

REVISTA **N° 3**

Julio 2016 - Diciembre 2016

Giicma

ISSN 2591-6602

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



Rector: Ing. Héctor C. BROTTTO

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

Secretario Académico : Ing. Rudy O. GREETHER

Decano: Ing. José Jorge PENCO

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

Secretario Académico: Ing. Fabián Andrés AVID

Director del GIICMA: Prof. Jorge D. SOTA

Sumario

Relevamiento de piezas arquitectónicas de valor patrimonial de la ciudad de Concordia, Entre ríos.

M. Gorroño, N. Vietta, J.D. Sota - GIICMA



7

Rocas basálticas. Estabilidad por inmersión en etanodiol. Norma CRD-C 148-69 (IRAM 1519). Un aporte para su discusión.

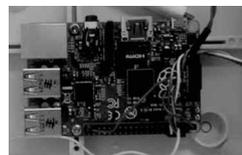
F. A. Avid, J. D. Sota, M. Cornaló, I. M. Bosano - GIICMA



15

Medida de la madurez del hormigón en una estructura.

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



23

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

Director: Prof. Jorge D. Sota

Secretaría General: Becaria Andrea S. Pereyra

Secretaría Académica: Ing. Luis P. Traversa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Jorge Daniel SOTA
DIRECTOR

RUS



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

RELEVAMIENTO DE PIEZAS ARQUITECTÓNICAS DE VALOR PATRIMONIAL DE LA CIUDAD DE CONCORDIA, ENTRE RÍOS.

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

Resumen

Concordia, oficialmente “San Antonio de Padua de la Concordia”, es un municipio del departamento Concordia en la provincia de Entre Ríos, República Argentina. Comprende la localidad del mismo nombre junto con otras trece. Es la mayor población de la provincia sobre la orilla hidrográfica derecha del río Uruguay. Puede decirse que dos factores fundamentales incidieron en el crecimiento de la vieja Concordia: su puerto, primero, y luego el ferrocarril. La historia de la ciudad y las diferentes corrientes sociales, culturales y económicas, hacen rico su patrimonio arquitectónico; edificios, casas, monumentos, ruinas adquieren un valor histórico relevante.

El paisaje urbano refleja el testimonio de todas las culturas que históricamente han desarrollado su acción sobre el mismo modelándolo, desde sus orígenes hasta la actualidad.

El Ministerio de Gobierno y Justicia de la Provincia de Entre Ríos declaró, por el Decreto N°6676 en el año 2003, como “bienes culturales de interés provincial” a edificios y viviendas de 48 localidades y departamentos. Este decreto tuvo como objetivo, a partir de su promulgación, el desarrollo de acciones de difusión, defensa y protección del patrimonio histórico, arquitectónico y ambiental de la provincia de Entre Ríos. Los edificios y viviendas protegidos de la Ciudad de Concordia fueron 48. En la mayoría de los casos se trata de viviendas particulares.

En concordancia con ello desde el municipio se encaró la realización de un relevamiento del patrimonio en la ciudad con la identificación,

clasificación y registro de cada bien patrimonial. Clasificando aquellos bienes arquitectónicos urbanos que, por su relevante valor testimonial (de naturaleza histórica, sociológica, arquitectónica, arqueológica, artística, científica o técnica), deban merecer protección especial, adoptando un criterio uniforme en dicha clasificación.

El proyecto que se describe en el presente trabajo consiste básicamente en tres etapas:

La primera etapa consistió en la recopilación de datos sobre las parcelas cuyas construcciones databan de fechas anteriores al año 1940. Esta información se obtuvo de la Dirección de Catastro Municipal y se trató de un plano de la planta urbana de la ciudad de Concordia que contaba con la demarcación de las parcelas que cumplían con ese requisito.

El objetivo de la segunda consistió en la toma de fotografías de aquellas construcciones que, por sus características arquitectónicas, denotaban signos de haber sido construidas antes de la década de 1940. Junto con la toma de fotografías, se tomaron datos como la dirección de cada una de las construcciones fotografiadas y también ciertos detalles como datos de la construcción, ya que muchas de ellas poseen en su fachada un sello en el que se puede leer el nombre del constructor y el año de construcción, datos de gran relevancia.

Una vez cumplimentada la etapa de relevamiento se procedió al análisis de la información recopilada. Se observó en detalle cada una de las fotografías, los antecedentes obtenidos y se

determinó si las mismas eran efectivamente construcciones que deberían considerarse, según el criterio adoptado, como patrimoniales. Las que no cumplieron con los criterios se descartaron. En este análisis se pudo determinar aquellas construcciones de valor patrimonial que por su grado de deterioro, requerían una restauración arquitectónica, de modo de conservar su fachada y prevenir que el deterioro continúe; y aquellas que por el su estado estructural actual se encontraban en situación de derrumbe parcial, casos en los que se hacía necesaria una recuperación estructural. Estas últimas demandan ambos procesos de recuperación (estructural y arquitectónica) a la vez debido a la complementariedad entre ambos. Se establecieron prioridades y se iniciaron los trabajos de puesta en valor teniendo en cuenta el orden establecido en el relevamiento y de acuerdo a las posibilidades del municipio.

Palabras clave: patrimonio, restauración, patología, relevamiento.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la preservación del patrimonio arquitectónico surge de su valor como testimonio de distintos fenómenos sociales, culturales y económicos. Obras tales como edificios, casas, monumentos y/o ruinas adquieren un valor histórico relevante, debido a que han formado parte del proceso de desarrollo de las ciudades.

El paisaje urbano, entonces, refleja el testimonio de todas las culturas que históricamente han desarrollado su acción sobre dicho paisaje modelándolo, desde sus orígenes hasta la actualidad.

La distinción de un bien inmueble como perteneciente al patrimonio arquitectónico tiene como finalidad distinguirlo por su valor histórico, urbano, cultural o estético, y garantizar su conservación y uso por parte de la comunidad, dándole una protección legal y una jerarquía distintiva. Se deben clasificar aquellos bienes que, por su relevante valor testimonial (de naturaleza histórica, sociológica, arquitectónica, arqueológica, artística, científica o técnica), deban merecer protección especial, adoptando un criterio uniforme en dicha clasificación.

Por lo anteriormente expuesto, se decidió realizar un relevamiento fotográfico en todo el casco urbano de la Ciudad de Concordia, de aquellos edificios que según las características que presentaban merecían una protección especial por parte del gobierno municipal para evitar su deterioro, modificación y/o demolición total o parcial. Se logró cuantificarlas y a su vez obtener un panorama general de la distribución de las mismas en el ejido de la Ciudad.

METODOLOGÍA

El plan de trabajo se desarrolló básicamente en tres etapas bien diferenciadas. La primera de ellas consistió en la recopilación de datos tales como decretos provinciales y municipales de edificios patrimoniales protegidos, datos catastrales de edificios con año de construcción, constructor, ubicación dentro del ejido, etc. Esta información fue obtenida a través de distintas reparticiones municipales.

A partir de ello se procedió con el desarrollo de la segunda etapa: el relevamiento fotográfico completo de la ciudad de Concordia. La finalidad fue, como se describió anteriormente, detectar y ubicar las piezas que por su valor patrimonial, merecían ser conservadas y protegidas a lo largo del tiempo.

Concordia se encuentra subdividida en seis distritos: “Ferrocarril”, “Parque del Sur”, “De los Fundadores”, “Camba Paso”, “Ayuí” y “Principito”. El que posee mayor densidad habitacional es el primero de ellos, “Ferrocarril”, el cual corresponde al centro de la ciudad y es donde se ubican la mayor cantidad de construcciones de mayor data. Esto se debe a que el ferrocarril fue, junto con el Puerto, uno de los factores fundamentales que incidieron en el crecimiento de la vieja Concordia, es decir que su desarrollo urbanístico se dio a partir de estos dos puntos.

La mecánica de trabajo empleada consistió en el recorrido a pie o en vehículo, con un trazado previamente establecido, de los distritos para relevar fotográficamente los edificios de cada uno de ellos. Fue necesaria la utilización de planos, cámaras fotográficas y elementos que permitieron apuntar ciertas características y otros datos de relevancia que ofrecían estas construcciones

sea oficialmente declarada como patrimonial: “VALOR URBANISTICO: son las cualidades que posee un edificio que define el paisaje urbano o el espacio público. VALOR ARQUITECTONICO: refiere a los elementos poseedores de calidades de estilo, composición, materiales, coherencia tipológica y otra particularidad relevante. VALOR

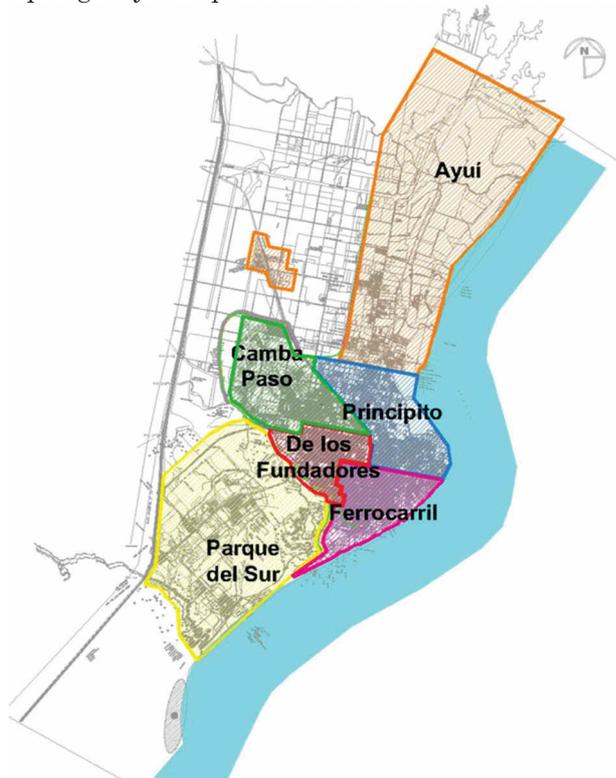


Figura 1. Plano de los distritos de la Ciudad.

(sello de constructor, año de construcción, detalles preponderantes, materiales predominantes, estado general, etc.). Así también en ciertas oportunidades se tuvo contacto con los dueños actuales de estas propiedades quienes brindaron más información sobre su historia.

Para distinguir aquellas construcciones que podían considerarse “arquitectónicamente patrimoniales” se tuvo en cuenta principalmente el diseño de la fachada, observando en detalle si poseía rasgos característicos de ciertos estilos arquitectónicos que se destacaron hasta aproximadamente 1950. Asimismo, se tuvo en cuenta lo establecido en Artículo N° 9 de la Ordenanza Municipal N° 29113, el cual describe las características que debe reunir una construcción para que

HISTORICO-CULTURAL: Refiere a aquellos elementos testimoniales de una organización social o forma de vida que configuran la memoria histórica colectiva y en uso social actual. **VALOR SINGULAR:** Refiere a las características irreproducibles o de calidad en cuanto a los aspectos técnicos constructivos o el diseño del edificio o sitio. Los criterios de valoración anteriormente expuesta deben considerarse en función de los propios elementos a proteger, del análisis del contexto urbano y de los objetivos de planeamiento para el área.“

Una vez culminado este proceso, las fotografías tomadas y los datos obtenidos fueron volcados sobre un plano catastral de la ciudad, ubicando esta información en la parcela que correspondía a cada construcción. Se logró de esta manera una nube de puntos que indicaba la distribución de estas obras en la ciudad y que permitió también observar dónde se encontraba la mayor concentración.

RESULTADOS

Se lograron fotografiar más de 1800 construcciones; aunque se estima que, por datos catastrales, existe un número adicional de propiedades que aún mantienen parte de construcciones originales en su interior, pero que por distintas razones es imposible visualizarlas desde la vía pública.

A partir de las imágenes obtenidas, se procedió a la tercera y última etapa, en la cual se analizaron las patologías que presentaban ciertas edificaciones, prestando especial atención en aquellas que presentaban grandes signos de deterioro tales como importantes fisuras, formaciones biológicas y vegetación en los frentes, ausencia de ornamentaciones y molduras, existencia de grafitis, entre otros. La falta de mantenimiento es una de las principales causas de dichos efectos, sumado a las cualidades de algunos materiales o los sistemas constructivos empleados en la época.

Se observaron también numerosas viviendas que han sufrido reformas notables en la fachada. Se puede mencionar casos en los que se han reemplazado los ventanales originales por otros más pequeños o cerramientos totales, varios edificios en los que se han transformado habitaciones en garajes o en locales comerciales,

subdivisión de propiedades, etc. Esto es signo de cómo han ido cambiando las necesidades y costumbres a lo largo del tiempo.

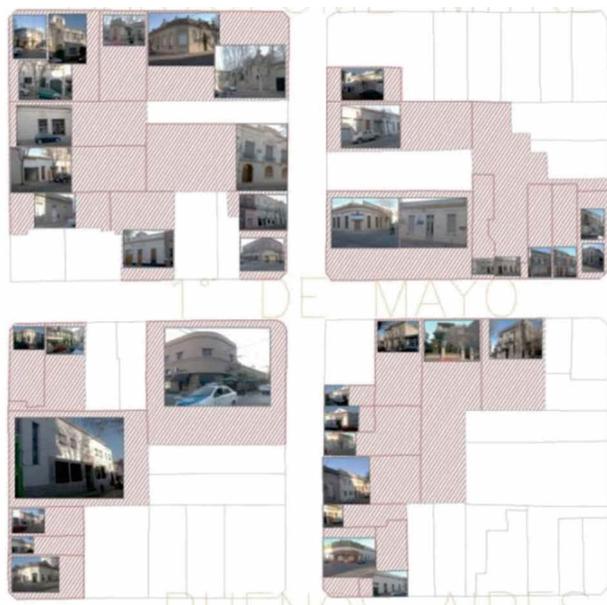


Figura 2. Ubicación de fotografías en el plano catastral.

Patologías más comunes en los edificios relevados

Crecimientos biológicos, de dos tipos de acuerdo al daño: bajo o alto. El daño bajo, es por ejemplo el producido por microorganismos como algas, hongos y líquenes que originan alteraciones superficiales en los materiales de las fachadas. El alto, es generalmente atribuido a la invasión



de arbustos y árboles como por ejemplo el palán palán (*Nicotiana glauca*), que se ha detectado en diversos edificios inspeccionados en particular en coronamiento y en balcones. El palán palán es una planta nativa del noroeste argentino, pero se la ha observado en muchos pueblos y ciudades del norte y centro del país, donde crece sobre muros de construcciones y en terrenos baldíos.

Todas las especies vegetales al desarrollar sus raíces pueden originar fisuras y desprendimientos de revocos, fundamentalmente en ciclos de mojado y secado como el originado por lluvias.

En la mayoría de las fachadas se ha observado, particularmente en los coronamientos, la presencia de colonización líquénica. Los líquenes son asociaciones simbióticas entre un alga (fotobionte) y un hongo (micobionte) de cuya interacción se origina un talo estable, con estructuras y fisiología específicas. Son organismos, que se desarrollan en las superficies de diversos sustratos inertes u orgánicos y con distintas condiciones ambientales, aunque siempre es necesario un pH neutro y altos registros de humedad

Pátinas superficiales: en diferentes elementos componentes de las fachadas como cornisas, ornamentos, etc., se detectan depósitos de material particulado de polución y/o polvo de tierra originados por factores externos de origen medioambiental.

La pátina no implica necesariamente la existencia de procesos de degradación o deterioro.



Figura 3. Ataque de microorganismos, crecimiento biológicos, desprendimiento de revocos.



Figura 4. Crecimiento de arbustos, formaciones líquénicas.

Grafitis y afiches publicitarios o películas superficiales que afectan a las fachadas, en algunos casos.

Corrosión de elementos metálicos: en diversas fachadas se ha observado la existencia de procesos de corrosión en diferentes etapas de su desarrollo. Este proceso se ha visualizado en construcciones de principios del siglo XX en particular en los refuerzos estructurales ejecutados con perfiles doble T en cornisas y balcones o en elementos ornamentales (rejas, petriles, etc.), como así también en caños embutidos de canalización de aguas pluviales.

En construcciones de mediados de siglo XX

ejecutadas con elementos estructurales de hormigón armado, también se observa el proceso corrosivo de sus armaduras que incrementa el volumen del metal provocando tensiones de tracción en los materiales de recubrimiento, a los que puede fisurar y en casos extremos logra desprenderlos dejando las armaduras al descubierto.

En el caso de los balcones o componentes ornamentales de dimensiones significativas, el proceso de corrosión resulta crítico cuando la pérdida de la capacidad portante de los perfiles o de los hierros de refuerzo conlleva al colapso y caída de partes constituyentes del balcón o de los componentes de la fachada.



Figura 5. Grafitis, crecimientos biológicos.

Sin embargo, existen signos externos que alertan que se ha iniciado el desarrollo del proceso de corrosión como ser manchas de óxido, fisuras longitudinales y espaciadas de acuerdo a la ubicación de los elementos metálicos y, en la última etapa, desprendimientos del material de recubrimiento.

Debe recordarse que los balcones son elementos de fachada cuyas estructuras de sostén funcionan en voladizo por tanto, siendo su capacidad de carga limitada, es importante no incorporar sobrepesos excesivos (macetas, materiales varios, etc.) y efectuar un mantenimiento periódico para verificar la impermeabilización, el sellado de las juntas y el correcto drenaje de las aguas en los desagües pluviales. El deterioro de los balcones ya sea por sobrepeso o por deficiencia en la aislación hidrófuga provoca daños progresivos, fundamentalmente corrosión de los perfiles doble T que de no subsanarse pueden provocar el colapso de su estructura.

La corrosión, la alteración y desprendimientos de los revoques en los cielorrasos de los balcones o en cornisas, ménsulas, etc., se acelera generalmente por la filtración de agua desde el piso de los mismos provocada por diferentes causas:

- Incorrecta evacuación de aguas por obstrucción de desagües pluviales, o por escasa pendiente o contrapendiente en los balcones de caída libre.
- Deterioro del solado por caducidad de la aislación hidrófuga, por baldosas sueltas o

rotas, o envejecimiento del material de las juntas.

- Envejecimiento de juntas entre carpintería y solado, oxidación de barandas de hierro en contacto con el solado o inadecuada resolución del encuentro entre el solado y el paramento

Desprendimientos de revoques que pueden tener origen en alteraciones de los materiales cálcicos por procesos de circulación de agua en su red de poros.

La lixiviación del hidróxido de calcio originado en la hidratación de la cal o el cemento utilizado en la elaboración de los revoques tiene como consecuencia la disgregación del mortero. Cuando el agua contiene sales, en particular sulfatos, puede dar origen a desprendimientos del revoque por procesos de cristalización expansiva en ciclos recurrentes de mojado-secado mientras que en algunos pocos casos pueden originarse reacciones químicas con similares consecuencias pero con distinto origen

Presencia de fisuras o separaciones del material que pueden tener distintos espesores, como así también génesis diferenciadas. Las fisuras se originan cuando el material no puede soportar las tensiones de tracción a las que lo someten distintos tipos de acciones. En los revoques casi siempre se deben a procesos de contracción por secado o acciones térmicas mientras que las afectan a los muros de mampostería pueden atribuirse a causales físicas como ser asentamientos diferenciales o por acción de las cargas.



Figura 6. Corrosión de elementos metálicos, desmejoramiento de cerramientos.



Figura 7. Formación de fisuras, desprendimientos de revoques.

En elementos de hormigón armado las fisuras pueden tener distintas causas siendo las más complejas las debidas a las cargas que, casi siempre, se observan en elementos estructurales sometidos a flexión.

En las placas de roca también aparecen fisuras originadas en esfuerzos que no pueden soportar, fundamentalmente estas fisuras pueden llegar a romper parte de las mismas o desprenderlas. La situación descrita hace necesario implementar técnicas de reparación que no afecten su apariencia ni la de la construcción

Elementos de madera, en algunas de las fachadas inspeccionadas se verificó la existencia de este material como por ejemplo en barandas de muros perimetrales.

También, se observaron cortinas de madera y puertas seriamente afectadas fundamentalmente por falta de mantenimiento. En algunos casos la madera se ve afectada por un ataque biológico débil. En aquellos casos en que las alteraciones y/o el ataque biológico grave, es conveniente recurrir a la sustitución parcial o total de la pieza, según los casos, colocando la nueva pieza tratada con productos químicos para evitar el ataque biológico.

Elementos decorativos en las fachadas que no tienen funciones estructurales, su existencia hace a la composición estilística de las mismas. Generalmente los faltantes de elementos decorativos, sean totales o parciales, se originan por la corrosión de los elementos metálicos de fijación y/o de refuerzos, ya que produce esfuerzos en el material generando fisuras y finalmente su

desprendimiento.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se descartaron aquellas fotografías de viviendas que no cumplieron con los criterios previamente establecidos. En este análisis se pudo determinar aquellas construcciones de valor patrimonial que por su grado de deterioro, requerían una restauración arquitectónica, de modo de conservar su fachada y prevenir que el deterioro continúe; y aquellas que por el su estado estructural actual se encontraban en situación de derrumbe parcial, casos en los que se hacía necesaria una recuperación estructural. Estas últimas demandan ambos procesos de recuperación (estructural y arquitectónica) a la vez debido a la complementariedad entre ambos.

Se establecieron prioridades y se sometieron a las autoridades competentes a fin de establecer su aceptación y establecer un orden de intervención a fin de iniciar los trabajos de puesta en valor teniendo en cuenta el orden establecido en el relevamiento y de acuerdo a las posibilidades del municipio.

CONSIDERACIONES FINALES

Con la culminación de las etapas descriptas, se realizó un análisis final de la cantidad de edificios relevados, los cuales revisten gran importancia no solo para el paisaje urbano sino también para la historia y cultura de la ciudad. Aquí radica el valor de la preservación de estas construcciones y la regulación por parte del Estado en lo que respecta a las intervenciones sobre las mismas.

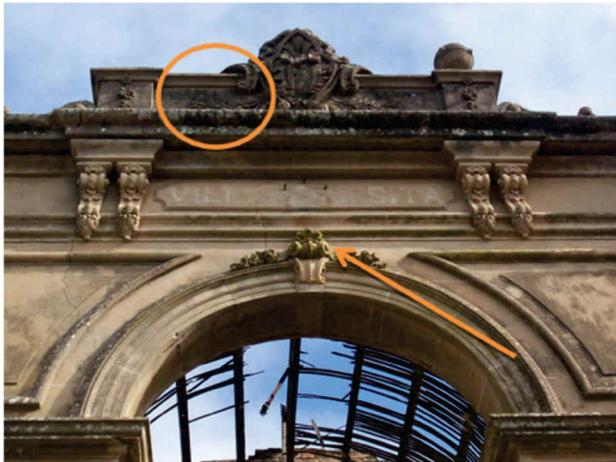


Figura 8. Importante grado de fisuración de elementos portantes, deprendimiento de ornamentaciones.

Con lo mencionado anteriormente, cabe destacar la importancia que tiene la inclusión dentro del Código de Edificación local una normativa que regule la ejecución de obras nuevas o reforma total o parcial de aquellas que han sido declaradas como patrimoniales. Esto permitiría el resguardo del paisaje arquitectónico histórico de la ciudad, ya que por más de que se evite la demolición o remodelación de dichos bienes, tampoco se permita la construcción de nuevas obras que le quiten el valor paisajístico a éstas, opacándolas. Esto significa que la reglamentación incluya en su desarrollo, artículos que impidan la ejecución de obras de gran volumen que no sean acordes al contexto en el que se emplacen o estén contiguas a edificios protegidos.

En el caso particular de una construcción en ruinas, se debería considerar la posibilidad de su recontextualización, esto significa que, debido a la imposibilidad de recrear el entorno original, se refuncionaliza la obra respetando sus rasgos primitivos más sobresalientes pero otorgándole un nuevo uso que se adapte a las necesidades actuales.

REFERENCIAS

- [1] Pípolo, Juan Alejandro (2013), “Concordia: La Ciudad y su Arquitectura 1831 - 1970”.
- [2] Guía de Buenas Prácticas para el cuidado de nuestro patrimonio edilicio – Ciudad de La Plata- Área Eje Fundacional 3. LEMIT.
- [2] Ordenanza Municipal N° 29113- Artículo N° 9

ROCAS BASÁLTICAS. ESTABILIDAD POR INMERSIÓN EN ETANODIOL. NORMA CRD-C 148-69 (IRAM 1519). UN APORTE PARA SU DISCUSIÓN.

F. A. Avid GIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional
J. D. Sota Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com
M. Cornaló
I. M. Bosano

Resumen

La Norma CRD-C 148-69 (IRAM N° 1519 en Argentina), establece la metodología para estudiar la respuesta de las rocas basálticas frente a la inmersión en etanodiol y definir su calificación para poder ser usadas como agregados. Esta Normativa forma parte del CIRSOC 201 (Reglamento Argentino para las obras civiles) para evaluar los basaltos como agregados en hormigones de cemento portland ante exposiciones climáticas rigurosas en las grandes obras (represas, caminos, puentes, etc.).

El fundamento del mismo es la inmersión en etanodiol (etilenglicol) para su combinación con las arcillas expansivas del grupo de las esmectitas, favoreciendo la formación de un compuesto orgánico arcilloso con aumento de volumen, disgregando los trozos de rocas sumergidos en el lapso de treinta días que dura el ensayo. Se cuantifica finalmente la pérdida en masa de la muestra y se califica la aptitud de la roca en función del valor obtenido con respecto al límite máximo establecido por la Norma (10%).

En ensayos realizados en el laboratorio para calificar rocas basálticas de diferentes canteras como material de enrocado de presas, se ha observado que aumentando el período de inmersión, la fisuración y posterior disgregación de una misma muestra continúan desarrollándose. Esto lleva a plantear la posibilidad de discutir la metodología de trabajo y el valor establecido como límite de pérdida, de la Norma CRD-C 148-69.

INTRODUCCIÓN

La expansión por hinchamiento se puede definir como el incremento de volumen experimentado por cualquier cuerpo sólido cuando se humedece. Este fenómeno es muy común y se asocia típicamente con dos procesos diferentes: la hidratación de compuestos cristalinos y la adsorción y/o absorción de agua en los espacios existentes, dentro o entre las partículas de las arcillas y de algunos otros minerales que poseen estructuras cristalinas peculiares. La transformación de anhidrita en yeso es el ejemplo mejor conocido del primer tipo, mientras que el comportamiento expansivo de las esmectitas puede señalarse como un ejemplo del segundo tipo de proceso.

Las arcillas son componentes frecuentes en la fracción clástica de rocas sedimentarias; y derivan de los procesos de meteorización que afectaron a las rocas formadoras de esta fracción. En el caso de las rocas ígneas, las arcillas tienen siempre un origen secundario ya que se formaron por transformación química de los minerales primarios de la roca. Este fenómeno puede ocurrir en dos ambientes: a gran profundidad, en el interior de la Tierra; en la proximidad de zonas magmáticas o cerca de la superficie, donde prevalecen las condiciones atmosféricas. Las transformaciones del primer tipo se denominan alteración deutérica, mientras que el término meteorización se refiere al segundo tipo. La presencia de arcillas en el interior de una roca es siempre potencialmente negativa. Estos minerales pueden reducir la resistencia de

la roca y afectar a otras propiedades físicas, pero su presencia es especialmente relevante en lo que concierne a su durabilidad.

Las arcillas son filosilicatos y, por tanto, tienen una marcada estructura laminar. Esta peculiar estructura puede experimentar una expansión por hinchamiento cuando el agua, u otro líquido polar, interactúan con ella; es decir, en algunas arcillas llamadas expansivas, tales como las esmectitas, su red cristalina se puede expandir por un mecanismo de hinchamiento intraparticular. En general, todas las arcillas presentan un tamaño de partícula muy fino y las interacciones electrostáticas juegan un papel significativo en su comportamiento; en estas circunstancias el agua puede romper el equilibrio entre partículas y dar lugar a otro tipo de expansión (mecanismo de hinchamiento interparticular). El tipo e intensidad del hinchamiento que puede experimentar una roca por efecto de las arcillas, depende de varios factores, como el tipo y cantidad de arcillas, de su distribución en el interior de la roca, de la magnitud de los espacios capaces de expandirse en el interior de las redes cristalinas y de la distancia entre partículas, así como de la composición y disponibilidad de las disoluciones que percolan a través de la roca.

El papel perjudicial de las arcillas deriva de su capacidad para inducir deformaciones en el interior de la roca. Cuando esta deformación está espacialmente restringida, los componentes arcillosos dan lugar a tensiones internas que pueden llegar a causar roturas. Los niveles de tensión alcanzados por hinchamiento son consecuencia de los factores internos y externos mencionados y pueden alcanzar valores extremadamente elevados. Varios autores han realizado medidas de estas tensiones de expansión y han demostrado la importancia de este mecanismo de deterioro. Por ejemplo, en muestras de rocas basálticas con esmectitas han sido medidas tensiones de expansión de 200 kg/cm^2 (aproximadamente 20 MPa). Estos valores extremadamente altos son suficientes para fracturar, incluso las rocas más resistentes. Han sido citados casos de rocas, por ejemplo en excavaciones, que experimentaron una rápida degradación al ser liberadas de la presión de confinamiento y de enterramiento y ser expuestas al exterior, a pesar de su aspecto aparentemente fuerte. La presencia de arcillas expansibles por hinchamiento de sus redes

cristalinas va frecuentemente asociada con este comportamiento excepcional. Cuando las arcillas presentes en la roca son de tipo no expansivo, las presiones de hinchamiento no alcanzan valores muy altos, pero la repetición de ciclos de hinchamiento y contracción, como consecuencia de condiciones alternantes de humedad, pueden conducir a la rotura por un mecanismo de fatiga progresiva de la masa rocosa. Ensayos realizados en condiciones de expansión libre, han demostrado que el incremento de volumen es mayor en las primeras etapas de absorción de agua, pero el mecanismo de hinchamiento puede tener lugar en períodos muy largos, particularmente cuando se trata de materiales poco porosos. La extracción de las canteras elimina la presión de confinamiento y da lugar a bloques con superficies libremente accesibles; cuanto menores son las dimensiones de los bloques más fácil es el acceso del agua a su interior y, consiguientemente, más propensos serán al hinchamiento y a su posterior degradación. [1]

1. MATERIALES

En el último tiempo y en razón de encarar algunas obras viales de importancia en el Litoral Argentino se trabajó con basaltos locales para el hormigón de cemento portland en los pavimentos de la carpeta de rodamiento.

Con relación a los agregados basálticos de la Mesopotamia, hay dos parámetros vinculados con la existencia de arcillas intersticiales que deben ser analizados. El primero de ellos es la heterogeneidad textural y mineralógica, la composición y la paragénesis mineral con referencia al nivel estratigráfico de las coladas. En muchos casos estas características no son identificadas al estudiar los diferentes bancos de canteras. El segundo aspecto que requiere atención es la naturaleza y distribución de los minerales secundarios derivados de la alteración de las paragénesis primarias. [2, 3]

La potencia de las coladas individuales varía desde aproximadamente 1 m hasta más de 70 metros , [4]. El contacto entre las coladas está la mayoría de las veces, señalado por una brecha con fragmentos de basalto y cuarcita, engarzados en una matriz vítrea con cantidades variables de arena.

La notable extensión areal de las coladas, verificada en estudios de correlación geológica para varios proyectos hidroeléctricos [5, 6] indica la baja viscosidad de los flujos basálticos.

2. MÉTODOS

2.1. Norma IRAM 1519

2.1.1. Objetivo

Esta norma establece el método de determinación de estabilidad de las rocas basálticas por inmersión en etanodiol (etilenglicol). Este compuesto se combina con las arcillas del grupo montmorillonitas formando un compuesto orgánico arcilloso con aumento de volumen. Trozos de rocas que contengan estas arcillas intersticiales podrán disgregarse al mantenerlos sumergidos en etanodiol, si por la cantidad y distribución de los nuevos compuestos se desarrollan fuerzas suficientes. Se admite que los trozos de roca que se disgreguen en el ensayo también podrán hacerlo si en las condiciones de servicio se encuentran expuestos, durante un tiempo prolongado a ciclos de mojado y secado o de congelación y deshielo. [6]

2.1.2. Procedimiento

El método se resume en las siguientes acciones; la roca ensayada debe ser triturada a un peso de 5kg con tamaños de partículas entre 10 y 75mm. Una vez que se ha triturado la muestra se tamiza de acuerdo a la Norma IRAM 1505, se procede a lavar con agua para análisis a los efectos de eliminar polvo, partículas superficiales y pequeñas partículas sueltas originadas por la trituración. Después del lavado se coloca en un recipiente metálico y se seca a estufa a 110°C hasta masa constante. Ese valor es el de la masa inicial.

Se coloca la muestra en un recipiente adecuado y se cubre con etanodiol hasta por los menos un centímetro sobre el trozo de mayor elevación. Cada tres días la muestra se retira del recipiente y se observan cambios significativos ocurridos. El ensayo concluye a los 30 días.

Una vez que se ha completado el periodo de inmersión la muestra es retirada y lavada sobre el tamiz de 10mm, hasta eliminar las partículas menores y la totalidad del líquido de inmersión. El material retenido se seca en estufa hasta masa constante y luego se obtiene la masa final.

2.1.3. Resultados

El resultado del ensayo se expresa como la pérdida de masa en porcentaje de la masa inicial.

2.2. Norma CRD-C 148-69

2.2.1. Objetivo

Se trata de un procedimiento estandarizado para la inmersión de muestras de áridos en etilenglicol que logre observaciones comparativas sobre los efectos que se producen sobre las mismas. [7]

2.2.2. Procedimiento

El etilenglicol es un material que reacciona con arcillas expansivas (en los basaltos), específicamente con las del grupo de las montmorillonitas, formando una matriz orgánica que presenta espaciamientos basales (interestructurales) mayores que el mineral arcilloso por sí mismo. Así es como una muestra de áridos que contenga arcillas de este grupo se convierte en potencial candidata a presentar rotura general por expansiones excesivas en su matriz, bajo condiciones de inmersión en etilenglicol. Si esta rotura ocurre, está estadísticamente demostrado que es de esperarse que la falla ocurra también en muestras similares de rocas expuestas, por períodos de tiempo más largos, a ciclos de humedecimiento y secado, congelamiento y deshielo, en una condición de servicio húmeda.

La muestra es depositada en un contenedor e inmersa en el reactivo de modo tal que todas sus partículas queden cubiertas en una profundidad de, al menos, un centímetro (Figuras 1 y 2). En intervalos que no excedan de tres días, la muestra debe ser removida del contenedor, secada, examinada y los cambios en su estructura anotados, y preferentemente fotografiados, si cambios significativos han tenido lugar (Figura 3).

La duración normal del ensayo es de quince días. Sin embargo, la norma aclara que información importante puede ser obtenida en ciertos casos al continuar el tratamiento más allá de este período; como así también, en otros casos, la rotura por expansión puede ser muy extensa en períodos prematuros, de modo tal que ninguna información importante pueda ser obtenida continuando el tratamiento por un período completo de 15 días.



Figura 1. Recipiente contenedor.



Figura 2. Muestra en etilenglicol.



Figura 3. Fisuración resultante.

2.2.3. Resultados

En el reporte final de resultados la normativa establece que se debe elevar un informe que contenga la siguiente información:

- Identificación y descripción de la fuente del material de la muestra.
- Información cualitativa y de ser posible, cuantitativa de los efectos del tratamiento sobre la muestra.

3. DATOS DEL LABORATORIO

En el laboratorio de Tecnología del Hormigón de la facultad se han realizado numerosos ensayos sobre agregados basálticos de la región, ya que la misma es productora natural de estos recursos para ser utilizados en hormigones de cemento portland y otros usos ingenieriles (enrocados, protecciones costeras, etc.). Los resultados se pueden observar en la Tabla 1 que se expone a continuación; a raíz de ciertas dudas con relación a los resultados a treinta días y el porcentaje de pérdida respectivo, y en función de ensayos realizados en métodos más exigentes (ASTM C 1260) para caracterización de agregados, se decidió exponer una muestra a tiempos de 30, 45 y 90 días, determinando la pérdida para la fracción del tiempo de exposición.

Muestra	Lugar de origen	EXPANSIÓN a los 30 días	% de arcilla intersticial
1	Salto, Departamento de Salto, R.O. del Uruguay	0,5%	>10
2	Salto, Departamento de Salto, R.O. del Uruguay	0,1%	>10
3	Concordia, Pcia. de Entre Ríos, R. Argentina	0,3%	>10
4	Puerto Yerúa, Pcia. de Entre Ríos, R. Argentina	0,1%	>10
5	Curuzú Cuatiá, Pcia. de Corrientes, R. Argentina	0,3%	>10

Tabla 1: Método de determinación de la estabilidad por inmersión en etilenglicol – IRAM 1519.

3.1. Resultados a treinta días

Los valores de los parámetros obtenidos para el ensayo de una muestra correspondiente a treinta días (Tabla 2).

3.2. Resultados a cuarenta y cinco días

Los valores de los parámetros obtenidos para

PESO INICIAL	1.715g
PESO FINAL	1.675g
PÉRDIDA EN PESO	2,33%

Tabla 2: Resultados a 30 días.

el ensayo de una muestra correspondiente a cuarenta y cinco días (Tabla 3).

3.3. Resultados a noventa días

Los valores de los parámetros obtenidos para el ensayo de una muestra correspondiente a noventa días (Tabla 4).

PESO INICIAL	1.675g
PESO FINAL	1.645g
PÉRDIDA EN PESO	1,79%

Tabla 3: Resultados a 45 días.



Figura 4. Muestra fisurada a 30 días. Primer ángulo.



Figura 5. Muestra fisurada a 30 días. Segundo ángulo.



Figura 6. Muestra fisurada a 45 días. Primer ángulo.



Figura 7. Muestra fisurada a 45 días. Segundo ángulo.

PESO INICIAL	1.645g
PESO FINAL	1.616g
PÉRDIDA EN PESO	1,76%

Tabla 4: Resultados a 90 días.



Figura 8. Muestra fisurada a 90 días. Primer ángulo.



Figura 9. Muestra fisurada a 90 días. Segundo ángulo.

4. CONSIDERACIONES FINALES

De los resultados obtenidos se puede inferir que la muestra estudiada, a la que se le ha determinado un 13% de arcilla intersticial, cumple con el valor de la normativa.

No obstante lo anterior se observa que, la prolongación en el tiempo de inmersión aumenta progresivamente su pérdida en peso y evidencia un deterioro creciente en la integridad de la roca original.

En virtud de lo anterior debería establecerse que el contenido de arcilla intersticial es determinante para calificar el material, y finalmente corroborarse como apto en el ensayo de etilenglicol.

La heterogeneidad de los basaltos de la Meseta de Sumuncurá del Este Argentino, Norte de Uruguay y Sur de Brasil, debería ser atendida en la evaluación de los ensayos aplicados en la calificación de sus basaltos para ser usados en hormigones de cemento portland.

Esta primera etapa de ensayos, se completa con el estudio de muestras de la misma cantera (distintos frentes), como así también de métodos en curados alcalinos a fin de poder cuantificar el efecto directo de las arcillas en las expansiones medidas o deterioros muy significativos. [1]

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Encargado del Laboratorio de Hormigones; Técnico Esteban Eduardo Micucci por la inestimable colaboración prestada para la realización de los ensayos correspondientes al trabajo.

6. REFERENCIAS

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

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

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

[4] Schenato F., Formoso M.L.L., Dudoignon P., Meunier A., Proust D., Mas. A. 2003. "Alteration processes of a thick basaltic lava flow of the Paraná Basin (Brazil): petrographic and mineralogical

studies". Journal of South American Earth Sciences 16, pp. 423-444.

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

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

[7] Norma IRAM 1519/82. "Rocas basálticas. Método de determinación de la estabilidad. Ensayo de inmersión en etanodiol (etilenglicol).".

[8] CRD-C 148-69. "Method of testing stone for expansive breakdown on soaking in ethylene glycol.".



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACION TECNOLOGICA

TECNOLOGIA DEL HORMIGON

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



Investigación y desarrollos tecnológicos

Capacitación RRHH

Servicios Tecnológicos a terceros

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

Tel.: (0221) 4831141/44

www.lemmit.gov.ar

MEDIDA DE LA MADUREZ DEL HORMIGÓN EN UNA ESTRUCTURA

F.A. Avid, GIICMA - UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional
P. Moreira, Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com
M. Chury
J.D. Sota

Resumen

En este trabajo, se desarrolla un sistema de medida de la temperatura del hormigón de una estructura, desde las primeras horas de la hidratación del cemento hasta los 28 días, con un equipo desarrollado en la Facultad.

El diseño del sistema incluye una serie de sensores de temperatura conectados a un microcomputadora. La misma lee de los sensores las temperaturas a intervalos prefijados y los registra. Esta almacena la información de forma permanente en una base de datos, y luego un software los extrae para su procesamiento.

En las experiencias se trabajó con un hormigón de 21 MPa de resistencia característica, y un cemento con adiciones (CPC40 según las normas nacionales).

Previamente se realizan ensayos de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas para establecer la relación con las lecturas de temperaturas procesadas, empleando las expresiones de Nurse-Saul y de Arrhenius.

Los resultados permitieron determinar la curva de madurez del hormigón estudiado y establecer el grado de madurez en cada una de las partes diferenciadas de la estructura.

INTRODUCCIÓN

El método de madurez proporciona un medio simple y útil de estimar la ganancia de resistencia del hormigón a edades tempranas (generalmente menores de 14 días).

Este método reconoce el efecto combinado del tiempo y la temperatura, proporcionando una base para estimar el desarrollo de resistencia del hormigón “in situ” mediante el control de la temperatura y el tiempo.[1]

Los efectos del tiempo y la temperatura en el aumento de la resistencia del hormigón se cuantifican mediante una función de madurez, que es indicativa del nivel de resistencia desarrollado por el hormigón. Las dos funciones de madurez utilizadas para este propósito son la de Nurse-Saul y la de Arrhenius. [2]

La función de Nurse-Saul, desarrollada en la década del '50 y la más ampliamente aceptada para medir la madurez, es el producto acumulado de tiempo y temperatura (Ec. 1).

$$M(t) = \sum (T_a - T_0) \Delta t$$

donde:

M (t) = madurez (factor temperatura-tiempo) a la edad t, en °C.días o °C.horas,

Δt = intervalo de tiempo, en días u horas,

T_a = temperatura promedio del hormigón durante el intervalo Δt , en °C, y

T_0 = temperatura de referencia, en °C.

La temperatura de referencia es la temperatura en que cesa la ganancia de resistencia del hormigón; por lo tanto, los períodos durante los cuales las temperaturas están en o por debajo de esta temperatura de referencia, no contribuyen al aumento de la resistencia. Generalmente, se utiliza un valor de -10 °C para la temperatura de referencia en la ecuación de Nurse-Saul.

La madurez también puede ser determinada mediante el método de Arrhenius, que considera la no linealidad en la tasa de hidratación del cemento. El método de Arrhenius produce un índice de madurez en términos de una “edad equivalente”, que representa el tiempo de curado equivalente, a una temperatura de referencia, generalmente 20°C, requerida para producir una madurez igual a la alcanzada durante un periodo de curado a temperaturas diferentes a la temperatura de referencia (Ec. 2).

$$t_e = \sum e^{-Q \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_s} \right) \Delta t}$$

donde:

t_e = edad equivalente a una temperatura de referencia T_s , en días u horas,

Q = energía de activación dividida por la constante general de los gases, en K,

T_a = temperatura promedio del hormigón durante el intervalo Δt , en K,

T_s = temperatura de referencia, en K y

Δt = intervalo de tiempo, en días u horas.

La ecuación de Arrhenius es una mejor representación de la función temperatura-tiempo que la ecuación de Nurse-Saul, cuando se espera una amplia variación en la temperatura del hormigón. Además, el enfoque de Nurse-Saul es limitado en función de asumir que la tasa de ganancia de resistencia es una función lineal. Sin embargo, la fórmula de Nurse-Saul es más ampliamente utilizada, principalmente debido a su simplicidad. Ambas funciones de madurez se consideran en la Norma ASTM C 1074. [3]

Debido a que la madurez es dependiente sólo de la historia del tiempo y la temperatura del hormigón, los requisitos más básicos de equipo para determinar la madurez son un termómetro y un reloj. Sin embargo, con los años, se han desarrollado varios dispositivos de madurez que

monitorean y registran automáticamente las temperaturas del hormigón en función del tiempo. Estos dispositivos se conectan a termocuplas embebidas en el hormigón y pueden computar la madurez por la ecuación de Nurse-Saul y la ecuación de Arrhenius, a intervalos definidos.[4]

En el caso del presente trabajo se ha desarrollado un prototipo de equipo de medición conjuntamente con un software, con el fin de desarrollar las experiencias. [5]

METODOLOGÍA

Se desarrolló un equipamiento de medición y se complementó con el software que permitió manejar los datos obtenidos. El diseño del sistema incluye una serie de sensores de temperatura conectados a una minicomputadora, registrando además la temperatura sobre la superficie del hormigón (2 cm) Figura 1. La misma lee de los sensores las temperaturas a intervalos prefijados y los registra. Un programa realiza una lectura permanente de la información generada que luego almacena en una base de datos, permitiendo su procesamiento empleando las expresiones de Nurse-Saul para cálculo de madurez y/o de Arrhenius.

Se estudiaron los hormigones de bases de una estructura de ampliación de los laboratorios de la Facultad, monitoreando el desarrollo de la resistencia con la medida de la madurez de los hormigones, con sensores colocados en las mismas. Figuras 4 y 5.

La dosificación se compuso de un cemento portland CPC-40, cemento portland compuesto (hasta tres adiciones) de resistencia 40 MPa (Norma IRAM 50000); arena silícea gruesa de una cantera de la zona; canto rodado silíceo tamaños 1:3 y 1:2 y un aditivo superfluidificante. Las características de los agregados se informan en la Tabla 1.

Las proporciones de los materiales integrantes de la dosificación se resumen en la Tabla 2.

Se confeccionaron probetas cilíndricas de 15x30 para determinar la resistencia a las diferentes edades estudiadas. Las mediciones de temperatura se efectuaron sobre las bases 3, 7 y 10 de la estructura.

Los ensayos de resistencia se realizaron con una Prensa Automática Digital PILOT 4 (Controls de Italia) de 200

tn de capacidad; con visualización gráfica en tiempo real de los datos del ensayo, la curva de carga/tiempo y la velocidad de carga real así como visualización simultánea de la carga, tensión y velocidad de carga real en función de las cargas o de las tensiones.

Las probetas ensayadas se mantuvieron en el ambiente de las bases en las que se realizaban las mediciones durante la experiencia.

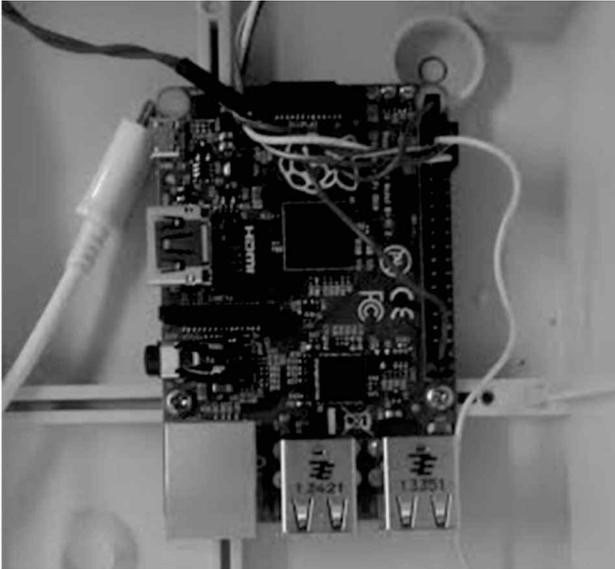


Figura 1. Microcomputadora (Rasberry Pi B+).



Figura 2. Sensores.



Figura 3. Termómetros digitales.



Figuras 4 y 5. Colocación de sensores.

Material	Módulo de finura	Tamaño Máximo	P.U. de Volumen
Arena silícea gruesa	2,69	--	1, 5
Canto Rodado 1:3	7,26	1 “	1, 7
Canto Rodado 1:2	6,70	3/4”	1, 6

Tabla 1: Características de los agregados.

Material	P.e (g/cm ³)	Volumen (litros)	Peso (kg)
Agua	1	158	158
Cemento	3,11	101	315
Arena silícea gruesa	2,62	309	811
Canto Rodado 1:2	2,66	167	444
Canto Rodado 1:3	2,67	249	666
Aditivo	2,5 kg/m ³		
Aire (%)	2		
Asentamiento (cm)	10		
Resistencia promedio a las 28 días	25 MPa		

Tabla 2: Dosificación del hormigón utilizado en las experiencias.

RESULTADOS

Obtenidos los datos de resistencia en los ensayos de compresión de las probetas y los de temperatura con el equipo diseñado para estas experiencias (colocado en las bases), se procedió a correlacionar estos a los tiempos parciales utilizados. (Datos del madurómetro y resistencia a la misma edad).

Se utilizó la fórmula de Nurse-Saul - Madurez (°C.h) para las variables, tiempo, temperatura y resistencia.

Los resultados se informan en las Figuras 6 a 9, los mismos corresponden a los valores medidos en estas experiencias.

Se observan en los mismos una buena correlación entre los valores determinados de madurez y los correspondientes a las resistencias. Los gráficos expresan los valores reales de resistencia de cada base determinados con el ensayo de probetas. Tabla 3.

Los sensores corroboran que el hormigón entregado a la obra cumplía con el valor de resistencia requerido por el pliego (H21). Los valores a 28 días de resistencia así lo confirman.

CONSIDERACIONES FINALES

En función de los resultados obtenidos en esta primera experiencia se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- Los resultados de la experiencia son razonables y se conciben con los que se obtienen en equipos comerciales para la determinación de la madurez en hormigones de este tipo, en otras experiencias.
- El uso de esta metodología permite controlar la totalidad del hormigón recibido, sin necesidad de tomar una cantidad importante de probetas para su posterior ensayo.
- La lectura de los sensores permite establecer la homogeneidad del hormigón y monitorear el desarrollo de la resistencia día a día.
- El método será aplicado en nuestra próxima experiencia al monitoreo de la resistencia en una estructura completa de hormigón (losas, vigas y columnas).

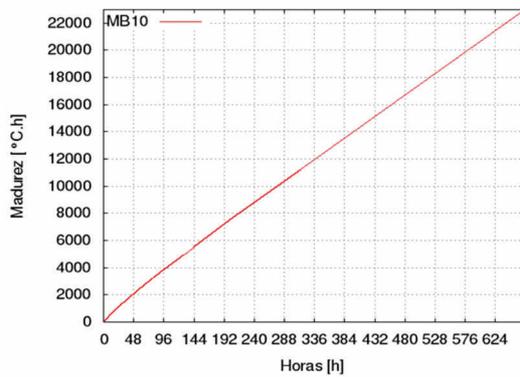


Figura 6. Tiempo vs madurez.

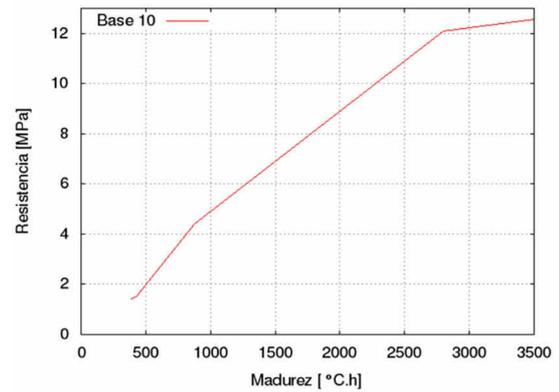


Figura 7. Resistencia vs madurez Base 10.

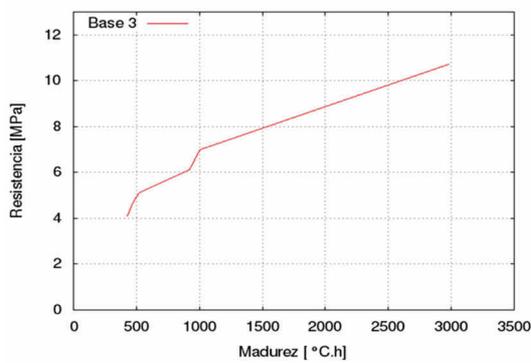


Figura 8. Resistencia vs madurez Base 3.

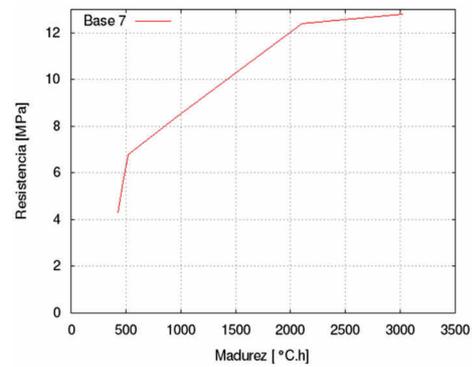


Figura 9. Resistencia vs madurez Base 7.

Base 3		Base 7		Base 10	
Edad horas	Resistencia en MPa	Edad horas	Resistencia en MPa	Edad horas	Resistencia en MPa
9	1,4	--	--	--	--
10	1,5	10	4,1	10	4,0
11	--	11	4,7	11	5,6
12	--	12	5,0	12	6,8
20	4,4	20	--	20	--
21	--	21	6,1	21	--
22	--	--	--	22	8,4
23	--	23	7,0	23	--
68	12,1	73	10,7	74	12,8
667	25,0	--	--	--	--

Tabla 3: Resistencias determinadas de las bases con probetas de hormigón a distintas edades.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Constructora DINALE S.A., a la Empresa elaboradora de hormigón COINAR S.R.L. por la colaboración y datos aportados para realizar las experiencias y a los integrantes del Grupo GIICMA por su colaboración en los ensayos, en particular a la Becarios alumnos de Ing. Civil; Alberto Palacios y Andrea Pereyra.

REFERENCIAS

[1] Peter C. Taylor, Steven H. Kosmatka, Gerald F. Voigt, et al, 2007. Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: a State-of-the-Practice Manual, FHWA Publication No. HIF - 07 – 004 .

[2] ACI 325.11R-01, American Concrete Institute. Accelerated Techniques for Concrete Paving, 2001.

[3] M. F. Barreda, M.J. Naber, I. Quispe Sallo, J.D. Sota. “Fisuras de contracción en pavimentos de hormigón y el aserrado de juntas”. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción. CONPAT 2013. Octubre de 2013. Cartagena de Indias, Colombia.

[4] ASTM C 1074, 1998. Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method.

[5] J.D. Sota, F.A. Avid, M. Chury, P. Moreira. “Medida de la madurez del hormigón de pavimentos urbanos para determinar su resistencia. Diseño de equipamiento”. X Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. CINPAR 2014. 4 al 6 de Junio de 2014. Santiago, Chile.



Ministerio de Educación

***UTN**

**UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA
NACIONAL**

Facultad Regional Concordia

Giicma

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

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

giicma@frcon.utn.edu.ar

www.frcon.utn.edu.ar