

## ¿HIDROLISIS ALCALINA – UN MECANISMO DESTRUCTIVO PARA HORMIGONES REFRACTARIOS – QUE ES ? – POR QUÉ SE FORMA ? COMO SOLUCIONARLO?

### HIDRÓLISIS ALCALINA EN HORMIGONES REFRACTARIOS Y AISLANTES

#### Mecanismos, causas, diagnóstico y soluciones

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Los hormigones refractarios y aislantes, ampliamente utilizados en hornos industriales, petroquímica y siderurgia, están sometidos a ambientes altamente agresivos: altas temperaturas, humedad, vapores alcalinos y atmósferas químicamente activas.

Uno de los mecanismos de deterioro más críticos —y muchas veces subestimado— es la **hidrólisis alcalina**, fenómeno químico que genera pérdida de propiedades mecánicas, agrietamiento y degradación estructural. El primer síntoma visible suele ser el **desprendimiento de material en polvo de la superficie**, fácilmente removible con la mano.

En muchos casos, este proceso se presenta en combinación o analogía con la **reacción álcali-sílice (ASR)**, ampliamente estudiada en hormigones convencionales.

Es fundamental que para que se desencadene este proceso químico, el hormigón instalado debe cumplir con todas estas condiciones.

- ❖ **Alta presencia de álcalis en el hormigón** solicitado (Na, K, los principales). Esto es más habitual en hormigones livianos aislantes.
- ❖ **Curado (setting) del material deficiente**, lo que hace que mayor cantidad de agua quede retenida, sin producirse las reacciones propias del curado.
- ❖ La temperatura ambiente sea alta, propia del verano, mayor a 30°C. Esto acelera la reacción.
- ❖ **Alta porosidad en el material**. Esto permite la difusión del oxígeno desde la superficie hacia el interior de la masa. Porque se le agregó demasiado agua, o porque se trata de un hormigón poroso liviano (aislante). Por esto, este fenómeno es *más probable en aislantes* que en densos.
- ❖ **Alto porcentaje de agua** líquida y agua ligada químicamente al cemento. Los hormigones aislante suelen tener porcentajes muy altos (del 30% hasta más de 100%).
- ❖ **No haber hecho el secado Convectivo** dentro de un plazo prudencial, (dentro de los 30-60 días del colado). Esto le da tiempo al agua retenida a empezar a buscar junto a los álcalis y provocar la reacción química propia de la hidrólisis.



## 2. DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

La **hidrólisis alcalina** puede definirse como:

La **descomposición química de fases del cemento o agregados por acción de soluciones altamente alcalinas (NaOH, KOH)** en presencia de agua.

En hormigones refractarios ocurre principalmente en:

- Cementos de **aluminato de calcio (CAC)**
- Sistemas con presencia de **sílice reactiva**
- Ambientes con **vapores alcalinos o infiltración de líquidos alcalinos**

En términos generales, el fenómeno implica:

1. **Disolución** de componentes sensibles (sílice o fases hidratadas)
2. **Formación de geles** o fases inestables
3. **Expansión, agrietamiento o pérdida de cohesión** (se pulveriza el material, desde la superficie hacia dentro de la masa)

## 3. MECANISMO QUÍMICO

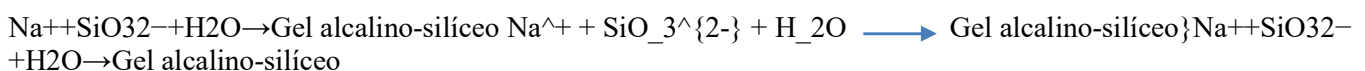
### 3.1 Reacciones fundamentales

En sistemas con sílice reactiva:

- Disolución de sílice:



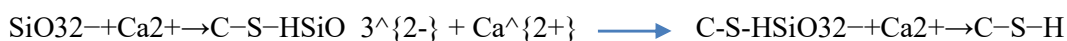
- Formación de gel alcalino:



Este gel absorbe agua y se expande, generando tensiones internas, y provocando la rotura de la liga hidráulica, con presencia de polvo en la superficie y pérdida de resistencia progresiva hacia el interior del espesor del revestimiento.

### 3.2 Interacción con calcio

Posteriormente:

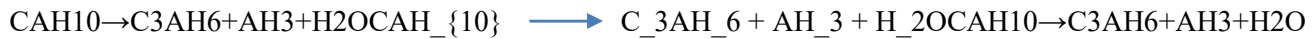


El gel puede transformarse parcialmente, pero sigue siendo **volumétricamente inestable**.

### 3.3 En cementos de aluminato de calcio (CAC)

En refractarios:

- Hidrólisis de aluminatos:



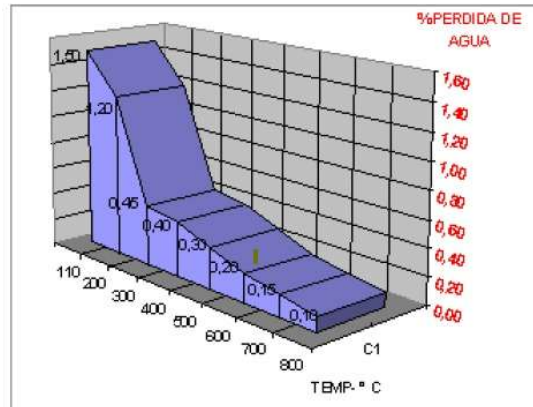
Esto implica:

- Pérdida de resistencia
- Aumento de porosidad
- Inestabilidad estructural

### 3.4 Condiciones necesarias

Tres factores son indispensables:

1. **Alta alcalinidad (pH > 12)**
2. **Presencia de fases reactivas (sílice amorfa o aluminatos)**
3. **Humedad disponible (Secado inexistente o deficiente)**



## 4. CAUSAS DE LA HIDRÓLISIS ALCALINA

### 4.1 Factores internos

- Uso de agregados en el hormigón con **sílice reactiva**
- Cementos con alto contenido de **Na<sub>2</sub>O** y **K<sub>2</sub>O**
- Microestructura con alta porosidad (típico en aislantes muy livianos, o colados con demasiada agua)
- Presencia de fases hidratadas inestables

## 4.2 Factores externos

- Infiltración de **agua o vapor**
  - Exposición a **sales alcalinas (Na, K)**
  - Ciclos térmicos con condensación
  - Atmósferas industriales (hornos, petroquímica)
- 

## 4.3 Factores operativos

- Curado deficiente o incompleto.
  - Secado inadecuado antes de puesta en servicio. Aquí el **secado convectivo** es fundamental.
  - Diseños con zonas frías (condensación)
  - Paradas frecuentes con ingreso de humedad
- 

# 5. CONSECUENCIAS EN HORMIGONES REFRACTARIOS Y AISLANTES

## 5.1 A nivel microestructural

- Disolución de fases cementantes
  - Formación de geles expansivos
  - Aumento de porosidad
- 

## 5.2 A nivel macroscópico

- Fisuración tipo “mapa”
- Expansión volumétrica interna, pérdida progresiva de resistencia.
- Desconchados y exfoliación . En la superficie se advierte material “suelto”.
- Pérdida de cohesión

El gel expansivo puede generar tensiones superiores a la resistencia a tracción del material, provocando grietas generalizadas.

---

## 5.3 Impacto en propiedades

- Disminución de resistencia mecánica
  - Reducción de módulo elástico
  - Mayor permeabilidad
  - Pérdida de capacidad aislante
-

## 6. DIFERENCIAS ENTRE REFRACTARIOS Y AISLANTES

Característica	Refractarios densos	Aislantes
Porosidad	Baja	Alta
Sensibilidad	Moderada	Alta
Velocidad de daño	Lenta	Rápida
Tipo de falla	Fisuración estructural	Desintegración

Los aislantes son más vulnerables por su **alta absorción de agua**.

---

## 7. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 7.1 Inspección visual

Indicadores típicos:

- Fisuración en patrón irregular (“map cracking”)
  - Exudación de gel o material blanquecino
  - Hinchamiento localizado
  - Desintegración superficial (polvo).
- 

### 7.2 Ensayos de laboratorio

- Difracción de rayos X (XRD)
  - Microscopía electrónica (SEM)
  - Análisis químico de geles
  - Medición de expansión
- 

### 7.3 Indicadores indirectos

- Incremento de humedad interna
  - Pérdida de resistencia sin causa térmica evidente
  - Fallas prematuras en zonas frías
- 

### 7.4 Diagnóstico diferencial

Debe distinguirse de:

- Choque térmico
  - Corrosión química ácida
  - Erosión mecánica
  - Carbonatación
-

## 8. MEDIDAS PREVENTIVAS

### 8.1 Selección de materiales

- Agregados **no reactivos** . Seleccionar materiales que tengan bajos tenores de álcalis, o estén diseñados para evitar este proceso. [Ver productos especiales contra la hidrólisis alcalina](#)
  - Secado convectivo.
  - Uso de membranas retardadoras en la superficie. [Ver membranas protectoras](#)
  - Cementos con bajo contenido alcalino. Igualmente que los agregados , deben tener menos álcalis.
  - Uso de microsílice o adiciones inertes.
- 

### 8.2 Diseño del material

- Baja permeabilidad. Seleccionar el material más adecuado.
  - Control de porosidad. Instalar correctamente el producto, limitando el porcentaje de agua, a lo indicado en la hoja técnica.
  - Sistemas de baja hidratación. Se puede hacer un pre-humectado, que luego en un proceso de proyección neumática (gunning) , termine ajustando el porcentaje de agua y evitando los excesos.
- 

### 8.3 Control de proceso

- **Curado adecuado.** Se puede ir agregando agua por spray, o usar unas mantas húmedas o plásticos que retengan la humedad.
- **Secado controlado antes de operación.** El **secado convectivo** retira toda el agua presente en el hormigón colado o gunitado. Ya sea el agua primaria (H<sub>2</sub>O excedente líquido) o el agua secundaria (agua ligada químicamente al cemento que también en el secado Convectivo se desintegra).
- **Evitar ingreso de humedad y aire.** También existen [productos \(pinturas o sprayables\)](#) , que se aplican en una capa de bajo espesor sobre la superficie y evitan el ingreso de agua, o de oxígeno, también necesario para activar la hidrólisis. Estos productos se aplican apenas se termina la instalación del hormigón ayudando al fragüe y permitiendo extender el tiempo necesario para iniciar el secado Convectivo.



## 8.4 Diseño operativo

- Minimizar zonas de condensación
  - Control de ciclos térmicos
  - Protección frente a vapores alcalinos
- 

# 9. MEDIDAS CORRECTIVAS

Una vez iniciado el proceso, es difícil detenerlo completamente.

## 9.1 Acciones paliativas

- [Sellado superficial \(membrana superficial\)](#)
  - Reducción de humedad (secado Convectivo)
  - Control de infiltraciones
- 

## 9.2 Reparación

- Remoción de zonas afectadas
  - Reemplazo con materiales resistentes
  - Aplicación de recubrimientos protectores
  - Fragüe controlado y posterior **Secado Convectivo**, lo antes que se pueda. **No dejar demasiado tiempo el revestimiento sin secar.**
- 

## 9.3 Soluciones de ingeniería

- Rediseño del revestimiento. Optar por mejores configuraciones de espesores.
  - Uso de refractarios de baja reactividad química. Optar por mejor calidad de materiales.
  - Incorporación de barreras anti-humedad. Membranas específicas o cobertura con mantas húmedas.
- 

# 10. CONCLUSIONES

La hidrólisis alcalina es un mecanismo de degradación crítico en hormigones refractarios y aislantes, especialmente en ambientes industriales con presencia de humedad y álcalis.

Sus características principales:

- Es un proceso **químico interno progresivo**
- Genera **expansión, agrietamiento y pérdida de resistencia**
- Es difícil de detener una vez iniciado
- Su control depende principalmente de la **prevención**

En aplicaciones industriales, su correcta comprensión permite:

- Aumentar la vida útil de revestimientos
  - Reducir costos de mantenimiento
  - Evitar fallas catastróficas
-

## 11. RECOMENDACIÓN FINAL (ENFOQUE INDUSTRIAL)

Para aplicaciones como hornos petroquímicos o agroindustriales:

- Priorizar **materiales de baja alcalinidad**
- Diseñar sistemas con **control de vapor**
- Implementar **inspección periódica temprana**.
  - Incorporar soluciones integrales (material + instalación + operación)

### Resumen:

**La hidrolisis alcalina es un proceso químico** que baja notoriamente la resistencia de los productos colados, especialmente desde la superficie hacia dentro. Sus principales causas son: Los tipos de materiales usados, el fragüe incorrecto, y la mayor causa: **no realizar el secado Convectivo adecuado** apenas termine el proceso de fragüe. Los hormigones aislantes son más propensos a ser afectados por este fenómeno.

Aquí es donde creemos que **Soluciones Refractarias SRL** está presente para poder prever, solucionar y reparar esos problemas.

Nuestra empresa cuenta con todos los recursos como para abordar estos temas:

- Asesoramiento técnico de primer nivel.
- Materiales de última generación. Específicos para este problema.
- Diseño de revestimientos, cálculos térmicos.
- Instalación de los diferentes materiales con procedimientos adecuados.
- Secado Convectivo de aire caliente.

Nuestra WEB : [www.solucionesrefractarias.com.ar](http://www.solucionesrefractarias.com.ar)

Nuestras Redes : <https://taplink.cc/solucionesrefractarias>

Consúltenos en : [info@solucionesrefractarias.com.ar](mailto:info@solucionesrefractarias.com.ar)

### Links relacionados:

[Servicio de Instalación](#) :

[Procedimientos de Instalación](#)

[Curvas de Secado](#)

[Secado Convectivo de hormigones refractarios](#)

[Membrana para aplicación superficial \(evita penetración de aire y agua\).](#)

[Productos específicos para Baja alcalinidad](#)

[Productos específicos para secado rápido](#)

Nota: El presente informe tiene el propósito de mostrar todos los aspectos y las complejidades del tema tratado. No debe ser tomado literalmente para decisiones de valores o resultados finales absolutos sobre el alcance del informe. En caso de cálculo o decisiones particulares, recomendamos consultar específicamente. Fuentes: Propia mayormente, información pública disponible, notas específicas en libros.

**[Todos los aspectos concentrados en un único lugar, nuestro espacio !!!!](#)**

