



Universidad Nacional de Salta
**FACULTAD DE
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA
T.E. (0387) 4255420 – FAX (54-0387) 4255351
REPUBLICA ARGENTINA
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

Salta, 17 de Abril de 2.013

192/13

Expte N° 14.095/13

VISTO:

La Nota N° 0273/13, mediante la cual la Ing. María Alejandra Ceballos, en su calidad de Coordinadora, presenta para su aprobación el Curso de Posgrado denominado **“Hormigones Reforzados con Fibras (HRF)”**, a llevarse a cabo desde el 15 hasta el 18 de abril y desde el 13 hasta el 16 de mayo, todo ello del corriente año, y

CONSIDERANDO:

Que en el pertinente formulario la solicitante manifiesta que los gastos de traslado y estadía del cuerpo docente que tendrá a su cargo el dictado del Curso, se solventarán mediante recursos provenientes del Fondo de Capacitación Docente;

Que la acción estará a cargo de especialistas provenientes de la Universidad Nacional de la Plata, cuyos currículum vitae se incorporan a la nota de solicitud;

Que la Ing. Ceballos acompaña a su presentación la Planilla para la solicitud de Autorización de Cursos de Posgrado debidamente cumplimentada;

Que la Escuela de Ingeniería Civil aconseja se autorice el Curso de Posgrado, previo detalle del monto a solicitar a través del Fondo de Capacitación Docente;

Que la Escuela de Posgrado se expide en idéntico sentido, sujeto a la disponibilidad de dinero para los pasajes y estadía del cuerpo docente;

Que la Comisión de Asuntos Académicos analizó la propuesta y se expidió favorablemente respecto del aspecto de su competencia;

Que la Dirección Administrativa Económica Financiera de la Facultad estimó el monto a erogar para atender los gastos de traslado y estadía de los especialistas a cargo del Curso e informó acerca de la disponibilidad presupuestaria correspondiente al Fondo de Capacitación Docente;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
(En su III sesión ordinaria del 27 de Marzo de 2013)

RESUELVE

ARTICULO 1°.- Autorizar el dictado del Curso de Posgrado arancelado denominado **“HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA (HRF)”**, bajo la Dirección del Dr. Raúl Luis Zerbino, la Coordinación de la Ing. María Alejandra Ceballos y la colaboración de los



Universidad Nacional de Salta
**FACULTAD DE
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351
REPUBLICA ARGENTINA
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

-2-

192/13

Expte. N° 14.095/13

Ingenieros María Inés Sastre y Héctor Cardozo, a cargo de los docentes Dr. Raúl Luis Zerbino, Ing. Graciela Marta Giaccio y Dra. María Celeste Torrijo, a ser desarrollado desde el 15 hasta el 18 de abril y desde el 13 hasta el 16 de mayo del 2013, con el programa organizativo que se encuentra adjunto en el **ANEXO I** de la presente resolución.

ARTICULO 2°.- Disponer que los gastos que ocasione el desarrollo del Curso que se autoriza por el Artículo que antecede, serán cubiertos con los fondos recaudados en concepto de arancel de inscripción.

ARTICULO 3°.- Dejar establecido que, de existir diferencia entre el monto recaudado en concepto de aranceles y las erogaciones a efectuar para el desarrollo del curso en cuestión, se procederá de la siguiente manera:

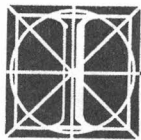
- a) En caso de déficit, se otorga una ayuda económica a través del Fondo de Capacitación Docente por el importe necesario para cubrir la diferencia.
- b) En caso de superávit, el importe excedente será destinado a las necesidades de los laboratorios de Ingeniería Civil.

ARTICULO 4°.- Recomendar a la Coordinadora del Curso de Posgrado la ampliación del cupo, fijado inicialmente en veinte (20) alumnos, con la finalidad de beneficiar a alumnos y profesionales no sólo de la Facultad sino también del medio.

ARTICULO 5°.- Hágase saber, comuníquese a Secretaria Académica, a la Ing. María Alejandra CEBALLOS, a la Escuela de Posgrado de la Facultad, a Dirección Administrativa Económica Financiera, al Departamento de Presupuesto y Rendiciones de Cuentas, por el Departamento de Cómputos difundase por correo electrónico a la comunidad universitaria y en página web de la Facultad y siga por las Direcciones Administrativa Económica y Académica, al Departamento de Posgrado respectivamente para su toma de razón y demás efectos.
LBF/df.

Dra. Mónica Liliana PARENTE
SECRETARIA ACADÉMICA
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. JORGE FELIX ALMAZAN
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA



Nombre del Curso:

HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS (HRF)

Fines y objetivos que desea alcanzar:

Desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes para la utilización racional de del hormigón reforzado con fibras, como así también las propiedades en estado fresco y endurecido.

Analizar e interpretar las propiedades, físicas, químicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales componentes y del hormigón fresco y endurecido.

Conocer las técnicas de ensayos y procedimientos para la verificación de las propiedades, el análisis de resultados y su control de calidad.

Programa del Curso:

Modulo 1

1.- Introducción. Refuerzo de fibras en materiales a base de cemento Pórtland. Antecedentes. Tipos de fibras. Fibras sintéticas, fibras sintéticas estructurales, fibras de acero. Normas. Propiedades y mecanismo de acción de las fibras. Adherencia fibra – matriz. Aplicaciones tradicionales en pavimentos, losas de aeropuertos, pisos industriales, túneles, hormigón proyectado, estabilizado de taludes, obras hidráulicas.

2.- La estructura del hormigón, el hormigón como material compuesto. Conceptos básicos sobre materiales componentes, propiedades en estado fresco y diseño de mezclas. Mecanismos de fisuración y rotura en tracción y compresión, efecto del tipo y tamaño de agregado, nivel de resistencia, presencia de fisuras y otros tipos de defectos.

3.- Estado fresco: Elaboración de hormigones con fibras de acero y hormigones con fibras sintéticas. Efecto del tipo y contenido de fibras. Materiales componentes. Criterios de diseño de mezclas. Evaluación del hormigón fresco, ensayos de control. Recomendaciones para la elaboración, mezclado, transporte. Compactación, efecto del vibrado. Control de calidad.

4.- Elaboración de HRF con distintos tipos de fibras. Evaluación de sus propiedades en estado fresco.

5.- Comportamiento mecánico y propiedades constitutivas. Metodologías de evaluación. Resistencia y tenacidad en flexión, criterios de evaluación y su evolución en el tiempo. Ensayos sobre prismas cargados a los tercios. Ensayo de prismas entallados. Análisis de normas de ensayo.

6.- Evaluación del hormigón endurecido. Flexión-tenacidad.

7.- Ensayos de paneles. Propuestas de valoración de HRF en tracción directa y corte, mecanismo de falla. Análisis de normas de ensayo.



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE
INGENIERIA

Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA
T.E. (0387) 4255420 – FAX (54-0387) 4255351
REPUBLICA ARGENTINA
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

-2-

ANEXO I
Res. N° 192-HCD-13
Expte. N° 14.095/13

Modulo 2

- 1.- Estado endurecido del HRF. Variables que modifican la respuesta mecánica del hormigón. Efecto del tipo y contenido de fibras sobre las propiedades mecánicas, ensayos de flexión e impacto. Adherencia fibra-matriz. Mesoestructura de HRF. Distribución y orientación de las fibras en el hormigón. Efecto de las fibras en hormigones dañados.
- 2.- Nuevos desarrollos en HRF. Hormigones autocompactantes reforzados con fibras, diseño de mezclas, propiedades en estado fresco y endurecido. Efecto de la fluidez de las mezclas y de la geometría de los elementos estructurales sobre la distribución de fibras.
- 3.- Elaboración de hormigones autocompactantes reforzados con fibras. Evaluación de sus propiedades en estado fresco. Evaluación del hormigón endurecido (HRF preparados en semana 1). Flexión y compresión. Adherencia fibra-matriz.
- 4.- Distribución de fibras en el hormigón endurecido. Comparación de hormigones de diferentes características de fluidez y tipos y contenidos de fibras. Estudio de orientación y densidad de fibras.
- 5.- Hormigones estructurales reforzados con fibras: aplicaciones y perspectivas futuras. Hormigones de Alta Resistencia reforzados con fibras, diseño, propiedades en estado fresco y endurecido. Aplicaciones. Hormigón de Ultra Alta Resistencia reforzado con fibras.

Cantidad Total de Horas: Sesenta (60) horas.

Distribución Horaria:

9 a 13 hrs.
15 a 19 hrs.

Metodología:

Se utilizará la exposición directa y dialogada, con ejercicios teóricos-prácticos. Se complementarán los conceptos teóricos con prácticas de laboratorio. Se trabajará en grupo.

Nº de horas para evaluación: 4hs

Nº de horas para consulta: 4hs

Sistema de Evaluación:

Se deberá participar como mínimo de un 80% de las actividades programadas. Se extenderá **Certificado de aprobación** a quienes cumplan con los requisitos de participación y aprueben la evaluación global al finalizar el curso.

Constancias de Asistencia (acorde al Art. 11 de Res. N° 640-CS-08) - Reglamento de Cursos de Postgrado:



“Los asistentes al curso que no hayan aprobado o rendido la evaluación podrán solicitar una constancia...”.

Se extenderá **dicha constancia** a quienes cumplan con una participación mínima del 80% de las actividades programadas.

Lugar y Fecha de Realización: Instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNSa. Desarrollado del 15 al 18 de abril y del 3 al 16 de mayo de 2013.

Conocimientos previos necesarios:
 Conocimientos de la tecnología de materiales de construcción.

Profesionales a los que está dirigido el curso: Ingenieros, arquitectos y alumnos de postgrado.

Director Responsable del curso: Dr. Raúl Luis Zerbino

Cuerpo Docente:

- Dr. Raúl Luis Zerbino, (Profesor Asociado Ordinario/ Universidad Nacional de La Plata UNLP, Investigador Independiente CONICET)
- Ing. Graciela Marta Giaccio (Profesor Adjunto Ordinario/ UNLP, Investigador Independiente CIC)
- Dra. María Celeste Torrijos (Ayudante Diplomado Ordinario /UNLP) Investigador Asistente CONICET)

Colaboradores:

- Ing. María Inés Sastre, (Profesor Adjunta/ UNSa)
- Ing. Héctor Cardozo (Profesor Adjunto/ UNSa)

Los colaboradores desarrollarán tareas de apoyo para las prácticas de laboratorio del curso.

Coordinador:

- Ing. María Alejandra Ceballos

Detalle analítico de erogaciones y eventual propuesta de arancelamiento:

Los gastos de traslado y manutención del cuerpo docente mediante el Fondo de Capacitación Docente.

Aranceles:

- Docentes de la Carrera de Ingeniería Civil de la UNSa.....S/C
- Alumnos de posgrado de la Facultad de IngenieríaS/C
- Docentes de otras Universidades..... \$ 600
- Otros Profesionales.....\$ 600



No se aceptan a alumnos avanzados de carreras de grado

Bibliografía:

Aplicaciones

1. Barragán B, Gettu R, Ramos G, García T, Fernández C, Oliver R. Potential use of steel fibre reinforced concrete for the barcelona matreo tunnel lining. Proceedings of Int. Conference on Advances in Concrete and Construction 2004
2. Byung Hwan Oh, Ji Cheol Kim, Young Cheol Choi. Fracture behavior of concrete members reinforced with structural synthetic fibers. Engineering Fracture Mechanics 74 (2007) 243–257
3. Campione G. Flexural response of FRC corbels, Cement & Concrete Composites 31 (2009) 204–210
4. Colombo, M., di Prisco, M. Mazzoleni L. Sprayed tunnel linings: a comparison between several reinforcement solutions. Materials and Struc (2009) 42:1295–1311
5. di Prisco M, Plizzari G, Vandewalle L. Fibre reinforced concrete: new design perspectives. Materials and Structures (2009) 42:1261–1281
6. di Prisco M. FRC: structural applications and standards. Materials and Structures (2009) 42:1169–1171
7. FaserbetonBEITRÄGE ZUM 11. Vilser Baustofftag 2007
8. Foster, SJ. The application of steel-fibres as concrete reinforcement in Australia: from material to structure. Materials and Structures (2009) 42:1209–1220
9. Gettu R, Barragán B, Garcia T, Ortiz J, Justa R. Fiber Concrete Tunnel Lining. Concrete International (2006) 63-69
10. Gettu R., Ramos G., García T., Barragán B., Fernández C., Oliver R. Estudio Experimental del Hormigón Reforzado con Fibras para uno de los tramos del túnel de la Línea 9 del Metro de Barcelona. Cemento Hormigón no. 866 : 52-67 (2004)
11. Martinola G, Meda A., Plizzari GA, Rinaldi Z Strengthening and repair of RC beams with fiber reinforced concrete. Cement & Concrete Com 32 (2010) 731–739
12. Research Report FHWA-ICT-08-016, Design and concrete material requirements for ultra-thin whitetopping
13. Serna P., Arango S., Ribeiro T., Nuñez A. M., Garcia-Taengua E.. Structural cast-in-place SFRC: technology, control criteria and recent applications in Spain. Materials and Structures (2009) 42:1233–1246
14. Tug̃ce Sevil, Mehmet Baran, Turhan Bilir, Erdem Canbay. Use of steel fiber reinforced mortar for seismic strengthening. Construction and Building Mat (2010)
15. Walraven JC. High performance fiber reinforced concrete: progress in knowledge and design codes. Materials and Structures (2009) 42:1247–1260

Adherencia

16. Abu-Lebdeh T, Hamoush S, Heard W, Zornig B. Effect of matrix strength on pullout behavior of steel fiber reinforced very-high strength concrete composites. Construction and Building Materials xxx (2010) xxx–xxx



17. Boshoff W P, Mechtcherine V, van Zijl G P.A.G. Characterising the time-dependant behaviour on the single fibre level of SHCC: Part 1: Mechanism of fibre pull-out creep. Cement and Concrete Research 39 (2009) 779–786
18. Boshoff W P, Mechtcherine V, van Zijl G P.A.G. Characterising the time-dependant behaviour on the single fibre level of SHCC: Part 2: The rate effects on fibre pull-out tests. Cement and Concrete Research 39 (2009) 787–797
19. Giaccio, G, Giovambattista, A and Zerbino, R 1986 "Concrete Reinforced with Collated Steel Fibers: Influence of Separation". ACI Jour, vol.83, n°2, pp. 232-235.
20. Guerrero P., Naaman AE. Effect of Mortar Fineness and Adhesive Agents on Pullout Response of Steel Fibers. ACI Material Journal. 97-M2 (2000)
21. Kanstad, T. Pull-out testing of different Fibre types, 2007
22. Laranjeira F., Molins C., Aguado A. Predicting the pullout response of inclined hooked steel fibers. Cement and Concrete Research xxx (2010) xxx–xxx
23. Markovich I., van Mier J.G.M., Walraven J.C. Single fiber pullout from hybrid fiber reinforced concrete. HERON Vol. 26, N°3 (2001)
24. MaxTen 150 High Performance Synthetic Fibers A Replacement For Steel Reinforcement In Slab-on-Grade Applications. PSI Packaging, Inc.
25. Rathod J. D., Patodi S. C. Interface Tailoring of Polyester-Type Fiber in Engineered Cementitious Composite Matrix against Pullout. ACI Material J. 107-M15 (2010)
26. Tagnit-Hamou A., Vanhove Y., Petrov N. Microstructural analysis of the bond mechanism between polyolefin fibers and cement pastes. Cement and Concrete Research 35 (2005) 364– 370
27. Yun Lee, Su-Tae Kang, Jin-Keun Kim. Pullout behavior of inclined steel fiber in an ultra-high strength cementitious matrix. Construction and Building Materials 24 (2010) 2030–2041

Durabilidad

28. Balouch S.U., Forth J.P., Granju J.-L. Surface corrosion of steel fibre reinforced concrete. Cement and Concrete Research 40 (2010) 410–414
29. Bhargava A, Banthia N, Permeability of concrete with fiber reinforcement and service life predictions. Materials and Structures (2008) 41:363–372
30. Felekoglu, B. Türkel, S. Altuntas Y. Effects of steel fiber reinforcement on surface wear resistance of self-compacting repair mortars. Cement & Concrete Composites 29 (2007) 391–396
31. Gai-Fei Peng, Wen-Wu Yang, Jie Zhao, Ye-Feng Liu, Song-Hua Bian, Li-Hong Zhao Explosive spalling and residual mechanical properties of fiber-toughened high-performance concrete subjected to high temperatures, Cement and Concrete Research 36 (2006) 723–727
32. Giaccio, G. and Zerbino, R. "Mechanical behaviour of thermally damaged high-strength steel fibre reinforced concrete" Materials & Struc 38, 2005, pp.335-342
33. Granju, J.L. Balouch S. U. Corrosion of steel fibre reinforced concrete from the cracks. Cement and Concrete Research 35 (2005) 572– 577
34. Haktanir, T. Ari, K. Altun, F. Atis, C.D. and Karahan, O. Effects of steel fibers and mineral filler on the water-tightness of concrete pipes. Cement & Concrete Composites 28 (2006) 811–816



35. Kobayashi, K. Iizuka, T. Kurachi, H. Rokugo K. Corrosion protection performance of High Performance Fiber Reinforced Cement Composites as a repair material. *Cement & Concrete Composites* 32 (2010) 411–420
36. Lau, A. Anson M. Effect of high temperatures on high performance steel fibre reinforced concrete. *Cement and Concrete Research* 36 (2006) 1698–1707
37. Pires de Carvalho MR, de Moraes Rego Fairbairn E., Dias Toledo Filho R, Chagas Cordeiro G, Pagan Hasparyk N, Influence of steel fibers on the development of alkali-aggregate reaction. *Cement and Concrete Research* 40 (2010) 598–604
38. Shaikh Faiz Uddin Ahmed, Hirozo Mihashi. A review on durability properties of strain hardening fibre reinforced cementitious composites (SHFRCC). *Cement & Concrete Composites* 29 (2007) 365–376
39. Sofren Leo Suhaendi, Takashi Horiguchi. Effect of short fibers on residual permeability and mechanical properties of hybrid fibre reinforced high strength concrete after heat exposition. *Cement and Concrete Res* 36 (2006) 1672–1678
40. Sukontasukkul P, Pomchiengpin W, Songpiriyakij S. Post-crack (or post-peak) flexural response and toughness of fiber reinforced concrete after exposure to high temperature. *Construction and Building Materials* 24 (2010) 1967–1974
41. Yang Quanbing, Zhu Beirong, Effect of steel fiber on the deicer-scaling resistance of concrete. *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 2360 – 2363

Elaboración de HRF

42. ACI 544.2R-89 (Reapproved 1999) Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete
43. Barragán, B. y Zerbino, R. 2002, “Propiedades y aplicaciones estructurales de los hormigones reforzados con fibras de acero” *Ciencia y Tec Hormigón* 9, pp. 47-70.
44. DAfStb-Richtlinie, Stahlfaserbeton (23. Entwurf), Deutscher Ausschuss Für Stahlbeton. Ergänzung zu DIN 1045, Teile 1 bis 4 (07/2001)
45. Gettu, R., Barragán, B., Ramos, G. y Capilla, F. Recientes avances en la caracterización del hormigón reforzado con fibras de acero. *Hormigón y acero* 233, 2004, Madrid, pp129-143.
46. Guidance for the Design of Steel-Fibre-Reinforced Concrete. Concrete Society A cement and concrete industry publication, Tech Report N°63, March 2007
47. Guidance on the use of Macro-synthetic-fibre-reinforced Concrete. Concrete Society A cement and concrete industry publication, Tech Report N°65, April 2007.
48. Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato. Consiglio Naz Delle Ricerche, ROMA –2006, 59 p.
49. Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras
50. EHE/08, Instrucción de Hormigón Estructural, Anejo 14 pp 623-640 (2008)
51. Zerbino R. Hormigón reforzado con fibras: Propiedades y aplicaciones estructurales. En *Hormigones Especiales* Cap 5, Ed. E. Irassar, AATH, Argentina. pp. 143-181 (2004)

Fluencia

52. Arango Campo, SE. Tesis Doctoral. Fluencia a flexión del hormigón reforzado con fibras de acero (SFRC) en estado fisurado. Univ Politècnica de València (2010)



53. Barragán, B.E. and Zerbino, R. Creep behaviour of cracked steel fibre reinforced concrete beams Fiber Reinforced Concrete: Design and Applications, RILEM PRO 60, 7th RILEM Symp. on Fibre Reinforced Concrete BEFIB 2008, pp. 577-586.
54. Monetti, D.H., Giaccio, G. y Zerbino, R. "Comportamiento post fisuración de vigas de hormigones reforzados con fibras sometidas a cargas de flexión". 18 Reunión Técnica AATH, 2010, Mar del Pata, Argentina. En CD. Trabajo 72.
55. Nicola Buratti, Claudio Mazotti, Marco Savoia Long-Term Behaviour of Fiber-Reinforced Self-Compacting Concrete Beams. p439-451

Hormigón Endurecido

56. Bo Xu, Toutanji HA, Gilbert J Impact resistance of poly(vinyl alcohol) fiber reinforced high-performance organic aggregate cementitious material, Cement and Concrete Research 40 (2010) 347-351
57. European Specification for Sprayed Concrete. ISBN 0 9522483 1 X 1996 EFNARC
58. Fantilli AP, Mihashi H, Vallini P. Multiple cracking and strain hardening in fiber-reinforced concrete under uniaxial tension. Cement and Concrete Research 39 (2009) 1217-1229
59. Felekoğlu B, Tosun K, Baradan B Effects of fibre type and matrix structure on the mechanical performance of self-compacting micro-concrete composites Cement and Concrete Research 39 (2009) 1023-1032
60. Ferrara L, Park YD, Shah SP. A method for mix-design of fiber-reinforced self-compacting concrete. Cement and Concrete Research 37 (2007) 957-971
61. Gengying Li, Xiaohua Zhao, Chuiqiang Rong, Zhan Wang. Properties of polymer modified steel fiber-reinforced cement concretes. Construction and Building Materials 24 (2010) 1201-1206
62. Giaccio, G., Zerbino, R. y Gettu, R. 1999, "Hormigones de alta performance con fibras de acero para aplicaciones estructurales" Revista Hormigón N 33, pp 53-63.
63. Ghanbari A, Karihaloo BL Prediction of the plastic viscosity of self-compacting steel fibre reinforced concrete. Cement and Concrete Res 39 (2009) 1209-1216
64. Habel K, Gauvreau P, Response of ultra-high performance fiber reinforced concrete (UHPRFC) to impact and static loading. Cement & Concr Com 30 (2008) 938-46
65. Isas Pedraza, D.R., Torrijos, M.C. Giaccio, G. Zerbino, R. Luccioni, B. Sfer, D. "Hormigones autocompactantes con fibras: respuesta mecánica de losas sometidas a cargas puntuales y vigas delgadas", BAC2010 - 2º Congreso Ibérico sobre betão auto-compactável, Guimarães, 2010. Art. Breve pp 125-126. Art. completo en CD
66. Lepech MD, Li VC Application of ECC for bridge deck link slabs Materials and Structures (2009) 42:1185-1195
67. Leung CKY, Zhang X, Qinghui Xia, The application of pseudo-ductile cementitious composites in the anchorage zone of post-tensioned concrete members, Materials and Structures (2009) 42:1221-1231
68. Mohammed Seddik Meddah, Mohamed Bencheikh, Properties of concrete reinforced with different kinds of industrial waste fibre materials, Construction and Building Materials 23 (2009) 3196-3205



69. Rokugo K, Kanda T, Yolota H, Sakata N. Applications and recommendations of high performance fiber reinforced cement composites with multiple fine cracking (HPFRCC) in Japan. *Materials and Structures* (2009) 42:1197-1208
70. Rossi, P. Parant, E. Damage mechanisms analysis of a multi-scale fibre reinforced cement-based composite subjected to impact and fatigue loading conditions, *Cement and Concrete Research* 38 (2008) 413-421
71. Skazlic M, Bjegovic D. Toughness testing of ultra high performance fibre reinforced concrete. *Materials and Structures* (2009) 42:1025-1038
72. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specif, Production and Use. May 2005
73. Tobes, J. M., López, A., Giaccio, G., Zerbino, R. Incorporación de Fibras al Hormigón Autocompactante. *Ciencia y Tecn del Hormigón* N° 15 - 2007 p.51-65
74. Yang S.L., Millard S.G., Soutsos M.N., Barnett S.J., Le T.T. Influence of aggregate and curing regime on the mechanical properties of ultra-high performance fibre reinforced concrete (UHPRC) *Construction and Building Mat* 23 (2009) 2291-98

Hormigón Fresco

75. Mora, J., Gettu, R., Olazábal, C. Martín, M. A., Aguado, A., Effect of the incorporation of fibers on the plastic shrinkage of concrete. *Fifth RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes*, Lyon France, 2000, pp705-714.
76. Mora, J., Martín, M. A., Gettu R. Aguado, A. Studio della fessurazione per ritiro plastico nel calcestruzzo e influenza delle fibre e di additivi per la riduzione del ritiro. *L'industria italiana del cemento*, N.770, Nov 2001, pp. 828-837.
77. Sivakumar A., Santhanam M., A quantitative study on the plastic shrinkage cracking in high strength hybrid fibre reinforced concrete, *Cement & Concrete Composites* 29 (2007) 575-581

Métodos de Ensayo

78. Barr B.I.G. and Lee, M.K. Round-robin analisis of the RILEM TC 162-TDF uni-axial tensile test: Part 2 Fiber distribution. *Mat & Str.* 36, May 2003, pp 275-280.
79. Barragán, B., Gettu, R., Giaccio, G. y Zerbino, R., 2001. "Resistencia y tenacidad frente a sollicitaciones de corte en hormigones reforzados con fibras de acero" *Revista Hormigón* 37, pp.25-43
80. Barragán, B, Gettu, R. and Zerbino, R. 2002. "Evaluation of the tensile behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete - Test Methodology" *High-Performance Concrete Performance and Quality of Concrete Structures. Third International Conference*, Recife, PE, Brazil. Ed: V.M. Malhotra et al, ACI Int, SP-207. pp. 91-110.
81. Barragán, B.E. Gettu, R. Martín, M.A. y Zerbino, R.L. 2003 "Uniaxial tension test for steel fibre reinforced concrete - A parametric study" *Cement and Concrete Composites*, Elsevier Science, Oxford, UK., V 25, N 7, pp. 767-777.
82. Barragán, B.E. Gettu, R., Zerbino R.L y Martín, M.A, 2003 "El ensayo de tracción uniaxial para hormigón reforzado con fibras de acero", *Hormigón y Acero*, N° 221-222, pp. 125-134.



83. EN 14650, Precast concrete products- General rules for factory production control of metallic fibered concrete. May 2005
84. EN 14651, Test method for metallic fibered concrete- Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual), June 2005
85. EN 14721, Test method FPR metallic fibre concrete- Measuring the fibre content in fresh and hardened concrete. August 2005
86. EN 14889-1, Fibres for concrete - Part 1: Steel fibres - Definitions, specifications and conformity, August 2006
87. EN 14889-2, Fibres for concrete - Part 2: Polymer fibres - Definitions, specifications and conformity, August 2006
88. Giaccio G., Tobes, J. M., and Zerbino R. "Use of small beams to obtain design parameters of fibre reinforced concrete" Cement and Concrete Comp, 2008, 30, 4, pp. 297-306.
89. RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete:
90. σ - ε -design method Final Recommendation. Materials and Structures 36, October 2003, pp. 560-567
91. RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete
92. Bending test Final Recommendation. Materials and Structures 35, Nov 2002, pp 579-582
93. RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete
94. Design of steel fibre reinforced concrete using the σ -w method: principles and applications. Materials and Structures 35, June 2002, pp 262-278
95. RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete
96. Uni-axial tension test for steel fibre reinforced concrete Recommendations
97. Materials and Structures 34, January-February 2001, pp 3-6
98. Zerbino, R., Gettu, R., Agulló, L. y Aguado, A. "Criterios y alternativas para la evaluación de la tenacidad en hormigones con fibras de acero". Revista de Obras Públicas, n° 3435, año 150, julio-agosto 2003, pp 23-30.

Orientación de las Fibras

99. Boulekbache B, Hamrat M, Chemrouk M, Amziane S. Flowability of fibre-reinforced concrete and its effect on the mechanical properties of the material. Construction and Building Materials 24 (2010) 1664–1671
100. Dupont D, Vandewalle L, Distribution of steel fibres in rectangular sections, Cement & Concrete Composites 27 (2005) 391–398
101. Gettu R., Gardner D.R., Saldivar H., Barragán B.E. Study of the distribution and orientation of fibers in SFRC specimens. Materials and Structures 37, March 2004
102. Hegger, J., Rauscher, S., Lange, J., Zell, M. (2008): Fiber orientation in ultra-high performance concrete, In: Gettu R, editor. 7th Int. RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete. pp.191-199.
103. Lataste J.F., Behloul M., Breysse D. Characterisation of fibres distribution in a steel fibre reinforced concrete with electrical resistivity measurements. NDT&E International 41 (2008) 638– 647
104. Lee C., Kim H. Orientation factor and number of fibers at failure plane in ring-type steel fiber reinforced concrete. Cement and Concrete Research 40 (2010) 810–819



ANEXO I
Res. N° 192-HCD-13
Expte. N° 14.095/13

105. Ozyurt N., Mason TO., Shah SP. Non-destructive monitoring of fiber orientation using AC-IS: An industrial-scale application. *Cement and Concrete Research* 36 (2006) 1653–1660
106. Ozyurt, N. Mason, T. O. Shah S. P. Correlation of fiber dispersion, rheology and mechanical performance of FRCs *Cement & Concrete Composites* 29 (2007) 70–79
107. RILEM TC 162-TDF: Test and Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete. Round-robin analysis of the RILEM TC 162- TFD uni-axial tensile test: Part 2 Fibre Distribution. *Materials and Structures*, Vol. 36, May 2003, pp 275-280
108. Stähli P, Custer R, van Mier J G.M. On flow properties, fibre distribution, fibre orientation and flexural behaviour of FRC. *Materials and Struc* (2008) 41:189–196
109. Stähli P, van Mier J G.M. Manufacturing, fibre anisotropy and fracture of hybrid fibre concrete. *Engineering Fracture Mechanics* 74 (2007) 223–242
110. Tanikella, PND, Gettu, R. (2008): On the distribution of fibers in self compacting concrete, In: Gettu R, editor. *Proceedings of 7th Int. RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete*. India: Chennai, pp.1147-1153.
111. Tobes, J.M., Bossio, M.E., Giaccio, G. y Zerbino, R. “Hormigón autocompactante con fibras, efecto de la geometría del elemento estructural sobre la orientación del refuerzo”. 18 Reunión Técnica AATH, 2010, Argentina. En CD. Trabajo 82
112. Tobes, JM., López, A., Giaccio, G., Zerbino, R. (2008): Estudio sobre orientación de fibras en hormigones autocompactantes 17° Reunión Técnica AATH, Córdoba, Argentina, Eds. V Rahhal y J. Sota, pp.103-110.
113. Torrijos, M. C., Barragán, B. and Zerbino R. “Physical-mechanical properties, and mesostructure of plain and fiber reinforced self compacting concrete”, *Construction and Building Materials*, 2008. V22 pp 1780-88.
114. Torrijos, M. C., Barragán, B. and Zerbino R. “Placing conditions, mesostructural characteristics and post-cracking response of fibre reinforced self-compacting concretes”, *Construction and Building Materials*, V 24, 2010, pp 1078–1085.
115. Torrijos, M.C., Giaccio, G. y Zerbino, R. “Orientación de fibras de acero en hormigón autocompactante, estudio sobre losas y vigas”. 18 Reunión Técnica AATH, 2010, Mar del Plata, Argentina. En CD. Trabajo 68.
116. Torrijos, M.C., Tobes, J. M., Barragán, B.E. and Zerbino, R. “Orientation and distribution of steel fibres in self-compacting concrete”, in *Fiber Reinforced Concrete: Design and Applications*, RILEM PRO 60, 7th RILEM Symp. on Fibre Reinforced Concrete (FRC) BEFIB 2008, pp. 729-738.
117. Torrijos, M.C., Zerbino, R. y Barragán, B., 2008 “Estudio de la orientación y distribución de fibras de acero en hormigón autocompactante”, 1er Cong Español sobre Hormigón Autocompactante, en Hormigón autocompactante, pp. 555-565
118. Vandewalle, L., Heirman, G., Rickstal, FV. (2008): Fibre orientation in self-compacting fibre reinforced concrete, In: Gettu R, editor. *7th Int. RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete*. pp. 719-728.
119. Woo L.Y., Wansom S., Ozyurt N., Mu B., Shah S.P., Mason T.O. Characterizing fiber dispersion in cement composites using AC-Impedance Spectroscopy. *Cement & Concrete Composites* 27 (2005) 627–636



120. Yardımcı, MY., Baradan, B., Tasdemir, MA. (2008): Studies on the relation between fiber orientation and flexural performance of SFRSCC, In: Gettu R, editor. 7th Int. RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete. pp.711-718.

Propiedades Mecánicas

121. Appa Rao, G. Sreenivasa Rao A. Toughness indices of steel fiber reinforced concrete under mode II loading. *Materials and Structures* (2009) 42:1173-1184
122. Banthia, N. Sappakittipakorn M. Toughness enhancement in steel fiber reinforced concrete through fiber hybridization *Cement and Concrete Research* 37 (2007) 1366-1372
123. Barr, B. Gettu R. Al-Oraimi, S. K. A. Bryars L. S., Toughness Measurement - the Need to Think Again, *Cement and Concrete Composites* 18 (1996) 281-297
124. Barragán, B. Gettu, R. Zalochi, R.F. Martin, M. A., Agulló, L. A comparative study of the toughness of steel fiber reinforced concrete in tension, flexure and shear. Fifth RILEM Symposium of Fibre-Reinforced Concretes (FRC) September 2000
125. Barragán, B., Gettu, R., Agulló, L. and Zerbino, R. "Shear failure of steel fiber-reinforced concrete based on push-off tests". *ACI Mat J*, 103, 4, 2006, pp. 251-257.
126. Bernal, S., De Gutierrez, R. Delvasto, S. Rodríguez E. Performance of an alkali-activated slag concrete reinforced with steel fibers. *Construction and Building Materials* 24 (2010) 208-214
127. Bing Chen, Juanyu Liu, Contribution of hybrid fibers on the properties of the high-strength lightweight concrete having good workability, *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 913-917
128. Byung Hwan Oh, Dae Gyun Park, Ji Cheol Kim, Young Cheol Choi Experimental and theoretical investigation on the postcracking inelastic behavior of synthetic fiber reinforced concrete beams, *Cement and Concrete Res* 35 (2005) 384-392
129. Cađoni, E. Meda, A. Plizzari G. A. Tensile behaviour of FRC under high strain-rate. *Materials and Structures* (2009) 42:1283-1294
130. Chalioris, C. E. Karayannis C. G. Effectiveness of the use of steel fibres on the torsional behaviour of flanged concrete beams. *Cement & Concrete Composites* 31 (2009) 331-341
131. Giaccio, G. and Zerbino, R. 2002. "Fiber Reinforced High Strength Concrete: Evaluation of Failure Mechanism" Third International Conference, Recife, Brazil. Ed: V.M. Malhotra et al, *ACI Int*, SP-207, pp. 69-90
132. Gopalaratnam Vellore S., Gettu, R. On the Characterization of Flexural Toughness in Fiber Reinforced Concretes. *Cement and Concrete Comp* 17 (1995) 239-254
133. Gunneswara Rao, T.D. Rama Seshu, D. Analytical model for the torsional response of steel fiber reinforced concrete members under pure torsion *Cement & Concrete Composites* 27 (2005) 493-501
134. Juárez, C. Valdez, P. Durán, A. Sobolev K. The diagonal tension behavior of fiber reinforced concrete beams *Cement & Concrete Composites* 29 (2007) 402-408
135. Khaloo, A. R., Afshari, M. Flexural behaviour of small steel fibre reinforced concrete slabs. *Cement & Concrete Composites* 27 (2005) 141-149
136. Kim, D. Naaman, A. E. El-Tawil S. Comparative flexural behavior of four fiber reinforced cementitious composites, *Cement & Concrete Comp* 30 (2008) 917-928



137. Kyoung-Kyu Choi, M. M. Reda Taha, Hong-Gun Park, Arup K. Maji, Punching shear strength of interior concrete slab-column connections reinforced with steel fibers, *Cement & Concrete Composites* 29 (2007) 409-420
138. Leung, C. K.Y., Lai, R. Lee, A. Y.F., Properties of wet-mixed fiber reinforced shotcrete and fiber reinforced concrete with similar composition, *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 788-795
139. Mesbah, H.A. Buyle-Bodin F. Efficiency of polypropylene and metallic fibres on control of shrinkage and cracking of recycled aggregate mortars, *Construction and Building Materials* 13_1999.439-447
140. Monetti, D., Tobes, J. M., Héctor, S., Martín, R., Giaccio, G. y Zerbino, R. "Uso de fibras sintéticas en hormigones para obras viales". *Rev. Carreteras*, año LV, N 196, 2009, pp. 90-96
141. Nataraja, M.C. Nagaraj, T.S. Basavaraja, S.B. Reproportioning of steel fibre reinforced concrete mixes and their impact resistance, *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 2350 - 2359
142. Ramakrishna, G. Sundararajan, T. Impact strength of a few natural fibre reinforced cement mortar slabs: a comparative study, *Cement & Concrete Composites* 27 (2005) 547-553
143. RILEM Report 39 Final Report of RILEM TC 187-SOC, Experimental determination of the stress-crack opening curve for concrete in tension, May 2007
144. Sirjaroonchai, K. El-Tawil, S. , Parra-Montesinos, G Behavior of high performance fiber reinforced cement composites under multi-axial compressive loading, *Cement & Concrete Composites* 32 (2010) 62-72
145. Sivakumar, A. Santhanam, M. Mechanical properties of high strength concrete reinforced with metallic and non-metallic fibres, *Cement & Concrete Composites* 29 (2007) 603-608
146. Song, P.S. Hwang, S. Sheu B.C. Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes, *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 1546- 1550
147. Tokgoz, S. Effects of steel fiber addition on the behaviour of biaxially loaded high strength concrete columns, *Materials and Structures* (2009) 42:1125-1138
148. Turatsinze, A. Granju, J.-L. Bonnet, S. Positive synergy between steel-fibres and rubber aggregates: Effect on the resistance of cement-based mortars to shrinkage cracking, *Cement and Concrete Research* 36 (2006) 1692-1697
149. Watanabe, K., Kimura, T. Niwa, J. Synergetic effect of steel fibers and shear-reinforcing bars on the shear-resistance mechanisms of RC linear members. *Construction and Building Materials* xxx (2010) xxx-xxx
150. Xiaobin Lu, Cheng-Tzu Thomas Hsu, Behavior of high strength concrete with and without steel fiber reinforcement in triaxial compression, *Cement and Concrete Research* 36 (2006) 1679-1685
151. Zengzhi Sun, Qinwu Xub, Microscopic, physical and mechanical analysis of polypropylene fiber reinforced concrete, *Materials Science and Engineering A* 527 (2009) 198-204