

**REVISTA** N° 2

Enero 2016 - Junio 2016



**Giicma**

ISSN 2591-6602

**Giicma - CIENCIA, INVESTIGACIÓN,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**



**Rector:** Ing. Héctor C. BROTTTO

**Secretario de Ciencia y Tecnología y Posgrado:** Dr. Walter E. LEGNANI

**Secretario Académico :** Ing. Rudy O. GREYHER

**Decano:** Ing. José Jorge PENCO

**Secretaria de Ciencia, Tecnología y Posgrado:** Ing. Nidia G. AZZARETTI

**Secretario Académico:** Ing. Fabián Andrés AVID

**Director del GIICMA:** Prof. Jorge D. SOTA

# Sumario

Dispositivo para una medición directa de la presión del gel de RAS

*J. M. Cosentino, F. A. Avid, P. Moreira, J.D. Sota - GIICMA*



7

La durabilidad de los basaltos de la mesopotamia en los hormigones de cemento portland.

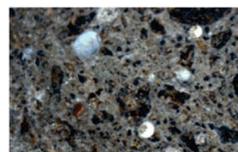
*F. A. Avid, G. Paez, J. Cosentino, J. D. Sota - INREM GIICMA*



13

Las fibras sintéticas y el control de la RAS. En el método ASTM C-1260

*J. M. Cosentino, F. A. Avid, J.D. Sota - GIICMA*



21

Presencia de agentes biológicos en puentes de hormigón armado de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

*V. G. Rosato, R. García, L. Traversa, J. D. Sota - LEMIT GIICMA*



27

DIRECCIÓN DE LA REVISTA: Salta 277 Concordia Entre Ríos/República Argentina

**Director:** Prof. Jorge D. Sota

**Secretaría General:** Becaria Andrea S. Pereyra

**Secretaría Académica:** Ing. Luis P. Traversa

**Comité Académico:** Ing. Fabián A. Avid, Ing. Nidia Azzaretti, Ing. Luis Benedetto, Arq. Mari A Bruno, Dr. Adrián Silva Buzzo, Ing. Mario Chury, Ing. Alejandro C. García, Ing. Gustavo Larenze, Cont. Marcela L. Lugones, Agrim. Patricio Machado, Ing. Luis Miranda, Ing. Oscar D. Rico, Ing. Carlos O. Vercesi

*Los artículos son publicados con la sola responsabilidad de los autores. La Dirección no se solidariza con las opiniones vertidas en los mismos. Los artículos pueden reproducirse total o parcialmente citando la fuente. Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 249.362*

El **GRUPO GIICMA** fue reconocido el 26 de Agosto de 2010 como Grupo UTN; mediante Resolución N° 794 del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional. Habiendo cumplido los seis años de existencia.

Desde sus orígenes como Grupo de Investigación de la FR Concordia, las actividades estuvieron focalizadas en aspectos vinculados con la durabilidad del hormigón, contando para su desarrollo con la infraestructura del Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la mencionada Institución.

En este contexto, las líneas de investigación donde inicialmente se ha desarrollado la mayor capacitación es la caracterización de los agregados pétreos regionales para la elaboración de hormigones. Los materiales comprenden, tanto los agregados aluvionales constituidos por gravas y arenas de las cuencas de los ríos Paraná, Uruguay y Gualeguay, como los triturados basálticos de las provincias mesopotámicas.

El equipamiento actualizado y la precisión interlaboratorio lograda han permitido a este Laboratorio posicionarse como centro regional de consulta para la realización de los ensayos de reactividad álcali-agregado mediante el método acelerado de la barra de mortero, Norma IRAM 1674. El equipamiento adquirido y el continuo entrenamiento del personal y becarios del laboratorio permitieron incorporar las metodologías de ensayo correspondientes a la variante Australiana RTA363 del ensayo acelerado de la barra de mortero y el ensayo del prisma de hormigón correspondiente al procedimiento RILEM TC 191-ARP-03, incorporado como anexo de la Norma IRAM 1700-.

A los fines de verificar el desempeño del laboratorio de Tecnología del Hormigón de la Facultad Regional Concordia, se efectuaron estudios interlaboratorio conjuntamente con el LEMIT, ICPA y el INTI, con el objetivo principal de asegurar la calidad de los resultados obtenidos. Como objetivo secundario de esta metodología se logró ajustar los protocolos de operación, manejo, registro y análisis de muestras con un interés futuro en la acreditación del ensayo acelerado de la barra de mortero Norma IRAM 1674, estando en este momento con el ejercicio de la documentación.

Por otra parte, se han ampliado los estudios de hormigones reciclados elaborados con canto rodado y basalto, para evaluar su aprovechamiento y establecer relaciones con la corrosión de armaduras y la durabilidad frente a la RAS contando en este momento con metodología y resultados como para usar estos hormigones reciclados como agregados en pavimentos.

En los últimos años, se iniciaron trabajos en líneas de investigación para el desarrollo de equipamientos de madurez en el hormigón para determinar su resistencia y medida de la presión de las expansiones dentro del hormigón, estando en este momento abocados a la redacción de un libro sobre este tema solicitado por una Editorial española. El objetivo principal de los proyectos desarrollados y en curso, abarcan determinar su reactividad potencial álcali-sílice, medir la madurez del hormigón, medir la presión interna de expansión de los hormigones por reacciones químicas o físicas en su masa.

Otra línea de investigación que ha tenido un notable desarrollo e impacto en el medio, es la vinculada con los sensores remotos mediante el procesamiento e interpretación de imágenes Landsat y Radar. Esta tecnología está siendo utilizada para determinar la evolución de la línea de costa en el Embalse de Salto Grande como consecuencia de los procesos de erosión. También se

está aplicando en la elaboración de mapas topoclimáticos para la evaluación de sitios con riesgo de heladas, mediante la utilización de sensores térmicos de los satélites Landsat y Modis.

Se han ampliado los estudios en el último año en las áreas de Hidrología, Geología Aplicada y Suelos, contando con la infraestructura del Laboratorio de Geotecnia de la Facultad.

En el caso particular de suelos, se han sumado estudios de suelos viales modificados para su caracterización.

En el área de estructuras, se realizaron algunas experiencias trabajando en temas específicos como el punzonado de placas con la transferencia académica del tema, y el uso de fibras sintéticas en el desarrollo de piezas premoldeadas.

Durante el año se consolidó en el grupo el área de Química Analítica, con el laboratorio de análisis de agua para uso en hormigones y determinación de cal útil vial en la corrección de suelos viales.

Las actividades principales del año consistieron en la presencia de GIICMA con trabajos originales en Congresos Nacionales e Internacionales.

**Prof. Jorge Daniel SOTA**  
**DIRECTOR**

**RUS**



*Org.*  
*"El Galpón"*  
**RIO URUGUAY  
SEGUROS®**

# DISPOSITIVO PARA UNA MEDICION DIRECTA DE LA PRESIÓN DEL GEL DE RAS

J. M. Cosentino  
F. A. Avid  
P. Moreira  
J.D. Sota

GIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional  
Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com

## Resumen

El producto de la reacción álcali-sílice es un gel (membrana osmótica), que origina tensiones de tracción que llevan al desarrollo de fisuras en el hormigón. En este trabajo se mide la presión del gel álcali-sílice en probetas de morteros de 2,5x2,5x25cm con un dispositivo desarrollado en el laboratorio, comparando la reactividad medida en los mismos morteros con el método IRAM 1674 con el fin de establecer correspondencia entre los dos métodos con resultados experimentales. En las etapas de medida del método con el nuevo equipamiento la probeta esta sumergida también en una solución 1 N de NaOH a 80°C. En las primeras experiencias se midieron las presiones de hinchamiento de dos muestras: una altamente reactiva y una no reactiva calificadas previamente con el método IRAM 1674. Con este dispositivo, que guarda muy buena correlación con el método normalizado, se acortan los tiempos de medición y se optimiza la visualización de los efectos debido a la medición directa de las variables.

**Palabras clave:** árido reactivo; la reacción álcali-sílice; presión gel álcali-sílice

## INTRODUCCIÓN

La reacción álcali-sílice es una patología deletérea en los hormigones de cemento portland. Se produce en el hormigón entre los álcalis presentes en el hormigón (Na, K) en presencia de  $(OH)_2Ca$  y la sílice amorfa o criptocristalina o cuarzo tensionado de los agregados con alta humedad,

para formar el gel álcali-sílice (GAS) [1,2]. El gel una vez formado absorbe agua de la solución de los poros, aumentando el volumen, generando presión expansiva (tracción) sobre el hormigón que lo rodea, causando fisuras y deterioro [3].

Varias hipótesis se conocen sobre esta acción, una manera sencilla de explicarla es que la expansión y el fisuramiento del hormigón son simplemente debido al crecimiento de zonas afectadas y/o agregados, causada por la presión hidrostática del gel existente.

Alternativamente, la hipótesis de la presión unidireccional atribuye el agrietamiento a la expansión inducida por la absorción de agua por el gel durante el período de su formación cuando permanece suficientemente rígido para ejercer una presión unidireccional; finalmente, la hipótesis de presión osmótica postula que la pasta de cemento alrededor de una partícula reactiva actúa como membrana semipermeable, permitiendo la difusión de los hidróxidos alcalinos se difundan, pero evitando que los productos de reacción de silicato de difundan fuera de la membrana, resultando en una acumulación de presión interna [2]. La última hipótesis es generalmente aceptada por muchos investigadores [3-7].

El primer estudio que mide la PGAS en el mortero lo llevó a cabo Pike en 1958 [8]. En ese estudio, una probeta cilíndrica de mortero se colocó en un recipiente de acero cerrado, la deformación del recipiente se midió por medidores sensibles de deformación, que fueron envueltos en espiral

alrededor de la superficie exterior. En el estudio de Pike, las muestras fueron realizadas con un cemento de alto álcali, utilizando un agregado con un contenido del 6% de ópalo. Se midió una presión de alrededor de 2,76MPa en 190 días. La desventaja de este método es que se debe realizar con un nuevo contenedor en cada prueba.

Un nuevo método fue desarrollado por Ferraris et. al. [9], que determina la PGAS entre 2MPa y 9MPa en cilindros de mortero con una marco de acero sumergido en un baño de agua de 50°C. En este método, la temperatura del baño de agua afecta a las mediciones de presión. Sin embargo, la estructura de acero en el baño de agua caliente expande más que el cilindro causando la compresión del mortero con pérdida de presión.

Se utilizó un conjunto experimental idéntico por Kawamura y Iwahori [7] pero ellos pusieron su marco en una cámara húmeda a 38 °C y una humedad relativa del 95% midiendo la presión expansiva en condiciones de confinamiento.

Basándonos en estas investigaciones, y teniendo en cuenta la necesidad de sumar posibilidades de detectar y cuantificar la RAS, se desarrolló una metodología de ensayo usando las características de elaboración y curado de la norma IRAM 1674. [11,13]

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Los materiales de ensayo

Se estudiaron dos agregados, uno de origen basáltico y otro de rodados del Río Uruguay, el cemento usado fue el especificado en la Norma IRAM 1674. [10,12]

### Dispositivos de prueba y moldes

Dispositivo de medición de presión del gel uniaxial (PGAS). El mismo fue diseñado en base a la bibliografía y con las posibilidades de la Facultad de Ingeniería.

### Descripción del equipo

El dispositivo de medición de presión gel alcali-silíceo (PGAS) consta de tres partes principales (Figura 1), y estas son:

Una parte consistente en un marco metálico

rígido entre dos planchas de acero, en el centro del mismo encontramos la guía y sostén de una celda de carga, regulada por tuercas de ajuste.

La segunda parte consta de recipientes independientes para contener el hidróxido de sodio y un baño de agua para una distribución uniforme del calor, la cubierta de acero inoxidable colocada en la superficie superior de la olla previene el escape de vapor y la pérdida de temperatura durante el período de prueba.

La última parte del dispositivo consta de la celda de carga y el indicador digital como la unidad de medición.

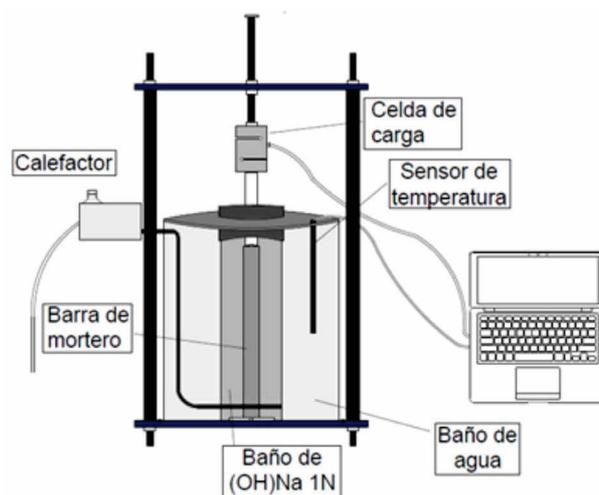


Figura 1. Dispositivo de medición.

La capacidad de la celda de carga "tipo" S es de  $500 \pm 0,5$ kg, con capacidad de medir tanto la fuerza de compresión como la fuerza de tracción. La fuerza expansiva generada por GAS fue transmitida a la celda de carga a través de un cojinete, el programa informático fue diseñado por los autores para leer y almacenar datos diarios (de presión y temperatura) desde el indicador digital utilizando una conexión USB. Antes de iniciar una prueba, todo el sistema se calibra con una celda de carga de referencia tarada. (Figuras 2 y 3).

### Moldes

En este estudio, se adoptó como probeta de ensayo, la correspondiente a la utilizada en la Norma IRAM



Figuras 2 y 3. Equipo PGAS.

1674, para establecer una comparación entre la expansión medida por el método normalizado y la medida de la presión registrada en el nuevo equipo.

## MÉTODO DE ENSAYO

### Método de prueba PGAS

Se procedió, según la metodología de la Norma IRAM 1674, con el llenado de tres moldes; dos para ensayar según la normativa mencionada y la tercera para ensayar con el nuevo dispositivo.

Luego del curado en agua a 80°C por 24 horas las dos primeras barras se colocan en la solución de OHNa 1N en estufa a 80°C, siguiendo las instrucciones de la Norma y la restante en el reactor con la celda de carga en las mismas condiciones.

Las lecturas se tomaron hasta la misma edad del ensayo en ambas experiencias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Gráficos 1 y 2 se vuelcan los resultados obtenidos sobre el promedio de dos probetas ensayadas siguiendo la metodología de la Norma IRAM 1674.

Las lecturas se continuaron hasta los 28 días y se realizaron sobre un agregado reactivo según la Norma IRAM 1674 y uno que no mostraba reactividad.

En los Gráficos 3 y 4 se observan los resultados obtenidos de la probeta colocada en el equipo que permitió medir la presión del gel de RAS.

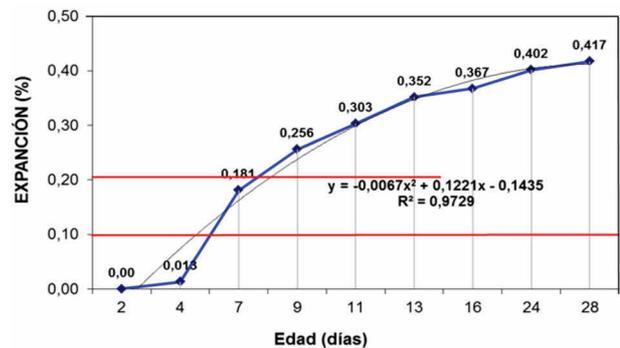
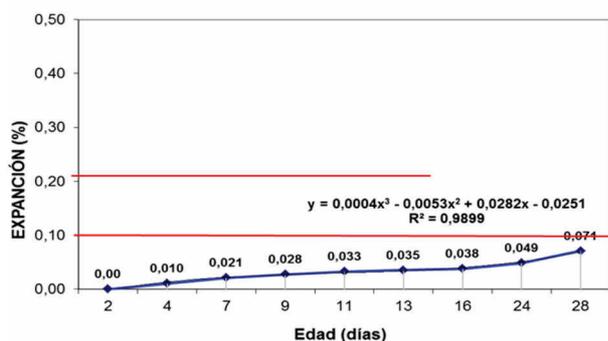
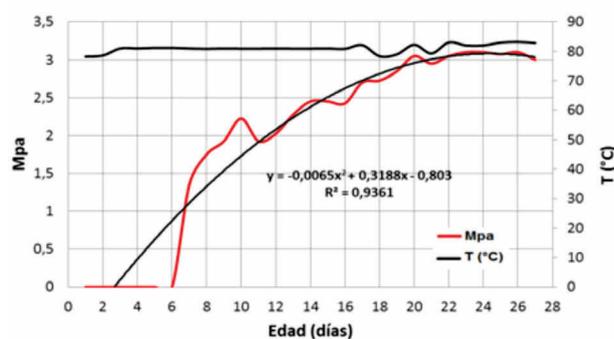


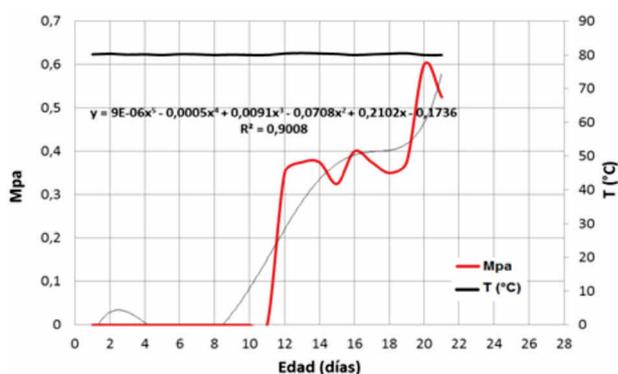
Gráfico 1. Norma IRAM 1674 Agregado Basáltico.



**Gráfico 2.** Norma IRAM 1674  
Agregado Gravas del Río Uruguay.



**Gráfico 3.** Método de prueba PGAS  
Agregado Basáltico.



**Gráfico 4.** Método de prueba PGAS  
Agregado Grava del Río Uruguay.

Las lecturas muestran la presión del gel del orden de 2,5 MPa para la muestra reactiva y del orden de 0,5 MPa para la no reactiva.

En las barras se observaron fisuras muy evidentes y numerosas para las del agregado reactivo e insignificantes para el que no lo es.

Finalmente, estas experiencias permiten contar con una posibilidad de medir en forma directa la presión del gel de la reacción álcali sílice.

## CONSIDERACIONES FINALES

Estos resultados preliminares permiten hacer las siguientes consideraciones:

- 1) Es factible medir diferenciadamente la presión del gel de RAS en agregados inocuos y reactivos.
- 2) Si bien se usó como probeta la de la Norma 1674 y con el curado de esta metodología, se debería tener en cuenta que la presión del gel no es unidireccional. Teniendo en cuenta esto la forma de la probeta debería ser motivo de nuevas experiencias.
- 3) Con relación a la temperatura, en este caso se usó un control automático, independiente del sistema de medición de la presión, pero dicha variable puede ser integrada al sistema.

4) También con este equipo se puede estudiar las diferencias de afectación de la presión del gel de la RAS cuando se varía la relación agua/material cementicio (a/mc).

5) Finalmente se pueden estudiar hormigones con o sin armaduras.

Es propósito de los autores continuar con las variables mencionadas en estas consideraciones.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de becarios del GIICMA; en particular al becario alumno Ignacio Bossano y al Sr. Jorge Benito personal no docente de la facultad; que colaboraron en la realización de las experiencias como así también en el diseño y confección del equipamiento para realizarlo.

## REFERENCIAS

- [1] O.R.Batic, J.D. Sota. Durabilidad del Hormigon Estructural. Reacciones deletéreas internas

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón Argentina - ISBN: 987-99797-5-9 2001- pp 157-217. Reedición 2013.

[2] West G. Alkali-aggregate reaction in concrete roads and bridges. London: Thomas Telford; 1996.

[3] Strubble L, Diamod S. Unstable swelling behaviour of alkali-silica gels. *Cem Concrete Res* 1981;11:611-7.

[4] Stanton TE. Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. *Pro Am Soc Civil Eng* 1940;66:1781-811.

[5] Hobbs DW. Expansion of concrete due to alkali-silica reaction: an explanation. *Mag Concrete Res* 1978;30(105):215-20.

[6] Glasser LSD. Osmotic pressure and the swelling of gels. *Cem Concr Res* 1979;9:515-7.

[7] Kawamura M, Iwahori K. ASR gel composition and expansive pressure in mortars under restraint. *Cem Concr Res* 2004;26:47-56.

[8] Pike RG. Pressures developed in cement pastes and mortars by the alkali-aggregate reaction. *Bull High Res Board* 1958;171:33-4.

[9] Ferraris CF, Garboczi EJ, Davis FL, Clifton JR. Stress due to alkali-silica reactions in mortars. In: Chong KP, editor. *Proceedings of the 4th materials engineering conference*, Washington, DC, 1996. p. 1379-87.

[10] F. A. Avid, J.M. Cosentino, J.D. Sota Paragénesis y alteraciones en basaltos usados en hormigones para grandes obras XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción CONPAT-Colombia-2013

[11] Sota J., Falcone D., Batic, O. Reacción Alkali Silice, una Patología Interna del Hormigón. PATORREB 2009, 3er. Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios. Porto, Portugal, Marzo 2009.

[12] Cosentino J., Avid F., Machado P., Saad E., Sota J.D. Estudio de los Aridos Aluvionales en Explotación de la Pcia. de Entre Rios, frente a la

RAS. Estudios Interlaboratorios. 17 RT AATH. Córdoba. Octubre 2008

[13] Falcone, D. D., Sota, J. D. y Batic, O.R., Discusión sobre Métodos para Evaluar Agregados Potencialmente Reactivos. 17 RT AATH. Córdoba. Octubre 2008



## LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACION TECNOLOGICA

### TECNOLOGIA DEL HORMIGON

- Estudio de materiales y componentes del hormigón armado
- Estudio de hormigones convencionales y especiales
- Durabilidad de agregados y de hormigones en distintos ambientes
- Métodos no destructivos
- Elaboración de especificaciones técnicas para obras civiles
- Evaluación de estructuras construidas afectadas por patologías
- Corrosión de armaduras



***Investigación y desarrollos tecnológicos***

***Capacitación RRHH***

***Servicios Tecnológicos a terceros***

**52 e/121 y 122 - La Plata - Buenos Aires - Argentina**

**Tel.: (0221) 4831141/44**

**[www.lemmit.gov.ar](http://www.lemmit.gov.ar)**

# LA DURABILIDAD DE LOS BASALTOS DE LA MESOPOTAMIA EN LOS HORMIGONES DE CEMENTO PORTLAND

G. Paez INREM, Universidad Nacional de La Plata.

F. A. Avid GIIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional  
J. Cosentino Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com  
J.D. Sota

## Resumen

El trabajo desarrolla algunas consideraciones del comportamiento de los basaltos frente a los métodos de control de la reacción álcali-sílice para su uso en hormigones de cemento portland. Las mismas son tendientes a determinar la factibilidad del uso de triturados basálticos para ser usadas en mezclas de hormigón respondiendo a un diseño de durabilidad que permita suponer un comportamiento adecuado frente a las exigencias de la obra; enfocando la investigación, en el análisis y evaluación de potenciales reacciones deletéreas que se dan entre los agregados y los álcalis del cemento. En este trabajo se estudiaron las canteras en explotación en la mesopotamia Argentina, se analizan los resultados obtenidos de la norma IRAM 1674 y los estudios petrográficos, a la vez que se complementan con observaciones de microscopio óptico con cortes delgados y de SEM. Los resultados indican en primera instancia que no todos los métodos son idóneos para calificar este tipo de agregado. En los casos de barras de mortero con fisuras visibles a ojo desnudo, el volumen de geles observado mediante el examen por microscopía electrónica no se corresponde con las tasas de expansión que se verifican. En este caso la evaluación por expansión no solo se debe adjudicar a la RAS sino también al contenido de arcillas en los espacios intersticiales de la roca en un medio altamente alcalino y en presencia de la hidrólisis de los silicatos de aluminio.

**Palabras clave:** basalto, RAS, hormigones, arcillas, durabilidad, canteras.

## INTRODUCCIÓN

Las erupciones volcánicas contemporáneas con la fragmentación del supercontinente Gondwana dieron origen a una acumulación lávica con un espesor total original de aproximadamente 1700 metros. La potencia de las coladas individuales varía desde aproximadamente 1m hasta más de 70 metros (Melfi et al., 1988). El contacto entre las coladas está la mayoría de las veces, señalado por una brecha con fragmentos de basalto y cuarcita, engarzados en una matriz vítrea con cantidades variables de arena.

La notable extensión areal de las coladas, verificada en estudios de correlación geológica para varios proyectos hidroeléctricos indica la baja viscosidad de los flujos basálticos. La observación detallada de las coladas individuales, en especial aquellas con varias decenas de metros de potencia, permite advertir una zonación vertical, tanto textural como composicional. Dicha zonación significa a la vez una referencia, que determina los niveles de explotación en cantera con roca de mejor calidad geotécnica para su utilización como agregado o enrocado.

La reacción álcali-sílice se observa, en el litoral argentino, con frecuencia en hormigones que contienen agregados de canto rodado en su constitución. También hay algunas manifestaciones en hormigones con roca basáltica, aunque estas no son las más comunes. Las grandes obras construidas con basalto como agregado grueso en los hormigones de cemento portland

mantienen en servicio un buen comportamiento (Batic y Sota, 2012; Milanesi, C.A. 2008).

En el último tiempo y en razón de encarar algunas obras viales de importancia se trabajó con basaltos para el hormigón de los pavimentos de la carpeta de rodamiento. Comenzando el cuestionamiento de los mismos a la luz de los resultados obtenidos en los ensayos aplicando la Especificación IRAM 1674.

Con relación a los agregados basálticos, hay dos parámetros cercanamente vinculados con la RAS que deben ser analizados. El primero de ellos es la heterogeneidad textural y mineralógica, la composición y la paragénesis mineral con referencia al nivel estratigráfico de las coladas. En muchos casos estas características no son identificadas al estudiar los diferentes bancos de canteras. El segundo aspecto que requiere atención es la naturaleza y distribución de los minerales secundarios derivados de la alteración de las paragénesis primarias.

## **PARAGENESIS Y ALTERACION DE LOS BASALTOS**

La sección superior de cada colada está formada por basalto de color castaño grisáceo a gris claro, de grano fino a muy fino, vesicular y/o amigdaloides con mayor participación de mesostásis vítrea. Estas características texturales son resultado del rápido enfriamiento y descenso de la presión al producirse el derrame en superficie. La parte central de las coladas está constituida por basalto denso, con colores comprendidos entre el gris oscuro a negro. La granulometría es mediana, ocasionalmente gruesa, aunque tiende a ser de grano fino hacia la base.

El mineral más abundante es la plagioclasa (40%-65%) y composición comprendida por lo general, entre An40 – An70. Evidencian poca alteración, y cuando se presenta se localiza en el borde de los cristales, clivajes y fracturas. La alteración de las plagioclasas es fundamentalmente arcillosa. Los minerales máficos son abundantes con predominio de piroxeno (10%-25%) principalmente en su variedad augita y pigeonita con grados variables de desferrización y cloritización. Con respecto a la olivina, que es el primer mineral máfico en formarse en el curso de la cristalización del

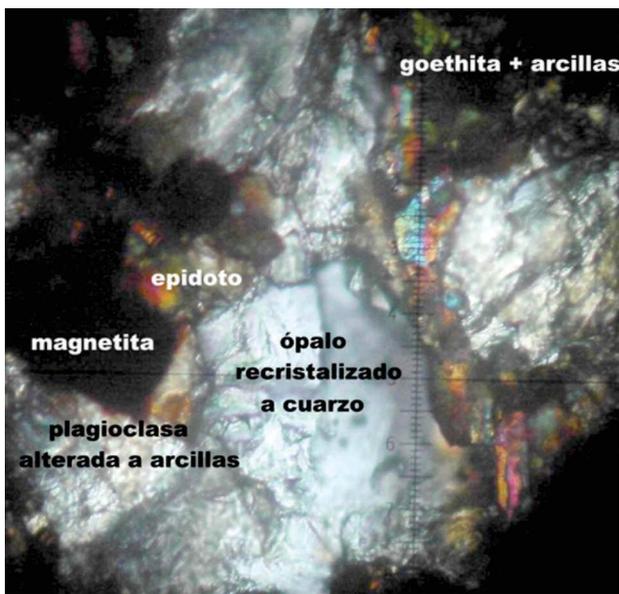
magma, su participación puede ocasionalmente superar 15% en la parte masiva de las coladas pero rara vez excede 5% hacia el techo y frente de las mismas.

Es conveniente analizar con mayor detalle la paragénesis del par olivina-piroxeno ya que la misma tiene influencia en el potencial reactivo álcali-sílice de los basaltos mesopotámicos. Estas rocas efusivas, que se clasifican como basaltos tholeíticos, están sobresaturadas con respecto al SiO<sub>2</sub>. Teóricamente no deberían contener olivina, pues hay suficiente sílice en el magma como para convertirla en piroxeno. En ocasiones, sin embargo, el rápido enfriamiento de la lava interrumpe la reacción y las olivinas originalmente formadas permanecen. En estas circunstancias, el exceso de sílice queda atrapado en el magma residual que pasará, en última instancia, a formar la mesostásis vítrea. Este material intersticial ha sido identificado en los sistemas basálticos como un residuo con afinidades graníticas (composición ácida y contenido de sílice de 60-75%, [Lambert, et. al.(1896), Hoover, et.al(1896) y Shelley, D]). Ello es consistente con la presencia de cuarzo, ópalo, epidoto y en ocasiones feldespato K en los intersticios ubicados entre los minerales primarios (olivina, piroxeno y plagioclasa) producto de la albitización de las plagioclasas y generalmente asociado con óxidos de hierro y titanio, Figura 1. Esta asociación ha sido también citada por Marfil et al [Marfil, et al 2010] para basaltos de la provincia de Entre Ríos.

Los basaltos de la Mesopotamia muestran reactividades medias a elevadas en los ensayos acelerados. En comparación, los agregados basálticos de la región patagónica y provincia de Córdoba, tienen respuesta inocua en los mismos ensayos. Estos últimos son del tipo olivínico, debido a la abundancia de este mineral en su composición, y resultan infrasaturados con respecto al SiO<sub>2</sub>, situación que necesariamente se verá reflejada en la composición del fluido residual.

Cuando el magma alcanza la superficie bajo la forma de lava, los gases contenidos escapan, aumentando la viscosidad de la mezcla que solidifica rápidamente bajo la forma de vidrio o de agregados criptocristalinos. La consecuencia fisicoquímica de este proceso es un aumento temporal de la temperatura que se suma a la

violenta oxidación de los gases. Los conductos de escape gaseoso determinan la formación de estructuras vesiculares hacia el techo de la colada. Cuando estas soluciones químicamente activas producen cambios en la roca circundante, alterando los minerales primarios y dando origen a neominerales, se habla de alteración deutérica. La alteración deutérica es característica en las rocas volcánicas, y constituye otro parámetro a tener en consideración cuando se evalúa el potencial reactivo (RAS) de los agregados basálticos.



**Figuras 1.** Basalto de Entre Ríos.

Los minerales secundarios producto de la acción deutérica son fundamentalmente esmectitas y zeolitas. En estos mecanismos de alteración, las fases primarias más sensibles a la disolución y reemplazo por minerales arcillosos son las olivinas y la mesostásis vítrea [Schenato, et.al 2003].

Ocasionalmente se ha postulado que la alteración arcillosa, fundamentalmente montmorillonítica, es consecuencia del intemperismo. Sin embargo, numerosos estudios de detalle de las características petrográficas y petrológicas de coladas basálticas de la Formación Serra Geral y del Grupo Drakensberg en Sudáfrica [Sumner, et al. 2009] indican, en forma inequívoca, su vinculación con eventos de alteración deutérica o reacciones metamórficas de bajo grado durante el enfriamiento de las coladas.

Davidson [Davidson,] postuló tres tipos de alteración deutérica: arcillosa, carbonática y zeolítica. Un tipo adicional de acción deutérica está representada por los fluidos mineralizantes que percolan en la roca y la alteran. Los productos derivados constituyen las venillas y el relleno de cavidades vesiculares.

Algunas asociaciones mineralógicas representativas fueron descritas por Iñiguez [Iñiguez, A.M. 1977.], quien además de montmorillonita cita la presencia de celadonita, nontronita, saponita, cuarzo y calcita, y por Hayase, K [Hayase et.al 1975] que indica la presencia de estilbita y heulandita en los basaltos de Ayuí.

La hidratación del espacio interlaminar es una propiedad característica de las esmectitas y una consecuencia de cargas eléctricas en su superficie. La naturaleza de dichas cargas en el borde de las láminas de arcilla depende del pH del medio. En un ambiente alcalino como el de la solución de OHNa utilizada en el ensayo de la barra de mortero, la superficie de borde adquiere cargas negativas. Estas cargas eléctricas se compensan con la entrada de cationes de carga opuesta en el espacio interlaminar. La elevada concentración de Na<sup>+</sup> en la solución hace que se convierta en el principal catión de intercambio.

Dado que las cargas de borde son débiles, el ión Na puede ser intercambiado por los iones positivos de la molécula de agua. En el proceso de hidratación, las cargas positivas de los átomos de hidrógeno de la molécula de agua se adhieren a la superficie de la esmectita, pudiendo sumarse varias capas sucesivas a la primera, expandiendo su volumen a medida que se agrega más agua. La montmorillonita sódica puede expandirse hasta aproximadamente 15 veces su volumen.

Por lo anterior se infiere que con relación a los agregados basálticos, hay dos parámetros cercanamente vinculados con la RAS que deben ser analizados. El primero de ellos es la heterogeneidad textural y mineralógica, la composición y la paragénesis mineral con referencia al nivel estratigráfico de las coladas.

En muchos casos estas características no son identificadas al estudiar los diferentes bancos

de canteras. El segundo aspecto que requiere atención es la naturaleza y distribución de los minerales secundarios derivados de la alteración de las paragénesis primarias.

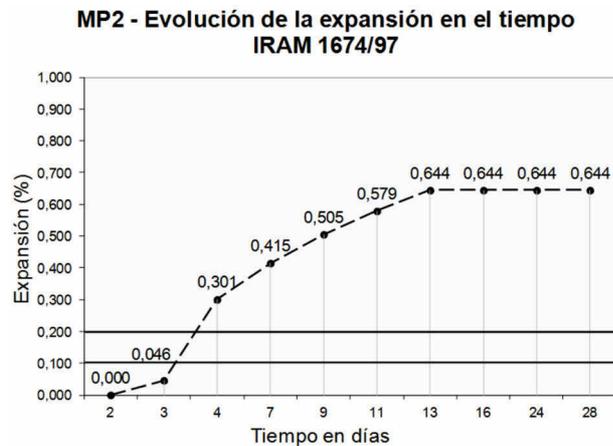
## METODOLOGIA DE TRABAJO Y RESULTADOS

Se estudiaron canteras de basalto, de Entre Ríos, Corrientes y Misiones. En la cantera de Entre Ríos se estudiaron dos niveles de explotación, en una de Corrientes cuatro niveles de una misma colada y en las dos restantes una de Corrientes y otra de Misiones solo un nivel.

Los estudios petrográficos clasifican a estos basaltos como Basaltos Tholeiíticos.

A una de las muestras se le realizaron estudios complementarios, y sobre la misma se orientan las conclusiones preliminares.

La reactividad potencial frente a la RAS, se determinó mediante el método acelerado de la barra de mortero, Especificación ASTM C 1260 (IRAM 1674) los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.



**Figuras 2.** Basalto de Entre Ríos.

Las probetas ensayadas muestran a los 14 días expansiones potencialmente deletéreas, superando ampliamente el límite de 0,10 % establecido por la norma. Este comportamiento resulta consistente con resultados similares citados en la bibliografía para los basaltos de la

Formación Serra Geral.

Transcurrido el período de inducción, y en correspondencia con la edad de 7 días, se comienzan a observar fisuras longitudinales y transversales en alguno de los elementos prismáticos, las que continúan expandiéndose en el transcurso del ensayo.

La muestra tiene valores de expansión a los 14 días superiores a 0,60 %, la aparición de fisuras resulta coherente con la generación de tensiones de tracción al interior de las barras de mortero, Figura 3.



**Figuras 3.** Fisuración en la barra de mortero.

Sobre muestras seleccionadas de las barras de mortero se efectuaron observaciones mediante barrido con microscopio electrónico, para examinar con mayor detalle la naturaleza de las fisuras, utilizando un Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental ESEM. FEI, Modelo Quanta 200 equipado con un Sistema de Microanálisis por Dispersión de rayos X (EDAX).

El Diagrama de Edax muestra la composición de los geles observados en las barras estudiadas.

La Figura 4 muestra la presencia de geles, pero en cantidad inferior a la esperable atento a las expansiones verificadas, y con la particularidad que los mismos ocupan casi exclusivamente los poros en el mortero. En pocos casos se evidenciaron

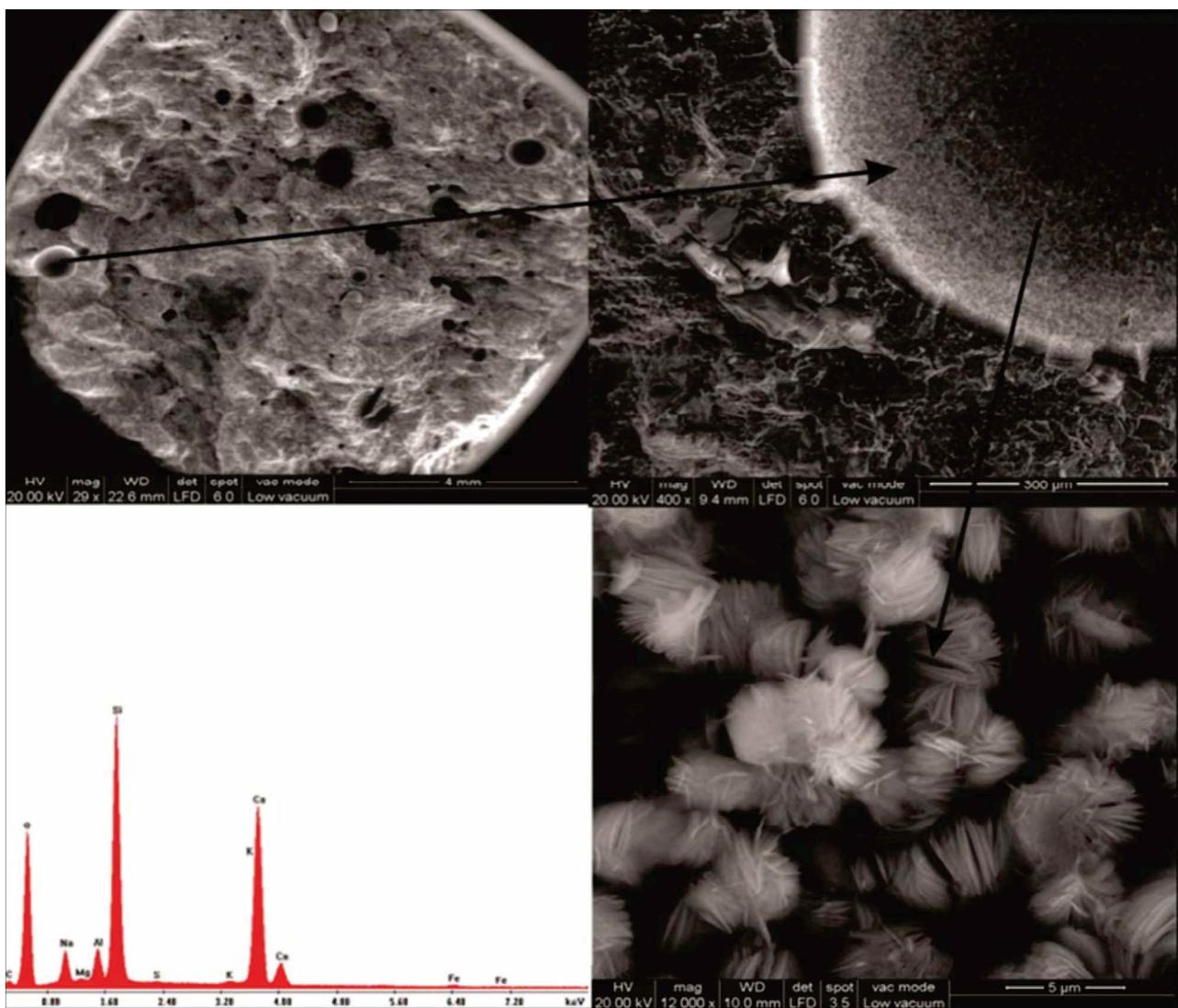
fisuras, de corto recorrido, con relleno de geles irradiando de los poros. Tampoco fue posible identificarlos en la superficie de las fracturas desarrolladas en las barras de mortero.

En los casos de barras de mortero con fisuras visibles a ojo desnudo, el volumen de geles observado mediante el examen por microscopía electrónica parece no corresponderse con las tasas de expansión que se verifican.

Sobre la misma muestra (MP2) se realizaron cortes delgados y Difracción de rayos X.

La muestra estudiada corresponde a una roca volcánica de grano fino, compuesta por una pasta afanítica de coloraciones castaño rojizas donde no se reconoce la presencia de fenocristales a ojo desnudo. Adicionalmente, y a escala de muestra de mano, la pasta se caracteriza por la presencia de una serie de halos concéntricos de coloración rojiza, producto de alteración.

Al microscopio se observan cantidades muy escasas de micro-fenocristales de plagioclasas y clinopiroxenos (augita) de coloraciones castaño verdoso. Los microfenocristales de plagioclasa se



**Figuras 4.** Secuencia de imágenes ESEM. Arriba a la izquierda se aprecia un fragmento de la barra de mortero con poros rellenos de gel. A la derecha un detalle del poro con pequeñas fracturas de corto recorrido irradiando del mismo. Abajo gel en roseta.

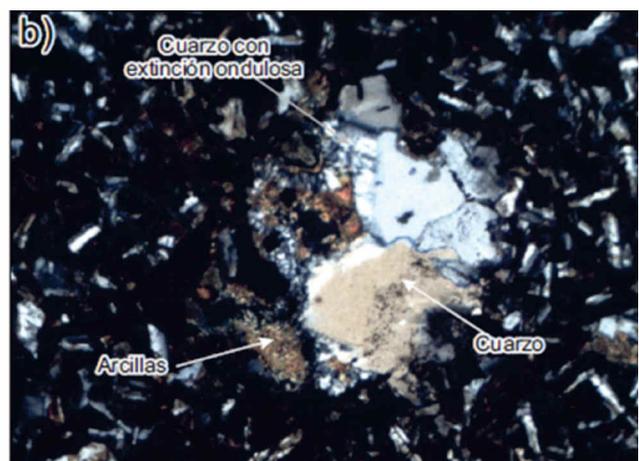
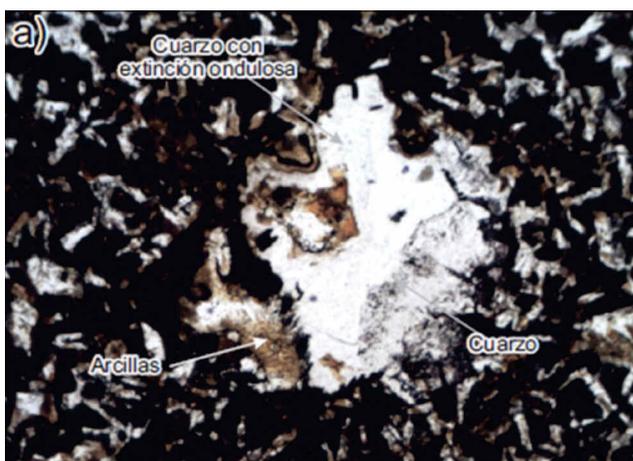
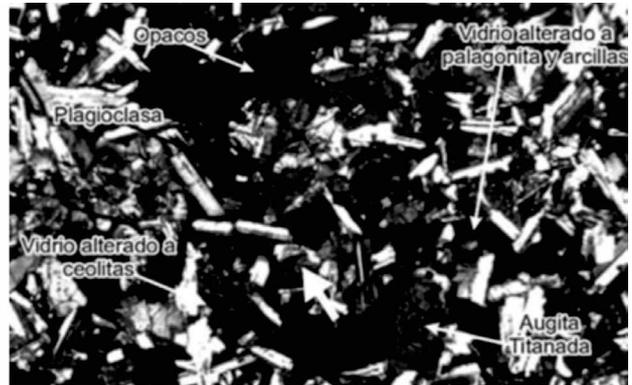
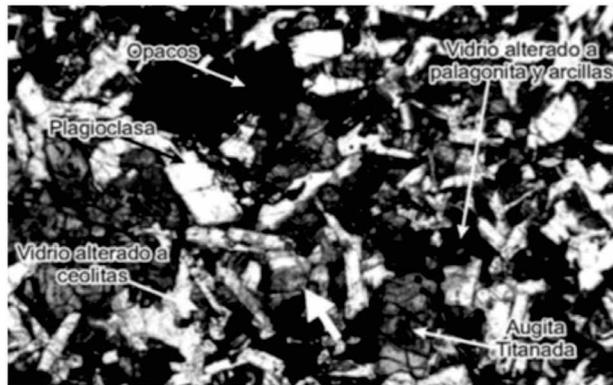
caracterizan por un moderado grado de alteración a arcillas de tintes verdosos (posiblemente esmectitas y/o illita), que se reconocen como parches en las partes centrales de los cristales.

La pasta afanítica se caracteriza por una textura intergranular compuesta por un entramado de microlitos de plagioclasas, clinopiroxenos (mayormente augita, aunque se reconocen cantidades muy subordinadas de pigeonita) y opacos. Los minerales máficos y los opacos se encuentran alterados a óxidos de hierro que tiñen la pasta de la roca siguiendo patrones concéntricos. Finalmente, y de manera intersticial, se reconocen trazas de cuarzo anhedral desarrollado entre los cristales de la pasta. Por sectores se observaron parches de arcillas (posiblemente esmectitas)

desarrollados de manera intersticial entre los microlitos de la pasta (Figura 5), estas arcillas probablemente representen porciones alteradas de vidrio volcánico alterado.

Finalmente, la muestra se caracteriza por la presencia de una baja proporción de cavidades amigdaloides con geometría sub-circular (Figura 6), que se encuentran rellenas por minerales félsicos, mayormente cuarzo masivo y/o con extinción ondulosa (con ángulos de entre 8° y 30°), que es acompañado por cantidades subordinadas de óxidos de hierro y arcillas (posiblemente esmectitas y/o illita).

El difractograma se realizó en Goniómetro Philips 3020 con un controlador PW 3710, empleando



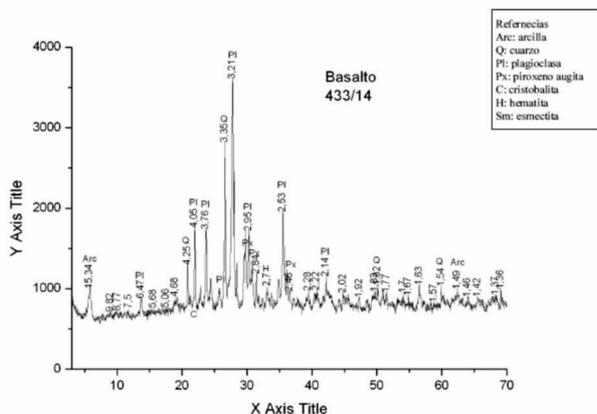
**Figuras 6.** Amígdala rellena por cuarzo (masivo y con extinción ondulosa) y argilominerales, posiblemente esmectitas y/o illita. Foto con nicolas paralelos y con nicolas cruzados (x50 aumentos).

radiación Cu-Ka, filtro de Ni, 40 kV-20 mA. No se utilizó monocromador. El barrido fue realizado entre 5° y 80° con paso de 0.04° y 2 seg./paso.

Estos estudios ponen en evidencia la existencia de arcillas en porcentajes, para el caso de la muestra analizada, superiores a 5%, atribuibles a formaciones deutéricas.

Los difractogramas fueron analizados con el programa FULLPROF de refinamiento estructural a través del método de Rietveld. El método de Rietveld de refinamiento estructural es un método matemático para ajustar un difractograma experimental con uno teórico realizado en base a un modelo cristalográfico y a parámetros experimentales. Se trata de lograr minimizar la diferencia matemática entre las intensidades observadas y las calculadas, punto a punto sobre todo el espectro.

Cabe aclarar que este resultado no tiene en cuenta la presencia de fases amorfas o no detectadas por DRX como ser la materia orgánica o materiales vítreos. El error estadístico del método analizado sobre patrones de muestras naturales, se ha establecido en ( $\pm 5\%$  en peso). (Figura 7).



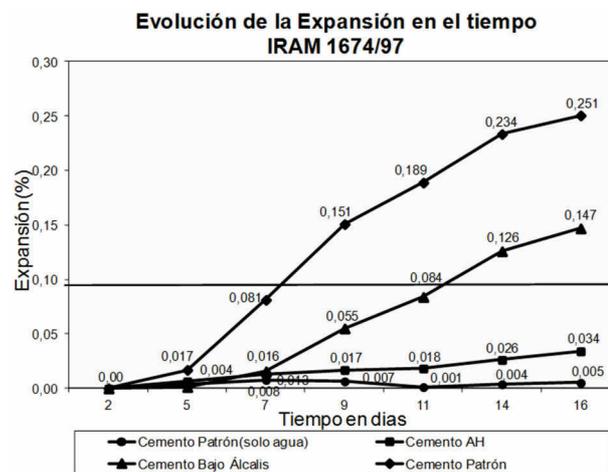
**Valores obtenidos del Difractograma:** Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) 7%, Plagioclasa (feldespato cálcico,  $(\text{CaNa})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$ ): 42%, Sanidina (Feldespato potásico,  $\text{K}(\text{Si}_3\text{AlO}_8)$ ): 17%, Augita (Clinopiroxeno) 15%, Esmectita: 13%, Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): 7%, Cristobalita; trazas

Figuras 7. Difractograma DRX MP2.

Finalmente a la muestra se la ensayó con diferentes tipos de cementos con adiciones y expuestas en agua sin adición de hidróxido de sodio.

En la Figura 8 se muestran los resultados que indican que la presencia de adiciones que actúan reduciendo la alcalinidad, mejora la performance del basalto, reduciendo su expansión.

Si bien la reactividad potencial álcali-sílice que se constata en los basaltos mesopotámicos ha sido demostrada fehacientemente, se plantea la posibilidad, que en algunos casos, no toda la expansión medida según la Norma IRAM 1674, sea atribuible a la RAS.



Figuras 8. Diferentes tipos de cemento.

## CONSIDERACIONES GENERALES

De estos primeros estudios realizados sobre las muestras de basalto se pueden inferir las siguientes consideraciones:

- La expansión medida por la Especificación ASTM C 1260, no debe ser atribuible totalmente a la RAS.
- La expansión de las arcillas, suma a la expansión medida en un medio altamente alcalino y en presencia de la hidrólisis de los silicatos de aluminio.
- La descompensación eléctrica en las partículas de arcilla y debido al carácter de la estructura dipolar de las moléculas de agua, son factores que contribuyen a la creación de la doble capa difusa eléctrica, que cubre

a dichas partículas. Esta doble capa está compuesta por una capa de aniones (carga negativa), situada en la superficie de la partícula rodeada por una capa exterior de carga opuesta (cationes). Esta doble capa se denomina, usualmente, como capa dura de agua o capa de agua adsorbida. El espesor de la doble capa es de 400 Å y crece en función directa con el aumento de la superficie específica de la arcilla.

d) Las adiciones reducen la expansión al diluir el contenido de hidróxido de calcio que aporta el cemento en las reacciones de hidratación.

## BIBLIOGRAFIA

Batic, O.R. y Sota, J.D. 2012. "Reacciones Deletéreas Internas en Durabilidad del Hormigón Estructural". Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Segunda Edición, pp.157-216.

Davidson, W.H. "The influence of constitution of the engineering properties of crushed volcanic breccias". Proceedings of the 6th Australian Road Research Board Conference 6 (5), pp 70-90.

Hayase, K., Dristas, J.A., Rimoldi, H. 1975 "Presencia de saponita rica en hierro asociada con celadonita, en basaltos de Ayuí Dique de Salto Grande". V Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Buenos Aires Tomo III. pp 51-71.

Hoover, D.J., Murphy, W.M. 1989. "Quench fractionation in Columbia River basalt and implications for basalt-ground water interaction. In: Volcanism and Tectonism in the Columbia River Flood-Basalt Province, Boulder, CO". Geological Society of America, Special Paper 239, pp 307-320.

Iñiguez, A.M. 1977. "Influencia de los minerales secundarios en el comportamiento geotécnico de los basaltos del Río Uruguay". Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. 3º Reunión Técnica, Tomo 4, pp.33-0-33-9.

Lambert, R.St.J., Marsh, L.K., Chamberlain, V.E. 1989. "The occurrence of interstitial granite glass in all formations of the Columbia River basalt group and its petrogenic implications, In: Volcanism and Tectonism in the Columbia River Flood-Basalt Province, Boulder, CO". Geological Society of America, Special Paper 239, pp 321-332.

Marfil, S., Batic, O., Maiza, P., Greco, L., Falcone, D. 2010. "Comportamiento de rocas basálticas de las provincias de Corrientes y Entre Ríos frente a las reacción álcali-sílice". VI Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo, República del Uruguay.

Melfi J., E.M. Picirillo and A. J.R. Nardy. 1988. "Geological and Magmatic Aspects of the Paraná Basin an Introduction, in: The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin: Petrogenetic and Geophysical Aspects". IAG-USP, pp.1-13.

Milanesi, C.A. 2008. "Experiencias sobre la caracterización de algunos basaltos de la provincia de Corrientes frente a la Reacción Alkali-Sílice". III Congreso Internacional y 17ª Reunión Técnica AATH.

Schenato, F., Formoso, M.L.L., Dudoignon, P., Meunier, A., Proust, D.Mas. A. 2003. "Alteration processes of a thick basaltic lava flow of the Paraná Basin (Brazil): petrographic and mineralogical studies". Journal of South American Earth Sciences 16, pp. 423-444.

Shelley, D. "Igneous and Metamorphic Rocks under the Microscope", Chapman and Hall, London, 445.

Sumner, P.D., Hall, K.J., van Roy, J.L., Meiklejohn, K.L. 2009. "Rock weathering on the eastern mountains of southern Africa: Review and insights from case studies". Journal of African Earth Sciences, 55. pp 236-244.

# LAS FIBRAS SINTÉTICAS Y EL CONTROL DE LA RAS. EN EL MÉTODO ASTM C-1260

F. A. Avid  
J. Cosentino  
J.D. Sota

GIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional  
Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com

## Resumen

La reacción álcali-silice en el hormigón provoca fisuras de tracción que reducen aún más la capacidad a esa sollicitación del material. Las fibras podrían ser empleadas para “coser” el hormigón, y evitar o minimizar esta patología.

En este trabajo se estudia el efecto de las fibras sintéticas de polipropileno y de vidrio para establecer el control en la fisuración que provoca la reacción álcali-silice, siguiendo los lineamientos de la Norma ASTM C-1260.

Se estudia una mezcla de expansiva conocida en el método aplicado, dosificando la fibra en los porcentajes de uso recomendados por los fabricantes.

Si bien hay una reducción de la expansión y una menor fisuración de las barras, la temperatura del método y la alta alcalinidad del medio afectan a las fibras de manera negativa según su composición.

**Palabras clave:** rotura, fibras, vidrio, polipropileno, RAS.

## Abstract

The alkali-silice reaction in concrete causes tensile cracks that further reduce the ability of the material to this sollicitation. The fibers could be used to “sew” the concrete and prevent, or minimize, this condition.

In this work the effect of synthetic polypropylene fibers and glass fibers is studied to establish control in cracking caused by the alkali-silice reaction, following the guidelines of ASTM C-1260.

A group expansive is used in the studied method,

dosing fiber in use rates recommended by the manufacturers.

While there is a reduced expansion and less cracking in the rods, the temperature of the method and the high alkalinity of the middle affect negatively the fibers according to their composition.

**Keywords:** cracking, fiber, glass, polypropylene, ASR

## INTRODUCCIÓN

El hormigón de cemento portland, es un material de alta heterogeneidad con fases líquida, sólida y gaseosa, presentando inconvenientes de orden tecnológico por su baja resistencia a los esfuerzos de tracción vinculados con causas de orden químico, físico y termodinámico.

La reacción álcali-sílice (1), es una de las típicas patologías que se presentan en los hormigones debido a la presencia de álcalis en los componentes del hormigón; principalmente los del cemento, en algunos casos por la exposición en medios que los contienen y la existencia en los agregados de sílice en estado amorfo o microcristalino, y/o con diferentes estados de tensión.

Por efecto de la reacción entre los álcalis y la sílice se producen geles expansivos (membrana osmótica), originando fisuras en la matriz. La formación de los nuevos compuestos, origina tensiones de hasta 14MPa, que superan ampliamente la resistencia a la tracción del hormigón (2, 3).

Estos productos tienden a colmatar los espacios logrados (fisuras); proyectándose al exterior de la estructura.

Está demostrado que, además de incrementar la resistencia a los esfuerzos de tracción, la influencia más significativa de la incorporación de fibras a las matrices cementicias es la capacidad de controlar la fisuración, al ejercer una acción de “costura” o puente a través de las fisuras permitiendo la transmisión de las tensiones (4).

Las fibras cortas y discretas de polipropileno y las nuevas fibras de vidrio (resistentes a medios altamente alcalinos), son inertes en su interacción con los otros componentes del hormigón, siendo además hidrófugas. Su incorporación en porcentajes óptimos no introduce modificaciones en la dosificación de los morteros, ni la necesidad de incorporar aditivos en las dosis adecuadas para mantener el comportamiento reológico en el estado fresco del hormigón.

En este trabajo se pretende observar con exclusividad la influencia de las fibras cortas de polipropileno y vidrio, en el control de la expansión y fisuración originada por la reacción álcali- sílice en un agregado de conocida expansión cuando es sometido a la metodología de la Norma ASTM C-1260.

Los agregados de todo el litoral argentino han sido estudiados con este método en la versión de la Norma IRAM 1674, encontrándose un desarrollo de expansión y fisuración importante como consecuencia de la RAS (5).

## METODOLOGÍA Y EXPERIENCIAS

Con el fin de obtener información sobre la influencia de las fibras en la fisuración de los morteros elaborados con estos agregados, sea realizaron estudios siguiendo la metodología de procedimiento de la Norma ASTM C-1260.

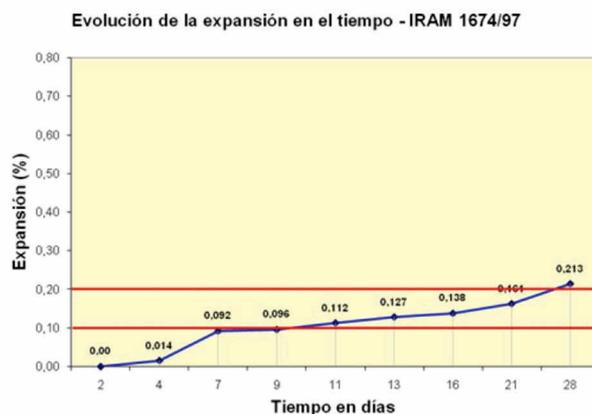
Las características principales de esta normativa son las siguientes: se trabaja con morteros de relación  $w/c=0,47$ , un cemento de un contenido de álcalis totales expresados en  $ONa_2$  mayor que 1 %, agregado triturado pasante el tamiz de abertura de malla 4,75mm y retenido en tamiz abertura de malla 149 $\mu$ m. Curados en una solución de OHNa

1N a 80°C durante 16 días. El método es acelerado para el desarrollo de la expansión y muy riguroso para los especímenes estudiados.

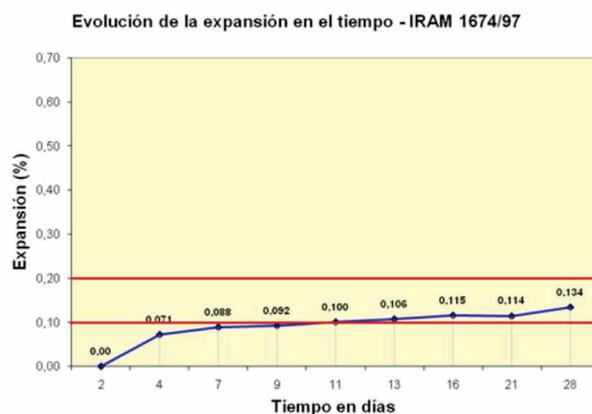
El porcentaje de fibras utilizado fue del 1,5 % en peso del cemento. Las fibras de polipropileno y de vidrio empleadas se hallan en el mercado, los módulos de elasticidad promedio son; la de polipropileno 35GPa y la de vidrio 20GPa.

En el pastón conteniendo las fibras, su incorporación fue realizada a fin de lograr una adecuada distribución, en la pasta. Los resultados se indican en los Gráficos 1, 2, y 3.

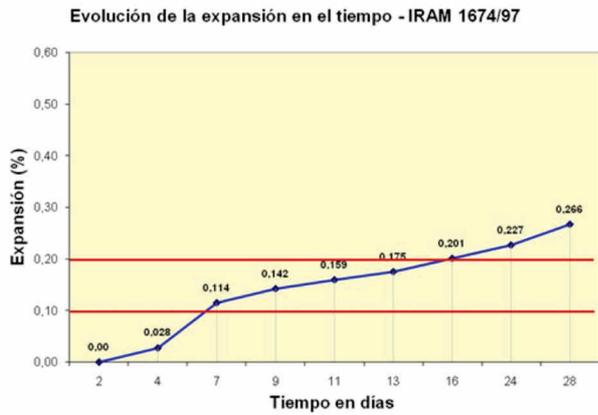
Sobre trozos de las barras luego del ensayo se tomaron fotografías para constatar la existencia de las expansiones y el comportamiento visual de las fibras.



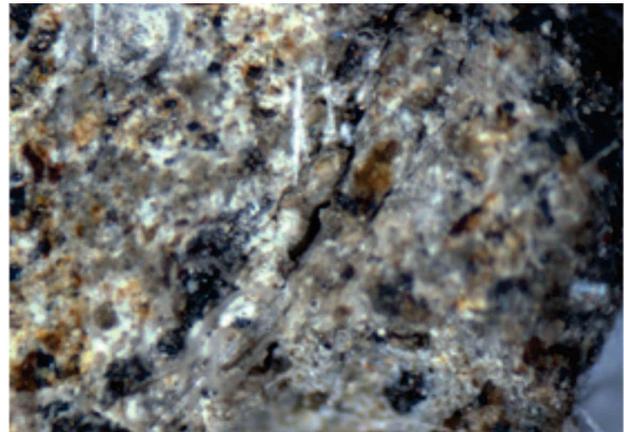
**Gráfico 1.** Mezcla patrón sin fibras.



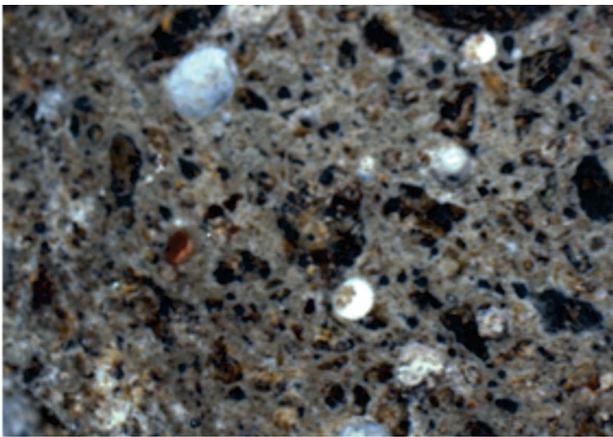
**Gráfico 2.** Mezcla con fibras de polipropileno.



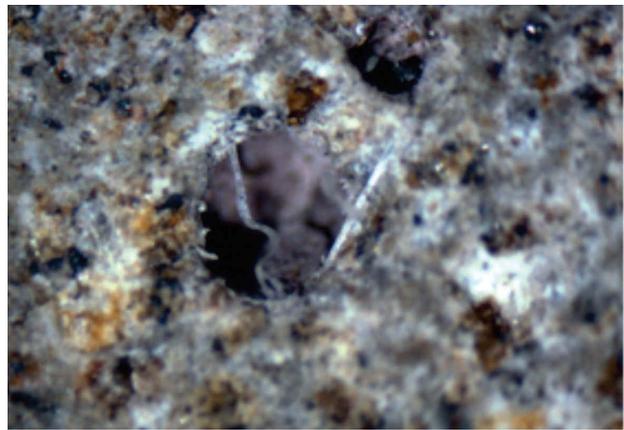
**Gráfico 3.** Mezcla patrón sin fibras.



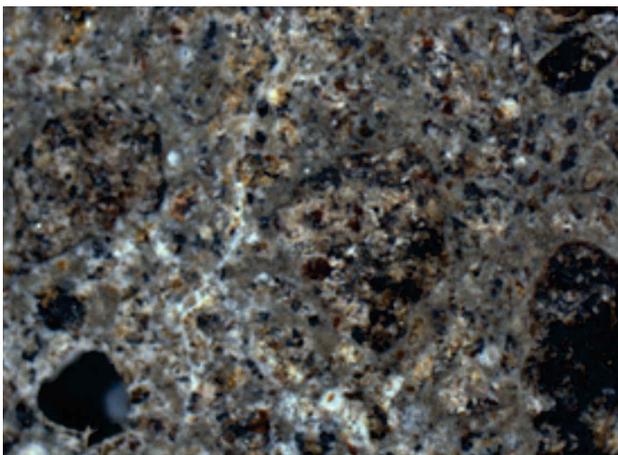
**Microfoto 3.** Mezcla con fibras de polipropileno, fibras sobre zona de fisuras.



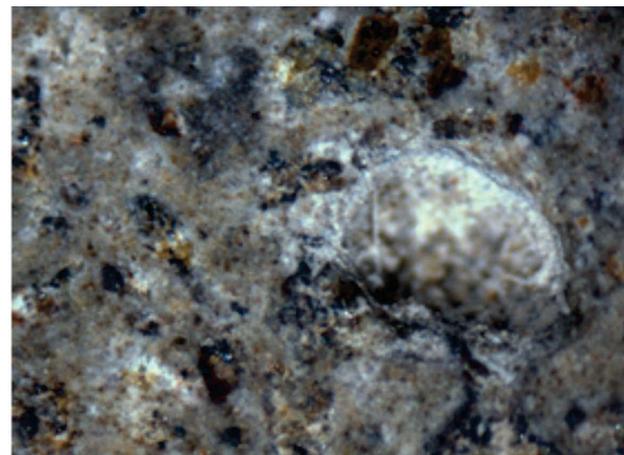
**Microfoto 1.** Mezcla sin fibras, productos de reacción, poros rellenos.



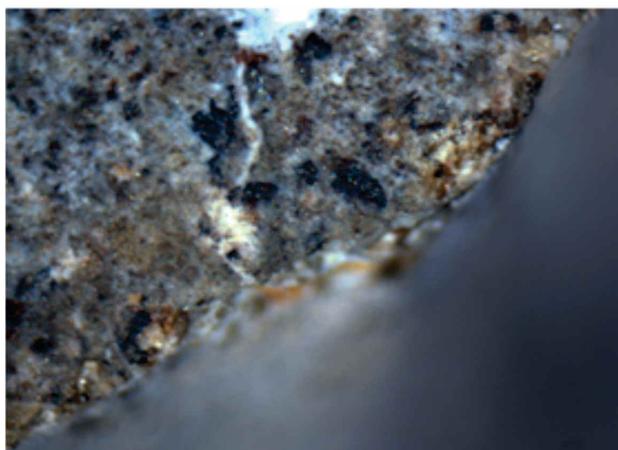
**Microfoto 4.** Mezcla con fibras de polipropileno, fibras en zona de poros.



**Microfoto 2.** Mezcla sin fibras, productos de reacción rellenan fisuras.



**Microfoto 5.** Mezcla con fibras de vidrio, fibras sobre zona de fisuras.



**Microfoto 6.** Mezcla con fibras de vidrio, fibras sobre zona de fisuras.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las partículas reactivas del agregado, por su heterogeneidad, sufren una expansión no uniforme a causa de su combinación con los álcalis del medio (la mayor uniformidad se presenta en el caso de la arcilla, generándose esfuerzos complejos en su masa y en la matriz cementicia que la rodea), dando origen a distintos esquemas de comportamiento.

En la Figura 1 se han representado tres esquemas típicos del comportamiento de un grano afectado por reacción, para explicar la falta de uniformidad en el desarrollo de las fisuras.

En a) se muestra un diagrama de grietas dentro

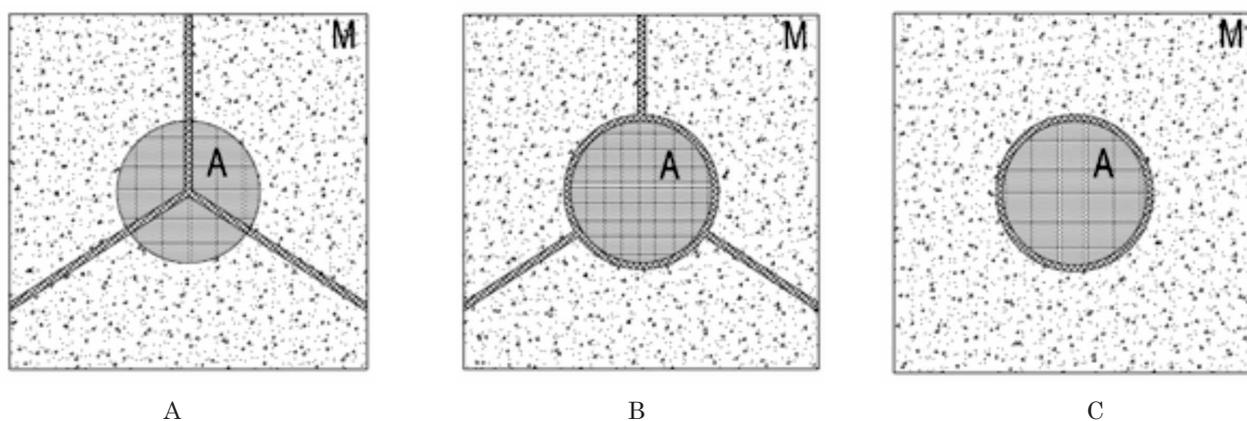
y alrededor de una partícula afectada por la reacción. Los esfuerzos generados en la partícula durante las reacciones quiebran el agregado a lo largo del diagrama de 120° y las grietas se irradian hacia la pasta. En una etapa posterior, cada uno de los trozos puede continuar fisurándose, siguiendo el mismo diagrama; en b) se indica la fisuración de la matriz por efecto de la reacción del grano, el cual aumenta de volumen pero no se fisura y en c) la alteración del grano, el cual se desintegra originando esfuerzos tangenciales sobre la superficie del grano que no logran afectar a la matriz.

La presencia de fibras en la matriz generan nuevos esquemas de rotura, en los cuales si bien el inicio de las fisuras no se modifica sensiblemente, se logra disminuir la cinética de fisuración (6).

Este comportamiento ha sido verificado también para la fisuración originada en la contracción por secado de la matriz, la cual presenta un esquema de rotura similar al tipo b), originado en la contracción de la matriz, mientras el agregado permanece sin alteración (3).

Las fibras tendrán un comportamiento eficiente frente al esquema b) y parcialmente frente al a); prácticamente nulo en el caso c).

La expansión medida en las barras de mortero como así también el análisis visual de las mismas, confirma que las fibras, retardan la aparición de la primera fisura y controlan, en las primeras edades su crecimiento. En las presentes experiencias este efecto disminuye en el tiempo, hecho que debe ser



**Figura 1.** Diagrama de fisuras en morteros con RAS. A- Agregado, M- Matriz

atribuido al alto grado de expansión del agregado y en el caso de las fibras de vidrio además a la temperatura del método.

### CONSIDERACIONES FINALES

Las fibras de polipropileno no incrementan de forma significativa la resistencia a tracción de la matriz cementicia que las contiene. Pero sí generan un control de su fisuración, ya que se reduce el ancho de las fisuras y el material queda capacitado para soportar agrietamientos múltiples sin romperse. Este hecho cobra importancia, además, en todos aquellos aspectos de durabilidad vinculados con el ingreso de agentes agresivos al material.

En el caso de la fibra de vidrio no se observa el mismo efecto. Las fibras se ven alteradas por la temperatura (80°C).

La presencia de las fibras en morteros ejecutados con materiales susceptibles de ser afectados por la reacción álcali- sílice no impide el inicio y desarrollo de la reacción ni de sus efectos finales. Sin embargo, su empleo puede tener implicancias de orden tecnológico que dependerán de las características petrográficas del agregado y del contenido de álcalis disponibles para las reacciones, debiendo tenerse en cuenta las características de exposición de las mezclas en los métodos utilizados.

En los morteros con fibras de polipropileno, la disminución de la expansión originada en las primeras edades de la reacción confirma el efecto favorable que las mismas tienen sobre el desarrollo de la fisuración. Hecho verificado también para la fisuración atribuible a la contracción por secado de la matriz.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los integrantes del Laboratorio de Hormigón de la UTN FRConcordia, especialmente al Becario Mario Cornaló por la colaboración prestada en la realización del trabajo.

### REFERENCIAS

1) Batic, O.R., Sota J.D.; “DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL - CAP.4 REACCIONES DELETÉREAS INTERNAS”. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.

Editor AATH- ISBN: 987-99797-5-9 2001- pp 157-217. Reedición 2013.

2) Fava S.C., Manuele R.J., Colina J.F., y Cortelezzi C.R. “ESTUDIOS Y EXPERIENCIAS REALIZADOS EN EL LEMIT SOBRE LA REACCIÓN QUE SE PRODUCE ENTRE EL CEMENTO Y LOS AGREGADOS, EN EL HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND”. LEMIT. Serie II N°5. 1969.

3) Sota J.D. , Falcone D., Batic, O.R. “REACCION ALCALI SILICE, UNA PATOLOGIA INTERNA DEL HORMIGON”. PATORREB 2009, 3er. Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios. Ciudad de Porto, Portugal. Marzo 2009.

4) Swamy R.N. “FIBRE REINFORCEMENT OF CEMENT AND CONCRETE. MATERIAUX ET CONSTRUCTIONS MATERIALS AND STRUCTURES”. RILEM. Mayo/Junio 1975. N°45.

5) Cosentino J., Avid F., Machado P., Saad E., Sota J.D. “ESTUDIO DE LOS ÁRIDOS ALUVIONALES EN EXPLOTACIÓN DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, FRENTE A LA RAS. ESTUDIOS INTERLABORATORIOS”. III Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón. 17 Reunión Técnica AATH. Ciudad de Córdoba. Octubre 2008.

6) Sota J.D., Traversa L.P. “LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO Y LA REACCIÓN ALCALI-SÍLICE”. Reunión Técnica de la AATH. Córdoba '93. Memorias Tecnología del Hormigón. Tomo I. Pág.93- 100. Ciudad de Córdoba. Julio 1993.



Ministerio de Educación

**\*UTN** UNIVERSIDAD  
TECNOLOGICA  
NACIONAL

Facultad Regional Concordia

**Giicma**

Salta 277 - Concordia (ER-ARG) - C.P. E3200EKE

Tel/Fax: (0345) 421-4590 / 422-6614

[giicma@frcon.utn.edu.ar](mailto:giicma@frcon.utn.edu.ar)

[www.frcon.utn.edu.ar](http://www.frcon.utn.edu.ar)

# PRESENCIA DE AGENTES BIOLÓGICOS EN PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. ARGENTINA

V. G. Rosato    LEMIT – CIC  
R. García    Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Centro  
L. Traversa    LEMaC.

J.D. Sota    GIICMA - UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional  
Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com

## Resumen

Las estructuras de hormigón, como cualquier construcción, están sujetas al deterioro causado por el ambiente, incluyendo el crecimiento de diversos organismos, como cianobacterias, microalgas, hongos, líquenes, musgos y plantas. La diversidad de ambientes en la Provincia de Buenos Aires Argentina influye en el tipo de organismos que pueden desarrollarse sobre las estructuras de hormigón. En este trabajo se relevan diversas estructuras a fin de analizar el sustrato, observar y comparar los distintos organismos desarrollados y las patologías consecuentes, determinando el índice de peligrosidad de los organismos en las estructuras de hormigón estudiadas.

**Palabras clave:** deterioro biológico, ambientes húmedos, hormigón, líquenes, plantas.

## Abstract

Concrete structures, as any construction, are subject to deterioration caused by the environment, including the growth of various organisms such as cyanobacteria, algae, fungi, lichens, mosses and plants. The diversity of environments in the Province of Buenos Aires Argentina influences the types of organisms that may develop on concrete structures. In this paper various structures to analyze the substrate is relieved, observe and compare the various agencies developed and consequent diseases, determining the hazard index of organisms studied in concrete structures.

**Keywords:** biological deterioration, damp environments, concrete, lichens, plants.

## INTRODUCCIÓN

Las estructuras de hormigón, como cualquier construcción, están sujetas al deterioro causado por el ambiente, incluyendo el crecimiento de diversos organismos, como cianobacterias, microalgas, hongos, líquenes, musgos y plantas. En el caso de la Provincia de Buenos Aires se encuentran diversidad de ambientes que influyen en el tipo de organismos que podrán desarrollarse sobre las construcciones. En otros trabajos anteriores se analizaron estructuras ubicadas en ambientes marinos, serranos, rurales y urbanos [1, 2, 3]. La mayor variedad de especies se encontraron en el centro de la Provincia y en el área serrana, y la menor, en las áreas urbanas (lo que se atribuye a la contaminación ambiental debido al tránsito y a la industria). También llama la atención la baja diversidad hallada en las zonas marinas.

En este trabajo, se inspeccionaron diversas estructuras como puentes, espigones y defensas costeras de la localidad de Punta Lara (Partido de Ensenada, Prov. de Buenos Aires), sobre la costa de Buenos Aires. También se examinó un puente sobre el Canal 1, en las proximidades de su desembocadura en la Bahía de Samborombón, construido en 1971 en un ambiente rural en el partido de Tordillo, con el fin de observar y comparar los distintos organismos que se hallan en cada ambiente.

## METODOLOGIA

Se realizaron inspecciones visuales, relevamientos

fotográficos y muestreos en distintos puntos de la localidad de Punta Lara: puentes sobre el arroyo Doña Flora, arroyo Miguelín, canal del arroyo El Gato canal del Arroyo Rodríguez y del Arroyo Villa Elisa, las defensas de la costa, y espigón del Club Universitario (ex Jockey Club) construidos en la década de 1940. Se inspeccionó, además, el puente-esclusa sobre el Canal 1, en el Partido de Tordillo.

### Descripción de la zona de estudio

Punta Lara: es un balneario popular del Partido de Ensenada, ubicado a orillas del Río de La Plata y a 10 km de La Plata, capital de la Provincia. En 1941, para dar impulso al turismo, se desarrolla el centro cívico con la escuela, la comisaría, la iglesia Stella Maris y se construye la sede balnearia del Jockey Club La Plata, que además de la pileta y demás instalaciones deportivas, cuenta con un espigón de pesca [4]. Todos estos desarrollos y el posterior crecimiento de la población requirieron la construcción del camino costanero “Almirante Brown”, que cruza los arroyos y canales antes citados y que, debido a las frecuentes crecidas y temporales, está protegido por muros de defensa (Figuras 1 a 8).



Figura 1. Puente sobre el arroyo Doña Flora.



Figura 2. Puente sobre el canal del arroyo El Gato.



Figura 3. Puente sobre el canal del Arroyo Rodríguez.



Figura 4. Puente sobre el Arroyo Miguelín.



Figura 5. Puente sobre canal del Arroyo Villa Elisa (Boca Cerrada).



**Figura 6.** Muralla de defensa (Boca Cerrada).



**Figura 7.** Muralla de defensa sobre la Av. Costanera.



**Figura 8.** Espigón del Club Universitario (Ex Jockey Club).

La otra construcción objeto de estudio es el puente-esclusa del canal 1, en la zona rural de Tordillo, que forma parte de un camino vecinal, y que cumple además la función de esclusa reguladora (Figura 9).

Todas las estructuras evaluadas están ubicadas en un ambiente próximo al Río de La Plata y tienen una antigüedad aproximadamente de 60 años

### Ensayos tecnológicos

Se midieron la profundidad de carbonatación mediante la técnica de teñido con solución alcohólica de fenolftaleína al 10%, el porcentaje de absorción de agua a 24 horas en muestras de hormigones de las murallas de las defensas costeras de Boca Cerrada y del puente de Canal 1.

### Identificación de los organismos

Se colectaron muestras de los organismos hallados, cuyas características fueron observadas con microscopio estereoscópico y óptico, que fueron utilizadas para identificarlos mediante las claves correspondientes [5, 6, 7, 8]. Una vez identificados, se tomaron en cuenta diversas características (porte, velocidad de crecimiento, presencia de raíz, reproducción por vástagos, etc.) y se obtiene el índice de peligrosidad [9,10]



**Figura 9.** Puente esclusa sobre Canal 1 (Tordillo).

## RESULTADOS

### Caracterización de los materiales

Los resultados se presentan en la tabla 1. Se observa que presentan una lata absorción de agua, índice de su elevada porosidad.

### Identificación de los organismos

Los organismos hallados, pertenecientes a 14 especies, se indican en la tabla 2. Estas especies incluyen algas (Chlorococcales- “Verdín”), ocho especies de líquenes (*Caloplaca austrocitrina*, *Caloplaca teicholyta*, *Candelaria concolor*, *Lecanora albescens*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora muralis*, *Staurothele monosporoides* y *Xanthoparmelia farinosa*) musgos y cuatro especies de plantas (*Brassica nigra* “nabiza”, *Ipomoea cairica* “campanilla alilada”, *Tillandsia aëranthos* o “clavel del aire”, *Taraxacum officinalis* o “diente de león” y *Gramineae* o “hierbas”).

Como ya se observó anteriormente, el líquen *C. austrocitrina* es la especie más ubicua, ya que está en todos los lugares excepto en el puente del canal del arroyo El Gato. Por el contrario, otras especies como *Caloplaca teicholyta*, *Candelaria concolor*, *Lecanora albescens*, *L. dispersa*, *L. muralis* y *Xanthoparmelia farinosa* sólo aparecen en un solo lugar cada uno. Esto es diferente a lo visto anteriormente en puentes de la zona costera [2], donde siempre aparecían juntos *Caloplaca austrocitrina* (como *C. citrina*), *Caloplaca holocarpa* y *Lecanora albescens*.

*Xanthoparmelia farinosa* es la única especie foliosa (con aspecto de hoja), hallada en el espigón del Club Universitario. En el Puente “La Postrera” [1, 2] se hallaron también líquenes foliosos e incluso

fruticulosos (con aspecto de pequeños arbustos), pero este puente se halla en una zona de bosques de tala (*Celtis spinosus*), y además, los líquenes fruticulosos se hallaron en las barandas de metal. En cuanto a *Staurothele monosporoides*, se halló en cuatro de los lugares. Esta especie se ha encontrado también en otros puentes y en el dique de Tandil [11], indicando una preferencia por lugares húmedos. Lo mismo puede decirse de los musgos: están en los lugares más sombreados y húmedos.

Con respecto a las plantas, llama la atención la presencia de *Ipomoea cairica* (“campanilla alilada”), enredadera perenne de rápido crecimiento, y de *Tillandsia aëranthos* (“clavel del aire”), que, aunque son comunes, no se habían hallado con anterioridad en otros puentes.

Este hecho tiene que ver probablemente con las condiciones de sombra y humedad: ya que los puentes donde se hallaron están resguardados por árboles, tal como se puede observar en las figuras 1, 2, 3.

En el puente-esclusa de canal 1, las plantas halladas son *Brassica nigra*, y *Gramineae*, que se corresponden con la vegetación común de esa zona rural. *B. nigra*, al igual que *T. officinalis*, son hierbas de rápido crecimiento y raíces robustas.

Los índices de peligrosidad se indican en la tabla 3. Los líquenes se agruparon en una única categoría, ya que todos tienen el mismo valor. Como se observa, algas y líquenes tienen un índice bajo, mientras las plantas tienen un índice medio (4-5), debido a que crecen con rapidez y tienen raíces con gran desarrollo, capaces de agrandar fisura y causar daños estructurales.

	Densidad	% Abs. Agua (24 h)	Porosidad
Punta Lara(*)	2,1	11,5	24 %
Canal 1	2,2	16.6	30 %

**Nota:** (\*) Promedio de ocho determinaciones, correspondientes a 7 puentes y 1 espigón.

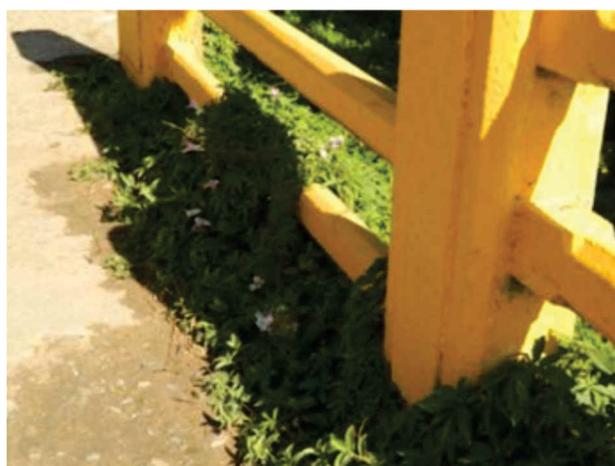
**Tabla 1:** Características de los morteros analizados.

	Puente A. Doña	Puente C. A. El Gato	Puente canal A. Rodríguez	Muros (1ª Rotonda)	Puente A. Miguelín	Puente C. Villa Elisa	Boca Cerrada (Muros)	Espigón del Club Universitario	Puente esclusa del C. 1
Chlorococcales (algas)				X			X		
<i>Caloplaca austrocitrina</i>	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Caloplaca teicholyta</i>						X			
<i>Candelaria concolor</i>								X	
<i>Lecanora albescens</i>								X	
<i>Lecanora dispersa</i>									X
<i>Lecanora muralis</i>									X
<i>Staurothele monosporoides</i>			X	X	X	X			X
<i>Xanthoparmelia farinosa</i>								X	
Musgos	X	X					X		
<i>Brassica nigra</i>									X
<i>Ipomoea cairica</i>	X	X							
<i>Tillandsia aëranthos</i>		X	X						
<i>Taraxacum officinalis</i>	X								
<i>Gramineae</i>									X

**Tabla 2:** Organismos hallados.

Especie	Índice de peligrosidad
Chlorococcales (algas)	1
Líquenes	2
Musgos	2
<i>Brassica nigra</i>	5
<i>Ipomoea cairica</i>	5
<i>Tillandsia aëranthos</i>	4
<i>Taraxacum officinalis</i>	5
<i>Gramineae</i>	4

**Tabla 3:** Índice de peligrosidad de las especies halladas (los líquenes se agruparon como categoría única)



**Figura 10.** *Ipomoea cairica*.



**Figura 11.** Musgos.



**Figura 14.** *Caloplaca austroclitina*.



**Figura 12.** *Tillandsia aëranthos*



**Figura 15.** *Brassica nigra*.



**Figura 13.** *Caloplaca teicholyta*



**Figura 16.** *Xanthoparmelia farinosa*.



**Figura 17.** *Caloplaca cinnabarina*.

## CONCLUSIONES

Se halló una mayor diversidad de organismos en el área costera tomada como un todo, que en otras aéreas de la provincia de Buenos Aires debido a condiciones más húmedas y sombreadas. No hay mayores diferencias en cuanto a especies de líquenes encontrados, siendo más pobre que en el área rural.

En ambos casos, se nota en el material del sustrato una elevada absorción de agua y porosidad, lo que hace más fácil el desarrollo de los líquenes y plantas.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Rosato, V.G. Lichens found on “La Postrera” bridge across Salado River, Chascomús (Buenos Aires Province). En: M. Ribas-Silva (Ed.): Microbial Impact on Building Materials. Proceedings of the International RILEM Conference:77-83 .Lisboa, Portugal, 8-9 de septiembre de 2003.

[2] Rosato V. G. and Traversa L. P. “Lichens on road bridges located in urban, rural and coastal environments of Buenos Aires”. Ponencia. Workshop. Moema Ribas Silva, Ed: Proceedings II RILEM International Workshop on Microbial Impact on Buildings and Building Materials, Vitória, Brasil, 7-9 de julio de 2004.

[3] Rosato, V. G. “Agentes de deterioro biológico

en ambientes rurales, urbanos y costeros de la Provincia de Buenos Aires.” Ciencia y Tecnología del Hormigón. 12: 25-29 (2005)

[4] Delâge R., Lofeudo R. and Rosato V. G. Estado de conservación del edificio ex Jockey Club de la Provincia de Buenos Aires en Punta Lara, Ensenada. Ciencia y Tecnología de los Materiales 1: 50-61 (2011)

[5] Poelt, J. Bestimmungsschlüssel der europäischen Flechten. Cramer, Lehre. 1969.

[6] Osorio, H.S. Apuntes de liquenología y clave para los géneros de líquenes de los alrededores de Buenos Aires. Sociedad Argentina de Botánica, Notas Botánicas,1 (1977)

[7] Lahitte H. B. and Hurrell J.A. Plantas de la costa. Las plantas nativas y naturalizadas más comunes de las costas del Delta del Paraná, Isla Martín García y Ribera Platenase. L.O.L.A. (Literature of Latin America), Buenos Aires (1997)

[8] Cabrera A. L. and Zardini E.. “Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires”. Editorial ACME, Buenos Aires (1978)

[9] Signorini M. A. “Lo studio e il controllo della vegetazione infestante nei siti archeologici. Una proposta metodologica”. In Marino L., Nenci C. (Eds.), L’area archeologica di Fiesole. Rilievi e ricerche per la conservazione. Alinea ed., Firenze: 41-46. (1995)

[10] Signorini M.A “L’indice di pericolosità: un contributo del botanico al controllo della vegetazione infestante nelle aree monumentali”. Inf. Bot. Ital., 28 (1): 7-14 (1996)

[11] Rosato, V. G. and Traversa, L.P . “Lichen growth on a concrete dam in a rural environment (Tandil, Buenos Aires Province, Argentina)”. Proceedings of the 1st. International RILEM Workshop Microbial Impact on Building Materials. Sao Paulo, 6-7 de julio de 2000. publicado en CD.

