

**CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y  
TECNOLÓGICO**  
**Informe Científico**<sup>1</sup>

**PERIODO** <sup>2</sup>: 2011-2012

Legajo N°:

**1. DATOS PERSONALES**

*APELLIDO: Giaccio*

*NOMBRES: Graciela Marta*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: La Plata CP: 1900 Tel:*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información): ggiaccio@ing.unlp.edu.ar*

**2. TEMA DE INVESTIGACION**

*Estructura y comportamiento mecánico del hormigón*

**3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA**

*INGRESO: Categoría: Asistente. Fecha: Abril 1986*

*ACTUAL: Categoría: Independiente. desde fecha: Mayo 1996*

**4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA**

*Universidad y/o Centro: a- LEMIT - CIC*

*b-UNLP*

*Facultad:*

*b-Ingeniería*

*Departamento:*

*b-Construcciones*

*Cátedra:*

*Otros:*

*Dirección: Calle: 52 e/ 121 y 122 N°: s/n*

*Localidad: La Plata CP: 1900 Tel: 483-1142*

*Cargo que ocupa: Investigador*

**5. DIRECTOR DE TRABAJOS.** (En el caso que corresponda)

*Apellido y Nombres:*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: CP: Tel:*

*Dirección electrónica:*

<sup>1</sup> Art. 11; Inc. "e" ; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

<sup>2</sup> El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, para las presentaciones bianuales.

Firma del Director (si corresponde)

Firma del Investigador

**6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

*Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

El objetivo general del tema es contribuir al conocimiento del hormigón, desarrollar nuevos hormigones y aportar información para la solución de problemas tecnológicos y ambientales, y divulgar los últimos avances en tecnología del hormigón.

La estructura interna del hormigón puede presentar fisuras de magnitud y localización variada conforme el proceso que les dio origen. Estas fisuras y/o defectos, que se generan en el hormigón incluso antes de la aplicación de cargas externas, afectan la vida en servicio de las estructuras. El análisis de la vinculación entre la mesoestructura, la respuesta mecánica y las propiedades de transporte constituye un aporte significativo para la solución de problemas tecnológicos. A la vez, el desarrollo de los hormigones especiales sólo es posible a medida que se profundiza en el conocimiento de la estructura interna y de las variables que afectan los mecanismos de rotura del hormigón. El desarrollo de estos hormigones junto con el aprovechamiento y disposición de residuos y subproductos industriales en morteros y hormigones son aspectos de suma importancia ya que contribuyen a la sustentabilidad. La labor desarrollada en el período informado se encuadra en estas líneas temáticas.

Se estudiaron los cambios producidos en el comportamiento del hormigón por la presencia de defectos de diferente origen y magnitud, en hormigones convencionales y especiales. Dentro de la temática de los hormigones convencionales dañados se continuó el estudio del efecto del secado, la exposición a altas temperaturas y la reacción álcali-sílice (RAS) sobre las propiedades del hormigón. Se analizaron los efectos de diferentes tipos de agregados, en particular tipo y tamaño de agregado grueso, sobre la susceptibilidad a la fisuración y su respuesta a edad avanzada. Los resultados dieron lugar a los artículos 7.1.10 y 7.3.1 donde se analizó la vinculación entre la fisuración interna, las propiedades de transporte y las propiedades mecánicas.

Entre los hormigones especiales, se estudiaron hormigones reforzados con fibras (HRF), hormigones autocompactantes (HAC) y hormigones autocompactantes reforzados con fibras (HACRF). En el ámbito de los HRF se estudiaron las relaciones entre el nivel de fisuración y las propiedades de transporte en HRF (Art. 7.1.7, 7.1.16). Los temas abordados también incluyen el análisis de las propiedades que confiere el uso de distintas macrofibras sintéticas, la respuesta post fisuración de HRF bajo cargas de larga duración y la adherencia desarrollada por diferentes fibras. En 7.1.3, 7.1.12 y 7.1.16 se discuten los aspectos vinculados con el efecto de las cargas de larga duración. Considerando la adherencia fibra-matriz, en los Art. 7.1.6 y 7.1.9 se vuelcan los primeros resultados, incluyendo el análisis de los factores que la afectan.

En relación a mezclas autocompactantes se estudió la influencia de las características del agregado fino sobre la fluidez del HAC y las modificaciones en los parámetros de diseño (Art. 7.1.13). Sobre HACRF se estudiaron los efectos del flujo sobre la distribución y orientación de las fibras en elementos estructurales de variada geometría elaborados con hormigones que incorporan diferentes fibras (de acero y sintéticas). En el artículo 7.1.4 se analiza el efecto de la orientación de las fibras y la relación entre mesoestructura y propiedades mecánicas. En el artículo 7.1.15, realizado en conjunto con investigadores de la UNT, se modela el comportamiento del HRF y realiza la verificación en elementos estructurales.

Los requerimientos de mayor sustentabilidad a las estructuras de hormigón han promovido el aprovechamiento de desechos o subproductos de la industria, reduciendo costos y limitando la contaminación y el uso de recursos no renovables. En este período

se trabajó sobre las posibilidades de empleo de cenizas volantes combinadas con filler calizo en la obtención de hormigones de diferentes niveles de resistencia (Art. 7.1.11). También continuaron los estudios sobre cenizas de cáscara de arroz (CCA). En el artículo 7.1.1, se presentó un amplio análisis de las propiedades de los hormigones con CCA. Más adelante se estudió el desarrollo de la RAS en hormigones con CCA (Art. 7.1.8 y 7.1.14). Continuando la cooperación con el CEQUINOR sobre la disposición de arcillas contaminadas con arsénico en materiales a base de cemento, se analizaron distintas alternativas de disposición y su desempeño (Art. 7.1.5). Finalmente, se redactó el capítulo 3 (cementos) del libro "HORMIGON materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el reglamento CIRSOC 201-2005".

La línea de investigación desarrollada contribuye a los intereses de la Provincia a través del aporte de información para la resolución de problemas tecnológicos vinculados a la industria de la construcción y al empleo de hormigones convencionales y especiales.

## **7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.**

**7.1 PUBLICACIONES.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

### **7.1.1. Concrete incorporating rice husk ash without processing**

Zerbino, R., Giaccio, G. and Isaia, G. C.

Construction and Building Materials, Vol 25, Issue 1, January 2011, pp. 371-378.

The rice-husk is a residue with low nutritional properties for animals. When it is incinerated rice-husk generates a great quantity of ashes (RHA). The use of RHA as a supplementary cementing material is of great interest to many developing countries where rice production is in abundance. A highly reactive pozzolan is obtained when RHA is burnt under controlled conditions. In other conditions a "residual RHA" is produced with a lower quality, but it can be improved by grinding. In this paper the residual RHA was used "as nature", without any previous grinding. Mixing RHA together with the coarse aggregates during a convenient period of time, before incorporating the other component materials, an adequate RHA particle size can be obtained. The fresh and mechanical properties and the water permeability were analysed in concretes replacing cement by residual RHA. The incorporation of natural RHA in structural concrete represents a good alternative for the disposal of this residue, even without the previous optimization through a grinding process.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

### **7.1.2. Capítulo 3: Materiales.**

A. Giovambattista, J.C. Galuppo, G.M. Giaccio, H. Balzamo.

Título del libro: HORMIGON materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el reglamento CIRSOC 201-2005, Editorial: INTI CIRSOC, ISBN 978-950-532-153-7, mayo 2011, Pags 39-96.

No posee resumen.

El Capítulo 3: Materiales. Incluye: Cementos, Agregados, Agua de mezclado y Aditivos. Dentro del punto CEMENTOS (Alberto Giovambattista - Graciela M. Giaccio) se abordan los siguientes temas:

- Introducción al estudio de los cementos.
  - Cemento pórtland puro. Composición. Hidratación del cemento pórtland puro. Hidratación de los aluminatos. Hidratación de los silicatos. Características fisicoquímicas del proceso de hidratación. Estructura de la pasta hidratada. Características de los productos de hidratación. Los componentes del clínquer y su aporte a las propiedades ingenieriles. Tipos de cementos pórtland puros
  - Adiciones minerales. Materiales puzolánicos. Cenizas volcánicas y sus tobas. Tierras de diatomeas. Cenizas volantes. Humos de sílice. Arcillas activadas por calcinación. Ceniza de cáscara de arroz. Escoria granulada de alto horno. Filler calcáreo. Normas IRAM de adiciones.
  - Cementos pórtland con adiciones
  - Cementos especiales
  - Fabricación del cemento
  - Normalización de los cementos. Requisitos típicos de composición y características físicas. Requisitos físicos. Requisitos químicos. Normas de especificación prescriptivas y normas prestacionales. Normas ASTM (American Society for Testing and Materials). ASTM C 150-09 - Cementos pórtland (puros, sin adiciones). ASTM C 595-09 – Cementos mezcla. ASTM C 1157 – Cementos hidráulicos basados en su comportamiento. Norma de la Comunidad Europea EN 197-1 (versión del año 2000). Normas IRAM
  - Los cementos en el Reglamento CIRSOC 201-2005. Normas de aplicación. Transporte, manipuleo y acopio del cemento
- Participación: idea, análisis, redacción.

#### 7.1.3. Respuesta postfisuración de hormigones reforzados con fibras

Monetti, D., Torrijos, M.C., Giaccio, G. y Zerbino, R.

Proc. Primeras jornadas de investigación y transferencia. Fac. Ing. UNLP, 2011, pp 135-142. ISBN 978-950-34-0717-2.

La incorporación de fibras al hormigón da lugar a un material de alto desempeño, siendo uno de los mayores beneficios su capacidad de transferencia de cargas y control de la fisuración. Entre las principales aplicaciones de los hormigones reforzados con fibras (HRF) aparecen los pavimentos y pisos industriales. Existen numerosos antecedentes sobre el HRF orientados principalmente al estudio de su comportamiento residual. Sin embargo, la respuesta del material bajo cargas de larga duración una vez que se ha fisurado la matriz cementícea constituye un área de vacancia de significativa importancia desde el punto de vista de la durabilidad. La orientación y distribución del refuerzo constituyen factores determinantes para la respuesta mecánica del hormigón con fibras. En trabajos previos se verificó que el refuerzo adquiere una distribución preponderante en planos y también se comprobó una notoria influencia del efecto pared y del procedimiento de llenado. En este trabajo se estudia la respuesta bajo cargas sostenidas de flexión de hormigones reforzados con distintos tipos y contenidos de fibras. Se emplearon fibras de acero con contenidos de refuerzo entre 20 y 40 kg/m<sup>3</sup>. Se analiza también la distribución de las fibras, vinculando el desempeño de los hormigones con este parámetro. Se analizaron hormigones convencionales y autcompactantes, abarcando niveles de resistencia entre 30 y 70 MPa. En todos los casos se moldearon vigas de 150 x 150 x 600 mm, vertiendo el hormigón desde la parte superior sobre el centro de los elementos. Las vigas fueron entalladas y ensayadas de acuerdo a la norma europea EN 14651; los ensayos se detuvieron para una apertura de fisura

predeterminada, entonces las vigas fueron retiradas de la máquina de ensayos y ubicadas en pórticos donde se les aplicaron cargas sostenidas de variada intensidad, incluyendo ciclos de carga y descarga. Finalizados los ensayos de creep se realizó el relevamiento de fibras en las superficies de fractura y se procedió al aserrado de los elementos en planos ubicados en las tres direcciones y luego se realizó un recuento de las fibras que interceptan cada plano mediante el procesamiento de imágenes de fotografías de los cortes. El estudio analiza la vinculación entre los parámetros de resistencia y tenacidad previstos en la norma EN 14651 y la respuesta en el tiempo del hormigón fisurado.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.4. On the orientation of fibres in structural members fabricated with Self Compacting Fibre Reinforced Concrete

Zerbino, R., Tobes, J. M., Bossio, M. E. and Giaccio, G.

Cement & Concrete Composites 34 (2012) 191–200. (ISSN 0958-9465 IF 1.57).

The incorporation of fibres into concrete produces important benefits, mainly on the residual load-bearing capacity. These improvements depend on the type, content and orientation of the fibres, being a strong relationship between the number of fibres in the fracture surfaces and the post peak parameters. Although the fibres could be homogeneously distributed after mixing, the casting and compaction processes can significantly affect the fibre distribution and orientation, and consequently the mechanical performance of the material. In the case of Fibre Reinforced Self Compacting Concrete (FR-SCC) the existence of significant flow and wall effects may influence fibre orientation. This paper analyzes the fibre orientation in thin structural elements cast with FR-SCC and its effects on the residual mechanical properties. A slab of 0.90 x 1.80 x 0.09 m, a wall of 0.50 x 2.00 x 0.08 m, and a beam of 0.15 x 0.15 x 2.50 m were selected as representative elements where different concrete flow conditions take place. A strong heterogeneity in the orientation of the fibres was found. The fibre orientation varied with the flow rate and with the wall effect; the thickness of the elements or the proximity to the bottom of the moulds appeared as important variables. It was demonstrated that in thin elements the residual mechanical properties can be quite different when diverse zones and/or directions of the structural elements are considered.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.5. Geomaterial residual del tratamiento de remoción de As en aguas. Disposición, lixiviación y propiedades mecánicas

M. J. González, G. Giaccio, R. Zerbino, A. P. Vedia, e I.L. Botto.

Argentina y Ambiente 2012, 28 de mayo al 1 de junio de 2012. En Ciencia y tecnología ambiental: un enfoque integrador. Ed. María Dos Santos y Rosa M. Torres Sánchez, 1ª Ed. Buenos Aires: Editorial: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 2012. ISBN 978-978-28123-2-4. 1 DVD, pp.998-1003.

En el marco de un proyecto interdisciplinario dirigido a la remoción de As en aguas subterráneas empleando geomateriales ricos en hierro, se ha desarrollado un procedimiento basado en el proceso de adsorción. Las ventajas del desarrollo tecnológico que permite alcanzar valores de As inferiores a los establecidos por el CAA se basan en su simplicidad, facilidad operativa y de mantenimiento, el empleo de recursos minerales abundantes y la posibilidad de uso en zonas imposibles de abastecer con agua de red. Este procedimiento ha sido implementado exitosamente en diferentes zonas rurales de la provincia de Buenos Aires. Sin embargo el mineral agotado residual debe ser dispuesto adecuadamente para la sustentabilidad del método, evitando el retorno del As al medio natural. En el presente trabajo se analiza la disposición del residuo mediante un proceso de cementación, que

permite la fabricación de ladrillos, bloques y otros elementos de construcción de utilidad en zonas rurales. Se estudiaron algunas propiedades fisicoquímicas y mecánicas así como la respuesta frente a ensayos de lixiviación normalizados para verificar la inmovilización del As en la matriz mineral (retención > 99 %). Los resultados indican que el tratamiento de cementación representa una alternativa simple, económica y efectiva para aislar el As removido, evitando su retorno al medio ambiente.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.6. Pull out behaviour of macro synthetic fibres: effects of fibre type, matrix strength and microcracking

M.E. Bossio, M.C. Torrijos, R. Zerbino, G. Giaccio.

in Proc. of Bond in concrete 2012: Bond, anchorage, Detailing, Fourth International Symposium, Brescia, Italy, 17th-20th June 2012, Vol 2 - Bond in new materials and under severe conditions, ISBN 978-88-907078-3-4, 2012, Ed. J. W. Cairns, G. Metelli, and G.A. Plizzari, pp 901-906.

Fibre incorporation in concrete control crack propagation and enhance the mechanical proper-ties, improving fatigue and impact performance. Steel fibres have been used along decades and more recently synthetic macrofibres have been developed, with an increasing interest in their application. The fibre-matrix bond strength has been widely studied in the case of steel fibres but the bond response of synthetic fibres still needs to be explored, mainly considering the different types that are now available. This paper studies the fibre-matrix bond strength by means of pull-out tests. Specimens were composed by a unique fibre into a mortar matrix. Six types of synthetic macrofibres and two hooked-end steel fibres, conventional and high-strength mortars were used. Pull-out tests were performed at different ages between 14 and 90 days. In addition, to analyze the bond strength in damaged matrices, oven dried specimens and mortars with alkali silica reactions were included.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.7. Transport properties in cracked fibre reinforced concrete

María Celeste Torrijos, Graciela Giaccio, Raúl Zerbino.

in Fiber Reinforced Concrete: challenges and opportunities, RILEM PRO 88, 8th RILEM Int. Symp. on Fiber Reinforced Concrete BEFIB 2012. Guimaraes, Portugal. September 19-21, 2012. ISBN 978-2-35158-132-2 e- ISBN 978-2-35158-133-9. Resumen, pp. 169-170. Art. Completo en CD.

The incorporation of fibres gives concrete the ability to control the process of initiation and propagation of cracks, resulting in a high performance material with improved mechanical properties, particularly residual capacity and toughness; is important to highlight that these benefits translate in a greater durability of the constructions. However, there is limited information on the effect of fibres on the permeability and porosity although both play a decisive role in the long term durability. In addition, there are few works that explore the contribution of the fibres in the durability of concrete after the initiation of the damaged processes. In this work the relationship between the crack pattern and the transport properties in fibre reinforced concrete is analyzed. Beams of 150x150x600 mm were moulded with steel fibre reinforced concrete and cut in 60 mm height slices. In each beam two slices were cut perpendicular to the filling direction and six slices were cut parallel to the filling direction. The fibre orientation number was assessed in each slice. Then, the slices were precracked by the splitting tensile test to induce cracks of width ranging between 0.01 and 0.60 mm. As transport properties the capillary absorption and water permeability were evaluated in each slice. It was found a clear influence

of the orientation of fibres on post peak splitting behaviour. The transport properties were affected in different way according to the cracks width. Permeability was affected by cracks wider than 0.10 mm meanwhile capillary absorption changed in presence of very thin cracks and remained not affected by cracks wider than 0.10 mm.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

7.1.8. Reacción álcali-sílice en hormigones con ceniza de cáscara de arroz residual Giaccio, G. y Zerbino, R.

Ciencia y tecnología de los materiales N 2, 2012, pp. 13-22. ISSN 2250-5989.

Desde 2006 el LEMIT-CIC ha desarrollado proyectos de investigación conjunta con el Centro de Tecnología, Departamento de Estruturas e Construção Civil (GEPECON/UFSM Universidade Federal de Santa María, Brasil) y la Universidad de la República (UDELAR, Montevideo, Uruguay) sobre el uso en hormigón de ceniza de cáscara de arroz residual (CCA). La CCA es una adición mineral de gran interés en varios países en desarrollo. Para obtener una buena puzolana la cáscara de arroz necesita ser quemada bajo un proceso de temperatura controlada y molida en forma previa a su incorporación al hormigón. Bajo otras condiciones se obtiene una CCA residual de menor calidad, pero la misma puede ser mejorada mediante molienda (CCAM). Con el fin de simplificar el procesamiento de la CCA, se demostró en el proyecto conjunto que es posible producir hormigones estructurales empleando la CCA residual sin realizar la molienda previa (CCAN), adaptando el proceso de mezclado del hormigón de forma tal de optimizar el tamaño de partículas de la ceniza. De este modo se ve favorecido el uso de CCA en zonas cercanas a los sitios de producción. Sin embargo, dado que la CCA posee sílice amorfa y cristobalita en su composición, se pueden producir reacciones deletéreas con el cemento Portland ante la presencia de álcalis y condiciones ambientales propicias. Este artículo describe los estudios realizados en el LEMIT sobre el desarrollo de la reacción álcali - sílice (RAS) en morteros y hormigones preparados con CCAN y CCAM. Se discuten los resultados de las expansiones medidas en morteros y hormigones, de las propiedades mecánicas y de estudios de campo sobre prototipos. El trabajo muestra que cuando se emplea CCAN existen riesgos de fisuración conforme el contenido de álcalis y el tipo de ligante empleado.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

7.1.9. Evaluación de la resistencia al arrancamiento de macrofibras sintéticas

Bossio, M.E., Giaccio, G., Torrijos, M.C. y Zerbino, R.

En V Congreso Internacional; 19 Reunión Técnica AATH, 2012, Bahía Blanca, Argentina. ISBN 978-987-21660-6-9, pp. 487-494.

Actualmente se dispone de macrofibras sintéticas que pueden reemplazar a las fibras de acero en varias aplicaciones. Existen macrofibras sintéticas con diversas formas y textura superficial fabricadas con diferentes polímeros. El mecanismo de falla de los hormigones con fibras se relaciona con la resistencia al arrancamiento de las fibras. En las fibras de acero los mecanismos que definen la resistencia al arrancamiento incluyen des-adhesión y fricción por deslizamiento, pero el entrecruzamiento mecánico generado por la conformación de la fibra es el principal responsable. La adherencia fibra-matriz constituye un área de vacancia respecto a las macrofibras sintéticas. En este trabajo se estudia la adherencia fibra-matriz por medio de ensayos de arrancamiento sobre probetas compuestas por una fibra inserta en una matriz de mortero. Se estudiaron seis macrofibras sintéticas y dos de acero en matrices de distinta resistencia. También se estudió el comportamiento de las fibras en matrices dañadas por reacción álcali-sílice.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

7.1.10. Propiedades mecánicas y de transporte en hormigones de 10 años de edad  
Torrijos, M.C., Giaccio, G. y Zerbino, R.

En V Congreso Internacional; 19 Reunión Técnica AATH, 2012, Bahía Blanca, Argentina. ISBN 978-987-21660-6-9, pp. 135-142.

En este trabajo se evalúan las propiedades de hormigones elaborados con distintos tipo y tamaño de agregados (piedra partida granítica y cuarcítica, y rodados de 19 y 38 mm de tamaño máximo), que permanecieron 10 años en ambiente de laboratorio. Se evaluaron su resistencia y deformabilidad en compresión y como propiedades de transporte la absorción capilar, la permeabilidad al agua y al aire y la penetración de agua a presión. En forma complementaria y con el fin de analizar un mayor nivel de daño se evaluaron las propiedades residuales de los mismos hormigones luego de ser expuestos a alta temperatura. Se realizó la caracterización a nivel mesoestructural de la estructura interna del hormigón a través del relevamiento de la densidad de fisuras y de la densidad y perímetro de los agregados. El trabajo muestra la vinculación entre las características mesoestructurales y la respuesta macroscópica del material.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

7.1.11. Hacia el logro de un hormigón más sustentable: optimización del diseño de hormigones con ceniza volante y filler calcáreo

Perrone, F., Rodriguez, F., Violini, D., Giaccio, G. y Zerbino, R.

En V Congreso Internacional; 19 Reunión Técnica AATH, 2012, Bahía Blanca, Argentina. ISBN 978-987-21660-6-9, pp. 407-414.

Una forma de contribuir a la sustentabilidad de las construcciones civiles es propiciar el uso de adiciones en hormigones, minimizando así la generación de CO<sub>2</sub> al reducir el consumo de clinker. Se presenta un estudio donde se evaluaron hormigones con ceniza volante y filler calcáreo. Incluye una primera etapa sobre morteros, realizada para optimizar las proporciones cemento CPF40/filler/cenizas, analizando reemplazos de cemento por cenizas de 0% a 40 % en peso y de filler hasta 15 %. En una segunda etapa y en base a los resultados obtenidos, se analizaron las propiedades en estado fresco y endurecido de hormigones con diferentes proporciones cemento/filler/cenizas, incluyendo además de la evolución de resistencia en el tiempo valoraciones de evolución de la temperatura durante las primeras horas y de la contracción por secado durante seis meses. Finalmente se muestra la aplicación de estos hormigones en la construcción de un edificio con certificación Leed.

Participación: trabajo experimental, análisis, redacción.

7.1.12. Efecto de eventos de carga y descarga en la respuesta de elementos fisurados de hormigón reforzado con fibras

Monetti, D.H., Giaccio, G. y Zerbino, R.

En V Congreso Internacional; 19 Reunión Técnica AATH, 2012, Bahía Blanca, Argentina. ISBN 978-987-21660-6-9, pp. 295-302.

En muchas aplicaciones se incorporan fibras al hormigón para prolongar la vida en servicio de las estructuras. Este trabajo analiza la respuesta post fisuración de hormigones con fibras bajo cargas de flexión de larga duración. Se seleccionaron tres mezclas con comportamientos post pico bien diferenciados, representativas de hormigones para diferentes aplicaciones. Vigas previamente fisuradas hasta aperturas entre 0,2 y 3,5 mm, fueron sometidas a diferentes regímenes de cargas sostenidas incluyendo eventos de carga-descarga. Se analiza la respuesta apertura de fisura - tiempo en función de los parámetros residuales considerados en la norma EN 14651. Entre las conclusiones se indican recomendaciones para lograr

una respuesta estable y se discuten los efectos del tipo y contenido de fibras y de la apertura de fisura inicial en el comportamiento diferido.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.13. Influencia de la fracción fina de la arena en el diseño de hormigones autocompactantes

G. Giaccio, J.M. Tobes y R. Zerbino.

3° Congreso Iberoamericano sobre hormigón autocompactante Avances y oportunidades Madrid, 3 y 4 de Diciembre de 2012.

El hormigón autocompactante (HAC) es diseñado para alcanzar alta capacidad de fluir y compactarse en los encofrados bajo la sola acción de su peso conservando su homogeneidad. El HAC incorpora generalmente diversas adiciones minerales y otros materiales finos que mejoran su comportamiento reológico al aumentar la cohesión y viscosidad necesarias para evitar la segregación. En este sistema es de esperar que las partículas más finas de las arenas afecten las propiedades en estado fresco, así como el volumen óptimo de pasta necesario para obtener un HAC. Este trabajo analiza el efecto del tamaño de las partículas de arena sobre la fluidez de los morteros como paso para optimizar el diseño de HAC. Se elaboraron morteros con contenidos de pasta entre 52 y 63 % y distintas dosis de superfluidificante (SP), empleando diferentes arenas naturales cuyos contenidos de partículas menores a 0,300 mm oscilaba entre 21 y 38 %. Se midieron el extendido y el tiempo de pasaje en el embudo en V registrando también sus variaciones durante la primera hora. Luego de optimizar los morteros, obteniendo para cada arena el volumen de pasta y dosis de aditivo, se evaluó la autocompactabilidad en hormigones con diferentes contenidos de árido grueso. Se observó que a medida que crece la fluidez de los morteros es más importante la influencia de las partículas más finas de la arena. Asimismo, para igual extendido, el tiempo de pasaje a través del embudo en V aumenta con la finura de la arena. El ensayo de morteros permite estudiar la influencia de diferentes arenas sobre la fluidez y resistencia a la segregación del hormigón fresco.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.14. Alkali - silica reaction in mortars and concretes incorporating natural rice husk ash

Zerbino, R., Giaccio, G., Batic, O. R. and Isaia, G. C.

Construction and Building Materials, 36 (2012), pp. 796-806.

Rice-husk ash (RHA) is a supplementary cementing material of great interest in many developing countries. Before using in concrete the rice husk needs to be burnt at a controlled temperature. In other conditions a residual RHA is obtained with a lower quality, but it can be improved by grinding (GRHA). As a way to simplify RHA processing and amplify its use nearby where it is produced, it was demonstrated that it is possible to produce structural concretes incorporating residual RHA "as nature" (NRHA), adapting the mixing process to optimize the ash particle size by grinding it in the mixer together with the coarse aggregate. Nevertheless as RHA has siliceous vitreous minerals and cristobalite, deleterious reactions with Portland cement can take place when alkalis and certain environmental conditions are present. This paper studies the development of alkali-silica reaction (ASR) in mortars and concretes prepared with NRHA and GRHA. Accelerated and long term expansion tests, mechanical characterization, microscopio observations and studies on prototypes are included. The RHA can inhibit or promote ASR depending on its particle size. Furthermore, the risks of cracking and the selection criteria for the best binders when using NRHA are shown.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.15. A simple approach to model SFRC

Bibiana Luccioni, Gonzalo Ruano, Raúl Zerbino, Graciela Giaccio.

Construction and Building Materials, V 37, 2012, pp 111–124. (ISSN 0950-0618).

Experimental research that shows the improvement in structural behavior of concrete with the addition of fibers has been developed in the last years. Fibers control cracking and thus increase concrete toughness and ductility. Much effort has been devoted in the last decade to model this material. A simple homogenization approach based on a modified mixture theory is proposed in this paper to model Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC). The proposed and calibrated model takes information from the micro-scale to model the macro-scale. SFRC is considered as a composite material composed by concrete matrix and fibers. Concrete is modeled with an elastoplastic model and steel fibers are considered as orthotropic elastoplastic inclusions that can debond and slip from the matrix. In order to include this inelastic phenomenon without explicitly modeling interface, constitutive equations of fibers are modified including information from the debonding–slipping phenomena. The model requires concrete properties, fibers material, geometry, distribution and orientation as input data. The fibers bond–slip behavior is automatically derived from concrete properties and fibers geometry or it can be alternatively obtained from pull out tests. As illustration, the tension response of SFRC with different fiber contents is numerically simulated. The model is verified with the results of bending tests of beams extracted from a SFRC slab that present different fibers distribution due to the slab casting process. Comparisons with other numerical approaches modeling SFRC as an equivalent homogeneous material are also included in the paper.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

#### 7.1.16. Estudio de las propiedades mecánicas y de transporte en hormigones con fibras en estado fisurado

Giaccio, G., Monetti, D., Torrijos, M.C., y Zerbino, R.

Revista Hormigón 51, AATH, enero-julio 2012, pp. 5-17. (ISSN:0325-8947).

El estudio del hormigón con fibras en estado fisurado representa una necesidad actual considerando que tanto el tamaño de las fisuras como su estabilidad en el tiempo constituyen aspectos relevantes al momento de valorar la durabilidad de este material de alta performance. Este trabajo estudia el comportamiento residual de un hormigón reforzado con 60 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero conformadas en sus extremos. Se analizan las propiedades mecánicas bajo cargas de larga duración sobre vigas a las que se les realizaron fisuras con anchos comprendidos entre 0,2 y 3,5 mm, además de cargas sostenidas se incluyen eventos de carga y descarga. Por otro lado, para evaluar las propiedades de transporte se realizaron ensayos de permeabilidad al agua y absorción capilar; para ello se emplearon rodajas de 150 mm de arista y 60 mm de espesor a las que se les provocaron fisuras de diverso espesor mediante cargas de compresión diametral. Entre las conclusiones se indican las condiciones de estabilidad frente a cargas de larga duración para un hormigón reforzado con fibras que posee un comportamiento post fisuración con endurecimiento. También se muestra que el ancho de fisura afecta en forma diferencial a las propiedades de transporte, mientras el coeficiente de permeabilidad crece en forma significativa para anchos mayores a 0,1 mm, los parámetros de absorción capilar sólo muestran una tendencia clara para fisuras de pequeño espesor.

Participación: idea, supervisión de trabajo experimental, análisis, redacción.

**7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

**7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.*

7.3.1 Mechanical and transport properties of 10 years old concretes prepared with different coarse aggregates

Torrijos, M.C., Giaccio, G., Zerbino, R.

Construction and Building Materials 44 (2013), 706–715.

Many studies have discussed the effects of coarse aggregate on the mechanical properties of concrete, but this is not the case of transport properties. The evaluation of the behavior of old concretes becomes of interest as the presence of microcracks can modify its response. Concretes prepared with different coarse aggregates (granitic and quartzitic crushed stone and river gravel, maximum sizes 19 and 38 mm) damaged by drying shrinkage after the exposure during 10 years to moderate environmental conditions are studied. To analyze greater levels of damage the residual properties of the same concretes after high-temperature exposure or load-induced cracking are also studied. The paper includes the evaluation of mechanical and transport properties together with a characterization of the internal structure of concrete (density of cracks, density and perimeter of coarse aggregates). The compressive strength decreased after 10 years exposed to laboratory ambient; the concrete prepared with river gravel 38 mm maximum size showed the largest reductions while concretes prepared with quartzitic stone maintained the initial strength level. The different damage processes affect the transport properties in different manner according to the distribution and density of induced cracks; water permeability seems to be the mechanism most sensitive to the type and size of coarse aggregate.

Participación: idea, trabajo experimental, análisis, redacción.

**7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.*

**7.5 COMUNICACIONES.** *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

**7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.** *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.*

**8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

**8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS.** *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

**8.2 PATENTES O EQUIVALENTES.** *Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.*

**8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.** *Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.*

**8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES** *(desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).*

**8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.**

**9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.** *Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.*

Como integrante del laboratorio LEMIT-CIC he participado en algunos servicios de transferencia a terceros. No se trata de tareas rutinarias sino de actividades de desarrollo tecnológico con resultados de interés para la comunidad científico-tecnológica, que involucran evaluaciones no tradicionales, la implementación de técnicas de ensayo, estudios sobre hormigones especiales o la caracterización de nuevos materiales. Se pueden citar:

- Ensayos de flexión según ASTM C-1609. EXPE: 56142/10, LEMIT. Monto: 7800 pesos. Destinatario: Cementos Artigas S.A. Fecha inicio: 24/11/2010. Fecha finalización: 28/12/2011

Este trabajo contiene estudios preliminares para la obra de Whitetopping Ruta 24 y corresponden a un control interlaboratorio. Consiste en la evaluación de hormigones reforzados con fibras sintéticas. Para la caracterización del comportamiento postpico se realizaron ensayos de flexión según la norma ASTM C-1609.

- Uso de cenizas volantes en hormigones y otros materiales con cemento portland. Exp: 56229/11. LEMIT. Monto: 53000 pesos. Destinatario: Hormigones Avellaneda S.A. Fecha inicio: 01/03/2011. Fecha finalización: 30/12/2011.

Se desarrollaron hormigones con diferentes contenidos de filler calcareo y con cenizas volantes. Se estudiaron diferentes alternativas de combinación considerando las prestaciones del material. Se realizó un ajuste preliminar a nivel mortero y se seleccionaron los sistemas cementíceos de mejores características para la elaboración de hormigones. Una vez seleccionadas las mezclas se realizó una completa caracterización del hormigón en estado fresco y endurecido.

- Ensayos de flexión según ASTM C-1609. Exp: 56266/11, LEMIT. Monto: 1800 pesos. Destinatario: Cementos Artigas, S.A. Fecha inicio: 01/03/2011. Fecha finalización: 28/04/2011.

Se evaluaron vigas de hormigones reforzados con fibras sintéticas destinadas a la construcción de un whitetopping en la ruta 24 de Uruguay. Se empleó el método de la norma ASTM C-1609. Para realizar los ensayos se utilizó un sistema INSTRON con control por lazo cerrado a partir de la señal de un transductor tipo LVDT, que registra la medida de la flecha. Para fijar dicho dispositivo se emplearon sendos marcos de carga que toman como referencia puntos ubicados en coincidencia con los apoyos y a mitad de la altura, fijos a ambos lados de las vigas, uno con la posibilidad de rotar y otro que también permite el movimiento lateral. De este modo se puede registrar la flecha de las vigas eliminando el efecto de desplazamientos espurios en los apoyos.

- Ensayos de flexión según ASTM C-1609, Exp: 56337/11, LEMIT. Monto: 9600 pesos. Destinatario: Cementos Artigas, S.A. Fecha inicio: 01/07/2011. Fecha finalización: 15/07/2011.

Se evaluaron vigas de hormigones reforzados con fibras sintéticas destinadas a la construcción de un whitetopping en la ruta 24 de Uruguay. Se empleó el método de la norma ASTM C-1609. Para realizar los ensayos se utilizó un sistema INSTRON con control por lazo cerrado a partir de la señal de un transductor tipo LVDT, que registra la medida de la flecha. Para fijar dicho dispositivo se emplearon sendos marcos de carga que toman como referencia puntos ubicados en coincidencia con los apoyos y a mitad de la altura, fijos a ambos lados de las vigas, uno con la posibilidad de rotar y otro que también permite el movimiento lateral. De este modo se puede registrar la flecha de las vigas eliminando el efecto de desplazamientos espurios en los apoyos.

- Evaluación de hormigón simple y reforzado con fibras. Exp: 56475/11, LEMIT. Monto: 3600 pesos. Destinatario: GHELLA S.P.A. Fecha inicio: 22/11/11. Fecha finalización: 14/12/11.

Los ensayos se realizaron siguiendo los lineamientos de la norma EN 14651-2005 "Test method for metallic fibered concrete - Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)" A las vigas se les realizó una entalladura de 25 mm de profundidad en el centro de la cara traccionada. Para los ensayos se empleó una prensa INSTRON con control por lazo cerrado. Para la obtención de la curva carga – apertura de fisura se dispuso un extensómetro tipo clip fijo a ambos lados de la entalladura que a la vez se utilizó como señal de control de la velocidad de ensayo.

- Tracción directa en testigo de hormigón. Exp: 56503/11, LEMIT. Monto: 1250 pesos. Destinatario: Ing. Giovambattista. Obra: Piedra del Aguila. H.P.D.A. Fecha inicio: 21/12/11. Fecha finalización: 27/12/11.

Este trabajo fue realizado con el propósito de evaluar la resistencia a tracción de fisuras selladas. Para ello fue necesario el acondicionamiento de la muestra de hormigón, la implementación del método de ensayo y finalmente la determinación de la resistencia a tracción.

- Tracción directa en testigo de hormigón. Exp: 56694/12, LEMIT. Monto: 2800 pesos. Destinatario: Obra: Piedra del Aguila, H.P.D.A. Fecha inicio: 17/7/12. Fecha finalización: 5/9/12.

Este trabajo fue realizado con el propósito de evaluar la resistencia a tracción de fisuras selladas. Para ello fue necesario el acondicionamiento de la muestra de hormigón, la implementación del método de ensayo y finalmente la determinación de la resistencia a tracción.

- Tracción directa en testigo de hormigón. Exp: 56764/12, LEMIT. Monto: 18400 pesos. Destinatario: Obra Piedra del Aguila, H.P.D.A. Fecha inicio: 01/10/2012. Fecha finalización: 06/11/2012.

Este trabajo fue realizado con el propósito de evaluar la resistencia a tracción de fisuras selladas en la presa. También se valoró la resistencia a tracción directa del hormigón sin fisuras para lo cual fue necesario acondicionar las muestras y adaptar nuevos dispositivos para su sujeción y ejecución de los ensayos.

Tiempo aproximado demandado: 8%.

## **10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

### **10.1 DOCENCIA**

### **10.2 DIVULGACIÓN**

10.2.1. Los materiales con cemento portland y la preservación de recursos naturales

Giaccio, G. y Zerbino, R.

EDIFICAR 61, Uruguay, Mayo 2012, pp.19-27.

El artículo no posee resumen.

En este artículo se desarrollan aspectos conceptuales relacionados con el empleo de diferentes tipos de materiales a base de cemento portland y su relación con la sustentabilidad y la preservación de recursos naturales. Presenta una síntesis de varios temas estudiados, que se vinculan con el empleo y disposición de residuos como así también con el aprovechamiento de los nuevos desarrollos en tecnología del hormigón; desde este enfoque se puede plantear la construcción de estructuras más durables, la reparación de estructuras dañadas y el uso racional de los recursos no renovables, minimizando de ese modo el impacto ambiental de la industria de la construcción. Los trabajos incluidos son: Disposición de cenizas de residuos patogénicos (2001/05 colaboración con el CIMA Facultad de Ciencias Exactas UNLP); Reciclado de hormigón para la obtención de agregados (incluye colaboraciones con la Dirección de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, 2002/12); Aprovechamiento de cenizas de cáscara de arroz 2003 y 2007/11 proyectos conjuntos con la Universidad Federal de Santa María, RS Brasil, y la Universidad de la República, Uruguay); Disposición de zeolitas contaminadas con Cr (2002 y 2011/12 colaboración con CINDECA); Empleo de residuos sólidos de la industria del cuero (2003/4 colaboración con el CITEC); Disposición de arcillas contaminadas con arsénico (2009/12 colaboración con el CEQUINOR (CONICET - La Plata), INREMI (CICPBA), PLAPIMU (CICPBA).

Participación: idea, análisis, redacción.

## **11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES. Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.**

- Isas Pedraza, Daniel Rodrigo. CONICET, Tema: Diseño y caracterización de hormigones autocompactantes reforzados con fibras para elementos superficiales. 2010-2013. Fac. Cs.Ex.UNT. Codirector.

**12. DIRECCION DE TESIS.** *Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.*

**13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.** *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*

- Primeras jornadas de investigación y transferencia de la Facultad de Ingeniería para la Facultad de Ingeniería, 12 al 14 de abril 2011, Facultad de Ingeniería UNLP. Participante y autor.

- CINPAR 2012. VII Cong. Int. sobre Patología y Recuperación de Estructuras, La Plata, Argentina, 4-6 junio 2012. Miembro del comité científico. Asistente.

- Conferencia del Dr R Sri Ravindrarajah, Univ. of Technology, Sydney, Australia "Concrete for Sustainable Construction", 3/10/12. LEMIT. La Plata. Asistente.

- V Congreso Internacional; 19 Reunión Técnica AATH, 7 al 9 de nov 2012, Bahía Blanca, Argentina. Miembro del comité científico y autor de 4 trabajos.

**14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*

**15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.** *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

- Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. de Buenos Aires. Subsidio para investigadores. 2011. Resolución: 1535/10. Monto: \$ 5100. Duración: 12 meses.

- Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. de Buenos Aires. Subsidio para investigadores. 2012. Resolución: 2410/12. Monto: \$ 5600. Duración: 12 meses.

- Subsidio Programa de Incentivos, UNLP, 2011. Director del proyecto "Nuevos Hormigones para el desarrollo sustentable". Código 11/I146. Expediente N°: AR-672/07. Monto: \$ 12200. Duración: Anual.

- Subsidio Programa de Incentivos, UNLP, 2012. Director del proyecto "Nuevos Hormigones para el desarrollo sustentable". Código 11/I146. Expediente N°: AR-672/07. Monto: \$ 16356. Duración: Anual.

**16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.** *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*

- Apoyo económico contra fondos de cuenta de terceros ingresados por servicios tecnológicos, asesoramientos y desarrollos. LEMIT.

- Proyecto FONCYT PICT 2006-01231: Diseño y aplicación estructural de hormigones con fibras. Fac. Cs. Exactas UNT. 2008- 2011.

**17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

**18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.** *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

- Miembro de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.

Tiempo aproximado demandado: 1 %

**19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.** *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

- Profesor Adjunto Ordinario de las Cátedras "Materiales I y II" (semestrales), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

- Profesor Curso válido para carreras de postgrado "Hormigones reforzados con fibras" Fac. de Ing. UNLP. 2011. Duración 60 hs.

- Profesor y Coordinador Curso válido para carreras de postgrado "Hormigones endurecido 1: estructura, propiedades y mecanismo de rotura" Fac. de Ing. UNLP. 2012. Duración 40 hs.

- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel II, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. 2 ediciones: 19-20 de mayo y 19-21 de octubre 2011.

- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel III, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. 2 ediciones: 22-24 de junio y 23-25 de noviembre 2011.

- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel II, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. 2 ediciones: 16-18 de mayo y 24-26 de octubre. 2012.

- Profesor en el Curso de Tecnología del hormigón para laboratoristas de hormigón elaborado. Nivel III, Convenio AAHE-LEMIT. Duración 21 horas. La Plata. LEMIT-CIC. 2 ediciones: 1-3 de agosto y 28-30 de noviembre 2012.

Tiempo aproximado demandado: 10 %

**20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.** *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

- Participación en el proyecto FONCYT PICT 2006-01231: Diseño y aplicación estructural de hormigones con fibras. Fac. Ing. UNT. Miembro Grupo Responsable. 2007-2011.

- Director del proyecto Programa de Incentivos a la investigación: Nuevos hormigones para el desarrollo sustentable. Fac. Ing. UNLP. 2010-continúa

- Miembro del Comité Editor de la Revista Hormigón. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.

- Participación como Investigador por LEMIT en el marco del Acuerdo de Cooperación Científico-Tecnológica entre el Instituto del Cemento Portland Argentino y el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, 2009 continúa.

- Miembro del Comité organizador del 2º Congreso Iberoamericano y X Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. COIBRECOPA, La Plata, 2011.

- Miembro de Comité Científico VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras, CINPAR, La Plata, Argentina, 2012.

- Miembro de Comité Científico "V Congreso Internacional y 19ª Reunión Técnica de la AATH" noviembre 2012 Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

- Miembro de Comité Científico "3er Congreso Iberoamericano sobre Hormigón Autocompactante. Avances y oportunidades". Madrid, España, diciembre 2012.

- 21. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.** *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

## ESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO MECANICO DEL HORMIGON

El hormigón es un material ampliamente difundido, económico, fácilmente disponible, con capacidad de adoptar formas variadas y de desempeñarse satisfactoriamente a lo largo del tiempo. A las ventajas antes citadas se suma, en relación a la mayor sustentabilidad de las estructuras, que comparado con otros materiales empleados en la ingeniería civil demanda un menor consumo de energía y posibilita la incorporación de residuos o subproductos de la industria. El avance en el conocimiento de su estructura y de su comportamiento ha permitido el desarrollo de nuevos hormigones (hormigones especiales/no convencionales), lo que ha multiplicado significativamente las alternativas de uso de este material.

El hormigón es un material compuesto por una matriz continua porosa (pasta de cemento) que rodea a un conjunto de inclusiones de diferente tamaño, forma y rigidez (los agregados). Como en todo material compuesto sus propiedades dependen de las propiedades de las fases componentes y de la interacción entre ellas a través de las interfaces. En los hormigones convencionales las interfaces son las zonas de mayor debilidad por donde suelen iniciarse los procesos de falla. En este sistema, además de la matriz, los agregados y las interfaces, que presentan propiedades particulares, existe una cantidad variable de defectos (poros, microfisuras, canales, fisuras de interfaz o matriz según su origen, etc.) aún antes de la aplicación de cargas exteriores. De lo expuesto surge que el hormigón posee una estructura compleja, que además se modifica a lo largo del tiempo y cuando el material es expuesto frente a determinadas condiciones que pueden inducir procesos de microfisuración o deterioro tales como contracción por secado, deformaciones de origen térmico o reactividad de agregados, ataques químicos, etc.

La respuesta mecánica del hormigón se relaciona estrechamente con la presencia y propagación de fisuras. La fractura en el hormigón incluye mecanismos de ramificación y multiplicación de fisuras; a medida que crecen las cargas las fisuras se internan en la matriz y llega un punto donde su propagación se hace inestable. Los mecanismos de inicio y propagación de fisuras, deformación y rotura del hormigón se modifican en función de la resistencia relativa de las fases componentes, cuando existen fuertes diferencias en los niveles de adherencia matriz – agregado, cuando por motivos diversos se producen fisuras, etc. La presencia de defectos afecta no sólo el comportamiento mecánico sino también las propiedades de transporte y durabilidad de las estructuras; del tipo y magnitud de los defectos dependerá el grado de disminución en las prestaciones del material.

En el caso de los hormigones especiales los mecanismos de rotura pueden modificarse. Los hormigones de altas prestaciones se encuentran entre los desarrollos de mayor importancia, siendo los Hormigones Reforzados con Fibras (HRF), los Autocompactantes (HAC) y los Autocompactantes Reforzados con Fibras (HACHRF) los que más atención han recibido en los últimos tiempos; en forma aún más reciente aparecen el Hormigón de Ultra Alta Resistencia (HUAR) y HUAR reforzado con fibras. Cuando se incorporan fibras al hormigón se modifican la forma y velocidad de propagación de las fisuras resultando una mayor tenacidad; según se trate de fibras de

acero, de macrofibras sintéticas o fibras de vidrio se pueden presentar diferencias en los mecanismos de adherencia y deformación así como en el comportamiento postfisuración. Entre otros ejemplos sobre hormigones especiales, la disminución en el nivel de defectos en un hormigón autocompactante pueden modificar el proceso de fractura con respecto a un hormigón convencional; a la vez cuando el nivel de resistencia de la matriz se eleva y se acerca al de los agregados las fisuras pueden propagarse “a través” de los agregados, lo que no sólo afecta la resistencia final, sino también su capacidad de control del proceso de rotura.

El estudio de hormigones especiales enriquece el análisis de diferentes condiciones de rotura y constituye un tema de aplicación directa y de gran interés para el medio productivo. Inicialmente las principales motivaciones para su desarrollo estuvieron ligadas a la mejora de las propiedades tecnológicas, extendiendo el campo de aplicación del material y logrando resolver diversos problemas acorde al tipo de hormigón. Estos hormigones brindan mayores posibilidades para extender la vida en servicio de las estructuras lo que en la actualidad resulta de suma importancia. En las últimas décadas ha crecido la conciencia sobre la necesidad de limitar la contaminación y el uso de recursos no renovables; vinculado a esto se encuentra el empleo de las adiciones minerales y los materiales no convencionales que permiten la reducción de la generación de CO<sub>2</sub>, el empleo de subproductos de la industria y en muchos casos conducen a mejoras de durabilidad.

El plan de trabajo se orienta al análisis del hormigón a partir del concepto de material compuesto estudiando las vinculaciones entre su estructura interna, en particular a nivel de mesoestructura, las propiedades físicas y su respuesta mecánica. El objetivo general del tema es contribuir al conocimiento del hormigón, desarrollar nuevos hormigones y aportar información para la solución de problemas tecnológicos y ambientales, y divulgar los últimos avances en tecnología del hormigón.

Las metodologías a aplicar durante la fase experimental consideran para el análisis de la estructura y procesos de fisuración del hormigón la evaluación del comportamiento postpico, estudios de las propiedades físicas, análisis de la mesoestructura en base al relevamiento de cortes de hormigón, relevamiento de fisuras en hormigones dañados y en caso de HRF el conteo de fibras sobre las superficies de fractura.

Las actividades previstas para el período 2013 – 2014 marcan una continuidad con las que se desarrollaron en el período anterior y se agrupan según tres líneas temáticas íntimamente vinculadas entre sí:

- Caracterización de la estructura interna, propiedades de transporte y mecanismos de falla en hormigón: Se continuará el estudio del comportamiento de hormigones dañados, ya sea por exposición al secado, a alta temperatura o por reacción álcali-sílice (RAS). Efecto de diferentes niveles de daño en hormigones convencionales y especiales, en particular HRF. Evaluaciones sobre prototipos en hormigones que incorporan cenizas de cáscara de arroz natural afectados por RAS. Efecto de la incorporación de fibras de acero, y, micro y macrofibras sintéticas en hormigones afectados por RAS. Efecto del daño sobre la adherencia fibra-matriz. Vinculación entre estructura y comportamiento incluyendo hormigones que incorporan diferentes adiciones minerales, hormigones autocompactantes y reforzados con fibras.

El análisis del efecto del daño sobre la respuesta del hormigón se articulará con el estudio de la incorporación de adiciones al hormigón y el de hormigones especiales, en particular los reforzados con fibras.

- Hormigones especiales. Hormigones reforzados con fibras (HRF): Se continuará el estudio de HRF vibrados y hormigones autocompactantes (HACRF). Diseño y caracterización. Estudio comparativo de las propiedades en estado fresco y endurecido de hormigones reforzados con fibras de acero, macrofibras sintéticas y fibras de vidrio. Estudio de distribución y orientación de las fibras. Estudio de sistemas híbridos (uso combinado de diferentes tipos de fibras). Estudio comparativo del comportamiento mecánico y propiedades de transporte en hormigones sanos y hormigones dañados. Comportamiento diferido bajo cargas de larga duración de hormigones prefisurados reforzados con distintos tipos y contenidos de fibras sintéticas y de vidrio. Estudio del efecto de la incorporación de fibras sobre el desarrollo y control de la reacción álcali-sílice. Evaluación del cuadro de fisuración en hormigón simple y reforzado con fibras. Estudio del desarrollo de la RAS en HRF sometido a cargas de larga duración. Seguimiento de tramos experimentales y pruebas a escala industrial. Hormigones Autocompactantes: uso de diferentes materiales finos en la elaboración de HAC. Hormigones de muy alta resistencia: diseño y caracterización. Incorporación de fibras.

- Estudio de hormigones elaborados con cemento portland combinado con diversos tipos o contenidos de adiciones minerales y aditivos. Hormigones con adiciones minerales (filler calcáreo, cenizas volantes, puzolanas, escorias): propiedades en estado fresco y endurecido, control de fisuración. Desarrollo de HAC con distinto tipo de adiciones.

En relación a la importancia de la línea de investigación desarrollada, el mayor conocimiento de la respuesta del hormigón, permitirá un mejor aprovechamiento del mismo así como minimizar el uso de recursos no renovables necesarios para su obtención. Asimismo, muchos de los desarrollos vinculados con los hormigones especiales (en particular autocompactantes y reforzados con fibras) abren nuevas posibilidades para el aseguramiento de la vida en servicio y/o la reparación de estructuras construidas y se estima que serán empleados en gran parte de las estructuras en un futuro cercano. Por la naturaleza de la temática abordada los resultados obtenidos podrán ser aplicados en forma inmediata, tal es el caso de lo relacionado con los hormigones especiales. Cabe destacar que la DVBA ha demostrado un creciente interés por el uso de Hormigones Reforzados con Fibras.

---

**Condiciones de la presentación:**

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período ....."
  - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [ininvest@cic.gba.gov.ar](mailto:ininvest@cic.gba.gov.ar) (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.

---

**Nota:** El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.