

AATH 2020

A 73 años de la Primera Conferencia del Hormigón en Argentina

IX Congreso Internacional y 23^a Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón

La Plata, Argentina - 2 al 6 de noviembre de 2020

Editores: María Celeste Torrijos y Claudio J. Zega

 **ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE TECNOLOGÍA DEL
HORMIGÓN**

LEMIT

CIC


FACULTAD DE INGENIERÍA



***UTN·La Plata**

Memorias del

IX Congreso Internacional y 23^a Reunión Técnica

2 al 6 de noviembre de 2020
La Plata, Buenos Aires, Argentina

Editores:

María Celeste Torrijos

Investigadora Adjunta CONICET, UNLP, LEMIT-CIC
Docente Área de Materiales, Dpto. Construcciones,
Facultad de Ingeniería, UNLP

Claudio J. Zega

Investigador Adjunto CONICET, LEMIT-CIC
Docente Área de Materiales, Dpto. Construcciones,
Facultad de Ingeniería, UNLP

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
IX Congreso Internacional y 23° Reunión Técnica Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón : a 73 años de la Primera Conferencia del Hormigón en Argentina / editado por María Celeste Torrijos ; Claudio Zega. - 1a ed revisada. - Buenos Aires : Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-47035-2-1

1. Ingeniería Civil. 2. Hormigón. I. Torrijos, María Celeste, ed. II. Zega, Claudio, ed. III. Título.
CDD 620.136

Primera Edición en Argentina: noviembre de 2020

Edición Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón

Avda. Corrientes 2438, 4º Piso, oficina D.

TE 54 11 4952 6975

e-mail: aath@aath.org.ar

La organización del IX Congreso Internacional y 23ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH2020) y publicación de las memorias contó con el apoyo del CONICET a través del Subsidio para Organización de Reuniones Científicas CONICET D2603/19



Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida por algún medio gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo los sistemas de fotocopias, registro magnetofónico o de alimentación de datos sin expreso consentimiento de la editorial.

Los resúmenes y contribuciones técnicas de esta edición fueron evaluados por el Comité Científico.

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced in any form or by any means graphic, electronic or mechanical, including photocopying systems, tape recording or data retrieval systems without the express permissions of the publisher.

Abstracts and technical contributions of this edition were evaluated by the Scientific Committee.

Queda hecho el depósito que establece la ley N° 11723.

© Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2020.

COMISION DIRECTIVA DE LA AATH

Presidente: Dra. Ing. María Josefina **Positieri** (Período 2019-2021)
Vicepresidente: Dr. Ing. Raúl **Zerbino** (Período 2018-2020)
Secretario: Ing. Matías **Polzinetti** (Período 2018-2020)
Secretaria de Actas: Dra. Ing. Viviana **Rahhal** (Período 2019-2021)
Tesorero: Ing. Humberto Marcelo **Balzamo** (Período 2019-2021)
Protesorero: Ing. Gastón **Fornasier** (Período 2018-2020)
Vocal Titular 1º: Ing. Graciela Alejandra **Benitez** (Período 2019-2021)
Vocal Titular 2º: Dr. Ing. Oscar **Cabrera**, (Período 2018-2020)
Vocal Titular 3º: Ing. Raúl Alberto **López** (Período 2019-2021)
Vocal Titular 4º: Ing. Silvia **Palazzi** (Período 2018-2020)
Vocal Suplente 1º: Ing. Fernando **Perrone** (período 2018-2020)
Vocal suplente 2º: Dr. Ing. Claudio Javier **Zega** (Período 2019-2021)
Revisor de Cuentas 1º: Mg. Adriana Beatriz **García** (Período 2019-2020)
Revisor de Cuentas 2º: Ing. Pablo Gustavo Agustín **Stumpf** (Período 2019-2020)

COMITÉ ORGANIZADOR

Luis **Traversa**, Presidente (LEMIT)
Marcelo **Barreda** (UTN)
Ángel **Di Maio** (LEMIT)
Graciela **Giaccio** (UNLP, LEMIT)
Graciela **Martínez** (AATH)
María Eva **Sosa** (UTN)
María Celeste **Torrijos** (UNLP, LEMIT)
Yury **Villagrán** (LEMIT, UTN)
Claudio **Zega** (LEMIT)
Raúl **Zerbino** (UNLP, LEMIT)

COMITÉ COLABORADOR

Pablo **Bossio**
Jano **Caputti**
Leandro **Carrizo**
Gabriela **Coelho Dos Santos**
Francisco **Martino Hours**
Roxana **Lemma**
Lucio **Maselli**
Sebastián **Márquez**
Diego **Monetti**
Fernando **Perrone**
Carlos **Pico-Cortés**
Agustín **Rossetti**
Lautaro **Santillán**
Nadia Belén **Scarponi**
María Eva **Sosa**
Ezequiel **Sota**
Juan Manuel **Tobes**
Juan Carlos **Vivas Montes**
María Paula **Zappitelli**
Silvina **Zito**

COMITÉ CIENTÍFICO

Raúl **Zerbino**, Presidente, UNLP, Argentina
Natalia **Alderete**, Ghent University, Bélgica
Carmen **Andrade**, UPC, España
Marilda **Barra**, UPC, España
Bryan **Barragán**, Owens Corning, Francia
Marcelo **Barreda**, UTN-FRLP, Argentina
Susan **Bernal**, University of Leeds, Reino Unido
Viviana **Bonavetti**, UNCPBA, Argentina
Oscar **Cabrera**, UNCPBA, Argentina
Fernanda **Carrasco**, UTN-FRSF, Argentina
Antonio **Conforti**, Università di Brescia, Italia
Estefanía **Cuenca Asensio**, Politecnico di Milano, Italia
Ángel **Di Maio**, LEMIT, Argentina
Luis **Fernández Luco**, UBA, Argentina
Gastón **Fornasier**, Loma Negra, Argentina
Ravindra **Gettu**, IIT Madras, India
Graciela **Giaccio**, UNLP, Argentina
Alberto **Giovambattista**, ANI, Argentina
Edgardo **Irassar**, UNCPBA, Argentina
Vanderley **John**, Universidade de São Paulo, Brasil
Raúl **López**, Lafarge-Holcim, Argentina
Graciela **Maldonado**, UTN-FRM, Argentina
Silvina **Marfil**, UNS, Argentina
Ruby **Mejía**, Universidad del Valle, Colombia
Esperanza **Menéndez**, IETcc, España
Carlos **Milanesi**, Cementos Avellaneda, Argentina
Néstor **Ortega**, UNS, Argentina
Ángel **Oshiro**, UTN-FRC, Argentina
Silvia **Palazzi**, UNT, Argentina
María **Positieri**, UTN-FRC, Argentina
Viviana **Rahhal**, UNCPBA, Argentina
Gemma **Rodríguez de Sensale**, U. de la Rep., Uruguay
Roberto **Torrent**, Materials Adv. Services, Argentina
María Celeste **Torrijos**, UNLP, Argentina
Luis **Traversa**, LEMIT, Argentina
Mónica **Trezza**, UNCPBA, Argentina
Yury **Villagrán**, UTN-FRLP, Argentina
Claudio **Zega**, LEMIT, Argentina

Presentación

Estimados colegas,

Estas memorias recopilan los trabajos presentados en el IX Congreso Internacional y 23ª Reunión Técnica de la AATH “A 73 años de la Primera Conferencia del Hormigón en Argentina”, AATH2020, realizado del 2 al 6 de noviembre de 2020.

Como es habitual, los más destacados expertos en Tecnología del Hormigón de Argentina, investigadores, estudiantes, ingenieros, empresarios y constructores, se dan cita en la Reunión Técnica, evento bianual de la Asociación, donde además de presentar y debatir sobre diferentes temas relacionados con la tecnología del hormigón y del cemento, se comparten experiencias y anécdotas, siendo una oportunidad de encuentro entre colegas.

Este año los organizadores, obligados por el aislamiento social producto de la pandemia, tomaron la decisión de realizar el evento en modalidad virtual, por primera vez en su historia. Sabemos que ésta no es la mejor manera de concretar el encuentro, con las limitaciones que la virtualidad impone, aunque es al mismo tiempo una excelente oportunidad para reafirmar el contacto de la AATH con sus socios y público en general, y permitir que los más de doscientos colegas de todo nuestro país y del exterior puedan estar presentes, lo cual también es posible gracias a las herramientas virtuales disponibles.

Nos encontramos en una época en que el cuidado del medio ambiente es un tema prioritario para la sociedad, del que la tecnología del hormigón y los materiales de base cementicia no están ajenos. En estos casos, el énfasis está puesto en el aprovechamiento de diferentes materiales alternativos, naturales o generados como subproductos de distintas industrias, aportando un valor agregado al producto final o simplemente buscando la mejor alternativa para su disposición final. Otro de los objetivos que persigue el sector de la construcción, en el cuidado del medio ambiente, es la extensión de la vida útil de las estructuras, tanto aumentando la durabilidad del hormigón como también empleando hormigones especiales, entre los cuales cabe mencionar los reforzados con fibras y autocompactantes, permitiendo mejorar la calidad y el desempeño de las estructuras. El empleo de agregados reciclados de hormigón es otra de las medidas que toma el sector para contribuir a la preservación de los recursos naturales.

En este evento AATH2020 se han presentado 88 trabajos que cubren diferentes aspectos vinculados a las temáticas antes mencionadas, los cuales corresponden a estudios de investigación y experiencias de obra desarrollados en distintas universidades nacionales, organismos públicos y empresas privadas. Asimismo, en esta edición tuvimos el privilegio de contar con 9 Conferencias Plenarias a cargo de especialistas de reconocida trayectoria internacional, como son A. Giovambattista (Argentina), R. Gettu (India), E. Cuenca Asensio (Italia), C. Andrade (España), R. Mejía (Colombia), B. Barragán (Francia), A. Conforti (Italia), L. Courard (Bélgica) y A. Reyes (México). Algunas de estas conferencias están publicadas en la Edición 59 de la Revista Hormigón que edita la AATH.

Finalmente, y no de menor importancia, deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a las instituciones organizadoras, a las empresas patrocinantes, a las instituciones adherentes y muy especialmente a los colaboradores y moderadores de las sesiones, los hospedadores técnicos y a todos los participantes en general, cuyo esfuerzo y dedicación hicieron posible la realización del evento virtual.

La Plata, noviembre de 2020

Celeste Torrijos y Claudio Zega

Prólogo

Entre los días 2 y 6 de noviembre de 2020, la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH) realiza el IX Congreso Internacional y 23ª Reunión Técnica “A 73 años de la Primera Conferencia del Hormigón en Argentina”, conjuntamente con el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para Investigación Tecnológica (LEMIT), la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Facultad Regional La Plata.

Es importante destacar la importancia de aquella primera reunión específica dedicada al hormigón y a los materiales afines celebrada en Buenos Aires entre el 7 y el 18 de noviembre de 1947, en la cual participaron en su organización casi todos los organismos nacionales y provinciales vinculados con la temática. El Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires estuvo representado por el Director del LEMIT, Dr. Pedro Carriquiriborde, destacado ingeniero químico quien desarrolló la técnica para determinar el contenido de cemento en el hormigón endurecido, y la Municipalidad de la Plata por el Ing. Arturo M. Guzmán, prestigioso profesor de la UNLP. También prestigiaron la Conferencia delegaciones de Ingenieros de Brasil, Chile, España, Perú, Uruguay y de los Estados Unidos de América.

Esta conferencia tuvo como fines principales:

- ✓ Estimular el perfeccionamiento del estudio, cálculo, proyecto, construcción y conservación del hormigón simple y armado y otras aplicaciones del cemento pórtland en las obras de ingeniería y arquitectura.
- ✓ Estudiar la solución de los problemas técnicos nacionales de mayor interés y actualidad con la utilización de los referidos materiales.
- ✓ Auspiciar la actualización de normas, especificaciones y pliegos.

También, los miembros de la conferencia realizaron dos visitas de interés, una a las obras de construcción del Aeropuerto Nacional de Ezeiza, y en particular la autopista de acceso, donde se pudo apreciar la aplicación de la más avanzada técnica vial de hormigón, tanto en el proyecto como en la ejecución. La otra obra visitada corresponde al Elevador terminal de Puerto Nuevo en Buenos Aires, con una capacidad de almacenamiento que 148000 toneladas de cereal.

Durante el desarrollo de las distintas sesiones se presentaron trabajos de gran interés tecnológico y también experiencias de obra entre las que merecen citarse las correspondientes al Aeropuerto de Carrasco en Uruguay, el Dique Quiroga en la Provincia de Santiago del Estero, el Dique El Nihuil en la Provincia de Mendoza y observaciones sobre las temperaturas de fraguado en la presa San Roque en la Provincia de Córdoba.

Complementariamente debe mencionarse la importancia de la ponencia presentada por el Ing. Charles E. Wuerpel, del American Concrete Institute, sobre la tecnología del aire incorporado en el hormigón, recordando que pocos años después, en 1950, se utiliza por primera vez hormigón con aire incorporado en la Planta Potabilizadora de Agua de la Ciudad de La Plata, construyéndose el equipo para determinar los porcentajes de aire en los talleres del LEMIT bajo la supervisión del Ing. Alberto S. C. Fava.

En lo que respecta a los trabajos de la Sección Estructura, en total 31, deben mencionarse los presentados por el Dr. Ing. Oreste Moretto, el Ing. Civ. José L. Delpini, Ing. Arturo J. Bignoli y el Ing. Civ. Enrique D. Fliess. Los Ings. Civ. Arturo M. Guzmán y Cesar J. Luisoni, ambos de la UNLP, presentaron un método variacional en el cálculo de placas planas, trabajo que fue calificado como un muy interesante aporte a la *teoría de las placas*, de fácil aplicación comparado con los métodos de Timoshenko o de Rayleigh-Ritz.

La Plata y sus instituciones han sido pioneras en el estudio del hormigón, debiendo recordarse que en la Primera Conferencia realizada en la Argentina de la cual se ha hecho mención, profesionales de esta ciudad presentaron trabajos de gran importancia tecnológica como ser la utilización de agregados más finos que los especificados para la ejecución del hormigón y sobre la resistencia de rotura a la compresión en función de la relación agua-cemento y de la edad, ponencias de los ingenieros José F. Colina y Alberto S. C. Fava, ambos en representación de la Sección Hormigones y Agregados del LEMIT. Los citados ingenieros tuvieron una activa participación en la AATH, llegando a ser ambos impulsores de su creación y presidentes de la Institución. Debe recordarse que en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata se creó la primera Cátedra en el país sobre Tecnología del Hormigón, en el año 1956, bajo el impulso del Ing. Alberto S. C. Fava y con el apoyo del Jefe del Departamento Construcciones, el Ing. César Luisoni.

La AATH es una asociación sin fines de lucro que agrupa a las personas físicas o jurídicas interesadas en el estudio, progreso y desarrollo de la tecnología del hormigón, con el objetivo de divulgar los avances de esta disciplina dentro de la comunidad técnica que debe aplicar los resultados de las investigaciones en la ejecución y mantenimiento de las construcciones, en suma, difundir los conocimientos para el buen uso del hormigón. Está conformada por académicos, profesores, alumnos, gente de la industria y profesionales del ámbito privado y público. Como fruto de esta misión, la AATH ha publicado más de 1500 artículos de investigaciones, desarrollos y experiencias de obras, los cuales se encuentran en la biblioteca de la propia asociación y de muchos institutos y universidades. También ha publicado diversos libros donde sus autores vuelcan sus experiencias sobre la durabilidad del hormigón y sobre nuevos hormigones, entre otras temáticas.

La historia de esta institución se remonta al año 1975 donde un grupo de profesionales preocupados por la temática se reunieron y conformaron esta asociación durante la realización de la Primera Reunión Técnica realizada en la ciudad de Buenos Aires, los días 28 y 29 de noviembre de 1975.

Las reuniones técnicas que organiza la AATH se han llevado a cabo en distintas provincias del país, y en el territorio bonaerense tuvieron como sede las ciudades de La Plata, Bahía Blanca, Olavarría y Mar del Plata. La asociación, a través de sus publicaciones, revistas, libros y congresos, aporta para difundir y dar a conocer los avances de esta tecnología cumpliendo de esta forma el mandato de sus fundadores.

La AATH realizó en la ciudad de La Plata la 5ª Reunión Técnica “Ing. Arturo M. Guzmán” y la 12ª Reunión Técnica “Dra. Haydee V. Armándola”, en los años 1982 y 1995, respectivamente. Además, organizó en el año 2005, en forma conjunta con AAHES y LEMIT, el Simposio Internacional *fib* sobre «El Hormigón Estructural y el Transcurso del Tiempo». En estos eventos se presentaron trabajos de investigación y desarrollo sobre todos los temas que abarca la Tecnología del Hormigón: estudios de las características físico – químicas del desempeño del hormigón y sus materiales componentes; desarrollos de nuevos hormigones; creación y puesta a punto de métodos de medición de características y control de calidad del hormigón; investigaciones acerca de las causas del deterioro prematuro de las estructuras de hormigón y exposiciones sobre el proyecto y la ejecución de grandes obras y nuevas técnicas utilizadas.

Debe mencionarse que históricamente las reuniones técnicas de la AATH llevan como homenaje el nombre de un prestigioso miembro de la Asociación quien se ha destacado por sus aportes a la tecnología del hormigón, mientras que en las reuniones correspondientes a los años 2018 y 2020 se ha recordado “*El centenario del primer despacho de cemento portland*” y “*A 73 años de la Primera Conferencia Internacional en Argentina*”, respectivamente.

En este IX Congreso Internacional y 23ª Reunión Técnica de la AATH “A 73 años de la Primera Conferencia del Hormigón en Argentina” se realiza, entonces, un homenaje a aquella primera Conferencia en la cual se volcaron y discutieron los últimos adelantos vinculados a la tecnología del hormigón y al uso del cemento portland como así también al cálculo de las estructuras ejecutadas con este material. Si bien muchos de los conceptos presentados en aquella primera Conferencia hoy están universalizados en su uso, esperamos que los temas que se presentan en esta oportunidad tengan su aplicación en obra para mejorar la calidad y la durabilidad de las mismas y sirvan también para la sostenibilidad medioambiental.

Luis P. Traversa
Presidente Comité Organizador

ÍNDICE

Cementos y materiales cementíceos suplementarios

Método de disolución selectiva para cuantificar el grado de reacción de puzolana natural y ceniza volante en pasta cementícea N.B. Scarponi, C. Pico-Cortés, Y. Villagrán-Zaccardi	1
Estudio de la microestructura de hormigones confeccionados con filler cuarcítico y calizo mediante técnicas petrográficas G. Coelho dos Santos, M. Panei, A. López	5
Estabilidad del filler dolomítico en distintos medios A. Di Salvo Barsi, E.F. Irassar, M.A. Trezza	13
Cementos de bajo calor de hidratación versus tendencia a fisuración térmica de hormigones masivos estructurales E. Becker, P. Corallo, I. Gea, C. Ríos, J. Cañari	21
Cementos eco-eficientes con vidrios de descarte A. Laveglia, V.F. Rahhal, M.A. Trezza	29
Evaluación de pastas cementíceas eco-eficientes con vidrio molido para la solidificación/estabilización de cromo A. Laveglia, V.F. Rahhal, M.A. Trezza	37
Estudio de la interacción vidrio molido – metacaolín en diferentes cementos A. Laveglia, M.A. Trezza, V.F. Rahhal	45
Factor de eficacia cementante de la ceniza volante en hormigones híbridos con altos reemplazos O.A. Cabrera, D. Viejo Mariño, A.M. Fernández-Jiménez, A. Palomo, O. Maltseva	53
Implementación del método Chappelle modificado para la determinación de la reactividad de adiciones minerales en Argentina N.B. Scarponi, Y.A. Villagrán Zaccardi	61
Estudios de las arcillas illíticas calcinadas como posibles inhibidoras de la reacción álcali sílice A. Rossetti, G. Coelho dos Santos, D. Falcone, F. Irassar	69
Lixiviación de álcalis presentes en rocas con alto contenido de illita R. Lemma, V. Colasurdo, S. Marfil, V.F. Rahhal	77
Demanda de agua y aditivo superfluidificante en pastas de cemento y filler cuarcítico I.A. Billiot, G. Coelho dos Santos, C.J. Zega, A. Lopez	85
Caracterización de las cenizas de bagazo de la caña de azúcar para ser usadas en materiales de construcción A.G. González Billón, A.R. Las Heras, H.D. Anaya	93
Estudio de la compatibilidad del sistema aditivos químicos-cemento-ceniza del bagazo de la caña de azúcar R. Isas Pedraza, M. Méndez, D. Anaya	101
Cementos modificados con biopolímeros para el geo-almacenamiento de CO ₂ J.C. Barría, A. Espelet, O. Miura, T. Piqué, P. Cerruti, M.J. Rodríguez, D. Manzanal	109

Caracterización de desechos de perlita cruda y su uso en elementos de construcción V. Artigas, L. Burgos, V. Quintana, Á. Oshiro, M. Positieri	117
Uso de la escoria de aluminio en el concreto – Revisión del estado del arte E.D. Lemos Micolta, L.C. Chilito Bolaños, J.C. Maya Soto, A. Gómez Gómez, M.A. Rojas Manzano	125
Interpretación de los datos de control de calidad del cemento y su impacto en el hormigón R. López, D. Barberi	133
Study of pervious concrete produced with supplementary cementitious materials F. dos Santos Gentil, V. Costa de Oliveira, I. Fagundes Zanolla, C. de Souza Kazmierczak, M.P. Kulakowski, F. Rodrigues de Oliveira, K.J. Ortiz Grings, A. Ramos Pauletto	141
Estudio de la incorporación de barros de la industria gráfica en pastas cementíceas M.I. Dellestesse, O.A. Cabrera, G. Barreto, N. Eyler	149
Difusión de cloruros en hormigones con arcillas calcinadas de diferente composición mineralógica S.V. Zito, G.P. Cordoba, R. Sposito, V. Rahhal, K.Ch. Thienel, E.F. Irassar, A. Tironi	157
Cuantificación de la actividad puzolánica de las microesferas huecas de vidrio C.M. Martín, N.B. Scarponi, Y.A. Villagrán, D. Manzanal, T.M. Pique	165
Desarrollo de microestructura en pastas de cemento mezcla elaborados con arcillas caoliniticas de mediano grado M.N. Humberto, A. Tironi, A.N. Scian, E.F. Irassar	173
Comportamiento durable de mezclas con residuos cerámicos como material cementíceo suplementario S. Zito, D. Falcone, M. Trezza, E. Irassar, V. Rahhal	181
Evaluación del estado fresco de pastas de cemento con reductores de agua H. Donza, V. Rahhal	189
Efecto de la finura de un residuo de vidrio como material cementíceo suplementario C. Castellano, R. Lemma, J. Di Marco, G. Menéndez, V. Rahhal	197
Reutilización de tierra de diatomeas como adición mineral para el cemento A.G. Guillarducci, R.O. Grether, M.F. Carrasco, D. Gonzalez	205

Agregados para hormigones y morteros

Estudio de factibilidad de la utilización de tamices moleculares en mezclas cementíceas R. Peralta Ring, C. Priano, N.F. Ortega	213
Análisis cinético para la interpretación de los resultados de expansión por reacción álcali-sílice en barras de mortero y de hormigón P. Vila, H. Bonjour, M.N. Pereyra	221
Propiedades de agregados finos reciclados y su relación con el hormigón de origen M.E. Sosa, C.J. Zega, A.A. Di Maio	229
Contribución mecánica del agregado fino reciclado mediante la mejora de la microestructura en la zona de interfase M.E. Sosa, C.J. Zega, Y.A. Villagrán Zaccardi	233

Morteros con sustitución de cemento por zeolitas naturales C. Andrada, F. Ludueña, V. Mugetti, C. Baronetto	241
Reactividad potencial álcali-sílice de agregados utilizados para hormigón en Uruguay H. Bonjour, P. Vila, M.N. Pereyra	249

Hormigón fresco y primeras horas del hormigón

Desarrollo de hormigones para muros colados en las obras de cierre de la circunvalación de Córdoba y el río subterráneo en Lomas de Zamora, Buenos Aires M.S. Grosso, J.P. Cantarella, R. López, L. Sambataro	257
Modelo paramétrico para estimación de temperatura máxima basado en ecuaciones de Fourier R. González, E. Acosta, L. Fernández Luco	265

Propiedades del hormigón endurecido

Resistencia al impacto de hormigones reforzados con fibras: influencia de las variables de ensayo J.C. Vivas	273
Evaluación de la influencia del tipo de recubrimiento en el ensayo de succión capilar en hormigón L.E. Carrizo, Y.A. Villagrán-Zaccardi, Claudio J. Zega	277
Hormigón reciclado y residuo de neumáticos para la elaboración de hormigón R. Isas Pedraza, D. Anaya, S. Palazzi	285
Hormigones para pavimentos en tiempo caluroso. Efecto del uso de los controladores de hidratación R. López, M.S. Grosso, L. Martinez	293
Determinación experimental de un coeficiente para incorporar el efecto de las deformaciones diferidas en la modelación numérica del ensayo de anillo de contracción restringida M.P. Zappitelli, I. Villa, G. Giaccio, M.C. Torrijos, R. Zerbino, C. Rocco	299
Fluencia y contracción de hormigones con cemento compuesto C. Milanesi, M. Pappalardi, S. Orlando, F. Hours, A. Rossetti, M.C. Torrijos, G. Giaccio, R. Zerbino	307
Difusividad térmica, conductividad térmica y calor específico – Métodos para su determinación E. Becker, P. Corallo, I. Gea, C. Ríos, J. Cañari	311

Obras de hormigón históricas y actuales

Tratamientos superficiales con potencial aplicación en construcciones de hormigón de importancia patrimonial M.V. Correa, S.E. Rastelli, A. López, V.G. Rosato, S.G. Gómez de Saravia	319
--	-----

Durabilidad del hormigón

Durabilidad de hormigones con arcillas calcinadas: comparación entre illita y caolinita de bajo grado G. Cordoba, S. Zito, R. Sposito, V. Rahhal, N. Beuntner, K-C. Thienel, A. Tironi, E.F. Irassar	327
Cementos mezcla con filler calcáreo y/o arcillas illíticas calcinadas: hidratación en ambientes con sulfatos A. Rossetti, D. Falcone, T. Ikumi, I. Segura, E.F. Irassar	335
Efecto de extractos de orégano y yerba mate sobre la superficie del acero ADN 420 N. Delbianco, C. Priano, M. Pérez y N.F. Ortega	343
Hacia la optimización del ciclo de vida de estructuras de hormigón a través del diseño para el desmontaje L. Maselli, E. Sosa, C. Pico, Y. Villagrán, G. San Juan	351
Estructura porosa de materiales cementíceos evaluada mediante ciclos múltiples de porosimetría por intrusión de mercurio Y. Villagrán-Zaccardi, N. De Belie	359
Caracterización de productos de reacción en una estructura de hormigón armado afectada por la RAS, ubicada en el área costera de Bahía Blanca F. Locati, C. Priano, S. Marfil	365
Caracterización y desempeño de hormigones para elevada durabilidad C.J. Zega, Y.A. Villagrán-Zaccardi, M.E. Sosa, L.R. Santillán	373
Comportamiento de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar molida en la reacción álcalis sílice en el hormigón A.E. Irazusta, M.D. Luna, H. D. Anaya	381
Inclusión de fibras de caucho para mejorar la durabilidad en hormigones B. López Kuchudis, R. Isas Pedraza, S. Palazzi	389
Corrosión en armaduras de elementos de hormigón reforzado con fibras en estado fisurado E.D. Gomez, R. Zerbino, G.S. Duffo	397
Deformabilidad de mortero y hormigón en el contexto de imbibición capilar N. Alderete, Y. Villagran Zaccardi, N. De Belie	405
Desarrollo de sensores de fibra óptica para la determinación de humedad en mezclas cementíceas D.H. Alustiza, M. Mineo, A. López, Y.A. Villagrán Zaccardi, N.A. Russo	411
Ensayos prestacionales de ataque por sulfato en hormigón reciclado L.R. Santillán, E.F. Irassar, C.J. Zega	419
Evaluación mediante métodos acelerados de la durabilidad de hormigones reciclados frente al ataque por sulfatos J.N. Caputti, L.R. Santillán, C.J. Zega	427
Investigation of the durability of self-healing concrete V. Costa de Oliveira, F. Rodrigues de Oliveira, M. Piva Kulakowski, I. Fagundes Zanolla, F. dos Santos Gentil, K.J. Ortiz Grings, A. Ramos Pauletto	431

Hormigones especiales

Hormigón liviano autocompactado de alta resistencia reforzado con fibras de acero. Análisis del avance en el desarrollo del diseño de mezclas A.J. Palacio, B.B. Raggiotti, V.C. Rougier	439
Evaluación experimental del uso de fibras híbridas como refuerzo del hormigón en tubos premoldeados F.A. González, V.C. Rougier, M.R. Escalante	447
Análisis experimental de vigas de hormigón reforzado con fibras bajo cargas de impacto D. Sfer, D.F. Grande, S.E. Gutierrez, F.A. Isla Calderon	455
Absorción de energía en paneles de concreto lanzado reforzado con fibras C. Aire	463
Contribución de las fibras a la resistencia al corte en elementos de hormigón armado en flexión G. Giaccio, R. Zerbino, M.C. Torrijos, A. Conforti, E. Cuenca	471
Diseño y ejecución de pisos y pavimentos industriales con hormigón reforzado con fibra R. Pombo, M.G. Altamirano, G. Giaccio, R. Zerbino	479
Influencia del tipo de fibra en la resistencia al impacto de HRF J.C. Vivas, M.C. Torrijos, G. Giaccio, R. Zerbino	487
Efecto de las fibras de polipropileno en el desprendimiento explosivo del hormigón F. Hours, M.C. Torrijos, G. Giaccio, R. Zerbino	495
Estudio del efecto de la radiación gamma en fibras de refuerzo N. Delbianco, C. Priano, M. Pérez, A. Satti	503
Hormigones drenantes como retardadores de excedentes pluviales D.D. Aguirre, R.S. Argento, M.F. Carrasco	511
Métodos de dosificación de concreto permeable - revisión de estado del arte F. dos Santos Gentil, M.A. Rojas Manzano	519
Materiales translúcidos de matriz cementicia A. Robles, G. Arenas, P. Stefani	527
Análisis de la evolución de fases en hormigones ignífugos durante el proceso de calentamiento A. Mocciano, A. Tironi, A. Scian	535
Elección de materiales para la elaboración de morteros de cemento y de geopolímeros para su empleo en impresión 3D A.I. Yoris-Nobile, E. Blanco-Fernandez, M.J. Positieri, B.B. Raggiotti	543
Envolventes de hormigón arquitectónico prefabricado P.G.A. Stumpf, M.G. Durán, J.M. Pagliero	551

Patología y reparación de estructuras de hormigón

Evaluación de la seguridad estructural y de la durabilidad en una estructura de hormigón armado en Brasil V. Müller, G. Poletto, J.R. Gräeff, H.Z. Ehrenbring, F. Pacheco, R. Christ, B. Fonseca Tutikian	559
Rehabilitación estructural de un centro comercial y evaluación de la fuerza remanente en pretensado M. Martínez, E. Danós, P. Vilchez	567
Variación química de los productos de reacción y su relación con agregados pétreos de reacción lenta en una estructura de hormigón afectada por la RAS F. Locati, S. Marfil, P. Maiza, A. Giovambattista	575
Caracterización de distintos tipos y clases de hormigones mediante ensayos de ultrasonido J.C. Tomás, F.J. Arrayago	583
Causas de deterioro de la losa de tablero de un puente ubicado en la RN Nº 3, provincia de Buenos Aires J.C. Montero, J.J. Berezosky, P. Pérez Marfil, D. Falcone, F. Locati, S. Marfil	591

Calidad y técnicas de evaluación

Interlaboratorio ensayo a compresión de probetas de hormigón A. Benítez, A. Ruiz, A. Castro, D. Rodríguez Ierace, F. Perrone	599
Una herramienta para validar materiales de referencia internos A. Benítez, M. Delbon, M.J. Fernández Sturla, E. Köber	607
Sistema de auditoría, interlaboratorio para compresión de probetas, testigos y flexión de hormigón M.G. Duran, I. Rahmane, L. Escobar, A. Navarro	615
Uso de placas de neopreno para la evaluación de la resistencia a compresión del hormigón C.A. Milanesi, J.M. Saavedra, H.J. Kaminsky, C. Fava, D. Falcone, G. Herrera, F. Hours, P. Bossio, A. Rossetti, G. Giaccio, C. Zega, M.C. Torrijos, J.C. Vivas, R. Zerbino	623
Experiencias en el uso de los END como herramienta de control de calidad en las construcciones de hormigón C. Belinco, W. Solferino, M. Mariscotti, S. Laprida	631
Normativa relativa a la capacitación de personal que ejecuta ensayos no destructivos C. Belinco, W. Solferino, M. Mariscotti, S. Laprida	639
Homogeneidad del color en mezclas cementíceas para obtener la menor diferencia de color ΔE^*_{76} A. López, A.R. Di Sarli	647
Evaluación del hormigón estructural en un edificio patrimonial en zona sísmica N.G. Maldonado, M.C. Domizio, M.P. Enrique, A.M. Guzmán, I.A. Maldonado	655
Uso de Bogue, Microscopía, DRX y Rietveld para una completa caracterización mineralógica del clinker M.B. Silverii, A. Tironi, E.F. Irassar	663

Nivel de confiabilidad de la vida útil para exposición a cloruro de estructuras de hormigón armado diseñadas según reglamentación argentina
L.R. Santillán, S. Keßler, S. Sommadossi, Y.A. Villagrán-Zaccardi

671

EVALUACIÓN DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL EN UN EDIFICIO PATRIMONIAL EN ZONA SÍSMICA

Noemí Graciela Maldonado¹, María Carolina Domizio^{1,2}, Martín Pablo Enrique¹, Alberto Marcelo Guzmán¹, Ignacio Alberto Maldonado¹

¹ CeReDeTeC, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, ngm@frm.utn.edu.ar, pablo.martin@frm.utn.edu.ar, mguzman@frm.utn.edu.ar

² CeReDeTeC, UTN-FRM, doctorando CONICET, mdomizio@frm.utn.edu.ar

RESUMEN

Se estudia un edificio industrial de hormigón armado, construido en la década de 1940 con un sistema estructural de pórticos, dos niveles en subsuelo y dos niveles sobre nivel suelo con losas macizas. La caracterización del hormigón utilizado ha requerido de ensayos de esclerometría y carbonatación, detección de armaduras, extracción de testigos y medida de la permeabilidad al aire. Los resultados de permeabilidad al aire, esclerometría y la medida de la carbonatación han demostrado importantes niveles de avance del frente de carbonatación en subsuelos, desapareciendo así la protección de las armaduras. Los ensayos de resistencia a compresión de testigos de hormigón dan una calidad resistente no superior a H20. El uso combinado de estas técnicas de evaluación ha permitido sugerir las pautas del diseño estructural para la puesta en valor, donde los aspectos de durabilidad tienen importancia principal en el diagnóstico y la rehabilitación sísmica.

Palabras claves: carbonatación, durabilidad, permeabilidad al aire, resistencia.

INTRODUCCIÓN

Este edificio industrial de hormigón armado, fue construido en la década de 1940 con un sistema estructural de pórticos de hormigón armado en ambas direcciones (Figura 1), con dos niveles en subsuelo y dos niveles sobre nivel cero con losas macizas de hormigón armado que cubre una superficie de 60x30m con 6400 m² de superficie cubierta (Figura 2). El lugar fue utilizado para estiba y añejamiento de champagne. En el año 1994 el sector dejó de utilizarse y no se realizó mantenimiento alguno de la construcción, quedando afectada por las condiciones ambientales debido al aporte de agua de lluvia, que ha producido corrosión de armaduras en distintos sectores [1].

La caracterización del hormigón utilizado ha requerido de ensayos de esclerometría para identificar homogeneidad y calidad del hormigón, ensayos de carbonatación para identificar el avance del frente respecto a las armaduras, la detección de armaduras para absorber esfuerzos de flexión y corte, la extracción de testigos de hormigón para determinar la resistencia del hormigón y la medida de la permeabilidad al aire de los recubrimientos para evaluar la durabilidad del recubrimiento [2].

El uso combinado de estas técnicas de evaluación ha permitido sugerir las pautas del diseño estructural para la puesta en valor, donde los aspectos de durabilidad tienen importancia principal en el diagnóstico y la rehabilitación sísmica.

METODOLOGÍA

Debido a que no encontraron planos ni datos de ejecución se planificó una primera etapa exploratoria con ensayos no destructivos y mínima extracción de testigos de hormigón.

Como primera actividad se realizaron determinaciones en columnas y tabiques del número de rebote empleando el esclerómetro a resorte previo a una limpieza mecánica de la superficie pintada. Previamente se ubicaron las posiciones de armaduras verticales y estribos [2].

En las mismas ubicaciones se realizaron las mediciones de la permeabilidad al aire del recubrimiento de hormigón utilizando un medidor de permeabilidad al aire automático Perme@Torr que consta de una celda de vacío de doble cámara, una válvula reguladora de presión de alta precisión y unidades de operación, control y medición que cumplimentan la norma suiza SIA 262/2013, Anexo E [3].

Se determinó la resistencia a la compresión del hormigón de la estructura a través de la extracción de testigos de hormigón con taladros de diámetro adecuado en diferentes ubicaciones [4-8].

Una vez seleccionado el testigo se eliminó el polvo que tuviera, se aplicó por atomización el indicador ácido-base en forma uniforme para establecer la profundidad de carbonatación. Transcurridos 15 minutos se midió la profundidad de la zona incolora desde la superficie expuesta. El indicador utilizado (fenoftaleína al 1 %) varía su tonalidad de incoloro a violeta rojizo en el rango de pH 8,2 a 9,8 [2].

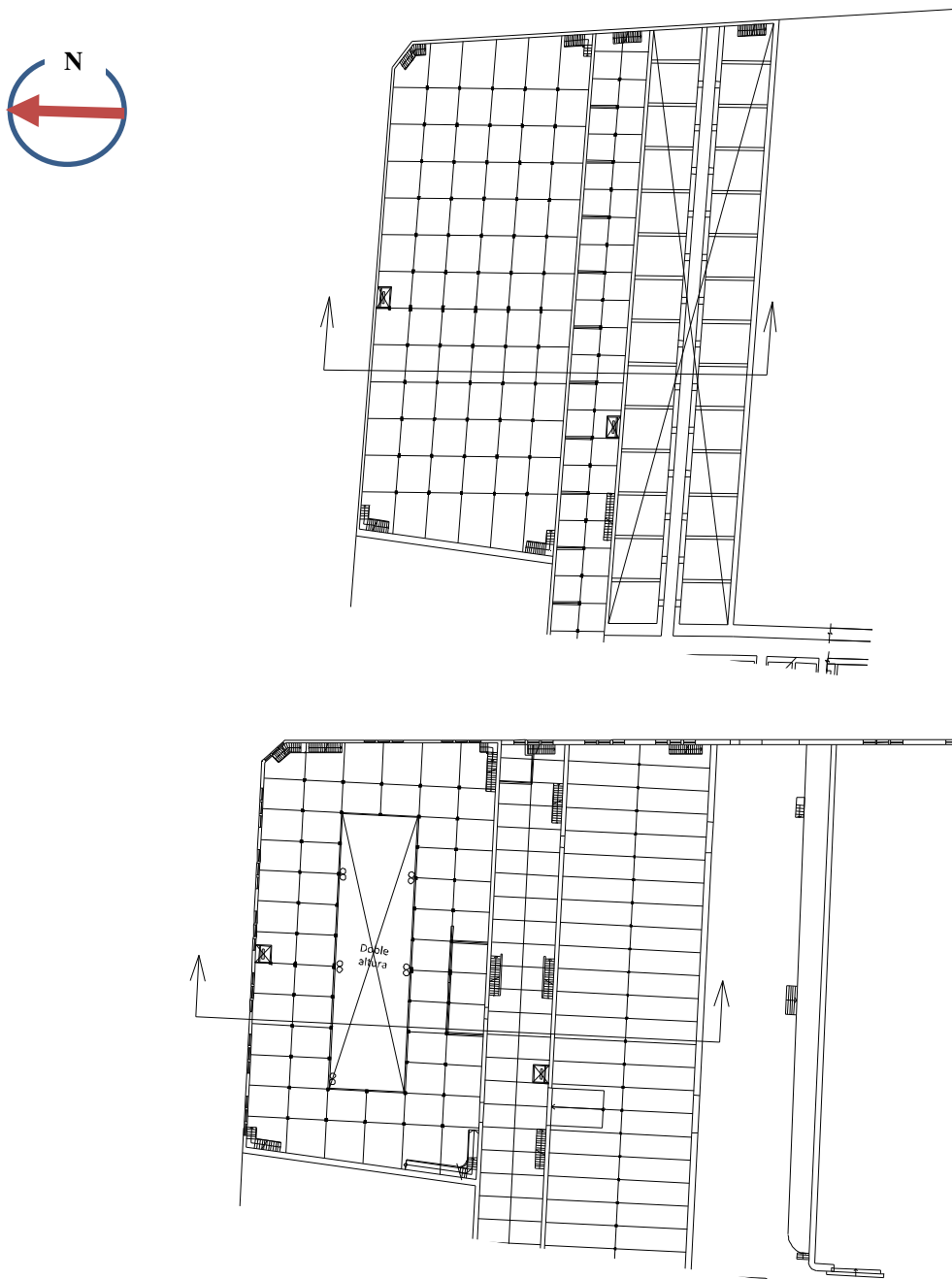


Figura 1: Planta del sector analizado en planta subsuelo (sup.) y planta baja (inf.).

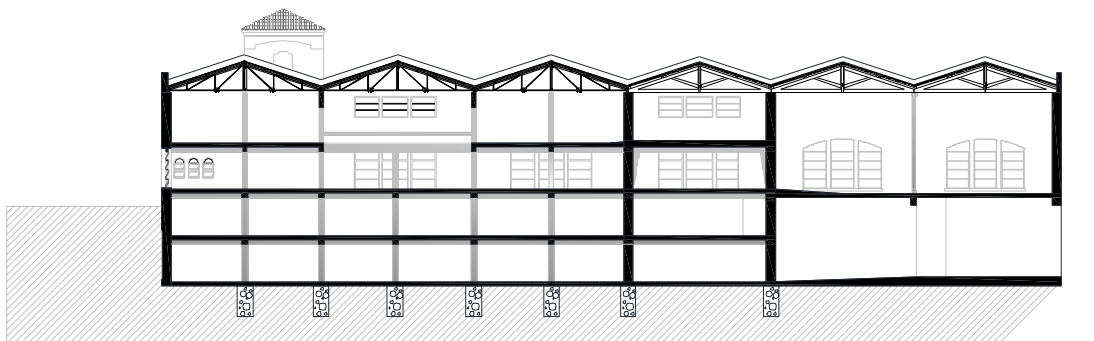


Figura 2: Vista correspondiente a un corte transversal.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los resultados de los ensayos de esclerometría con la resistencia a compresión media \pm desviación, la resistencia media \pm desviación ajustadas al nivel de carbonatación medida, la resistencia a compresión de los testigos de hormigón extraídos, y las medidas de la profundidad de carbonatación y la permeabilidad al aire. Se toman muestras de las 12 líneas de pórticos en sentido N-S y de los muros exteriores N-S correspondientes al primer número de la ubicación y de las 5 líneas de pórticos en sentido E-O y de los muros exteriores E-O correspondientes a la letra de la ubicación.

Tabla 1. Resultados de mediciones y ensayos.

Nivel	Ubicación	Índice escleromét. Medio [5]	$f'c \pm \Delta$	$f'c \pm \Delta$ corregida	$f'c$ testigo [6-8]	Prof. carbon. [2]	k_t [3]
			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[$10^{-16}m^2$]
	3f -2-O	45	50 \pm 7,5	31 \pm 4,6			332
	3f -2-N	57	70 \pm 8	43,4 \pm 5			16.8
	5b -2-O	44	48 \pm 7,5	30 \pm 4,6			738
	5b -2-N	42	44 \pm 7,5	27 \pm 4,6			NR
	7c-2-N	60	70 \pm 8	43,4 \pm 5			128
	7c-2-O	59	70 \pm 8	43,4 \pm 5			196
	8d				27,4	70	
	9d-2-S	44	48 \pm 7,5	30 \pm 4,6			121
	9d-2-N	45	50 \pm 7,5	31 \pm 4,6			120
	11e-2-E	46	52 \pm 7,5	32 \pm 4,6			101
	11e-2-S	46	52 \pm 7,5	32 \pm 4,6			914
	13b-2-S	46	52 \pm 7,5	32 \pm 4,6			792
	13b-2-E	47	54 \pm 7,5	33,5 \pm 4,6			454
-2	13f-2-O	56	70 \pm 8	43,4 \pm 5			260
-2	13f -2-E	52	64 \pm 8	39 \pm 5			183
	14 de				24,6	70	101
	2-3e-flosa				16,62	80	NR
	3b -1-N	53	68 \pm 8	42 \pm 5			48.5
	3b -1-S	53	68 \pm 8	42 \pm 5			343
	5c -1-E	56	70 \pm 8	43,4 \pm 5			102
	5c -1-S	50	60 \pm 8	37 \pm 5			NR
	8d-1-iN	60	70 \pm 8	43,4 \pm 5			247
	8d-1-dN	53	68,8 \pm 8	42 \pm 5	27,51	70	
	8d-1-E	51	62 \pm 8	38 \pm 5			NR
	8d-1-O	54	68 \pm 8	42 \pm 5			NR
	12e-1-N	56	70 \pm 8	43 \pm 5			122
	12e-1-E	56	70 \pm 8	43 \pm 5			115
-1	13f-1-S	54	68 \pm 8	42 \pm 5			283
	13f-1-E	59	70 \pm 8	43 \pm 5			NR
	5e-0-E	51	62 \pm 8	49 \pm 6,4			NR
0	5e-0-O	50	60 \pm 8	48 \pm 6,4			NR
	6b-0-N	46	52 \pm 7,5	42 \pm 5,2			NR

Nivel	Ubicación	Índice escleromét. Medio [5]	$f'c \pm \Delta$	$f'c \pm \Delta$	$f'c$	Prof.	k_t
			[MPa]	[MPa]	testigo [6-8] [MPa]	carbon. [2] [mm]	[3] [10 ⁻¹⁶ m ²]
	6b-0-O	48	56±7,5	49±5,2			NR
	12a				18,75	35	
	12e-0-E	50	60±8	48±6,4			NR
	12e-0-O	60	70±8	56±6,4			NR
	13b-0-N	56	70±8	56±6,4			NR
	13b-0-O	49	58±7,5	46±5,2			77.8
	5e 1-E	50	60±8	48±6,4			NR
	5e 1-S	45	50±7,5	40±6			NR
	6b 1-E	42	44±7	35±5,6			NR
	6b 1-N	45	50±7,5	40±6			NR
	10b 1-O	41	42±7	33±6			NR
	10b 1-N	44	48±7	38±6			NR
	12e 1-O	44	48±7	38±6			NR
	12e 1-O	46	50±7,5	45±6,4			NR
1	13b 1-O	34	30±6,5	24±5,2			74.7
	13b 1-S	36	34±6,5	27±5,2			175

DISCUSIÓN

La resistencia a la compresión del hormigón puede ser considerada como una de las propiedades más importantes y necesarias para establecer una evaluación general de la estructura, tanto desde el punto de vista de durabilidad, como de la capacidad de resistencia mecánica.

Los ensayos de testigos de los que se dispone son pocos en función de la cantidad de metros cúbicos de hormigón del edificio. Por lo tanto, no se puede sino ser conservador en relación a la resistencia del hormigón a considerar. Si se aplican las consideraciones del reglamento CIRSOC 201 (2005) se encuentra en el punto 4.4.3.1.[4]. Si bien esta verificación no puede ser aplicada a estructuras existentes o a estructuras en construcción en las que se carezca de resultados de ensayos de probetas moldeadas, no deja de ser una guía de referencia importante.

En este caso se considera un control de calidad en Modo 2 de 4.4.3.1. que establece las siguientes relaciones:

$$f'c \text{ testigo} > 0,75 f'c$$

$$f'cm \text{ testigo} > 0,85 (f'c+5 \text{ MPa})$$

La Tabla 2 presenta los resultados de la estimación de la resistencia especificada del hormigón en base a los resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los testigos.

Tabla 2: Resistencia especificada obtenida de los resultados de testigos de hormigón extraídos.

Nivel	Resistencia especificada [MPa]
-2	25
-1	21
0	17

El análisis de los resultados obtenidos de la resistencia a compresión por ensayo de esclerometría presenta valores excesivos respecto a la resistencia a compresión especificada debido a la carbonatación del hormigón de recubrimiento, en especial el correspondiente a los niveles de subsuelo -1 y -2.

Para la condición de durabilidad, la medida del frente de carbonatación entre 70 y 80 mm demuestra que el frente de avance de ataque a las armaduras las alcanza para los niveles -1 y -2, por lo tanto las armaduras presentan corrosión por carbonatación del hormigón para el nivel de resistencia a compresión obtenido de testigos de hormigón, si se compara con el gráfico de la Figura 3 ya que los recubrimientos originales apenas alcanzan los 20 mm.

Para el nivel de planta baja, el frente de carbonatación se encuentra entre 30 y 45 mm por lo que también las armaduras están desprotegidas y presentan corrosión por carbonatación del hormigón, superando el recubrimiento original de 20 mm.

Lo mismo sucede en cuanto a losas donde el frente de carbonatación alcanza los 80 mm frente a los recubrimientos originales de 15 mm.

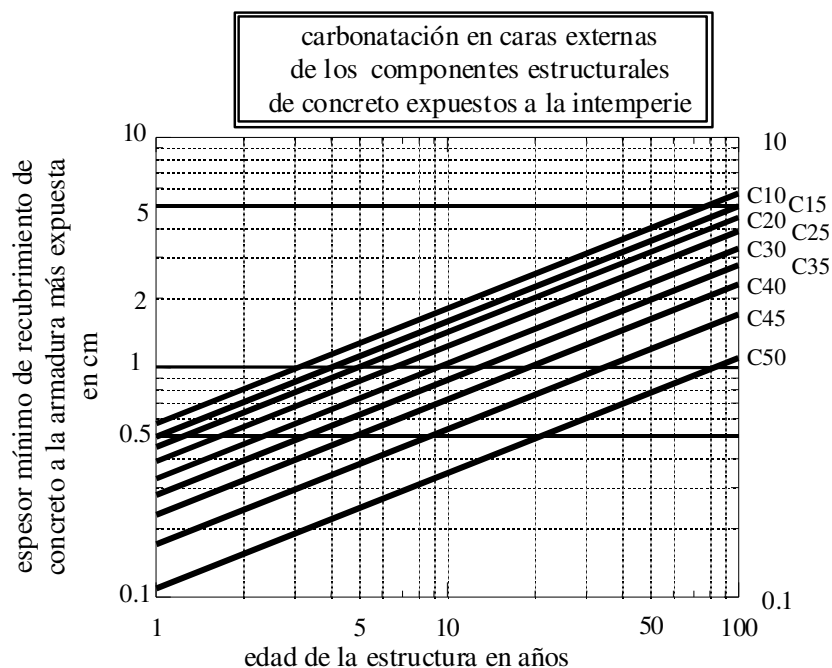


Figura 3: Gráfico que correlaciona la edad de la estructura con el espesor mínimo de recubrimiento para distintas calidades de hormigón [9].

El ensayo de medida de permeabilidad al aire confirma la baja calidad de protección del recubrimiento en todas las ubicaciones evaluadas, variando la permeabilidad entre muy alta y excesivamente elevada de acuerdo a la norma suiza, pero confirma la carbonatación del recubrimiento de la armadura.

RECOMENDACIONES

De la evaluación de los resultados de los ensayos realizados y de las distintas inspecciones realizadas [10], se puede concluir:

- a. Respecto a la construcción de hormigón armado, se trata de una ejecución de muy buena calidad que ha seguido los estándares constructivos y el arte del buen construir de la época. Se observa corrosión en algunos elementos estructurales, debido al ingreso de agua. Respecto a la cubierta, se encuentra prácticamente deteriorada en su totalidad, debido a la falta de mantenimiento y abandono sufrido.
- b. La carbonatación detectada en el hormigón, se debe fundamentalmente al paso del tiempo, se observa que en el subsuelo el estado de carbonatación es mayor, y esta está relacionada con el uso industrial del mismo que generó concentraciones mayores de dióxido de carbono.
- c. Debido a la carbonatación del hormigón, el acero de refuerzo quedó desprotegido frente a la corrosión, que se ha puesto en evidencia en los sectores que han sido afectados por presencia de humedad.
- d. Es factible la recuperación del edificio siempre y cuando se consideren los siguientes aspectos:
 - i. Adecuar la capacidad sismorresistente siguiendo la normativa vigente [11].
 - ii. Realizar la adecuada protección hidráulica a fin de minimizar el ingreso de humedad en los distintos elementos estructurales.
 - iii. Reparar y/o reforzar los sectores de hormigón degradados por corrosión.
 - iv. Reconstrucción de la cubierta superior.
 - v. El estricto control durante la construcción y luego durante la vida útil de los ductos que contengan agua en su interior, tanto en las instalaciones sanitarias, como en el resto de las instalaciones, incendio, climatización, etc. previa detección mediante georadar de cañerías ocultas.
 - vi. Prever que una vez terminada la obra de puesta en valor, se deje en vigencia un plan de revisiones periódicas cada 5 años o luego de algún evento sísmico de importancia a fin de evaluar el estado estructural y tomar las medidas correctivas en forma temprana.

REFERENCIAS

- [1] ACI 201.2R-01 Guía para la Durabilidad del Hormigón. Comité ACI 201, (2001), 59 p.
- [2] CYTED, Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. CYTED, (1998), 208 p.
- [3] Swiss Standard SIA 262/1:2013, Concrete Structures - Supplementary Specifications, Annex E: Air-Permeability on site.
- [4] REGLAMENTO CIRSOC 201, Reglamento argentino de estructuras de hormigón. INTI, (2005). 666 p.
- [5] Norma IRAM 1694, Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de dureza superficial del hormigón endurecido mediante la determinación del número de rebote empleando el esclerómetro de resorte, (1989).
- [6] Norma IRAM 1551, Hormigón de cemento portland. Extracción, preparación y ensayos de testigos de hormigón endurecido, (2000).
- [7] Norma IRAM 1553, Hormigón de cemento portland. Preparación de las bases de probetas cilíndricas y testigos cilíndricos para ensayo de compresión, (2008).
- [8] Norma IRAM 1546. Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de compresión. (2017).
- [9] Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Manual de diagnosis e intervenció en estructures de hormigó armad, (2000), 153 p.
- [10] CYTED, Manual de reparación, protección y refuerzo de estructuras de concreto. RED REHABILITAR. CYTED, (2007), 741 p.
- [11] REGLAMENTO INPRES-CIRSOC 103, Reglamento argentino de estructuras sismorresistente. Tomo 1. INTI, (2018), 105 p.