

## 11. REUNION TECNICA DE LA A.A.T.H.

### ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LA RAS CON AGREGADOS DE DIFERENTE ORIGEN

Malza P. J.<sup>1</sup>, S. A. Marfil<sup>2</sup> y O. R. Batic<sup>3</sup>

Dpto. Geología UNS. Bahía Blanca. FAX (091)551447  
LEMIT-CIC. La Plata. FAX (021)250471

#### RESUMEN

Se estudió la influencia que tienen en la RAS, los agregados de distinta procedencia junto a cemento portland con alto y bajo tenor de alcalinos.

Para ello se confeccionaron probetas utilizando como agregados ópalo, obsidiana, arenisca, arena fluvial y vidrio pirex.

Se las colocaron en contacto, unas con agua corriente y otras con una solución de NaOH 1N. Al cabo de cuatro años se estudiaron los productos desarrollados principalmente en la superficie de los materiales y en la interfase pasta-agregado, mediante técnicas ópticas, DRX, SEM y EDAX.

En las probetas elaboradas con ópalo, se determinó como principal producto de reacción, clinoptilolita. En el resto de las probetas curadas en agua, se halló calcita y portlandita y en las curadas con NaOH, además de éstos, gaylusita.

- 
1. Investigador CONICET. UNS.
  2. Investigador CIC. UNS.
  3. Investigador CIC-LEMIT.

### Introducción

Es conocido que en el hormigón existen gran cantidad de reacciones que se producen entre el cemento, los agregados, el agua, los aditivos, las adiciones, etc. De ellas se destaca, la que desarrollan algunos agregados deletéreos que reaccionan desfavorablemente produciendo deterioros en diverso grado, desde algunas decoloraciones hasta fisuras o grietas que por ellas mismas o asociadas con otras agresiones externas pueden acortar notablemente la vida útil de la estructura o hacer necesaria una importante inversión para el mantenimiento.

Existen numerosos antecedentes de estudios sobre los productos de la RAS, obtenidos de diversas estructuras de hormigón afectadas por esta acción deletérea. Se observa, en general, gran dispersión en lo informado por diversos autores, tanto a nivel nacional como internacional (1), (2), (3).

El trabajo se focalizó en el estudio de los productos de reacción desarrollados en probetas confeccionadas con diferentes materiales. En un trabajo previo (4), se identificó clinoptilolita como producto de la reacción álcali-silice en tres hormigones de obra afectados.

Para ello se tomaron seis materiales: ópalo procedente de la Prov. de Chubut, ignimbrita de Lihuel Calel, en la Prov. de La Pampa, obsidiana del yacimiento La Tina (Salta) (5), arenisca procedente de Chaco y arena del río Uruguay, en la Prov. de Entre Ríos. Además se utilizó vidrio pirex sintético, comunmente utilizado para aplicar la norma ASTM C-441. Todos fueron calificados como potencialmente reactivos en trabajos previos (4).

Para hacer las pastas se utilizó cemento de alto álcali (1.08 % de  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalente), de bajo álcali (0.50 % de  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalente) y agua de laboratorio.

El procedimiento adoptado consistió en hacer probetas con pastas de cemento, de 10 cm de diámetro y 2 cm de espesor, con una razón a/c: 0.30. Durante los primeros minutos se incrustaron en la superficie, trozos del agregado en estudio. Se dejó endurecer 24 hs y luego en cámara húmeda hasta cumplir 28 días, al cabo de los cuales se colocaron en ambientes diferentes.

Se hicieron dos probetas iguales, una se colocó en un recipiente que contenía 1.5 cm de altura de agua y la otra con una solución de  $\text{NaOH}$  1 N, luego los recipientes se cerraron herméticamente.

Se hicieron observaciones mensuales de las superficies, manteniendo el volumen de la solución durante tres años. Luego se retiró el líquido de cada recipiente dejando las probetas al aire un año más. Al cabo de este periodo de cuatro años se procedió a seccionar las pastillas y estudiar los trozos a fin de observar los compuestos formados por la reacción mediante técnicas ópticas, DRX, SEM y EDAX.

### Métodos de Estudio

Se utilizó un difractómetro de rayos X Rigaku Denki geigerflex, D-max 11C, con radiación  $\text{Cu K}\alpha$  computarizado, un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM J5 CF y un Phillips SEM 515, equipado con una sonda EDAX PV 9900 y un estereomicroscopio binocular Carl Zeiss.

### Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos son los siguientes:

#### **Muestra N° 1: Opalo:**

1. Cemento de bajo álcali en agua: En la fotografía N° 1 (x 25) se observan exudaciones blancas (e). Se trata de un material masivo, no se encontraron minerales fibrosos. No pudo separarse suficiente cantidad de muestra para ser identificada por DRX. Se analizaron cristales tabulares de la pasta, los que se determinaron como portlandita, además de calcita y cuarzo. (Tabla I).
2. Cemento de alto álcali en agua: Se observaron zonas de reacción con cristales fibrosos blancos (f) en cavidades y en los contactos entre los clastos y la pasta (fotografía N° 2 (x 16)), identificados por DRX como clinoptilolita. El difractograma muestra además cuarzo perteneciente al agregado (Tabla I).
3. Cemento de bajo álcali en NaOH 1N: Se observó un material blanco muy fibroso (f) (Fotografía N° 3 (x25)), el que analizado por DRX dio clinoptilolita, además de cuarzo como impureza. (Tabla I). En otras zonas de reacción se observó un material blanco pero masivo el que se identificó como gaylusita, en este caso también se determinó la presencia de cuarzo y sólo se observa con muy baja intensidad la reflexión mayor de clinoptilolita (Tabla I).
4. Cemento de alto álcali en NaOH 1N: Se observaron cristales fibrosos, transparentes en el interior de cavidades y sobre los clastos de ópalo, los que se identificaron por DRX como clinoptilolita, determinándose además la presencia de cuarzo (Tabla I).

#### **Muestra N° 2: Ignimbrita:**

1. Cemento de bajo álcali en agua: En la fotografía N° 4 (x 16) se observa un clasto fracturado (fr), separado de la pasta, con exudaciones blancas en la superficie. Por DRX se identificó calcita y cuarzo (Tabla II).
2. Cemento de alto álcali en agua: En la fotografía N° 5 (x16), se observa un clasto con exudaciones blancas (e), las que analizadas por DRX dieron calcita y portlandita (Tabla II).
3. Cemento de bajo álcali en NaOH: En la fotografía N° 6 (x 32) se muestran cristales blancos fibrosos (f), identificados como calcita y gaylusita (Tabla II).
4. Cemento de alto álcali en NaOH: Se observaron clastos con exudaciones blancas correspondientes a calcita (Tabla II).

**ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LA RAS .....**  
**Maiza P. J.; S. A. Marfil y O. R. Batic**

**TABLA I: OPALO**

b.a.a. pasta		a.a.a.		b.a.NaOH(1)		b.a.NaOH(2)		a.a.NaOH	
d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>
-	-	9.055	22 Cl	9.027	7 Cl	9.037	39 Cl	9.027	41 Cl
4.916	100 P	-	-	6.421	10 G	-	-	7.922	17 Cl
4.231	9 Q	4.261	43 Q	4.269	29 Q	4.267	50 Q	4.269	47 Q
3.846	10 C	3.989	38 Cl	-	-	3.919	47 Cl	4.003	41 Cl
-	-	3.955	38 Cl	-	-	-	-	3.966	41 Cl
3.343	9 Q	3.351	100 Q	3.351	100 Q	3.351	100 Q	3.350	100 Q
3.037	21 C	-	-	3.210	19 G	-	-	3.172	39 Cl
2.630	14 P	-	-	2.942	15 G	2.998	- Q	2.985	35 Cl
2.498	7 C	2.460	22 Q	2.730	14 G	-	-	2.797	32 Cl
2.288	6 C	2.284	20 Q	2.648	15 G	-	-	2.730	31 Cl
2.095	6 C	2.135	19 Q	2.635	13 G	-	-	-	-
-	-	1.816	18 Q	2.466	12 Q	-	-	2.455	26 Q
-	-	-	-	2.283	13 Q	-	-	2.286	22 Q

Referencias: Tabla I a VI:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| C = Calcita         | b.a.a. = Cemento de bajo álcali en agua           |
| Q = Cuarzo          | a.a.a. = Cemento de alto álcali en agua           |
| P = Portlandita     | b.a.NaOH = Cemento de bajo álcali en NaOH 1N      |
| Cl = Clinoptilolita | a.a.NaOH = Cemento de alto álcali en NaOH 1N      |
| G = Gaylusita       | (1) = zona masiva (2) zona con cristales fibrosos |

**TABLA II: IGNIMBRITA**

b.a.a.		a.a.a.		b.a.NaOH		a.a.NaOH	
d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>	d (A)	I/I <sub>o</sub>
-	-	-	-	6.403	30 G	-	-
-	-	4.900	53 P	4.512	49 G	-	-
-	-	-	-	3.998	58 G	-	-
3.859	34 C	3.847	70 C	3.839	61 C	3.860	90 C
-	-	-	-	3.594	54 G	-	-
3.336	26 Q	-	-	-	-	-	-
3.039	100 C	3.034	100 C	3.031	100 C	3.038	100 C
2.834	20 C	-	-	2.928	51 G	-	-
2.496	25 C	2.493	41 C	2.724	46 G	-	-
2.286	23 C	-	-	2.491	35 C	-	-
2.093	22 C	-	-	2.453	34 G	-	-
1.913	23 C	-	-	2.284	33 C	2.287	44 C
1.875	22 C	-	-	2.096	32 C	2.093	44 C
-	-	-	-	1.911	30 C	-	-

Muestra N° 3: Arena Rio Uruguay:

1. Cemento bajo álcali en agua: En la fotografía N° 7 (x 10) se observa un clasto con exudaciones blancas (e), las que se identificaron como calcita (Tabla III).
2. Cemento de alto álcali en agua: El material blanco ubicado en los contactos entre el clasto y la pasta es calcita (Tabla III).
3. Cemento de bajo álcali en NaOH: Se observó un clasto con exudaciones blancas las que se identificaron por DRX como gaylusita (Tabla III).
4. Cemento de alto álcali en NaOH: En la fotografía N° 8 (x 8) pueden verse los clastos (c) y la pasta (p). No se observa reacción. El material blanco superficial es calcita y gaylusita (Tabla III).

TABLA III: ARENA RIO URUGUAY

b.a.a.		a.a.a.		b.a.NaOH		a.a.NaOH	
d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>
-	-	-	-	6.407	43 G	6.426	37 G
-	-	-	-	5.658	22 G	5.665	15 G
-	-	-	-	5.477	23 G	5.474	14 G
-	-	-	-	4.498	42 G	4.505	26 G
-	-	-	-	4.429	38 G	4.438	25 G
-	-	-	-	-	-	4.257	33 Q
-	-	-	-	3.942	34 G	3.942	19 G
-	-	-	-	3.414	37 G	3.887	17 G
3.849	25 C	3.834	46 C	3.306	37 G	3.346	84 Q
-	-	3.385	48 Q	3.204	100 G	3.207	100 G
-	-	-	-	3.161	34 G	3.164	20 G
-	-	-	-	3.119	36 G	3.125	18 G
3.034	100 C	3.025	100 C	3.037	49 C	3.037	44 C
2.842	18 C	2.833	36 C	2.924	33 G	2.922	21 G
2.494	24 C	2.487	31 C	2.727	67 G	2.727	59 G
2.282	24 C	2.277	32 C	2.696	37 G	2.696	27 G
2.094	26 C	2.086	27 C	2.682	33 G	2.681	19 G
-	-	1.923	24 C	2.635	58 G	2.635	53 G
-	-	1.870	29 C	2.508	54 G	2.509	31 G
-	-	-	-	2.417	23 G	2.419	15 G

Muestra N° 4: Obsidiana:

En la fotografía N° 9 (x 10) se observan cristales correspondientes a la parte inferior de la pastilla. Se analizaron por DRX identificándose calcita, cuarzo y portlandita.

1. Cemento de bajo álcali en agua: No se observó reacción, los contactos entre los clastos y la pasta son nitidos. El material separado bajo la lupa se identificó como calcita (Tabla IV).
2. Cemento de alto álcali en agua: Se observó un material blanco superficial que se identificó como calcita y cuarzo (Tabla IV).
3. Cemento de bajo álcali en NaOH: Se observaron cristales blancos, fibrosos y muy finos en la superficie de la pastilla, identificados como calcita, gaylusita y portlandita (Tabla IV).
4. Cemento de alto álcali en NaOH: En la fotografía N° 10 (x10) se observa un clasto fracturado (fr). El material blanco superficial es calcita, gaylusita y portlandita (Tabla IV).

ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LAS RAS .....  
Maiza P. J.; S. A. Marfil y O. R. Batic

TABLA IV: OBSIDIANA

b.a.a.		a.a.a.		b.a.NaOH		a.a.NaOH	
d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>
-	-	-	-	6.421	26 G	6.435	53 G
-	-	-	-	-	-	5.676	16 G
-	-	-	-	-	-	5.501	15 G
-	-	-	-	4.924	34 P	4.512	29 G
-	-	-	-	-	-	4.012	15 G
-	-	-	-	-	-	3.947	20 G
-	-	-	-	-	-	3.894	15 G
-	-	-	-	-	-	3.565	19 G
3.859	31 C	3.860	35 C	3.854	47 C	3.423	20 G
-	-	3.373	35 Q	3.211	53 G	3.309	25 G
-	-	-	-	-	-	3.209	100 G
-	-	-	-	-	-	3.163	20 G
3.039	100 C	3.039	100 C	3.040	100 C	3.126	20 G
-	-	2.848	25 C	2.728	38 G	3.036	19 C
2.498	25 C	2.497	27 C	2.639	39 P	2.923	24 G
2.288	28 C	2.287	31 C	2.510	35 C	2.727	68 G
2.096	27 C	2.096	29 C	2.348	23 C	2.694	27 G
-	-	-	-	2.327	24 G	2.636	59 G
2.288	28 C	-	-	2.287	34 C	2.511	36 G
2.096	27 C	-	-	2.212	23 G	2.215	36 G

Muestra N° 5: Vidrio Pirex:

1. Cemento de bajo álcali en agua: Se observaron los clastos de vidrio transparentes. No hay indicios de reacción. El material separado bajo la lupa se determinó como calcita y cuarzo (Tabla V).
2. Cemento de alto álcali en agua: Se observaron superficies limpias sin reacción. El material separado de las zonas de contacto agregado-pasta se identificó como calcita (Tabla V).
3. Cemento de bajo álcali NaOH: Se observó un clasto que tiene un material blanco en el interior. El clasto fue separado de la pasta observándose que es superficial, y corresponde a los exudados blancos encontrados en el resto de la pastilla.
4. Cemento de alto álcali en NaOH: En la fotografía N° 11 (x 8) se observó un clasto limpio sin reacción (c). El material superficial (s) es calcita y gaylusita (Tabla V).

Muestra N° 6: Arenisca de Chaco:

1. Cemento de bajo álcali en agua: Se observó un clasto en contacto con la pasta de cemento. El material superficial fue identificado como calcita (Tabla VI).
2. Cemento de alto álcali en agua: No se observó reacción. En la fotografía N° 12 (x 8) puede verse un clasto de arenisca (c). El material separado de las zonas de contacto cemento-agregado se determinó como calcita y cuarzo (Tabla VI).
3. Cemento de bajo álcali en NaOH: El material blanco superficial es calcita, cuarzo y gaylusita (Tabla VI).
4. Cemento de alto álcali en NaOH. No se observó reacción.

TABLA V: VIDRIO PIREX

b.a.a.		a.a.a.		a.a.NaOH	
d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>
-	-	-	-	6.426	44 G
-	-	-	-	5.669	18 G
-	-	-	-	5.507	18 G
-	-	-	-	4.510	39 G
-	-	-	-	4.440	33 G
-	-	-	-	3.954	27 G
3.859	23 C	3.854	100 C	3.890	28 G
-	-	-	-	3.556	27 G
-	-	-	-	3.419	31 G
3.347	17 Q	-	-	3.308	36 G
-	-	-	-	3.209	100 G
-	-	-	-	3.124	28 G
-	-	3.040	99 C	3.038	28 C
3.038	100 C	-	-	2.922	28 G
2.496	22 C	-	-	2.843	23 G
2.285	26 C	-	-	2.751	23 G
2.095	21 C	-	-	2.728	77 G
1.927	14 C	-	-	2.695	32 G
1.913	23 C	-	-	2.637	54 G
1.876	25 C	-	-	2.512	28 G

TABLA VI: ARENISCA DE CHACO

b.a.a.		a.a.a.		b.a.NaOH	
d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>	d (A)	I/I <sub>0</sub>
-	-	-	-	6.412	23 G
-	-	-	-	5.661	15 G
-	-	-	-	5.464	15 G
-	-	-	-	4.996	17 P
-	-	-	-	4.498	24 G
-	-	-	-	4.423	24 G
-	-	-	-	4.255	31 Q
3.850	93 C	3.867	62 C	3.940	24 G
-	-	-	-	3.606	23 G
-	-	-	-	3.418	24 G
-	-	-	-	3.400	22 G
-	-	3.355	60 Q	3.340	100 Q
-	-	-	-	3.303	24 G
-	-	-	-	3.204	52 G
-	-	-	-	3.164	22 G
3.034	100 C	3.039	100 C	3.110	21 P
-	-	2.494	41 C	2.921	23 G
-	-	2.281	37 C	2.724	43 G
-	-	2.097	34 C	2.695	75 G
-	-	1.911	33 C	2.634	40 P
-	-	1.874	32 C	2.508	25 G

**ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LA RAS . . . .**  
**Maiza P. J.; S. A. Marfil y O. R. Batic**

En La tabla VII se resumen los resultados obtenidos por DRX, del cual puede concluirse que sólo se encontró ceolita (clinoptilolita como producto de reacción en las muestras de ópalo, tanto en las curadas en agua como en NaOH.

En las probetas curadas con NaOH aparece carbonato de calcio y sodio (gaylusita) además de calcita y en la muestra de obsidiana con bajo álcali además se encontró portlandita.

En las pastillas curadas en agua, el material superficial es calcita, en algunas se identificó además portlandita.

En algunos materiales se determinó cuarzo como impureza (procedente de los agregados).

TABLA VII

Material	NaOH 1N		Agua	
	Cemento		Cemento	
	Bajo álcali	Alto álcali	Bajo álcali	Alto álcali
OPALO	(1) Cl - Q - G (2) Cl - Q	Cl - Q	*	Cl - Q
Pasta			P - Ca - Q	
IGNIM-BRITA	Ca - G	Ca	Ca - Q	Ca - P
OBSIDIANA	Ca - G - P	Ca - G	Ca	Ca - Q
VIDRIO PIREX	*	Ca - G	Ca - Q	Ca
Arena R. URUG.	G	Ca - G	Ca	Ca
Ar. CHACO	P - G - Q	*	Ca	Ca - Q

Referencias:

(1) material fibroso

(2) material masivo

R. URUG. = Rio Uruguay

\* No pudo separarse suficiente material de reacción para ser analizado por DRX

P = Portlandita

Q = Cuarzo

G = Gaylusita

Ca = Calcita

Cl = Clinoptilolita

Ar. = Arenisca

SEM EDAX

La clinoptilolita separada de las pastillas confeccionadas con ópalo fue observada en el SEM y analizada por EDAX.

Como se observa en la tabla I, en todas las muestras analizadas por DRX, el mineral predominante es cuarzo, encontrándose ceolita en muy baja proporción.

**ESTUDIO REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LA RAS .....**  
**Maiza P. J.; S. A. Marfil y O. R. Batic**

Los resultados obtenidos por EDAX son los siguientes:

a) Opalo con cemento de alto alcali en agua:

	determinaciones		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	91.32	93.28	92.82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.57	4.32	4.35
Na <sub>2</sub> O	-	-	-
K <sub>2</sub> O	0.83	0.55	0.52
CaO	3.27	1.84	2.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-

b) Opalo con cemento de bajo alcali en NaOH

	determinaciones			
	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	92.66	92.84	96.08	93.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.31	5.31	3.47	6.33
Na <sub>2</sub> O	0.49	0.98	-	0.40
K <sub>2</sub> O	-	-	0.14	-
CaO	0.52	0.85	0.29	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-

c) Opalo con cemento de alto alcali en NaOH

	determinaciones			
	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	91.96	84.12	82.90	84.82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.01	6.09	6.94	7.14
Na <sub>2</sub> O	1.56	2.97	2.65	2.79
K <sub>2</sub> O	0.71	0.98	1.39	1.09
CaO	1.75	5.83	6.11	4.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-

Los altos valores de silice obtenidos en las tres muestras, se deben al elevado contenido de cuarzo, proveniente del agregado.

Teniendo en cuenta el contenido aproximado de este mineral, considerando las intensidades de las reflexiones determinadas por DRX y asumiendo que el resto de los componentes pertenecen a la ceolita mencionada, se recalcularon los valores obtenidos descontando el porcentaje de silice correspondiente al cuarzo.

**ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LA RAS .....**  
**Maiza P. J.; S. A. Marfil y O. R. Batic**

Los resultados recalculados que corresponderían a la composición de la ceolita son los siguientes:

a) Opalo con cemento de alto alcali en agua:

	determinaciones		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	71.03	73.12	74.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.23	17.28	15.53
Na <sub>2</sub> O	-	-	-
K <sub>2</sub> O	2.77	2.20	2.00
CaO	10.90	7.36	6.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-

b) Opalo con cemento de bajo alcali en NaOH

	determinaciones			
	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	70.64	73.48	72.00	73.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.40	19.67	24.78	25.32
Na <sub>2</sub> O	1.96	3.62	-	1.6
K <sub>2</sub> O	-	-	1.00	-
CaO	2.08	3.14	2.07	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-

c) Opalo con cemento de alto alcali en NaOH

	determinaciones			
	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	73.20	70.59	71.50	72.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.37	11.27	11.57	12.98
Na <sub>2</sub> O	5.20	5.50	4.42	5.07
K <sub>2</sub> O	2.37	1.81	2.32	1.98
CaO	5.83	10.80	10.18	7.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-

En la tabla siguiente se muestra la composición química teórica, calculada sobre una base anhidra para la clinoptilolita y heulandita.

	Clinoptilolita	Heulandita
SiO <sub>2</sub>	73.80	67.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.85	20.85
Na <sub>2</sub> O	1.37	3.46
K <sub>2</sub> O	0.36	-
CaO	6.58	8.43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.04	-

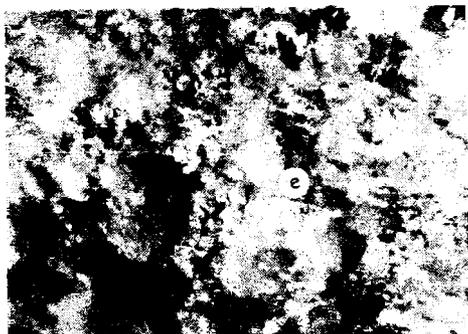
### Conclusiones

1. Todos los agregados utilizados habian demostrado en obra o en ensayos previos de laboratorio el carácter de reactivos.
2. Sólo las muestras de ópalo evidenciaron una clara RAS.
3. El producto de reacción es una ceolita del grupo de heulandita.
4. En todas las muestras se determinó la formación de calcita.
5. En las pastillas curadas en NaOH además cristalizó gaylusita.

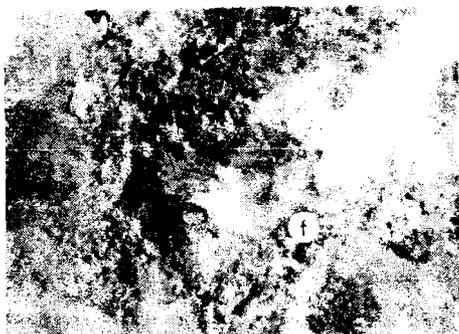
### Referencias

- (1) Bérubé Marc-André et Fournier Benoit (1986). Les produits de la réaction alcalis-silice dans le béton: Etude de cas de la région de Québec. Canadian Mineralogist, Vol. 24, 271-288.
- (2) Larive C. and M. Louarn (1992). Diagnosis of alkali-aggregate reaction and sulphate reaction in French structures. The Ninth International Conference on Alkali-Aggregate reaction in concrete, London. 2, 587-598.
- (3) De Ceukelaire L. (1992). Alkali-silica reaction in a light-weight concrete bridge. The Ninth International Conference on Alkali-Aggregate reaction in concrete, London. 1, 231-239.
- (4) Maiza P. J.; S. A. Marfil and O. R. Batic. (1992). Identification of zeolites in concretes affected by ASR. Effect of different aggregates. The Ninth International Conference on Alkali-Aggregate reaction in concrete, London. 2, 630-637.
- (5) Batic, O. R.; C. R. Cortelezzi, J. D. Bota; P. J. Maiza; P Pavlicevic and R. Iasi (1986). Behavior of volcanic glasses reaction with portland cement alkali. 7th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, Ottawa, Canadá.

**ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE PRODUCTOS DE LA RA .....  
Maiza P. J.; S. A. Marfil y O. R. Batic**



**FOTOGRAFIA N° 1**



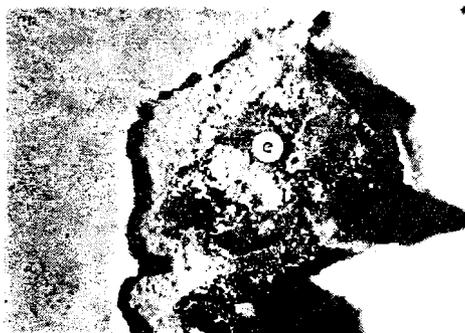
**FOTOGRAFIA N° 2**



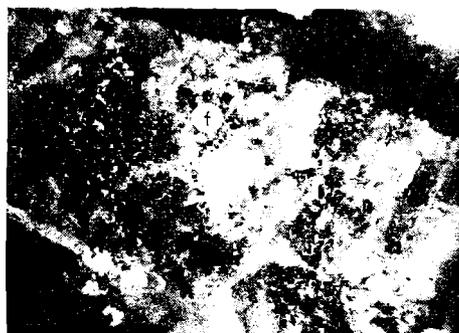
**FOTOGRAFIA N° 3**



**FOTOGRAFIA N° 4**



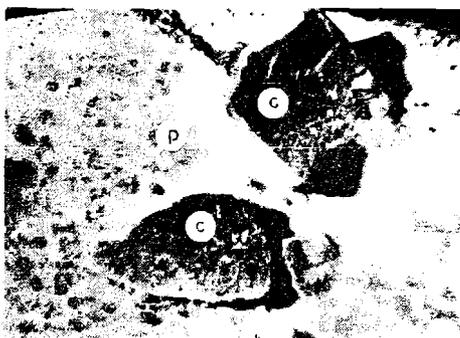
**FOTOGRAFIA N° 5**



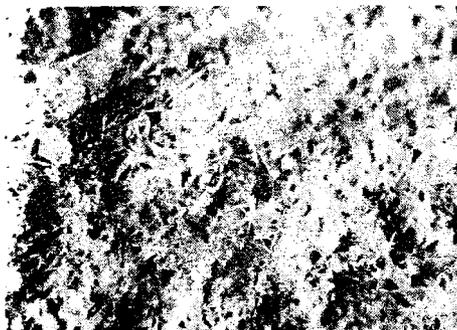
**FOTOGRAFIA N° 6**



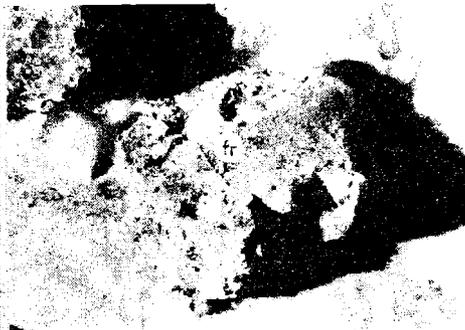
FOTOGRAFIA N° 7



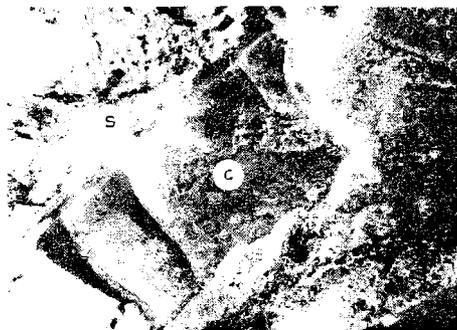
FOTOGRAFIA N° 8



FOTOGRAFIA N° 9



FOTOGRAFIA N° 10



FOTOGRAFIA N° 11



FOTOGRAFIA N° 12