulica principal.

2 • ASR Miti•Gator™ atrapa los radicales libres del álcalis para reducir el pH de la solución en los poros del concreto.

3 • La reacción puzolánica desencadenada por la incorporación de piedra pómez finamente procesada al diseño de la mezcla de concreto bloquea y controla las filtraciones de humedad para fortalecer la matriz del concreto. La mínima cantidad de gel álcali-sílice que se produce no se pone en contacto con la humedad y por lo consiguiente no se expande.

4 • La reacción puzolánica crea un concreto más denso, fuerte y más resistente a la presión expansiva del gel residual de la reacción álcali-sílice.

*Además de la gran efectividad a nivel molecular, ASR Miti•Gator añade las siguientes ventajas:*

5 • Los beneficios relacionados con el rendimiento de la utilización de piedra pómez en el diseño de la mezcla de concreto sobrepasan la derrota de la reacción álcali-sílice. Disminuye la temperatura de hidratación y se preserva la fuerza compresiva. La reacción puzolánica sella densamente la matriz de concreto ampliando significativamente la resistencia al ataque de sulfatos y cloruros (por ASTM C1012) mientras que incrementa la resistencia a la abrasión y resiste los daños por congelamiento-descongelamiento.

6 • Permite el uso de cemento Pórtland estándar (en lugar del tipo con baja alcalinidad) y agregados locales, reactivos o de otro tipo.

7 • La consistente composición química y el desempeño de ASR Miti•Gator es una muy buena opción para utilizarlo como reemplazo de cemento (típicamente al 20%) ya que, además de la rentabilidad, favorece el desempeño y la durabilidad; características que superan la simple mitigación de la reacción álcali-sílice.

8 • ASR Miti•Gator™ se podrá optimizar como reemplazo de cemento para agregados reactivos específicos, una vez conocidas las propiedades de dichos agregados. Esto podrá llevar al uso de cementos económicos para no sólo evitar los daños por la reacción álcali-sílice sino también atacar los problemas relacionados con la durabilidad del concreto.

9 • ASR Miti•Gator™ es un producto derivado de una fuente rica y sustentable. Es un producto calcinado en la naturaleza y libre de contaminantes peligrosos y funciona sistemáticamente volcada tras volcada.

Las propiedades del mitigador ASR Miti•Gator™, su precio rentable como reemplazo de cemento y el desempeño cuantificable claramente pone en la mira a la reacción álcali-sílice destructiva— las nuevas estructuras de concreto estarán a salvo de las reacciones álcali-sílice sin importar el agregado que se utilice.

## Estudios de Investigación

A comienzos del 2012, la Universidad de Utah inició sus investigaciones sobre la efectividad de la piedra pómez como material suplementario del cemento (SCM) con el objeto de mejorar la reducida vida útil de las construcciones modernas de concreto. La durabilidad del cemento utilizado por los romanos sirvió de evidencia empírica para sostener que la piedra pómez (la puzolana original) era un mejorador excelente del concreto, sin embargo era necesario obtener más resultados cuantificables en la investigación.

Los resultados de dicho estudio no solamente sirvieron para cuantificar el desempeño de la piedra pómez en estado natural como material cementicio suplementario efectivo sino que también revelaron que la piedra pómez (en particular aquella que se extrae y se procesa en los yacimientos de Hess) era un mitigador excelente de la reacción álcali-sílice. Este nuevo descubrimiento en la investigación llevó a que los investigadores sigan de cerca los mecanismo y la potencialidad de la piedra pómez como material cementicio suplementario mitigador de la reacción álcali-sílice de buena rentabilidad.

Puede acceder a los resúmenes de la investigación de la Universidad de Utah (y otras universidades) en la página web de ASR Miti•Gator: [www.asrmitigator.com](http://www.asrmitigator.com)

## La empresa detrás de ASR Miti•Gator™

Hess Pumice Products of Malad, Idaho, es una empresa líder mundial en la extracción, producción y aprovechamiento de piedra pómez. Distribuimos cientos de productos a miles de clientes en los seis continentes para su uso en múltiples procesos industriales y comerciales — abrasivos, pinturas y recubrimientos, cuidado del césped, acondicionadores de suelos para recuperación y diseño de jardines, sistemas de cultivo sin tierra, filtraciones, agregados livianos, lechadas de cemento, contenedores de filtraciones, limpiadores exfoliantes, mitigación de daños por explosiones, yeso para acabados y más— todo esto además de los productos propios para incrementar el desempeño del concreto.



**Teléfono:** 1.800.767.4701 x 111 • **Email:** [brian@hesspumice.com](mailto:brian@hesspumice.com)

**Sitio web:** <http://www.asrmitigator.com>

**Resumen de la investigación desarrollado por la Universidad de Utah:** <http://www.asrmitigator.com/PDFs/downloads.html>