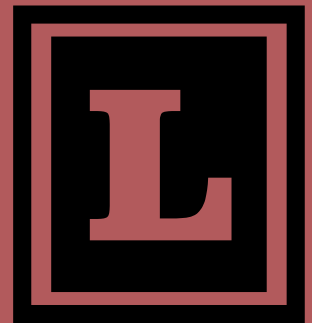


CIENCIA y de los TECNOLOGÍA MATERIALES

**LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO
MULTIDISCIPLINARIO PARA LA
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**



CIENCIA Y de los TECNOLOGÍA MATERIALES

DIRECTOR Dr. Ing. ZEGA, Claudio J.

COMITE EDITOR

Dr. BIDEGAIN, Juan C.

Ing. DI MAIO, Ángel A.

Ing. GIACCIO, Graciela

Dr. Ing. GREGORUTTI, Ricardo

Ing. MARCOZZI, Rosana

Dr. Ing. MOREA, Francisco

Dra. Ing. TORRIJOS, María Celeste

Ing. TRAVERSA, Luis P.

Dra. ROSATO, Vilma G.

Dr. Ing. VILLAGRAN ZACCARDI, Yury A.

Arq. VITALONE, María Cristina

Dr. Ing. ZERBINO, Raúl L.

ÍNDICE

1.- Susceptibilidad a la corrosión localizada y biocompatibilidad de aceros inoxidables de uso quirúrgico. <i>R.W. Gregorutti, J.E. Grau, D. Castrogiovanni, J. Parisi, M. Reigosa, C.I. Elsner</i>	7
2.-Las macrofibras de vidrio y su empleo para el refuerzo de elementos de hormigón <i>B.E. Barragán, G. Giaccio, D.H. Monetti, M.C. Torrijos, R. Zerbino</i>	15
3.- Propiedades de transporte de hormigón con cemento puzolánico. <i>Y.A. Villagrán Zaccardi, V.L. Taus, Á.A. Di Maio</i>	29
4.- El modelo CIELAB, las fórmulas de diferencia de color y el uso de la Norma Europea EN 12878 en morteros y hormigones coloreados. <i>A.López, A.R. Di Sarli</i>	41
5.- Puentes de Hierro sobre el Canal Aliviador N° 15 en el Río Salado, Partido de Castelli. Contribución al patrimonio rural. <i>M. Aversa</i>	55
6.- Campus tecnológico CIC-Gonnet: origen y evolución <i>G.A. Molinari</i>	71



Título:

Ciencia y Tecnología de los Materiales.

Editor responsable:

LEMIT - 52 e/121 y 122. 1900 - La Plata. Buenos Aires. Argentina.

Diseño y diagramación:

Prof. Sebastian Marquez

Cantidad de ejemplares: 500

Las opiniones expresadas en los artículos de esta Revista son responsabilidad exclusiva de los autores. Se permite la reproducción total o parcial de los trabajos, siempre que no se altere su sentido y se anexe los datos bibliográficos completos de la Revista, el artículo y los nombres de sus autores.

The views in the articles of this Journal are the sole responsibility of the authors. Reproducing all or part of the papers is allowed, provided its meaning is not changed and added the complete bibliographic data of the Journal, the article and authors names.



LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durabilidad del Hormigón, Ligantes Hidráulicos y Adiciones Minerales

- Estudio de las reacciones Álcali-Sílice (RAS) y Álcali-Carbonato (RAC)
- Durabilidad de hormigones en suelos salinos
- Adiciones minerales activas (AMA) y aditivos químicos

Hormigones de Cemento Portland

- Estructura y mecanismos de rotura del hormigón
- Evaluación del hormigón con métodos Destructivos y No Destructivos
- Mecanismos de transporte en hormigón endurecido
- Hormigones especiales (Autocompactantes, Reciclados, Coloreados, Reforzados con Fibras)

Patologías y Reparación de Construcciones

- Corrosión de barras empotradas en el hormigón
- Biocorrosión del hormigón
- Relevamiento de estructuras de hormigón armado y vida en servicio
- Técnicas de restauración y conservación del patrimonio construido

Tecnología Vial

- Dosificación de mezclas asfálticas por el sistema SUPERPAVE
- Correlación entre Deformación Permanente y la Viscosidad a Corte Cero
- Medidas de Ahuellamiento y Daños por Humedad en Mezclas Asfálticas
- Grado de performance según Strategic Highway Research Program (SHRP)
- Asfaltos modificados con polímeros

Mineralogía, Petrografía y Sedimentología

- Estudios petrográficos y mineralógicos de rocas utilizadas en materiales de la construcción
- Investigaciones geológicas y geotecnológicas
- Paleomagnetismo y magnetismo de rocas
- Contaminantes metálicos en sedimentos

Procesos de Solidificación, Fundición y Soldadura

- Elaboración de aceros inoxidables Dúplex
- Fundición de hierro
- Métodos de moldeo
- Estatuaria
- Materiales para implantes quirúrgicos y prótesis
- Desarrollo de Noyería Cerámica y elaboración de Impulsores con Baja Rugosidad
- Estudio de Piezas Arqueológicas Pertenecientes al Patrimonio Nacional

ASESORAMIENTO Y SERVICIO TECNOLÓGICO

El LEMIT brinda asesoramiento y servicio tecnológico al sector productivo, en el ámbito público y privado, sobre los siguientes temas:

Rocas

- Ensayos físico-mecánicos
- Análisis petrográficos y mineralógicos
- Evaluación de canteras y yacimientos
- Hormigones de Cemento Portland

Cemento Portland

- Agua para mezclado
- Agregados para morteros y hormigones
- Adiciones minerales
- Estudios de dosificación de hormigones tradicionales y especiales
- Aditivos para hormigón
- Durabilidad del hormigón
- Reacción álcali-sílice (RAS)

Estructuras de Hormigón

- Extracción de testigos
- Evaluación mediante Ensayos destructivos y no destructivos
- Corrosión de armaduras
- Patologías de estructuras

Patrimonio Construido

- Estudios integrales
- Técnicas de reparación y conservación

Materiales de Construcción

- Cales hidráulicas y aéreas
- Yesos e hidrófugos
- Ladrillos
- Baldosas y losetas aglomeradas con cemento
- Azulejos y revestimientos
- Bloques huecos de morteros
- Bloques de hormigón para pavimentos
- Paneles

Fundiciones

- Estudios metalográficos
- Fundición de piezas

Suelos

- Clasificación de suelos
- Análisis granulométricos
- Ensayos de compactación
- Determinación de densidad “in-situ”
- Suelo-cal
- Suelo-cemento
- Estabilizado granulométrico
- Valor soporte

Materiales Bituminosos

- Betunes asfálticos
- Emulsiones bituminosas
- Selladores para juntas
- Membranas asfálticas
- Clasificación de asfaltos por grado de performance (PG de SHRP)

Mezclas Bituminosas para Pavimentos

- Agregados para mezclas bituminosas
- Proyectos de mezclas y tratamientos bituminosos
- Diseño de mezclas según SUPERPAVE (SHRP)
- Ensayos de ahuellamiento (WTT)
- Ensayo de Hamburgo (HWTT)

Ensayos Físico-Mecánicos

- Metales ferrosos y no ferrosos
- Maderas
- Plásticos
- Tubos y accesorios para agua y cloacas
- Barras para hormigón
- Cables para hormigón pretensado
- Elementos de seguridad
- Caños y conexiones de mortero y hormigón

EDITORIAL

La revista Ciencia y Tecnología de los Materiales tiene como propósito favorecer la divulgación e intercambio con el medio científico y productivo de los estudios sobre distintos materiales que se desarrollan en el LEMIT. El lector podrá encontrar artículos que muestran los resultados obtenidos en diferentes líneas de investigación, o que surgen ante la necesidad de dar solución a problemáticas de aplicación específica.

En este número de Ciencia y Tecnología de los Materiales se incluyen seis trabajos que involucran una gran diversidad de temas. En el primer trabajo se estudian dos tipos de aceros inoxidable de uso en implantes quirúrgicos frente a la susceptibilidad a la corrosión localizada, mediante ensayos de polarización cíclica, y la citotoxicidad a partir de la evaluación de la biocompatibilidad. El trabajo presentado en segundo término describe el comportamiento postpico de hormigones reforzados con distintos contenidos de macrofibras de vidrio. En el mismo, se presentan también resultados obtenidos en dos estudios recientes, uno referido a la orientación del refuerzo en paneles delgados elaborados con hormigones autocompactantes reforzados con macrofibras de vidrios, y otro referido a la respuesta en estado fisurado bajo cargas de larga duración de prismas de hormigón destinado a la construcción de un piso industrial. El tercer trabajo comprende la evaluación de distintas propiedades relacionadas con la penetrabilidad de agentes externos a la estructura porosa de hormigones de distinto nivel resistente elaborados con cemento Portland puzolánico (CPP). A continuación, el cuarto trabajo trata sobre la valoración del color de las superficies de mezclas cementíceas elaboradas con distintos tipos de pigmentos y su interacción con cementos gris y blanco. Se valora la diferencia de color según dos formulas diferentes y se analiza la correlación del color entre morteros y hormigones. El quinto trabajo presenta un análisis de dos puentes construidos a principios del siglo XX sobre el canal N°15, aliviador del Río Salado, Partido de Castelli, relacionando las obras de ingeniería al territorio y contexto socio-económico de la época. En el trabajo final se presenta una reseña histórica sobre la construcción del Campus Tecnológico de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, ubicado en la localidad de Manuel B. Gonnet.

La Plata, Octubre de 2016.-

SUSCEPTIBILIDAD A LA CORROSIÓN LOCALIZADA Y BIOCOMPATIBILIDAD DE ACEROS INOXIDABLES DE USO QUIRÚRGICO

SUSCEPTIBILITY TO LOCALIZED CORROSION AND BIOCOMPATIBILITY OF STAINLESS STEELS FOR SURGICAL USE

R. W. Gregorutti¹, J. E. Grau¹, D. Castrogiovanni², J. Parisi², M. Reigosa², C. I. Elsner³

- 1.- Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)
- 2.- Instituto Multidisciplinario de Biología Celular (IMBICE, CONICET-CIC)
- 3.- Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT, CIC-CONICET-UNLP)

7

RESUMEN

La resistencia a la corrosión y biocompatibilidad son algunas de las propiedades más importantes que deben cumplir las aleaciones destinadas a la fabricación de implantes quirúrgicos. En el presente trabajo, se analizó la susceptibilidad a la corrosión localizada y la citotoxicidad de los aceros inoxidables ASTM F745 y Dúplex ASTM A890 Tipo 5A. La susceptibilidad a la corrosión localizada se evaluó mediante ensayos de polarización cíclica usando una solución acuosa de 0,9% de NaCl a 37°C y pH entre 4 y 9. Por otro lado, los bioensayos desarrollados para evaluar la citotoxicidad fueron los de rojo neutro (RN), MTT y colágeno Tipo I, de acuerdo a NORMA ISO 10995-5, empleando como sustrato diana la línea celular osteoblástica de rata, UMR-106 (ATCC, CRL-1661). Paralelamente se realizó la técnica de contacto directo, donde se cultivaron las células UMR-106 sobre las superficies pulidas y esterilizadas de las aleaciones mencionadas para determinar la biocompatibilidad de las mismas.

Los ensayos de polarización cíclica indicaron que el inoxidable Dúplex presenta una menor susceptibilidad a sufrir picado y una mayor capacidad de repasivación que el acero inoxidable austenítico ASTM F745. La mejor respuesta a la corrosión del acero inoxidable Dúplex, puede atribuirse a su mayor contenido de Cr y N que incrementan el índice de resistencia a la corrosión por picado (PREN: Pitting Resistance Equivalent Number), en medios que contienen iones cloruro.

Los bioensayos de RN, MTT y colágeno tipo I, demostraron la ausencia de compuestos citotóxicos liberados al medio de extracción. La técnica de contacto directo puso en evidencia que las células UMR-106 se adhieren a las superficies de las aleaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos con la metodología de análisis empleada se puede concluir que ambos aceros inoxidable poseen una alta biocompatibilidad.

Palabras clave: *Implantes quirúrgicos, corrosión localizada, biocompatibilidad.*

ABSTRACT

Corrosion resistance and biocompatibility are some of the most important properties to be satisfied by the alloys used to elaborate surgical implants. In the present work, the susceptibility to localized corrosion and cytotoxicity of ASTM F745 austenitic and ASTM A890 Type 5A Duplex stainless steels were analyzed. ASTM F745 is used for cast implant, while Duplex steel has also been investigated for orthodontic bracket fabrication.

Susceptibility to localized corrosion was evaluated by means of cyclic polarization tests using aqueous solution of 0.9 wt % NaCl at 37 °C and pH between 4 and 9. On the other hand, cytotoxicity was analyzed by neutral red (NR), methyl tetrazolium (MTT) and collagen type I assays, according to ISO 10995-5 Standard, using the rat osteoblastic cell line UMR-106 (ATCC, CRL-1661). Complementing the biological studies, the technique of direct contact was performed, by which the UMR-106 cells were cultivated on the alloys surfaces, previously sterilized, to evaluate the biocompatibility.

Cyclic polarization tests revealed that Duplex stainless steel has a lower susceptibility to pitting corrosion and a greater repassivation capacity than ASTM F745 austenitic stainless steel. The better anti-corrosion behavior of the duplex stainless steel can be ascribed to its higher Cr and N content, that increase the Pitting Resistance Equivalent Number (PREN) in media containing Cl⁻ ions.

From the biological perspective, RN, MTT and collagen type I assays, show the absence of cytotoxic compounds released to the environment from both stainless steels. At the same time, the direct contact technique showed that UMR-106 cells adhere to smooth surfaces of the alloys.

According to the methodology of analysis used, it can be concluded that both stainless steels have a high biocompatibility.

Keywords: *surgical implants, localized corrosion, biocompatibility.*

INTRODUCCIÓN

Los aceros inoxidable austeníticos ASTM F138 y ASTM F745 son usados para elaborar distintos tipos de prótesis e implantes quirúrgicos, además de ser usados en odontología para alambres de ortodoncia. Estos aceros se caracterizan por poseer una aceptable biocompatibilidad, y fundamentalmente, por su bajo costo respecto de las aleaciones de Ti y Co-Cr-Mo. Sin embargo, su resistencia a la corrosión es menor, por lo que presenta mayor susceptibilidad a sufrir procesos de corrosión localizada tales como, corrosión por picado, por crevice y corrosión bajo tensión.

Otra desventaja de los aceros inoxidable austeníticos es el porcentaje de Ni (12-14%),

elemento que puede causar reacciones alérgicas y sistémico-tóxicas [1-4]. Por estos motivos, se ha evaluado al acero inoxidable Dúplex como posible sustituto de los aceros inoxidable austeníticos, existiendo referencias bibliográficas que analizan este material en aplicaciones ortopédicas, incluyendo estudios de biocompatibilidad in vitro, y en aplicaciones odontológicas [5-11]. El acero inoxidable Dúplex se diferencia del los aceros ASTM F138 y ASTM F745 en que presenta mayor contenido de Cr y menor contenido de Ni, lo que genera una estructura bifásica consistente en ferrita y austenita, en proporciones aproximadas al 50 %, como se ilustra en la Figura 1.

Los implantes están sometidos al medio fisiológico corrosivo del cuerpo humano, el que a su vez puede disminuir su pH debido a hematomas, inflamaciones e infecciones de los tejidos adyacentes, volviéndose más agresivo aún. En este contexto, en el presente trabajo se evaluó la susceptibilidad a la corrosión localizada en medios que simulan el entorno del cuerpo humano a distintos pH, y la biocompatibilidad de los aceros inoxidables ASTM F745 y Dúplex, mediante estudios de citotoxicidad.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los aceros inoxidables ASTM F745 y Dúplex fueron obtenidos por fusión y colado en horno de inducción. Posteriormente, fueron sometidos a tratamientos térmicos de solubilizado, para disolver carburos y fases fragilizantes, como la fase sigma (Fe-Cr). Las composiciones químicas obtenidas se detallan en la Tabla 1.

La susceptibilidad a la corrosión localizada se evaluó mediante ensayos de polarización cíclica usando una solución acuosa de NaCl al 0,9% a 37°C con pH entre 4 y 9. La solución fue deaireada burbujeando N₂ durante una hora. En la celda electroquímica el material a estudiar fue el electrodo de trabajo (cilindro con área expuesta de 3 cm²), como referencia se usó un electrodo de calomel saturado (ECS) y como contra electrodo una banda de gran área de acero inoxidable en arreglo cilíndrico. El barrido de potencial fue realizado con un potenciostato/galvanostato PAR 273A acoplado a una PC y comandados por el programa CorrWear. El barrido de potencial se inició en un valor 0,2 V más catódico que el potencial de circuito abierto (E_{ca}) del sistema y se continuó en sentido anódico, definiendo la condición de inversión de la dirección de barrido en un potencial de 3 V vs. el potencial del ECS o en valor máximo permisible de la densidad de corriente de 1.10⁻⁴ A/cm². La velocidad de barrido fue de 0,167 mV/s.

Los ensayos de biocompatibilidad se realizaron empleando la línea celular osteoblástica de rata UMR-106 (ATCC, CRL-1661), la que fue cultivada en medio DMEM 10% SBF a 37°C y 5% de anhídrido carbónico. El material a ensayar se puso en contacto con el vehículo de extracción

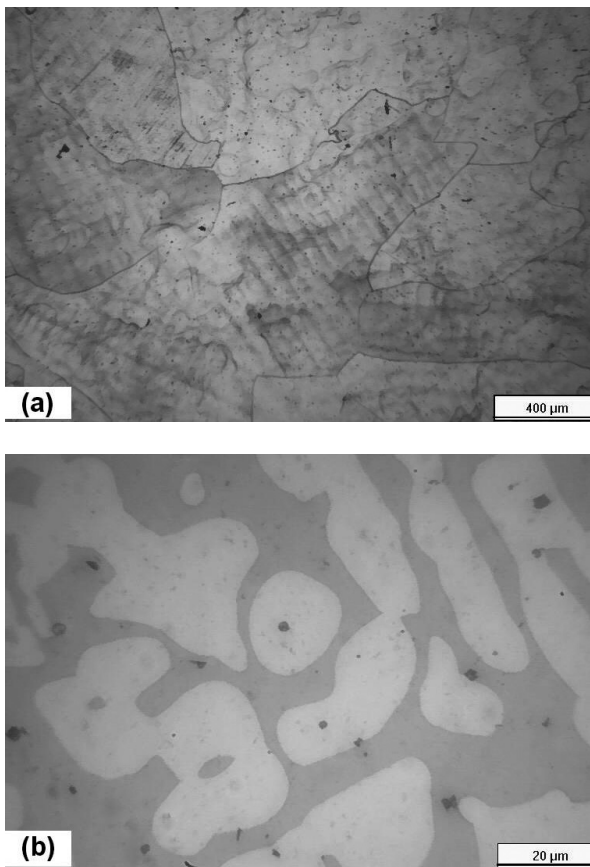


Figura 1. (a) Inoxidable austenítico ASTM F745; (b) Inoxidable Dúplex. Ambos en estado de solubilizado.

Tabla 1: Composición química, en masa %, de los aceros inoxidables analizados

Acero	C	Cr	Ni	Mo	Si	Mn	N
ASTM F745	0,04	18,09	12,46	2,02	0,49	0,9	-
Dúplex	0,03	25,22	7,07	4,10	1,00	0,78	0,30

(VE), consistente en el medio de cultivo, durante 72 horas a 37°C, siguiendo la relación superficie/volumen de 2 cm²/mL, de acuerdo a lo especificado por la NORMA ISO 10995-5. Los bioensayos desarrollados para evaluar la citotoxicidad fueron los de rojo neutro, ensayo de reducción del bromuro de 3(4,5 dimetil-2-tiazolil)-2,5-difeniltetrazolico y ensayo de colágeno Tipo I.

Paralelamente se realizó la técnica de contacto directo. Dicha técnica pone en evidencia la competencia existente entre las células y el producto a analizar. Las células UMR-106 fueron cultivadas conjuntamente sobre las superficies pulidas y esterilizadas de las aleaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Susceptibilidad a la corrosión localizada

La susceptibilidad a la corrosión localizada fue evaluada mediante el ensayo de polarización cíclica, por el cual es posible determinar el potencial de corrosión (E_{Corr}), el potencial de ruptura de la película pasiva (E_{Rupt}) y el potencial de protección o repasivación (E_{Repas}). El E_{Corr} es el potencial de circuito abierto que adquiere el

material en contacto con el medio corrosivo cuando no hay circulación neta de corriente; el E_{Rupt} es el potencial a partir del cual se rompe la pasividad del material y se observa un aumento considerable de la corriente de disolución y el E_{Repas} es el potencial al cual se completa el lazo de histéresis, denotando la repasivación del material. Cuanto mayor sea la diferencia ($E_{Rupt} - E_{Corr}$) mayor será el rango de pasividad del material en el medio considerado y, por lo tanto, menor será su tendencia a desarrollar un proceso de picado. A su vez, cuanto menor sea la diferencia ($E_{Rupt} - E_{Repas}$) mayor será la capacidad de repasivación del material. En las Figuras 2 a 4 se ilustran las curvas de polarización cíclica obtenidas para ambos materiales al ser expuestos al electrolito en las distintas condiciones de pH consideradas. El detalle de los valores de potencial significativos para el presente análisis se presenta en la Tabla 2.

Ambos materiales mostraron valores de E_{Corr} en el rango -0,34/-0,18 V(ECS). En ningún caso se observaron tendencias monótonas de variación con el pH. Una diferencia significativa de comportamiento entre ambos materiales radica no sólo en el amplio rango de pasividad presentado por el acero Dúplex, sino que también para todas las

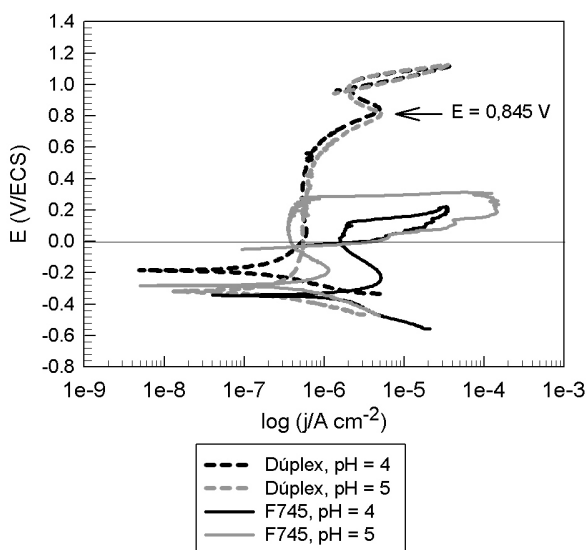


Figura 2. Curvas de polarización obtenidas a pH 4 y 5.

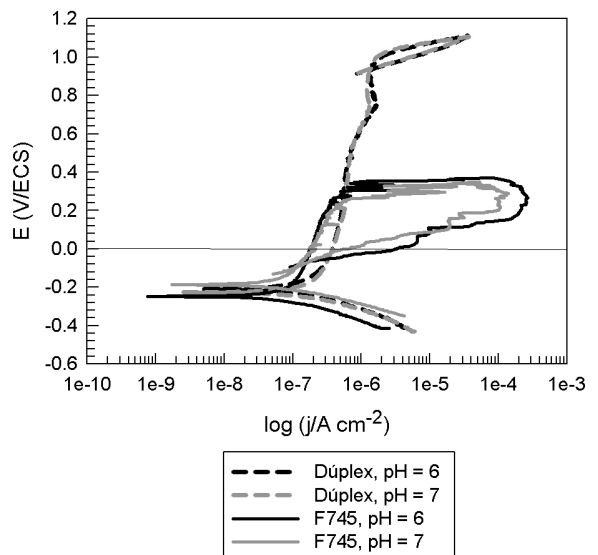


Figura 3. Curvas de polarización obtenidas a pH 5 y 6.

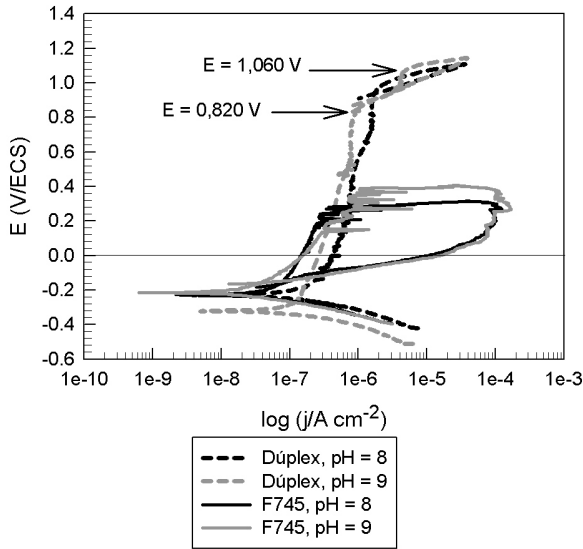


Figura 4. Curvas de polarización obtenidas a pH 8 y 9.

condiciones de pH consideradas, el E_{Repas} estuvo muy próximo al E_{Rupt} , lo que permite establecer que para este material su condición de pasividad resulta más estable y por ende le confiere mayor potencial para ser utilizado como biomaterial.

Tomando como referencia el criterio teórico definido por el índice de resistencia a la corrosión por picado (PREN: Pitting Resistance Equivalent Number), en medios que contienen iones cloruro, ec. (1) [12], este comportamiento podría ser atribuido a su mayor contenido de Cr y Mo y a la presencia de N en su composición.

$$PREN = \%Cr + 3,3\%Mo + 16\%N \quad (1)$$

De acuerdo a las composiciones químicas indicadas en la Tabla 1, el valor del PREN para el acero Dúplex fue de 43,5, sensiblemente mayor al correspondiente al acero ASTM F745 cuyo valor fue de 24,8, lo que estaría indicando una mayor resistencia al picado del primero.

Una particularidad que presentaron las curvas obtenidas para el acero Dúplex fue la definición

de un pico anódico de corriente a potenciales cercanos a 0,845 V(ECS); la definición del pico fue haciéndose menos notoria a medida que se alcalinizaba el electrolito. Tomando como referencia comportamientos similares reportados en la bibliografía este pico podría atribuirse a la generación de iones solubles. En el caso de materiales con alto contenido de Cr, como los aceros inoxidable analizados en el presente trabajo, se ha reportado que a altos potenciales, el Cr podría oxidarse formando iones dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$), que son solubles en la solución de NaCl utilizada. El proceso se conoce como disolución transpasiva, y decrece hasta el inicio de una pasivación secundaria de origen desconocido [13]. Este proceso podría explicar la respuesta registrada a pH = 9, donde se observó un aumento de la densidad de corriente a 0,853 V/ECS y luego una breve segunda pasivación hasta 1,063 V/ECS.

Ensayos de biocompatibilidad

Los ensayos de biocompatibilidad se realizaron para evaluar la citotoxicidad de los aceros inoxidable analizados. Se entiende por citotoxicidad a la disminución de la proliferación celular inducida por un agente físico, químico o biológico. Los bioensayos se realizaron usando la línea celular UMR-106 debido a que su colágeno es similar al producido por los huesos del cuerpo humano, y fueron los siguientes:

- Ensayo de Rojo Neutro (RN): Esta técnica evalúa la pérdida de la viabilidad celular. Un determinado compuesto se denomina citotóxico cuando interfiere en el proceso de división y multiplicación celular, provocando una disminución de la velocidad de crecimiento celular, lo que se manifiesta en el número de células presentes en el cultivo.
- Ensayo de reducción del bromuro de 3(4,5 dimetil-2-tiazolil)-2,5-difeniltetrazolico (MTT): Este ensayo determina la viabilidad celular, a partir de la capacidad de las células de reducir al MTT a un compuesto denominado

formazan, después de su exposición ante el compuesto cuya toxicidad se pretende evaluar.

- Ensayo de determinación de colágeno Tipo I: El ensayo consiste en la coloración del colágeno producido por las células osteoblásticas, mediante un dado colorante, en una solución saturada de ácido pícrico. El colorante fijado al colágeno se extrae y luego se mide su absorbancia.

En la Figura 5 se ilustran los resultados del ensayo de RN, donde si bien se observa una ligera disminución en el porcentaje de viabilidad celular en el cultivo correspondiente al acero Dúplex, las diferencias no son significativas respecto del control de referencia (CTR), siendo los porcentajes de viabilidad obtenidos de 98,3% para el ASTM F745 y de 94.1% para el Dúplex.

En cuanto al ensayo MTT, su reducción depende de la actividad metabólica mitocondrial, por lo tanto, las células con un metabolismo lento reducen muy poco MTT, mientras que las células que se dividen rápidamente exhiben altas tasas de reducción de MTT. Los valores reportados en la Figura 6 muestran que la viabilidad de las células plantea valores cercanos a CTR para ambos aceros inoxidable, dentro de los errores experimentales, lo que indica la ausencia de compuestos tóxicos que pueden afectar el metabolismo mitocondrial de las células.

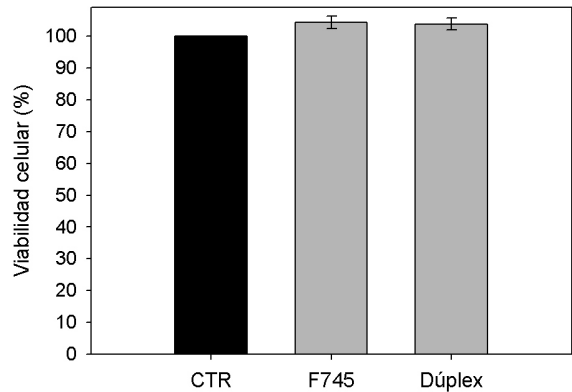


Figura 6. Ensayo MTT.

Por otro lado, el colágeno de Tipo I constituye 85% de la matriz extracelular del hueso y tiene un efecto importante en la diferenciación y la función de los osteoblastos que participan en la osteointegración del implante. El ensayo consiste en la coloración del colágeno producido por las células osteoblásticas en solución de ácido pícrico saturado. Este colorante se extrae y luego se mide su absorbancia para determinar la cantidad de colágeno producido. Los resultados mostrados en la Figura 7 revelan que la producción de colágeno alcanzó valores similares para ambos aceros inoxidable, siendo 94,0% para F745-SS y 91,7% para Dúplex-SS, por lo que se podría inferir que estos materiales no causan interferencia significativa en el la función de los osteoblastos.

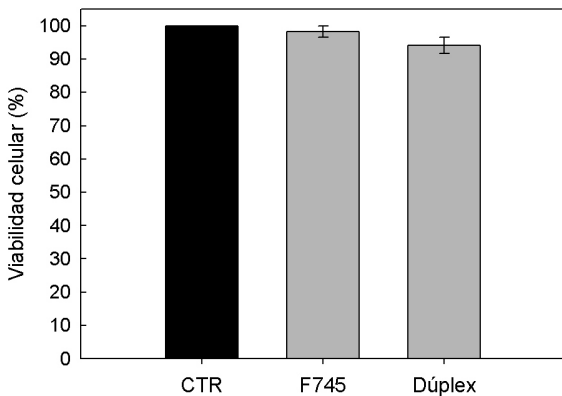


Figura 5. Ensayo de Rojo Neutro.

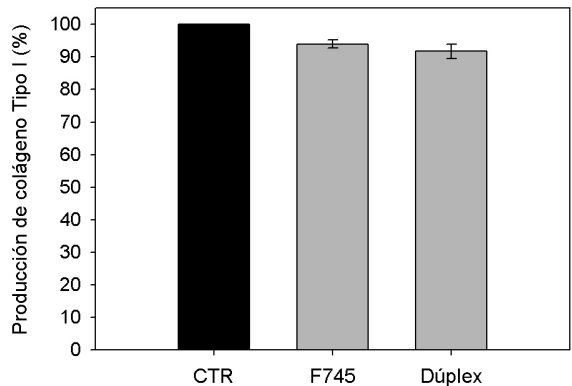


Figura 7. Producción de colágeno Tipo I.

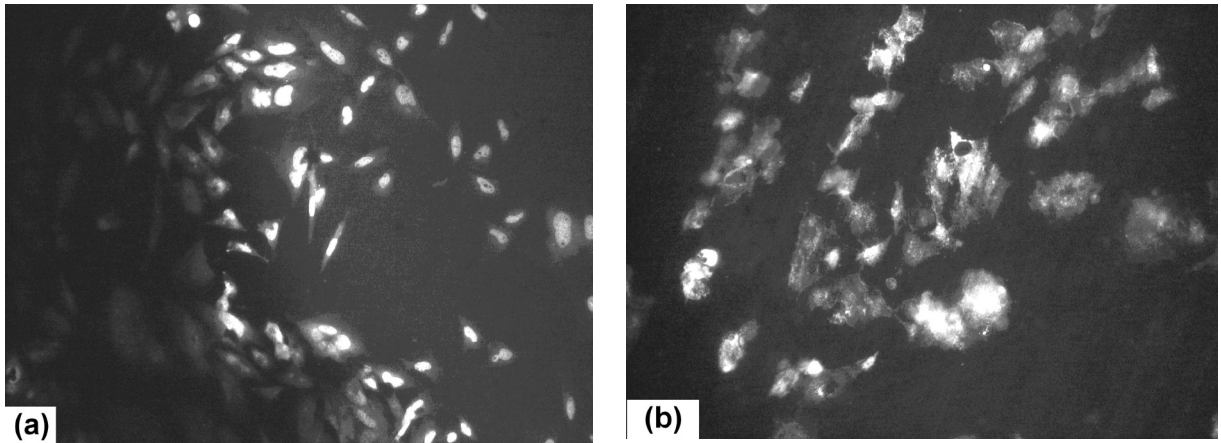


Figura 8. Células UMR-106 sembradas sobre las superficies de los aceros. a) ASTM F745 y (b) Dúplex.

Como complemento de los ensayos citotóxicos, la Figura 8 muestra las células UMR-106 cultivadas en las superficies de los respectivos aceros inoxidable. Las células se colorearon con naranja de acridina para obtener un contraste más alto, encontrándose que la adherencia celular en las superficies ocurrió sin cambios en su morfología. Este resultado indica que ambos materiales permitirían una proliferación celular aceptable, lo que favorece la osteointegración.

Conclusiones

En las condiciones de ensayo consideradas el acero inoxidable Dúplex ha mostrado menor susceptibilidad a sufrir corrosión localizada que el acero ASTM F745, al poseer un rango de pasividad más amplio y una mayor capacidad de repasivación. Estas propiedades no presentaron

variaciones significativas en el rango de pH considerado.

En cuanto a los bioensayos realizados para evaluar la citotoxicidad de ambos aceros, se ha observado que la viabilidad celular ha sido satisfactoria, evidenciando la ausencia de compuestos citotóxicos liberados al medio, en las condiciones de ensayo establecidas. Al mismo tiempo, las células sembradas sobre las respectivas superficies no sufrieron cambios en su morfología. De acuerdo a estos resultados, los aceros inoxidable analizados presentan una muy buena biocompatibilidad.

Agradecimientos

Al LEMIT, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, al CONICET y a la UNLP, por el apoyo económico brindado para el desarrollo del trabajo.

REFERENCIAS

- 1.- M. Niinomi, Metallurgical and Materials Transactions 33 A (2002) 477.
- 2.- W. Bal, H. Kozlowsky, K. Kasprzak, Journal of Inorganic Biochemistry 79 (2000) 213.
- 3.- K. Yang, Y. Ren, Science and Technology of Advancedmaterials 11 (2010) 1.
- 4.- M. Sumita, T. Hanawa, S.H. Teoh, Materials Science and Engineering C 24 (2004) 753.

- 5.- A. Cigada, G. Rondelli, B. Vicentini, M. Giacomazzi, A. Roos, *Journal of Biomedical Material Research* 23 (1989) 1087.
- 6.- A. Cigada, G. De Santis, A. M. Gatti, A. Roos, D. Zaffè, *Journal of Applied Biomaterials* 4 (1993) 39.
- 7.- M. M. Beloti, J. M. D. A. Rollo, A. Itman Filho, A.L. Rosa, *Journal of Applied Biomaterials & Biomechanics* 2 (2004) 162.
- 8.- J. Pan, C. Karlén, C. Ulfvin, *Journal of The Electrochemical Society* 147 (2000) 1021.
- 9.- K. Oh, Y. Kim, Y. Park, K. Kim, *Journal of Biomedical Material Research B: Applied. Biomaterials* 69 (2004) 183.
- 10.- A. Kocijan, M. Conrado, *Materials and Technology* 44 (2010) 21.
- 11.- J. A. Platt, A. Guzman, A. Zuccari, D. W. Thornburg, B. F. Rhodes, Y. Oshida, B. K. Moore, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 112 (1997) 69.
- 12.- G. S. Frankel, *Metals Handbook 13A Corrosion Fundamentals, Testing and Protection* (pp. 591-599). ASM International Ohio (2003).
- 13.- J. G. N. Thomas, G. Hinds (Ed.), *The electrochemical of Corrosion* (pp. 1-25). Jeeva4384 Publisher (2014).

LAS MACROFIBRAS DE VIDRIO Y SU EMPLEO PARA EL REFUERZO DE ELEMENTOS DE HORMIGON

GLASS MACROFIBERS AND THEIR USED FOR CONCRETE ELEMENTS REINFORCEMENT

B.E. Barragán¹, G. Giaccio², D.H. Monetti³, M.C. Torrijos⁴, R. Zerbino⁵

1.- Owens Corning

2.- Investigador Independiente CIC, LEMIT, Fac. de Ing. UNLP.

3.- Investigador Fac. de Ing. UNLP.

4.- Investigador Adjunto CONICET, LEMIT, Fac. de Ing. UNLP.

5.- Investigador Principal CONICET, LEMIT, Fac. de Ing. UNLP. zerbino@ing.unlp.edu.ar

15

RESUMEN

La incorporación de fibras otorga al hormigón capacidad de transferencia de cargas y control de la fisuración, con beneficios directos en la durabilidad de las estructuras. Si bien el vidrio resistente a los álcalis es excelente en cuanto a su adherencia y rigidez, hasta hace poco sólo se utilizaban microfibras para el control de la fisuración en estado plástico. Las macrofibras de vidrio abren nuevas posibilidades de aplicación, proveen refuerzo frente a efectos de la contracción térmica o por secado e incluso pueden actuar como armadura primaria. Estas macrofibras se distribuyen fácilmente en la mezcla fresca y son afines a la matriz cementícea favoreciendo la adhesión, poseen excelente resistencia a las condiciones ambientales e incrementan ligeramente la resistencia de primera fisura en el hormigón. Este trabajo describe la respuesta postpico típica observada para diferentes contenidos de macrofibras de vidrio y presenta dos estudios recientes, el primero comprende hormigones autocompactantes reforzados con macrofibras de vidrio y analiza la orientación del refuerzo en paneles delgados por efecto del flujo y el segundo estudia la respuesta en estado fisurado bajo cargas de larga duración de prismas fabricados con el hormigón utilizado para la construcción de un piso industrial.

Palabras clave: macrofibras de vidrio, hormigón reforzado con fibras, creep, capacidad residual.

ABSTRACT

The incorporation of fibers confers load transfer capacity to concrete and controls cracks propagation,

with direct benefits for the structures durability. Although alkali resistant glass is excellent regarding adherence and stiffness, only microfibers have been used for controlling plastic shrinkage cracking. Glass macrofibers open new possibilities of application, provide reinforcement for thermal or drying shrinkage and they can even be used as primary reinforcement. These fibers disperse easily in the fresh mix and they have a total affinity with the cementitious matrix, they have excellent resistant against environmental conditions and slightly increase the first peak concrete stress. This work describes the typical post peak response observed for different contents of glass macrofibers and shows two recent studies, the first one includes self compacting concretes reinforced with glass macrofibers and analyzes the orientation of the reinforcement in thin walls due to the flow effect and the second studies the response under long term loads of cracked beams elaborated with a concrete used for the construction of an industrial floor.

Keywords: *glass macrofibers, fiber reinforced concrete, creep, residual capacity.*

INTRODUCCIÓN

La incorporación de fibras al hormigón da lugar a un material de alto desempeño; las fibras controlan la propagación, ancho y espaciamiento de fisuras, incrementan la capacidad de transferencia de cargas en estado fisurado y mejoran el comportamiento en estado límite de servicio. El Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) representa un material especialmente ventajoso en el caso de estructuras hiperestáticas como pisos industriales y pavimentos, que constituyen típicos ejemplos de aplicación. En estos casos, no sólo se producen ahorros en tiempos constructivos sino que la resistencia postfisuración del HRF incrementa la capacidad de carga estructural; además las fibras son particularmente efectivas para prevenir la fisuración por retracción y permiten reemplazar total o parcialmente la armadura de refuerzo convencional.

Si bien el uso de fibras como alternativa al refuerzo con malla electrosoldada o barras convencionales de acero es muy frecuente en la construcción de pisos, todavía está muy por debajo de su potencialidad. La falta de reglamentos específicos y/o la mera existencia de métodos de diseño semiempíricos muy conservadores, hizo que muchas veces no se adoptara el HRF como una alternativa competitiva; un avance muy importante constituye la introducción de apartados

específicos para el diseño de elementos con HRF en el fib Model Code 2010 (1). Dicho reglamento utiliza para la caracterización del HRF el ensayo de flexión que establece la norma EN 14651 (2) y en base a los parámetros allí obtenidos establece clases resistentes de HRF (los parámetros que considera la norma son la resistencia de primera fisura (f_L) y las resistencias residuales f_{R1} y f_{R3} que se corresponden con aperturas de fisura iguales a 0,5 y 2,5 mm).

El reciente desarrollo de macrofibras de vidrio resistente a los álcalis que, además de controlar la fisuración en estado fresco, pueden actuar como armadura primaria aparece como alternativa para reemplazar al refuerzo de acero en aplicaciones específicas (3). Estas fibras otorgan al hormigón altas resistencias residuales para pequeñas aperturas de fisura lo que las hace particularmente aptas para uso en pavimentos y pisos industriales. Como ejemplos, las macrofibras de vidrio se han utilizado en losas de 250 mm de espesor en el Aeródromo Avialsa en España reemplazando las mallas de acero mediante la incorporación de 5 kg/m³ de fibras; en un whitetopping de 100 mm de espesor sobre una autopista en Alemania con 12 kg/m³ de fibras, o en el Maui Bridge Project en Hawai, donde se incorporaron 8 kg/m³ de fibras a la losa para mejorar la resistencia a la fatiga y

reducir la fisuración por contracción. También han sido utilizadas como soluciones estructurales para viviendas para realizar pisos y cubiertas autonivelantes. Recientemente se realizó una prueba en Argentina durante la construcción de un piso industrial con hormigón bombeado que incorporaba 10 kg/m^3 de fibras (4).

Este trabajo describe las propiedades mecánicas y la respuesta residual típica que otorga al hormigón el refuerzo con macrofibras de vidrio y presenta dos experiencias recientes: en primer lugar el desarrollo en laboratorio de hormigones autocompactantes con macrofibras de vidrio para estudiar la orientación del refuerzo por efecto del flujo en paneles delgados y en segundo término, la respuesta de prismas en estado fisurado bajo cargas de larga duración fabricados con el hormigón utilizado para construir dicho piso industrial.

RESISTENCIA Y CAPACIDAD RESIDUAL QUE OTORGAN LAS MACROFIBRAS AL HORMIGON

La resistencia (1700 MPa) y el módulo de elasticidad del vidrio (72 GPa) resultan ideales para reforzar materiales frágiles como el hormigón. Las macrofibras de vidrio son afines a la matriz de cemento portland lo que favorece su adhesión. A la vez resultan particularmente aptas para sobrellevar

condiciones ambientales con alta humedad y por otro lado resistentes a temperaturas elevadas.

Las macrofibras de vidrio empleadas en las experiencias que se presentan en este artículo tienen 36 mm de largo y relación longitud/diámetro = 67; las dosis recomendadas varían entre 5 y 15 kg/m^3 . Estas fibras se suelen incorporar al hormigón fresco previo a la descarga y luego de unos pocos minutos adicionales de mezclado, sea en hormigoneras tradicionales o en camiones tipo mixer, se distribuyen fácilmente y en forma uniforme en la mezcla (Figura 1); en general se recomienda no prolongar el mezclado en exceso. El HRF puede ser transportado, compactado y terminado con medios convencionales y también pueden obtenerse mezclas fluidas y autocompactantes.

Respecto a la influencia de estas macrofibras en la resistencia y capacidad residual del hormigón, la Figura 2 muestra la respuesta a flexión tensión-apertura de fisura (CMOD) típica de hormigones de 25 MPa de resistencia característica a compresión, que incorporan $0, 5, 10$ y 15 kg/m^3 de macrofibras. Se observa que la tensión máxima coincide con la tensión de primera fisura (f_t) pero, a diferencia de lo que suele ocurrir con macrofibras sintéticas o de acero, a medida que crece el contenido de refuerzo se incrementa la resistencia de primera fisura,

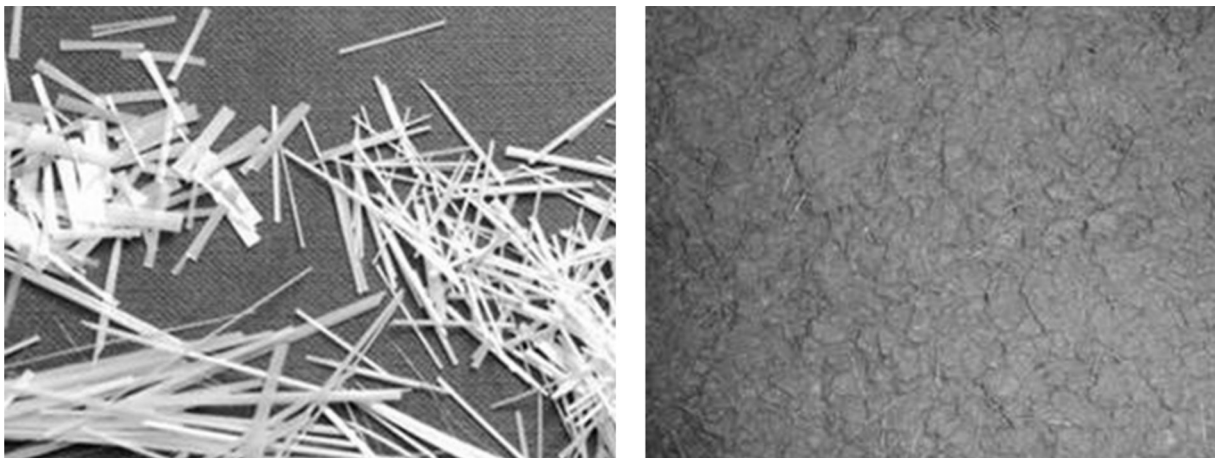


Figura 1. Aspecto de las macrofibras de vidrio y del HRF en estado fresco.

hecho que se atribuye a la excelente adhesión de estas fibras. Además se aprecia que para aperturas de fisura bajas-medias la resistencia residual (f_{R1} a $CMOD = 0,5$ mm) es elevada y luego se produce una caída progresiva de la capacidad portante.

Cabe destacar que si bien se verifica un decrecimiento importante para grandes aperturas de fisura, es casi exclusivamente la resistencia residual f_{R1} la que determina el comportamiento de estructuras altamente hiperestáticas. El fib Model Code (1) propone una formulación genérica para todo tipo de elementos estructurales, no para el caso específico de pisos con su alto grado de hiperestaticidad que conduce a muy pequeñas aperturas de fisura ($< 0,5$ mm) para la carga última de las losas. Esto mismo se da para el caso de pavimentos de hormigón donde por ejemplo el Método de Diseño Estructural AASHTO 93 también limita las fisuras admisibles a 0,5 mm cuando evalúa el uso de armaduras. Por tanto el cálculo debiera ser guiado básicamente por valores de f_{R1} . En el mismo sentido, otras guías de diseño de pisos (5) proponen el uso de valores medios de resistencia residual. En base a estas consideraciones las soluciones con HRF resultan más competitivas, manteniendo el nivel adecuado de seguridad.

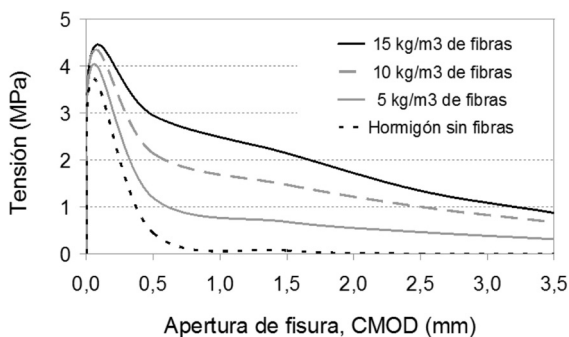


Figura 2. Respuesta tensión - apertura de fisura en flexión de un hormigón con diferentes contenidos de macrofibras de vidrio. EN 14651

EXPERIENCIAS

En este apartado se presentan dos experiencias

recientes de hormigones elaborados con macrofibras de vidrio. En primer lugar en estudios de laboratorio se verificó la posibilidad de incorporar estas fibras en hormigones autocompactantes y se analizó en particular la influencia de la orientación del refuerzo por efecto del flujo con el fin de optimizar su uso en elementos delgados. En segundo término con un hormigón bombeado reforzado con 10 kg/m^3 de macrofibras se moldearon en obra probetas prismáticas que, luego de fisuradas, se sometieron a cargas de larga duración a fin de estudiar la evolución de la apertura de fisura para analizar la influencia de las fibras en estructuras típicas que trabajan en estado fisurado como es el caso de los pavimentos.

Orientación de las macrofibras en paneles delgados fabricados con hormigón autocompactante

Dada la estrecha relación entre el número de fibras en las superficies de fractura y los parámetros postpico del HRF, la eficiencia del refuerzo dependerá para cada tipo y contenido de fibra de su distribución y orientación. Se ha demostrado que aunque las fibras se distribuyan homogéneamente durante el mezclado las condiciones de llenado y compactación pueden modificar su orientación dentro de los elementos estructurales, en particular si se trata de elementos delgados.

La velocidad de flujo y el efecto pared inciden en la orientación de las fibras en hormigón autocompactante (6-10). Tanto con fibras de acero como con macrofibras sintéticas se ha observado que el flujo puede dar lugar a una respuesta anisotrópica en diferentes elementos estructurales, lo que debe ser tenido en cuenta al emplear los parámetros de resistencia postpico para el diseño estructural.

Se elaboraron dos hormigones autocompactantes reforzados con 5 y 10 kg/m^3 de macrofibras de vidrio (HACRFV-5 y HACRFV-10). Con ellos se llenaron paneles de 580 mm de altura, 2000 mm de largo y 80 mm de espesor vertiendo el

hormigón desde un extremo y sin compactar (Figura 3). Con el fin de analizar la distribución y orientación del refuerzo y sus efectos sobre las propiedades residuales en flexión se aserraron a lo largo de cada panel prismas de 80x80x300 mm. Los prismas verticales identificados como VS y VI, paralelos a la dirección de moldeo, fueron extraídos respectivamente de la parte superior e inferior del panel; los prismas H se ubican en dirección horizontal perpendicular al moldeo. Como referencia para realizar la caracterización mecánica de cada hormigón, también se moldearon cilindros de 100x200 mm y prismas de 75x100x430 mm.

Para los ensayos de flexión se siguieron los lineamientos generales de la norma EN 14651, controlando la velocidad de apertura de fisura (CMOD) mediante un dispositivo tipo clip colocado en los bordes de la entalla. En el caso de los prismas de 75x100x430 mm se utilizó una luz de ensayo de 350 mm, mientras que en los prismas aserrados del panel una luz de ensayo de 280 mm. En ambos casos las relaciones luz/altura y profundidad de entalladura/altura se mantuvieron iguales a las indicadas en la norma.

El HACRFV-5 de relación agua/ligante 0,40, fue preparado con cemento portland normal, filler calcáreo y cenizas volantes, arena silícea natural y piedra partida granítica de 19 mm de tamaño máximo. El diámetro de escurrimiento del hormigón de base fue igual a 650 mm y se redujo a 620 mm al incorporar las fibras; el

diámetro del escurrimiento con anillo sin fibras fue igual a 610 mm y se redujo a 530 mm en el HACRFV mostrando algunos signos de bloqueo. La resistencia a compresión igual a 41 MPa y en las probetas ensayadas a flexión la tensión de primera fisura (f_L) fue igual a 5,1 MPa y las resistencias residuales para 0,5 mm y 2,5 mm de CMOD (f_{R1} y f_{R3}) fueron iguales a 3,3 y 1,5 MPa respectivamente.

En el HACRFV-10 la relación agua/ligante fue 0,35, y fue preparado con cemento portland con filler calcáreo, cenizas volantes, arena silícea natural y piedra partida granítica de 12 mm de tamaño máximo. El diámetro de escurrimiento fue igual a 610 mm, la resistencia a compresión a 46 MPa y en las probetas ensayadas a flexión se obtuvo una tensión de primera fisura (f_L) igual a 6,9 MPa y f_{R1} y f_{R3} iguales a 3,6 y 1,7 MPa respectivamente.

La Figura 4 presenta las curvas tensión - apertura de fisura (CMOD) de cada prisma aserrado del HACRFV-5. En general los prismas H presentan mayor capacidad post pico, lo que permite inferir que las fibras se orientaron preferentemente en la dirección del flujo; además se observa una mejor capacidad residual en los prismas de la zona donde se inició el llenado del panel (H1-H7) que en los prismas del tramo final (H8-H14). A su vez las probetas de la parte inferior (H6-7 y H12-14) presentan mayores tensiones de primera fisura y mayor capacidad residual que las de la zona superior, siendo el efecto más notorio en el final

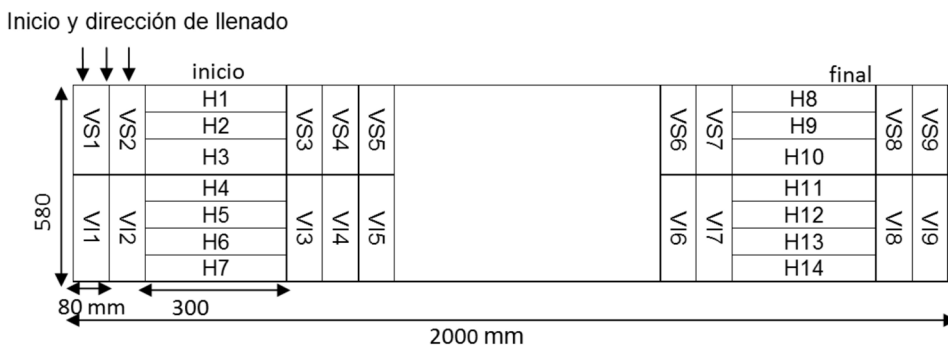


Figura 3. Esquema de aserrado del panel.

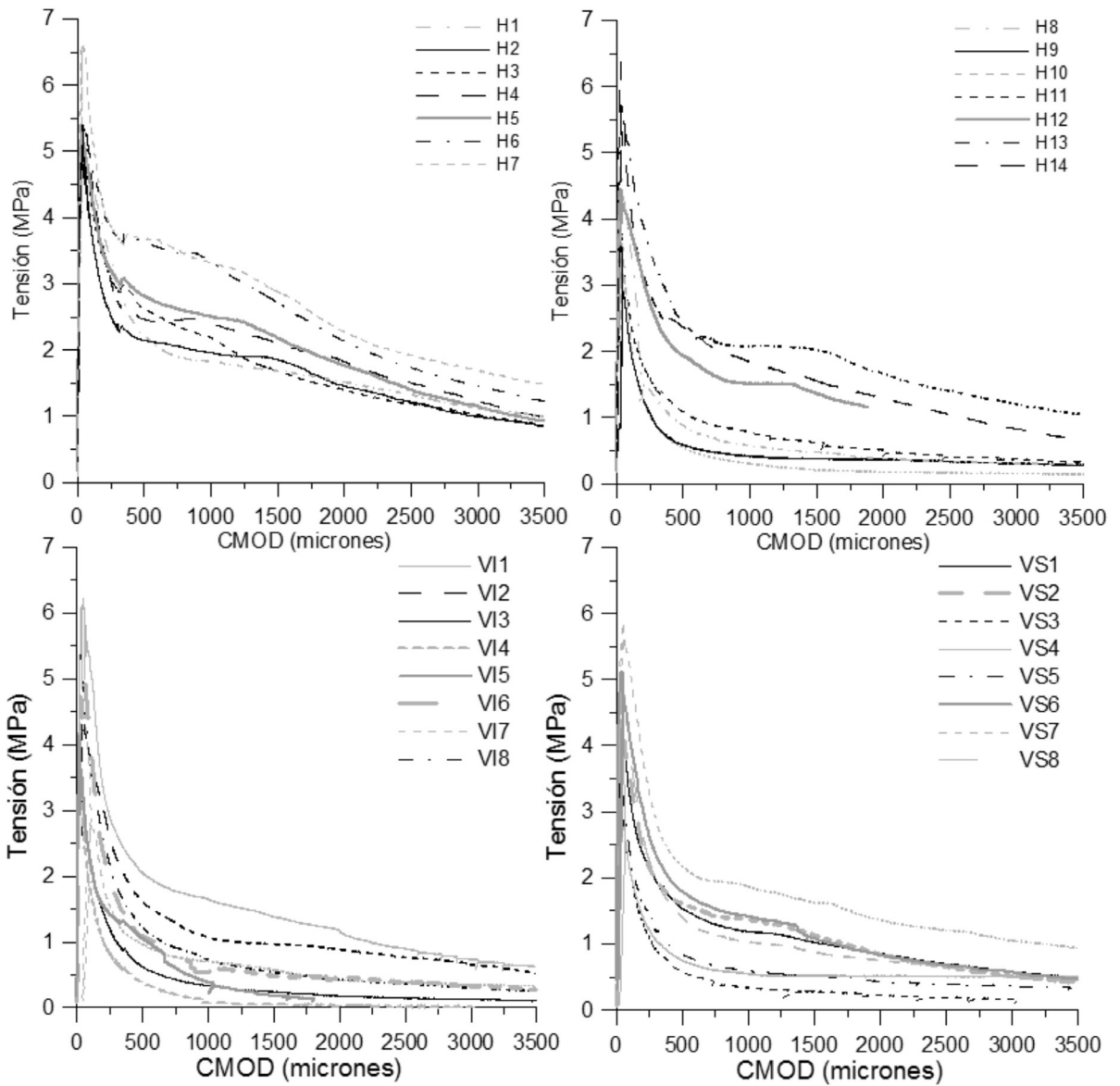


Figura 4. HACRFV-5: curvas tensión-apertura de fisura (CMOD).

del panel (H12-14). En los prismas verticales las tensiones residuales fueron ligeramente mayores en la mitad superior de la placa (VS) que en la mitad inferior (VI), verificando la mayor orientación preferencial en dirección horizontal en la base del panel. Un comportamiento similar fue encontrado con otros tipos de fibras (10). Es interesante notar que aunque todos los prismas fueron aserrados de un mismo panel se observaron cambios en la resistencia de primera fisura, de esto

se infiere que el contenido de fibras orientadas en dirección normal a la superficie de fractura no sólo contribuye a la capacidad residual sino que también aumenta la resistencia de primer pico, cosa no es usual para otros tipos de fibras.

En forma análoga la Figura 5 presenta las curvas tensión - apertura de fisura (CMOD) para los prismas del HACRFV-10. Como era de esperar la capacidad residual resulta mayor con este

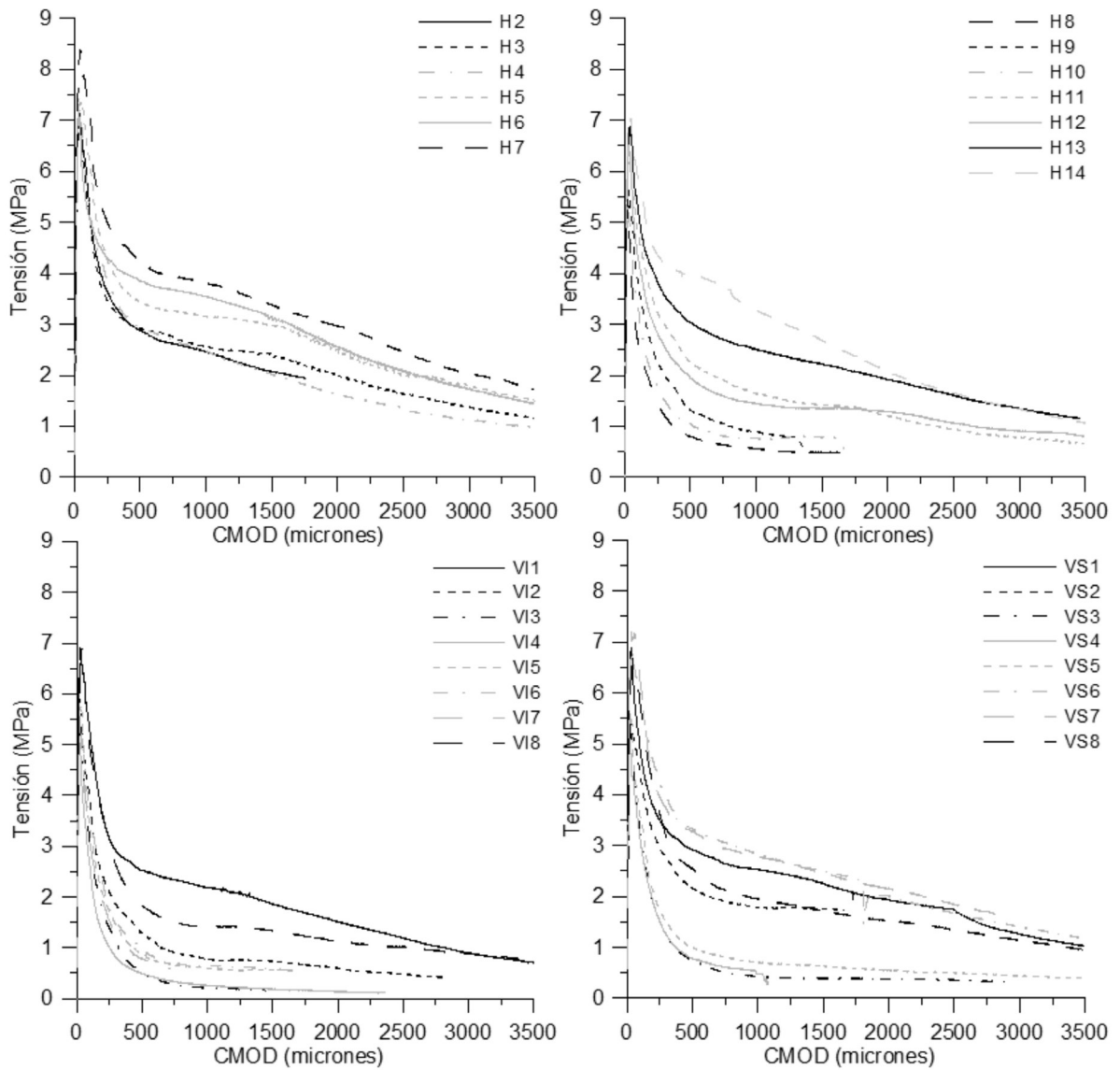


Figura 5. HACRFV-10: curvas tensión-apertura de fisura (CMOD).

contenido de macrofibras. Se verifican tendencias similares: mayor capacidad residual en los prismas H de la zona donde se inició el llenado del panel (H1-H7) con respecto los del final (H8-H14) y menor capacidad residual en los prismas verticales, en especial en los de la zona inferior. Para este contenido de fibras la capacidad residual de los prismas verticales no resultó tan afectada y se encuentra más cercana (aunque siempre inferior) a los horizontales. Nuevamente la resistencia de

primera fisura tiende a crecer en los prismas con mayor capacidad residual.

Una vez finalizados los ensayos de flexión se hizo un relevamiento del contenido de fibras en las superficies de fractura. La Figura 6 muestra los resultados de la densidad de fibras en el panel, se aprecia la influencia de las paredes del molde sobre la orientación de las fibras con tendencias similares en ambos HACRFV. En los prismas verticales

la densidad disminuye en el centro del panel y aumenta cerca de los bordes; se observa mayor densidad en la parte superior, lo que indica que la base del panel orienta las fibras en su dirección. En los prismas horizontales la densidad de fibras es mayor cerca del piso del molde y disminuye con la altura siendo este efecto mayor en los prismas aserrados al final del panel (H8-H14). En el inicio del panel HACRFV-5, la densidad de fibras en el borde superior (H1) es un 10% menor que en el borde inferior (H7), mientras que hacia el final del panel en el borde superior (H8) la densidad es un 64% menor. En HACRFV-10 estas diferencias son aún mayores (30% y 74% respectivamente). Considerando los efectos del flujo de hormigón, la densidad de fibras es mayor en los prismas aserrados al inicio del panel (H1-H7) que en los de

la parte final (H8-H14). La orientación de las fibras en los prismas horizontales por efecto pared de la base del panel y por cambios en la velocidad del flujo entre el inicio y el final del molde fue también observada en paneles de HAC reforzados con fibras de acero y con macrofibras sintéticas (10). La orientación de las fibras se ajusta y justifica el comportamiento diferencial de la capacidad residual de los prismas observada en los ensayos de flexión.

En base a los resultados obtenidos sobre cada uno de los prismas aserrados de ambos paneles, en la Figura 7 se presenta la variación con la densidad de fibras de los parámetros de diseño considerados en el fib Model Code 2010 para FRC, la tensión de primera fisura (f_t) y las resistencias residuales f_{R1}

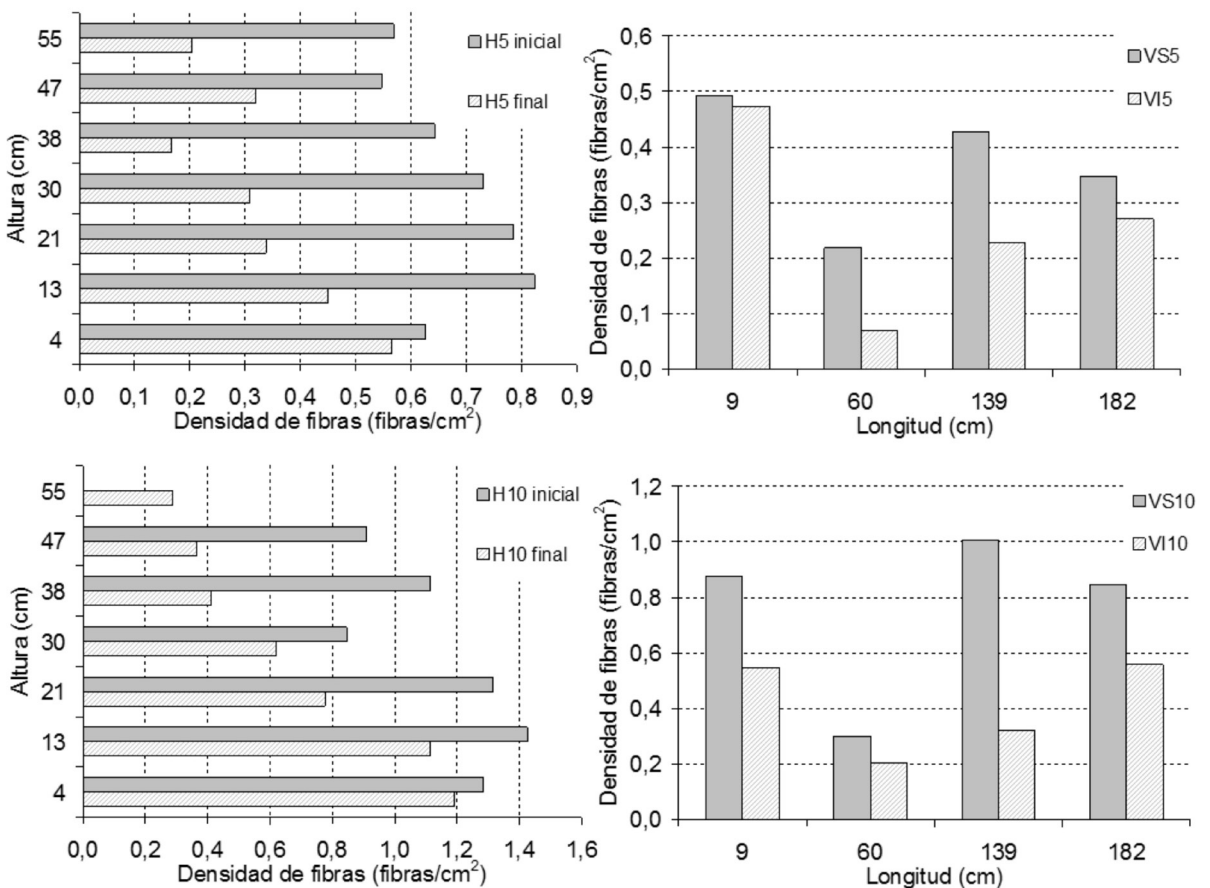


Figura 6. Variación de la densidad de fibras en el panel. Arriba: HACRFV-5, abajo: HACRFV-10.

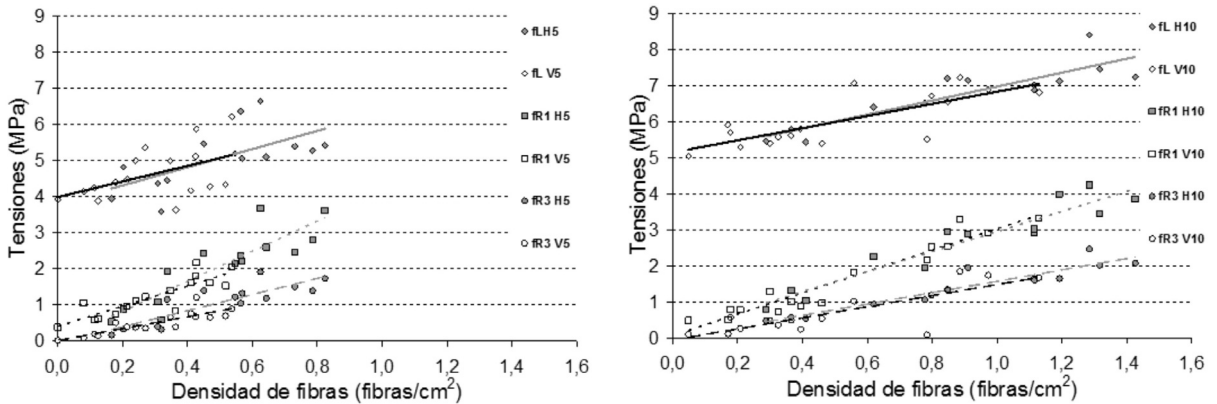


Figura 7 a-b. Variación de la tensión máxima (fL), y las tensiones residuales fR1 y fR3 en función de la densidad de fibras en la superficie de fractura. Valores individuales de las vigas aserradas en distintas posiciones y orientaciones de los paneles de a- HACRFV-5 y b- HACRFV-10.

y f_{R3} . Como era de esperar, f_{R1} y f_{R3} aumentan con la densidad de fibras. Pero además, y a diferencia de lo que suele ocurrir con otros tipos de fibras, f_L aumenta a medida que crece la densidad de macrofibras de vidrio en las superficies de fractura; este hecho representa un dato significativo en aplicaciones donde el control de fisuras es relevante.

Fluencia en estado fisurado

Los estudios de fluencia en estado fisurado se realizaron sobre prismas moldeados en obra durante la construcción de un piso industrial en Ituzaingó, provincia de Buenos Aires (4). Dicho HRF fue preparado con relación agua/cemento 0,49, 340 kg/m³ de cemento, 20 kg/m³ de microsílíce, 830 kg/m³ de arena y 1050 kg/m³ de piedra (tamaño máximo 19 mm); aditivo expansor (20 kg/m³), aditivo reductor de contracción (5,1 kg/m³) y una combinación de reductores de agua de medio y alto rango, que permitieron incorporar 10 kg/m³ de fibras y obtener un HRF bombeable con un asentamiento promedio de 180 mm.

Para el control de calidad se moldearon cilindros de 100x200 mm para evaluar la resistencia a compresión y prismas de 150x150x600 mm para

valorar la resistencia y capacidad residual en flexión siguiendo la norma EN14651. Todas las probetas se desmoldaron a las 24 horas y luego se ubicaron en cámara húmeda hasta la edad de ensayo. A los 28 días la resistencia a compresión fue igual a 48,4 MPa, la resistencia de primera fisura a flexión fue 6,0 MPa y las resistencias residuales f_{R1} y f_{R3} del orden de 1,7 y 0,6 MPa respectivamente.

La Figura 8 muestra aspectos relativos a la construcción del piso industrial; el llenado se hizo en cuatro jornadas, realizando en cada una paños de 50 m de largo por 5 m de ancho. La figura incluye la respuesta en flexión de una de las vigas moldeadas para control de calidad en cada jornada que evidencian la poca variabilidad en la respuesta residual del FRC.

Además de emplear prismas para realizar la caracterización mecánica y control en obra, se utilizaron otros similares para evaluar la respuesta bajo cargas de larga duración en estado fisurado. Cuatro prismas (A, B, C y D) fueron cargados con la misma configuración de ensayo prevista en la norma EN 14651 hasta alcanzar un CMOD de 0,2 mm, acorde con los límites tolerados en aplicaciones convencionales como pavimentos y algunos pisos industriales. La tensión nominal al momento de detener el proceso de prefisuración

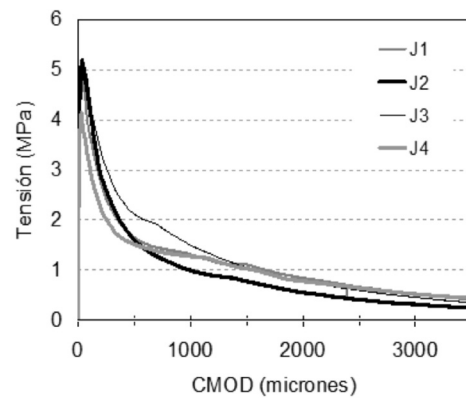
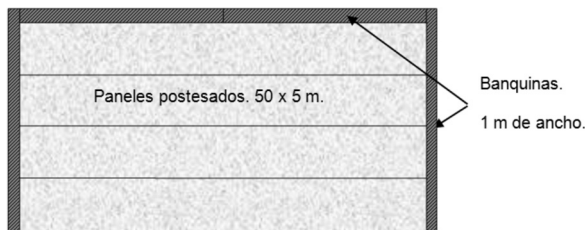
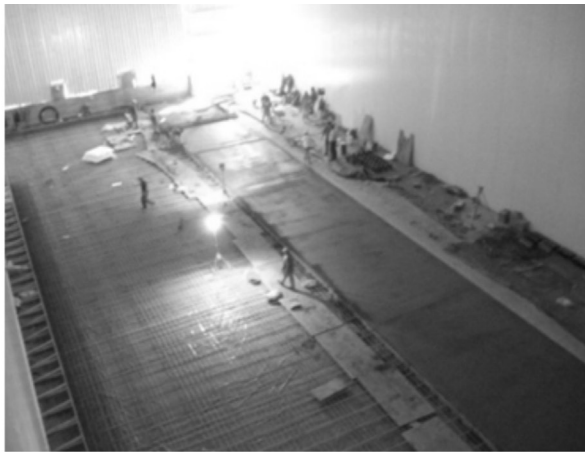


Figura 8. Construcción del piso industrial y curvas tensión – apertura de fisura del FRC usado en obra.

24

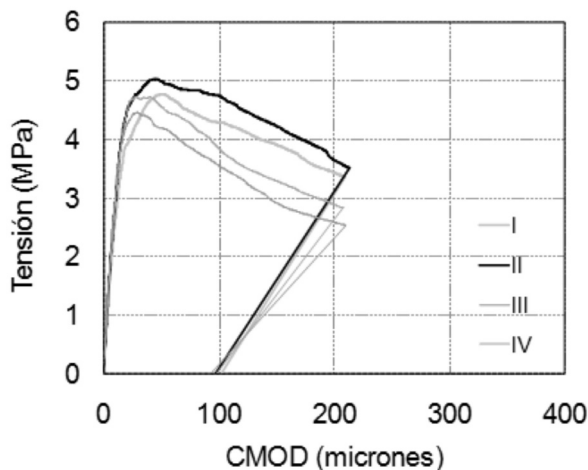


Figura 9. tensión – apertura de fisura durante la fisuración previa a los ensayos de creep.

se identifica como $f_{0.2}$, y la apertura de fisura residual al momento de la descarga como CODres. La Figura 9 muestra las curvas carga – apertura de fisura durante la fisuración previa; se aprecia una recuperación elástica similar en todas las probetas durante la descarga.

Luego se fijó en cada viga fisurada un extensómetro mecánico (Figura 10) para registrar las variaciones de la apertura de fisura. Las vigas se ubicaron de a pares en pórticos donde, a través de un sistema de pesas y palancas, se aplicaron cargas de larga duración de modo de provocar esfuerzos comprendidos entre 53 y 80 % de la tensión máxima nominal aplicada en la fibra extrema inferior de cada prisma al momento de detener el ensayo de fisuración inicial.



Figura 10. Aplicación de cargas de larga duración.

La Figura 11 muestra la evolución de la apertura de fisura de cada prisma durante 7 meses bajo carga; se aprecia que, a excepción del prisma IV, luego de un crecimiento inicial más rápido las curvas tienden a estabilizarse. La Tabla 1 resume los resultados obtenidos incluyendo para cada viga, la tensión nominal durante la prefisuración para la apertura de fisura de 0.2 mm ($f_{0,2}$), la apertura de fisura residual al descargar (COD_{res}), la tensión nominal permanente aplicada en los ensayos de creep (f_{creep}) y la apertura de fisura diferida luego de 210 días bajo carga (COD_{dif}). La Tabla 1 también incluye una velocidad de crecimiento

de la apertura de fisura calculada entre los 30 y 90 días bajo carga permanente ($COD_{vel.30-90}$), este periodo se considera suficiente para que se alcance una estabilización en el crecimiento del COD (11). La velocidad de apertura de fisura tuvo valores menores a 0,25 mm/año. Durante el tiempo bajo carga no se registraron roturas en las probetas; a la vez se observó que la velocidad de apertura de fisura se redujo sensiblemente para esfuerzos permanentes menores al 70 % de la resistencia al momento de detener la fisuración; considerando la importancia de lograr condiciones para que la fisura se estabilice se recomienda no superar este nivel de carga.

Finalmente, luego de varios meses bajo carga se descargaron los prismas y se volvieron a realizar

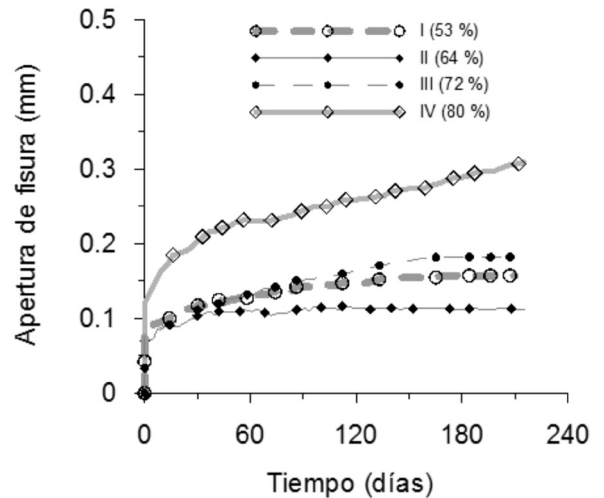


Figura 11. Curvas apertura de fisura- tiempo y tensión- tiempo bajo cargas sostenidas.

Tabla 1. Ensayos de creep en estado fisurado luego de 210 días bajo carga

Prisma	$f_{0,2}$ (MPa)	$COD_{0,2}$ (mm)	COD_{res} (mm)	f_{creep} (MPa)	f_{creep} (% $f_{0,2}$)	COD_{dif} (mm)	$COD_{vel.30-90}$ (mm/año)
I	3,36	0,210	0,102	1,77	53	0,158	0,14
II	3,51	0,213	0,097	2,24	64	0,112	0,07
III	2,54	0,210	0,092	1,84	72	0,182	0,23
IV	2,83	0,208	0,098	2,26	80	0,307	0,25

ensayos de flexión con la misma configuración de carga de la norma EN14651 con el fin de evaluar el efecto de las cargas sostenidas sobre la capacidad de carga residual. La Figura 12 muestra la curva de la etapa de prefisuración seguida por la respuesta tensión – apertura de fisura luego del ensayo de fluencia y se la compara con la curva tensión – apertura de fisura del hormigón de la obra. Es posible observar que al volver a cargar la curva sigue la tendencia de la curva original con el desplazamiento propio de la deformación ocurrida durante el periodo bajo carga sostenida, sin embargo es de destacar que las cargas de larga duración no provocaron mayores reducciones en la capacidad residual para grandes aperturas de fisura, siendo incluso los valores promedio de las resistencias residuales superiores a las originales del hormigón empleado en obra, lo que puede estar indicando alguna evolución de la adherencia en el tiempo.

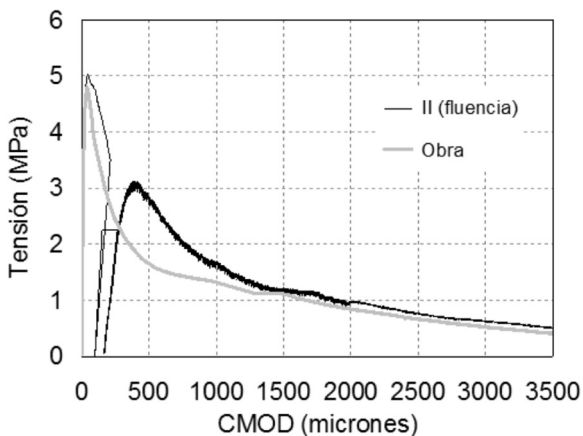


Figura 12. Curva tensión – apertura de fisura del hormigón de la obra y curva tensión – apertura de fisura de la etapa de prefisuración seguida de la curva tensión – apertura de fisura luego del ensayo de fluencia.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta algunos estudios realizados sobre hormigones que incorporan macrofibras de vidrio de reciente aparición en el mercado. Se incluye el análisis de la orientación de las fibras en paneles delgados fabricados con hormigones

autocompactantes elaborados en laboratorio y el estudio de la respuesta diferida bajo cargas de larga duración en estado fisurado de probetas fabricadas en obra. Los resultados muestran que:

- El hormigón con macrofibras de vidrio posee una respuesta residual diferente a la observada con otros tipos de fibras, caracterizada por un incremento en la tensión de primera fisura a medida que crece el contenido de fibras y una resistencia residual significativa para pequeñas aperturas de fisura seguida por una caída gradual y progresiva de la capacidad residual para aperturas mayores. Esto es significativo considerando que tanto en pisos industriales como en pavimentos de hormigón el tamaño de fisuras tolerado es pequeño ($< 0,2\text{mm}$).
- En elementos delgados fabricados con hormigón autocompactante reforzado con macrofibras de vidrio se verifica la influencia del efecto pared y de la velocidad de flujo. Se observó un comportamiento mecánico diferencial entre prismas aserrados en diferentes direcciones y la variación de la densidad de fibras en las superficies de rotura es consistente con los cambios observados en las propiedades mecánicas. Si bien como ocurre con otras fibras se verifica un aumento de la capacidad residual con la densidad de fibras, se observó como característica singular que con las macrofibras de vidrio las tensiones de primera fisura aumentan a medida que crece la densidad de fibras.
- Los estudios de fluencia con pequeñas aperturas de fisura iniciales ($0,2\text{ mm}$), muestran que no se produjeron roturas luego de varios meses bajo cargas de hasta el 80 % de la resistencia al momento de detener la fisuración con velocidades de crecimiento de fisuras menores a $0,25\text{ mm/año}$; dicha velocidad se redujo sensiblemente cuando los esfuerzos no superaron el 70 % de la resistencia residual al momento de detener la fisuración, por lo que aparece recomendable no superar este nivel de sollicitación para alcanzar una respuesta estable.

REFERENCIAS

- 1.- Fédération Internationale du Béton. (2013) fib Model Code for Concrete Structures 2010. Ernst & Sohn (eds), Berlin, Alemania, 434 p.
- 2.- BS (2005) EN 14651:2005 Test method for metallic fibered concrete - Measuring the flexural tensile strength (Limit of proportionality (LOP), residual), London, UK, BSI.
- 3.- Ridd, P. “The use of Alkali Resistant Glass Fibres in Floor Construction”,
- 4.- Zerbino R., Giaccio G., Barragán, B.E, Peyrú, E. “Hormigones reforzados con macrofibras de vidrio: comportamiento mecánico y aplicaciones” VI Congreso Internacional, 20a Reunión Técnica, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2014 Concordia - Entre Ríos - Argentina, Ed: J. Sota, pp. 167-174.
- 5.- Guía CONPAVIPER, Associazione Nazionale Pavimentazioni Continue, 2010, Italy.
- 6.- Torrijos MC, Barragán B, Zerbino R. Placing conditions, mesostructural characteristics and post-cracking response of fibre reinforced self-compacting concretes, *Construction and Building Materials* 2010, 24: 1078–1085.
- 7.- Stähli P, van Mier JGM. Manufacturing, fibre anisotropy and fracture of hybrid fibre concrete. *Engng Fract Mech* 2007; 74: pp. 223–242.
- 8.- Vandewalle L, Heirman G, Rickstal FV. Fibre orientation in self-compacting fibre reinforced concrete. In: Gettu R, editor. *Proceedings of 7th Int. RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete*. India: Chennai 2008. p. 719-728.
- 9.- Ferrara L, di Prisco M, Khurana R. Tailoring optimum performance for the structural use of self consolidating SRFC. En: Gettu R, editor. *Proceedings of 7th Int. RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete*. India: Chennai 2008. pp. 739-750.
- 10.- Zerbino R., Tobes J.M., Bossio M.E. and Giaccio G. “On the orientation of fibres in structural members fabricated with self compacting fibre reinforced concrete” *Cement & Concrete Composites* 34 (2012) pp. 191–200.
- 11.- Serna Ros, P., Martí-Vargas, J.R., Bossio, M.E., & Zerbino, R. (2015). Creep and residual properties of cracked macro-synthetic fibre reinforced concretes. *Magazine of Concrete Research*, <http://dx.doi.org/10.1680/mac.15.00111>.

PROPIEDADES DE TRANSPORTE DE HORMIGÓN CON CEMENTO PUZOLÁNICO

TRANSPORT PROPERTIES OF CONCRETE WITH POZZOLANIC CEMENT

Y.A. Villagrán Zaccardi¹, V.L. Taus², Á.A. Di Maio³

1.- Investigador Asistente CONICET, LEMIT, yuryvillagran@conicet.gov.ar

2.- Doctoranda UNLP, LEMIT

3.- Investigador Independiente CONICET, LEMIT

29

RESUMEN

Existen estructuras emplazadas en medios agresivos que requieren una adecuada resistencia al ingreso de agentes agresivos para completar su vida útil con un nivel aceptable de serviciabilidad. Adicionalmente a las buenas prácticas constructivas, resulta necesario trabajar sobre el diseño de la mezcla de hormigón, de manera de lograr óptimos resultados a un costo menor. El cemento portland puzolánico (CPP) aparece como una de las opciones más apropiadas conjugando durabilidad y economía. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar distintas propiedades relacionadas con la penetrabilidad de agentes externos a la estructura porosa de hormigones de distinto nivel resistente elaborados con cemento CPP. Se utilizaron método de ensayo para la evaluación del transporte de líquidos y gases, tales como el de penetración de agua a presión, absorción capilar, permeabilidad al aire y migración de cloruro. Los resultados obtenidos a 28 días, mostraron efectos sumamente positivos de la acción puzolánica de la adición como reemplazo parcial del clínquer, resaltando la potencialidad del uso del cemento CPP para ambientes agresivos.

Palabras clave: *cemento puzolánico, propiedades de transporte, permeabilidad, capilaridad, migración*

ABSTRACT

Concrete structures located in aggressive environments must have enough resistance against the ingress of aggressive agents so that they can achieve their service life with acceptable serviceability. In addition to suitable construction practices, concrete mix design must be studied to achieve the best

results at low cost. Pozzolanic Portland cement (PPC) seems one of the most appropriate options, which combines durability and economy. This paper aims to evaluate properties related to the penetration of external agents through the pore structure of PPC concrete with dissimilar strength levels. Liquid and gas transport was evaluated by tests methods such as water penetration under pressure, sorptivity, air permeability and chloride migration. At 28 days, the obtained results showed very positive pozzolanic effect of the admixture as partial replacement of clinker, which shows the potentiality of using PPC for aggressive environments.

Keywords: *pozzolanic cement, transport properties, permeability, capillarity, migration.*

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las patologías que pueden manifestarse en las estructuras de hormigón armado durante su vida es servicio, se hallan relacionadas con la interacción ambiente-estructura. La intensidad de cada manifestación dependerá del agente agresivo presente en el medio externo (tipo y magnitud) y del hormigón de recubrimiento (espesor y calidad).

El hormigón de recubrimiento actúa como barrera de protección de las armaduras y del hormigón interior, desempeñando un rol esencial en la durabilidad al actuar como barrera frente al ingreso de agentes potenciales de deterioro. Usualmente resulta de menor calidad, más poroso y menos compacto que el hormigón interior por problemas asociados a la compactación y colocación del hormigón (presencia de armaduras y moldes), a la segregación y fundamentalmente a las condiciones de curado, donde la existencia de gradientes no lineales en la distribución de humedad y temperatura, pueden provocar aumentos en la porosidad y fisuración.

Existe un consenso generalizado en que la penetrabilidad del hormigón de recubrimiento es la clave en el modelo de Tuutti para los problemas de durabilidad [1]. De este modo al diseñar un hormigón lo suficientemente “impermeable” se estará asegurando el adecuado desempeño durante su vida útil. Por ello, es importante la realización de ensayos relacionados con la zona externa de los elementos estructurales emplazados en medios agresivos. Ello con el fin de estimar la durabilidad

potencial del hormigón, mediante la evaluación de parámetros asociados a diferentes mecanismos de transporte factibles de manifestarse.

La estructura de poro del hormigón de recubrimiento es, por lo tanto, quien determinará la vulnerabilidad que tendrá el hormigón ante los diversos agentes externos. Interesa entonces el nivel de porosidad, la distribución de tamaños de poro, conectividad y tortuosidad. Estos parámetros se hallan directamente vinculados con el grado de hidratación alcanzado por la matriz de cemento, el cual depende a su vez de numerosos factores tales como la razón a/c, calidad, duración y tipo de curado, proporciones de los materiales y tipo de cemento.

Las características del cemento tienen una importante incidencia en el proceso de hidratación, debido a la diversidad de compuestos adicionados incorporados como reemplazo parcial del clínquer con el fin de mejorar las propiedades en estado fresco y/o endurecido del hormigón.

Si bien el empleo de adiciones encuentra principalmente fundamentos ecológicos (reducción en la emanación de CO₂, utilización de subproductos industriales y reducción del impacto por la disposición de desechos), se observó que a estas ventajas se le suman la reducción de costos por el reemplazo parcial del clínquer y la obtención de hormigones con propiedades especiales respecto de los obtenidos con cementos sin adiciones.

Particularmente el cemento pórtland puzolánico (CPP) es empleado en estructuras que requieren una adecuada "impermeabilidad" tales como las expuestas al agua de mar, debido a la menor permeabilidad al agua y al i n cloruro. Este cemento, compuesto por un porcentaje de puzolana comprendido entre el 15 y el 50% [2], se caracteriza por producir el refinamiento de poro por el incremento del C-S-H y otros productos de hidratación a expensas del CH. Esto se traduce en mejoras importantes del comportamiento durable del hormigón.

Desde el punto de vista resistente, si bien estos cementos presentan una ganancia de resistencia lenta, evidencian mejoras importantes en la resistencia última. Debido a esto, internacionalmente se recomienda especificar valores de resistencia de diseño avanzadas (por ejemplo, 56 o 90 días).

Por lo anteriormente expuesto y debido a que en la actualidad el cemento CPP se ha constituido en el de mayor utilización en importantes obras de ingeniería que requieren una adecuada durabilidad durante una vida de diseño mayor, surge la necesidad de estudiar esta variable. Así, el objetivo del presente trabajo consiste en el estudio del comportamiento durable de hormigones de diferente nivel resistente, elaborados con cemento CPP respecto a diferentes mecanismos de transporte a los que pueden estar sujetos.

La cuantificación de las propiedades de transporte en el hormigón resulta un aspecto que puede abordarse desde diferentes perspectivas. En exposición natural los mecanismos de transporte son complejos y est n sujetos a numerosas variables ambientales. Por ello, desde un planteo ingenieril, se utilizan metodologías que permiten obtener coeficientes que describen la resistencia del hormigón al transporte de agua y agentes agresivos. Estos métodos de evaluación son aplicados en condiciones controladas y constantes y no se ajustan estrictamente a las condiciones de exposición natural. Por otro lado, permiten la

imposición de variables prescriptivas y en algunos casos de variables prestacionales con vistas a asegurar la durabilidad del hormigón armado en ambiente agresivo. Resulta de sumo interés la consistencia entre los diferentes métodos de evaluación de las propiedades de transporte cuando son considerados para una aplicación en común, y también es importante referir estas comparaciones para el caso particular del hormigón elaborado con CPP, debido a sus características de hidratación y estructura de poro particulares.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Se elaboraron hormigones de razón a/c 0,40 (H-04) y 0,60 (H-06). Los materiales utilizados fueron piedra partida granítica de tamaño máximo 19 mm, arena silícea de río y cemento CPP40. Las propiedades del cemento se muestran en la Tabla 1, mientras que en la Tabla 2 se informan las proporciones de los materiales utilizados.

Por cada mezcla se moldearon probetas cilíndricas normalizadas, para la determinación

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del cemento.

Análisis físico	
Superficie específica Blaine (m ² /kg)	416
Densidad (g/cm ³)	2,99
Retenido tamiz 75�m (%)	10,4
Resistencia 2d (MPa)	10,5
Resistencia 28d (MPa)	40,1
Análisis químico (%)	
Pérdida por calcinación	5,36
Residuo insoluble	14,90
Trióxido de Azufre (SO ₃)	1,84
�xido de Magnesio (MgO)	1,64
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	16,83
�xido F�rrico (Fe ₂ O ₃)	3,97
�xido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	4,46
�xido de Calcio (CaO)	48,94
Cloruro (Cl-)	0,02

Tabla 2. Proporciones de las mezclas (kg/m³).

Materiales	Hormigones	
	H-04	H-06
Agua	182	170
Cemento	442	290
Agregado Fino	800	929
Agregado Grueso	981	992

de la resistencia a compresión, probetas cúbicas de 200 mm de arista para la evaluación de la permeabilidad al agua (penetración de agua a presión), probetas prismáticas (70x100x430mm), para la cuantificación de la permeabilidad al aire y probetas cilíndricas de 100x200 mm para la determinación de la absorción de agua por capilaridad y migración de cloruro.

Las probetas fueron desmoldadas a las 24 h y curadas hasta la edad de ensayo en cámara húmeda (T: 20 ± 2 °C; HR: 95%), según la norma ASTM C 192/C 192M-07 [3].

32

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades en estado fresco y mecánicas

En estado fresco, se evaluó el asentamiento mediante el ensayo de cono de Abrams [4], presentando niveles de consistencia entre plástica y seca; también se evaluaron el peso de la unidad de volumen (P.U.V.) [5] y el contenido de aire naturalmente incorporado [6]. Los resultados obtenidos en los diferentes hormigones se presentan en la Tabla 3.

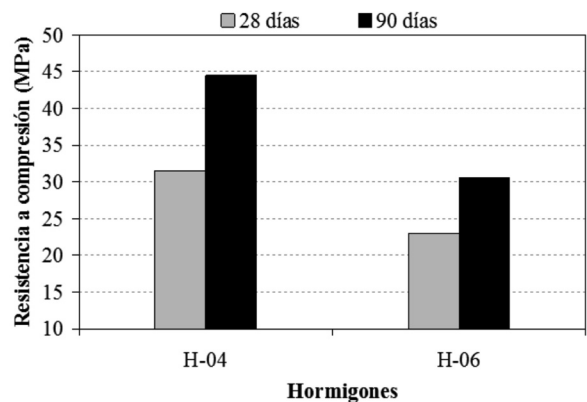
Tabla 3. Propiedades en estado fresco.

Materiales	Hormigones	
	H-04	H-06
Asentamiento	4,5	5,0
Aire (%)	1,7	1,9
P.U.V. (kg/m ³)	2404	2379

A fin de caracterizar a los hormigones desde el punto de vista mecánico, se efectuaron ensayos de resistencia a compresión simple a la edad de 28 y 90 días, en probetas cilíndricas normalizadas, siguiendo los lineamientos indicados en la norma ASTM C 39/C 39M-05 [7]. En ambos casos las muestras permanecieron bajo curado húmedo hasta la edad de ensayo.

El nivel resistente medio alcanzado a la edad de 28 días por los hormigones H-04 y H-06 fue de 31,5 y 23,0 MPa, respectivamente, mientras que a la edad de 90 días se obtuvieron resistencias de 44,5 y 30,5 MPa (Figura 1). Puede observarse que el hormigón H-06 a los 90 días presentó valores resistentes del orden de los obtenidos en el hormigón H-04 a los 28 días. Este hecho es consecuencia del lento desarrollo de la hidratación del cemento CPP, de allí que las recomendaciones internacionales planteen especificar valores de resistencia a edades mayores, a fin de aprovechar la máxima capacidad resistente. Sin embargo, esto es válido siempre y cuando se asegure un curado húmedo prolongado.

Para caracterizar el comportamiento de los hormigones desde el punto de vista durable, en estado endurecido se realizó la determinación experimental de parámetros relacionados con la estructura porosa del hormigón y los diferentes mecanismos de transporte más habituales.

**Figura 1.** Resistencia a compresión simple.

En la Tabla 4 se informan los resultados obtenidos en la evaluación de la absorción de agua a 24 h, el peso específico en condición saturado a superficie seca (PE_{ss}) y seca (PE_s), y la porosidad como porcentaje del volumen de vacíos respecto del volumen total, aplicando la norma ASTM C 642-06 [8]. En todos los casos las determinaciones se efectuaron a la edad de 28 días.

Tabla 4. Absorción, densidad y porosidad.

Materiales	Hormigones	
	H-04	H-06
Absorción (%)	5,00	5,15
PE _{ss} (kg/m ³)	2424	2400
PE _s (kg/m ³)	2309	2282
Porosidad (%)	11,5	11,8

Penetración de agua a presión

Este ensayo permite estudiar el comportamiento del hormigón en relación a su permeabilidad, donde el transporte a través de la estructura porosa del hormigón se produce debido a un gradiente de presiones hidrostáticas. Se trata de un mecanismo de transporte al que están sujetas las estructuras destinadas a conducir o contener agua u otros fluidos, tales como tanques y depósitos de agua, cisternas, cañerías, diques, presas.

La metodología, según la norma IRAM 1554:1983 [9], consiste en colocar muestras cúbicas de 200mm de arista en un permeámetro de carga variable y someter dichas muestras a la aplicación de escalones de presión de agua variables desde 1 a 7 kg/cm² (Figura 2).

Concluido el tiempo bajo carga, se retiran las probetas y se ensayan a tracción por compresión diametral, determinándose el perfil del frente húmedo penetrado en cada una de las caras resultantes (Figura 3). El perfil es relevado al milímetro determinándose la penetración media y máxima, las que no deben superar, según el Reglamento CIRSOC 201:2005 los 30 y 50 mm,

respectivamente para el caso de hormigones expuestos a congelación y deshielo, ambientes marinos, o agresividad química.

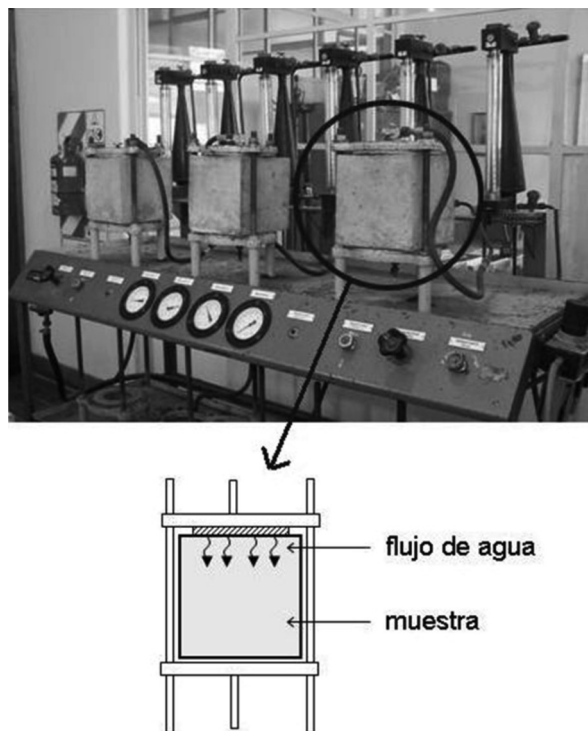


Figura 2. Permeámetro empleado en el ensayo de penetración de agua a presión.

En la Figura 4 se presentan los perfiles de penetración de agua. El eje de las abscisas representa el diámetro interno (10 cm) del área de ensayo, donde cada división corresponde a los puntos de medición. En la Figura 5 se muestran las penetraciones medias y máximas obtenidas junto con los límites establecidos en el Reglamento CIRSOC 201 [10]. En todos los casos los valores informados corresponden al promedio de tres muestras de ensayo.

Desde el punto de vista de la permeabilidad puede observarse un claro comportamiento diferencial entre los hormigones de diferente nivel resistente. Es de destacar que el hormigón H-04 evidencia un buen comportamiento, presentando penetraciones media y máxima por debajo de los límites máximos

H-04



H-06



Figura 3. Frentes de penetración de agua.

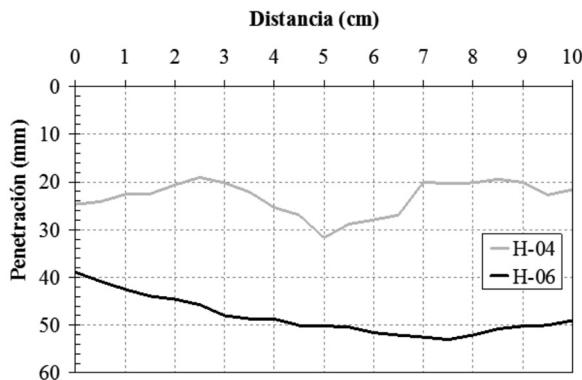


Figura 4. Perfiles de penetración de agua.

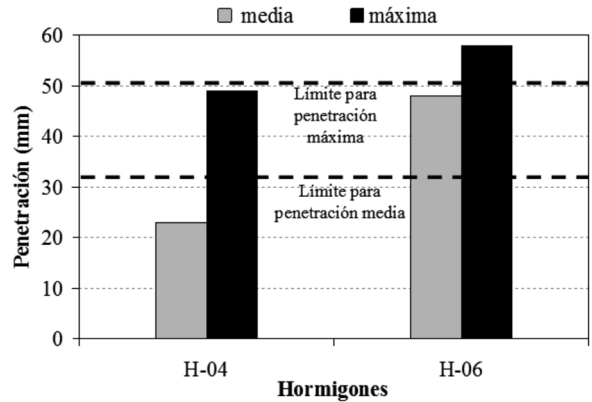


Figura 5. Penetraciones medias y máximas obtenidas en los hormigones H-04 y H-06.

establecidos en el Reglamento CIRSOC 201: 2005 [10], por lo cual puede indicarse que frente a este parámetro, presenta un comportamiento aceptable desde el punto de vista de la permeabilidad.

En el caso del hormigón H-06, dichos límites son superados debido a la alta porosidad de la matriz en relación con la razón a/c respectiva. Sin embargo, es de destacar que las evaluaciones fueron efectuadas a los 28 días, por lo que, considerando que para aprovechar todo el potencial de hidratación del cemento CPP, se requeriría un mayor tiempo de curado. Es esperable que evaluaciones efectuadas a edades mayores evidencien mejor comportamiento. Esto último puede sustentarse en el comportamiento resistente observado a 28 y 90 días.

Succión capilar

Existen estructuras, como las edificaciones, donde la permeabilidad no representa el parámetro adecuado para caracterizarlas desde el punto de vista durable, debido a que en condiciones reales de exposición no se hayan sometidas a un gradiente de presiones hidrostáticas. Habitualmente estas estructuras se encuentran sujetas a ciclos alternados de humedecimiento y secado, siendo la absorción de agua por capilaridad el mecanismo de transporte que mejor lo representa.

La cuantificación del movimiento de agua por capilaridad se llevó a cabo según IRAM 1871:2004 [11]. La misma se basa en el método gravimétrico directo. La técnica consiste en evaluar a intervalos de tiempo prefijados, el incremento de masa que experimentan muestras en contacto con agua, como consecuencia del ascenso del líquido por capilaridad (Figura 6). Los parámetros de caracterización del fenómeno evaluado son la Capacidad (C) y la Velocidad de succión capilar (S). Los valores informados corresponden, en todos los casos, al promedio de 5 determinaciones.

Las muestras de 50 mm de espesor por 100 mm de diámetro, se obtuvieron del aserrado efectuado a una distancia de 30 mm del la base de probetas de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura (Figura 7).

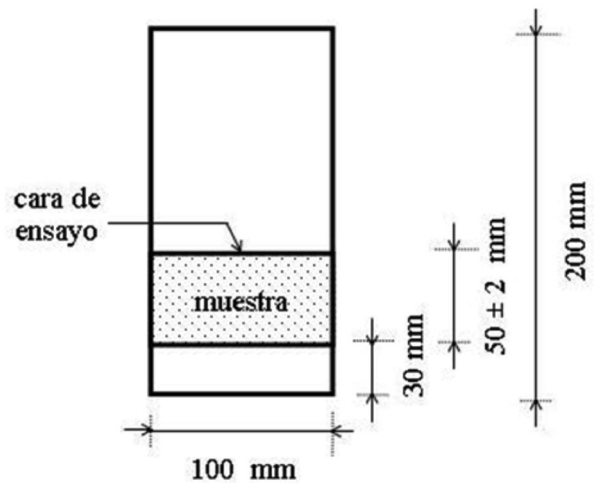


Figura 7. Muestra de ensayo de succión capilar.

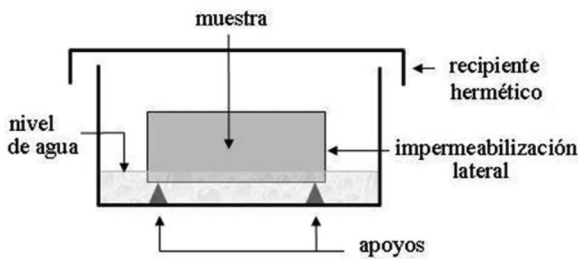


Figura 6. Esquema del ensayo de succión capilar.

En la Figura 8 se presentan las curvas promedio obtenidas en el ensayo, y en la Tabla 5 se informan los magnitudes obtenidas de la velocidad y capacidad de succión capilar, junto con los valores estadísticos de dispersión.

Respecto al movimiento de agua por capilaridad y en correspondencia con los resultados obtenidos en la evaluación de la permeabilidad, se destaca el mejor desempeño del hormigón H-04 en comparación con H-06.

Sin embargo, en este caso es de destacar que a la edad de 28 días, ambos hormigones cumplen con el límite máximo de velocidad de succión capilar de $4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$ establecido en el Reglamento CIRSOC 201:2005 [10], para el caso

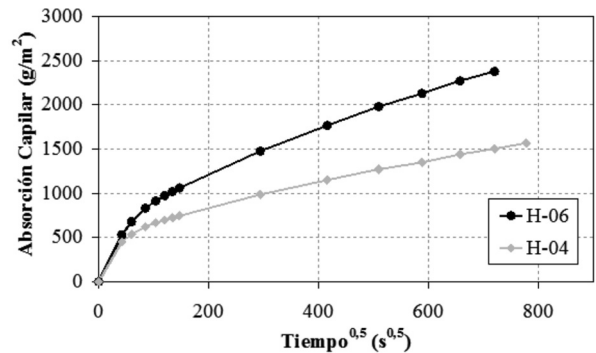


Figura 8. Curvas de succión capilar.

de estructuras en contacto con el medio ambiente. Estos resultados dan evidencia de la aptitud del empleo del cemento CPP para estructuras donde el transporte de materia a través del hormigón se produce por capilaridad.

Al comparar los resultados de succión capilar con los de penetración de agua a presión puede notarse que el primero cumple los límites impuestos por el Reglamento CIRSOC 201:2005, mientras que en el segundo método el hormigón H-06 resulta no conforme. Esto no es habitual, siendo usual que el límite presentado para la velocidad de absorción capilar sea un parámetro más exigente que el de penetración de agua a presión [12].

Tabla 5. Parámetros de succión capilar.

Hormigones		H-04	H-06
Velocidad (S)	S (g/(m ² •s ^{0,5}))	1,6	2,9
	R ²	0,93	0,96
Capacidad (C)	C (g/m ²)	1337	2379
	σ (g/m ²)	103	13
	CV	7,7	0,6

Permeabilidad al aire

Otro de los mecanismos de transporte directamente vinculado con la calidad del hormigón de recubrimiento lo constituye la permeabilidad al aire. En este caso la evaluación se llevó a cabo con un equipo comercial (POROSCOPE modelo P 6000) (Figura 9), cuyo funcionamiento se basa en el método de [13].

El método empleado consiste en conformar una celda de ensayo, alcanzar una determinada presión de aire en la cámara y evaluar el tiempo en que la presión varía un cierto valor. A este valor, expresado en segundos, se lo vincula con la permeabilidad al aire del material.

La cámara se realiza desde la superficie del hormigón endurecido. Para ello se efectúa, mediante una mecha, un orificio de 10 mm de diámetro y 40 mm de profundidad, luego se introduce un tapón de goma, desde la superficie hasta una profundidad de 20mm, con el fin de

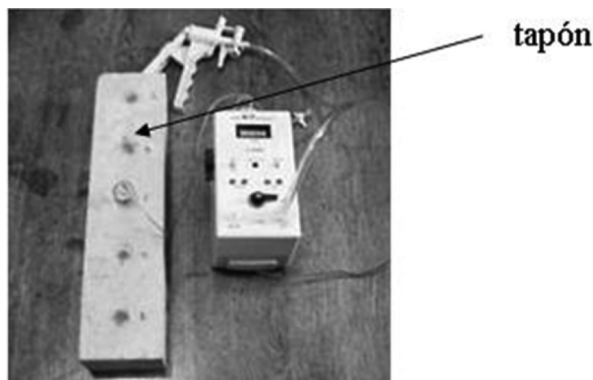


Figura 9. Permeámetro de aire.

asegurar un correcto sellado, quedando de esta forma conformada la cámara de 10 mm de diámetro por 20mm de profundidad.

Para la realización de este ensayo se moldearon probetas prismáticas de 70x100x430mm sobre las cuales se conformaron 5 celdas de ensayo. Los valores informados en la Tabla 6 corresponden al promedio de las lecturas realizadas en cada celda.

Para ambos grupos de hormigones se observa que al aumentar la razón a/c se reduce el tiempo de ensayo. Un menor tiempo indica que el aire fluye más rápidamente por la estructura porosa del hormigón de recubrimiento, por resultar más abierta y presentar un mayor nivel de conectividad entre poros.

En función del rango tentativo establecido por el fabricante del equipo, la calidad del hormigón de recubrimiento resultaría “adecuada” en el caso del hormigón H-04 y “no muy buena” en el caso del H-06. Sin embargo, hay que destacar que se trata de una clasificación meramente orientativa. Por otro lado, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las propiedades anteriormente evaluadas, es esperable que a edades mayores la acción puzolánica aumente la tortuosidad y desconexión de poros.

Migración de cloruro

Este método se encuentra normalizado según NT Build 492 [14]. El procedimiento determina la resistencia del hormigón a la penetración de cloruro cuando es sometido a un gradiente de potencial eléctrico. El proceso se desarrolla en estado no estacionario, y no se ha establecido una comparación fehaciente con métodos de ingreso de cloruro por difusión.

Tabla 6. Permeabilidad al aire.

Hormigones	Lecturas (s)
H-04	107
H-06	87

La técnica consiste en aplicar en forma axial un campo eléctrico a una rodaja cilíndrica de hormigón saturado, de 100 mm de diámetro por 50 mm de espesor (Figura 10). Luego de un período bajo la aplicación de un determinado voltaje (ambos dependen de la conductividad del hormigón), la muestra es partida y rociada con solución de nitrato de plata 0,1M.

La profundidad de penetración de cloruro puede medirse a partir del frente visible debido a la precipitación de cloruro de plata (Figura 11). Esta profundidad, junto con los parámetros de ensayo, permite el cálculo del coeficiente de migración de cloruro.



Figura 10. Ensayo de migración de cloruro.

Aunque la duración no afecta sensiblemente el resultado del ensayo, se ha demostrado que la temperatura y el espesor de la muestra pueden tener grandes influencias [15]. La primera se ve asociada a la dependencia de la actividad iónica con la temperatura, mientras que la segunda se relaciona mayormente a la disminución del gradiente de potencial eléctrico.

Respecto a la concentración de cloruro total que representa el frente de avance teñido con la solución de nitrato de plata 0,1M, debe decirse que la misma se encuentra entre 0,05 y 0,075% en peso del hormigón [16]. En la norma NT Build 492 se estipula un valor en torno a 0,07N para hormigones elaborado con cemento Portland normal.

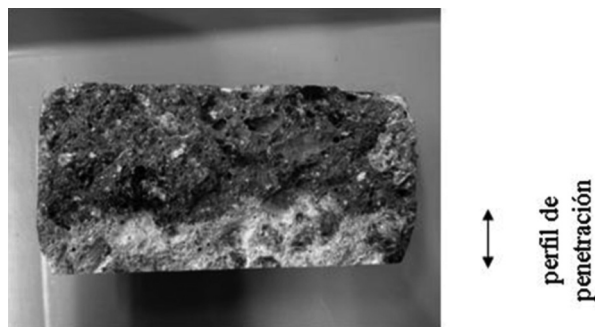


Figura 11. Muestra ensayada según CTH.

El cálculo del coeficiente de migración por el método CTH se realizó mediante la Ecuación 1 [16], deducida a partir de la ecuación de Nernst-Planck, despreciando el término difusivo debido al gradiente de concentración. Los parámetros E y α son calculados según las Ecuaciones 2 y 3, respectivamente.

El coeficiente de migración de cloruro puede ser utilizado como parámetro prescriptivo, y también como parámetro prestacional, teniendo en cuenta eventuales afectaciones de variables ambientales que modifican principalmente el grado de saturación del hormigón.

$$D_{CTH} = \frac{R \cdot T}{Z \cdot F \cdot E} \left(\frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \right) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

$$E = \frac{\Delta\phi - 2}{L} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$\alpha = 2 \sqrt{\frac{R \cdot T}{Z \cdot F \cdot \Delta\phi}} \operatorname{erf}^{-1} \left(1 - \frac{c_d}{c_0} \right) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

En la Figura 12 se muestran los perfiles de penetración de cloruro obtenidos al aplicar un potencial de 40V. Pueden verse los perfiles para cada muestra ensayada, que permite apreciar una dispersión de resultados baja.

De acuerdo a estos perfiles, los coeficientes de migración de cloruro resultaron 4,9 y 14 m²/s para

los hormigones H-04 y H-06, respectivamente. La diferenciación de acuerdo a la relación a/c de cada hormigón resulta significativa y acorde a las porosidades de cada uno.

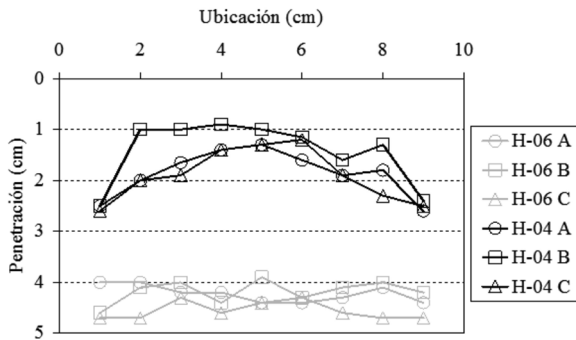


Figura 12. Resultados de migración de cloruro.

Consistencia de resultados

Respecto a los valores obtenidos mediante los métodos aplicados, puede observarse una sensibilidad diferenciada de cada método a los hormigones H-04 y H-06, con estructuras de poro claramente disímiles en relación a la razón a/c empleada. En la Figura 13 se muestran los resultados relativos tomando como referencia el promedio de resultados entre ambos hormigones, con valor 1.

Los resultados de cada ensayo se comparan con este valor de referencia. En el caso de la permeabilidad al aire, los datos se presentan mediante las inversas de los valores determinados experimentalmente. Los datos del hormigón H-04 presentan en todos los casos indicadores de menor permeabilidad, y por lo tanto valores menores a 1, y los datos del hormigón H-06 evidencian un comportamiento opuesto. Los distintos métodos se han ordenado comenzando por el de mayor sensibilidad, migración de cloruro, y siguiendo en sentido horario con sensibilidades decrecientes hasta la absorción de agua en 24h y la porosidad, determinada mediante este ensayo, como los métodos menos eficaces para determinar las propiedades de transporte del hormigón.

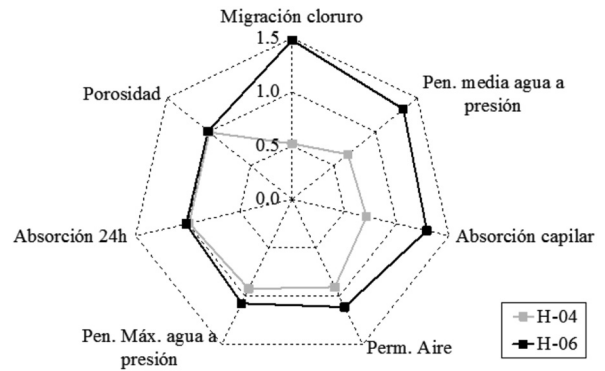


Figura 13. Consistencia de resultados.

CONCLUSIONES

Se han presentado valoraciones de las propiedades de transporte de hormigones elaborados con Cemento Portland Puzolánico comercial (CPP) curados en forma normalizada. Se observa el mejor desempeño del hormigón H-04 respecto del hormigón H-06. A pesar del lento desarrollo de la hidratación característica de este tipo de cemento, los resultados obtenidos a 28 días muestran efectos sumamente positivos de la acción puzolánica de la adición como reemplazo parcial del clínquer.

Destacando que las evaluaciones fueron efectuadas a los 28 días, y considerando el óptimo nivel resistente evidenciado a los 90 días, incluso por el hormigón H-06, es esperable que a edades mayores se obtengan mejores resultados desde el punto de vista durable, siempre y cuando se garanticen adecuadas condiciones de curado.

Los resultados demuestran la potencialidad del uso del cemento CPP en ambientes agresivos, mostrando resultados en cumplimiento con los requisitos del hormigón para estos tipos de ambientes. También se presentaron evaluaciones complementarias que permiten asociar el cumplimiento de estos límites con la prestación potencial que el material demuestre en servicio.

REFERENCIAS

- 1.- Torrent, R. Nuevo Enfoque para Asegurar la Vida Útil de Estructuras de Hormigón Armado. Memorias XIV Jornadas Chilenas del Hormigón. Valdivia, Chile, octubre 2003.
- 2.- IRAM 50000. Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina, 2000.
- 3.- ASTM C 192/C 192M. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimen in the Laboratory. American Society for Testing and Materials. West Conshonocken, PA, USA, 2007.
- 4.- ASTM C 143/C 143M. Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. American Society for Testing and Materials. West Conshonocken, PA, USA, 2008.
- 5.- ASTM C 138/C 138M. Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. American Society for Testing and Materials. West Conshonocken, PA, USA, 2001.
- 6.- ASTM C 231. Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method. American Society for Testing and Materials. West Conshonocken, PA, USA, 2008.
- 7.- ASTM C 39/C 39M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society for Testing and Materials. West Conshonocken, PA, USA, 2005
- 8.- ASTM C 642. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. American Society for Testing and Materials. West Conshonocken, PA, USA, 2006.
- 9.- IRAM 1554. Hormigón de cemento pórtland. Método de determinación de la penetración de agua a presión en el hormigón endurecido. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina, 1983.
- 10.- CIRSOC 201. Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para Obras Civiles. Buenos Aires, Argentina, 2005.
- 11.- IRAM 1871. Método para la determinación de la capacidad y velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina, 2004.
- 12.- Villagrán Zaccardi, Y. A., Taus, V. L., Di Maio, A. A. Apreciaciones sobre el uso de parámetros prescriptivos para asegurar la durabilidad de estructuras de hormigón armado en ambiente marino. Memorias 1er. Simposio Técnico Iberoamericano sobre Estructuras y Materiales para la Construcción. Buenos Aires, Argentina, 36-53, septiembre 2010.
- 13.- Figg, J. W. Methods of Measuring the Air and Water Permeability of Concrete, Mag. Concr. Res., 25 (85), 213-219, 1973.

14.- NT Build 492. Concrete, mortar and cement-based repair materials: Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments. Nordest. Espoo, Finlandia, 1999.

15.- de Rooij, M. R., van Dalen, S. M., Bouwmeester, W. J., Koenders, E. A. B. Experimental exercises with the RCM-Method. Proceedings 2nd International Symposium on Advances in Concrete through Science and Engineering, Quebec, Canada, 207 - 224, September 2006.

16.- Baroghel-Bouny, V. Which toolkit for durability evaluation as regards chloride ingress into concrete? Part II: Development of a performance approach based on durability indicators and monitoring parameters. Proceedings Third RILEM workshop on Testing and Modeling the Chloride Ingress into Concrete. Madrid, Spain, 137-163, September 2002.

EL MODELO CIELAB, LAS FÓRMULAS DE DIFERENCIA DE COLOR Y EL USO DE LA NORMA EUROPEA EN 12878 EN MORTEROS Y HORMIGONES COLOREADOS

CIELAB MODEL, COLOR-DIFFERENCE FORMULAS AND USE OF THE EUROPEAN EN 12878 STANDARD IN COLORED MORTARS AND CONCRETES

A.López¹, A. R. Di Sarli²

1.- Investigadora Asistente CICPBA LEMIT. lopezanahi2002@gmail.com

2.- Investigador Superior-CIDEPINT (CICPBA-CONICET)

RESUMEN

Embellecer las mezclas cementíceas es una alternativa que se utiliza cuando surge la necesidad de valorar la apariencia de superficies. Esta cualidad, puesta de manifiesto por su color y brillo, admite disímiles terminaciones. Las diferentes alternativas de apariencia están directamente relacionadas con los materiales elegidos y sus posibles combinaciones, con la superficie obtenida tras el contacto con los moldes o por someterla a algún tratamiento superficial, y con las condiciones del curado. Otro aspecto muy importante es cuantificar qué tan diferente es un color de otro. El objetivo del presente trabajo es definir el color comparando la fórmula de diferencia de color total CIEDE1976 con la CIEDE2000 para indicadores de diferencias o similitudes. Con ese fin se utilizó la norma Europea EN12878. El color se midió en morteros elaborados con proporciones fijas de cemento gris o blanco, agua, filler calizo, arena y pigmento (óxidos de hierro o ftalocianinas cúpricas de distinta procedencia). Por último, se comparó el color de morteros con el de hormigones que contenían dicha matriz. Los resultados muestran la variabilidad del color en función de la procedencia de pigmentos de un mismo color y de los diferentes tipos de cemento. A la vez se cuantifica lo parecido que puede ser el color de un hormigón al de su mortero.

Palabras clave: Modelo CIELAB, Morteros y hormigones coloreados, Diferencia de Color.

ABSTRACT

Embellish the cementitious mixtures is an alternative that is used when the need to assess the appearance of surfaces arises. This quality, evidenced by their color and gloss, supports dissimilar endings. Different alternatives of appearance are directly related to the chosen materials and combinations thereof, with the surface obtained after contact with the molds or by subjecting it to a surface treatment, and with the

curing conditions. Another very important aspect is to quantify how different is a color of another. The aim of the present work is to define the color comparing the CIEDE1976 total color difference formula with the CIEDE2000 one for indicators of differences or similarities. To this end, the European EN12878 standard was used. The color was analyzed in mortars made with fixed proportions of gray or white cement, water, filler limestone, sand and pigment (iron oxides or cupric phthalocyanine from different sources). Finally, the color of the mortars was compared with the obtained in concretes containing the same matrix. The results show color variability depending on both the origin of pigments of the same color and the different types of cement. Also how similar can be the color of a concrete and its mortar is quantified.

Keywords: CIELAB Model; Colored mortars and concretes; Color Difference.

INTRODUCCIÓN

El color en el hormigón es una tendencia que ha despertado el interés en áreas que tradicionalmente no lo utilizaban. Además de los usos tradicionales en estructuras portantes [1] se diseñan esculturas, monumentos [2] y elementos decorativos [3]. Las causas principales de ese interés radican en el menor costo frente a otros materiales y en las distintas formas que pueden conseguirse aprovechando los moldes o realizando moldeo. Sin embargo, estas nuevas aplicaciones conllevan otras problemáticas, por un lado, la elección del color y la posibilidad real de obtenerlo y, por otro, la búsqueda de las texturas. A su vez, el costo de algunos de los agentes colorantes suele incrementar hasta 100% el del metro cúbico de mezcla.

El color final del mortero y del hormigón además de estar muy vinculado con la elección de diferentes materiales y de la terminación, también lo está con el curado. Estudios anteriores verificaron que incrementar el contenido de pigmento rojo o amarillo de 3% a 6% en peso del cemento tiene diferentes consecuencias sobre la saturación. Con el primero la saturación mantiene valores cercanos a las 33 unidades y con el segundo ascienden de 33 a 44 unidades. También hubo diferencias del color según la superficie de contacto [4]; por otro lado, evaluaciones más recientes muestran importantes manchas a tan sólo 7 días de curado húmedo [5]. La variedad de materiales presentes en el mercado permite obtener una amplia gama

de colores justificando la versatilidad del material. Si el agregado grueso no está expuesto, el mortero es el responsable de aportar el color final, situación que conduce a realizar estudios en este nivel. Otro trabajo da cuenta de las diferentes texturas que se consiguen con moldes de madera, acero y/o vidrio [6]. La elección de los materiales adquiere suma importancia para conseguir colores, por ello seleccionar el tipo y proporción de los componentes será determinante; también el curado lo modifica, y considerando la posibilidad de obtenerlos es muy difícil asegurar cuáles son las variables que modifican al color luego de definir los materiales. Asimismo, sabiendo que el color es una sensación visual, deben definirse no sólo las características del objeto (en este caso el elemento de mortero u hormigón) sino también las del observador y del entorno.

La definición del color en la industria de la construcción ha sido estudiada por muchos investigadores [6-10] y, en algunos casos [7-9], el modelo o espacio de color CIELAB fue el elegido para cuantificarlo pero también lo fue el modelo Munsell. Esta elección tiene que ver más con el equipo que se disponga (elevado costo) y con el dominio de los diferentes modelos.

A continuación se describe el modelo CIELAB dibujado en la Figura 1. Este modelo queda definido por tres variables que se representan en sistemas cartesianos o polares; en el primero se utilizan los

valores de luminosidad (L^*) y las coordenadas a^* y b^* ; en el segundo, los parámetros L^* , saturación (C^*) y tono (h^*) (Ver Ecs. 1 y 2). En un sistema ortogonal se lo representa mediante un eje vertical (L^*), que indica claridad u oscuridad, y un plano horizontal conformado por los ejes a^* y b^* . El eje a^* refleja la variación rojo-verde, siendo positivo para el primero ($+a^*$) y negativo para el segundo ($-a^*$); el b^* la variación amarillo-azul, siendo positivo para el primero ($+b^*$) y negativo para el otro ($-b^*$) [11, 12]. Por otro lado, la saturación está asociada a qué tan vívido es un color y el tono (h^*) es el ángulo que indica si el color es rojo (0°), amarillo (90°), verde (180°) o azul (270°).

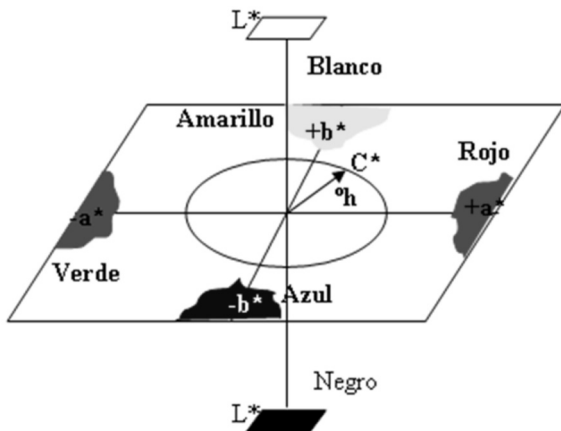


Figura 1: Modelo o espacio de color CIELAB.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Además, las coordenadas L^* , a^* y b^* se han utilizado como indicador de cambios de color y decidir sobre la elección de técnicas de limpieza aplicadas sobre piedras ubicadas en los muros de iglesias [13], también para el seguimiento de daños en hormigones expuestos al fuego [14].

Para comparar diferencias de color entre distintas muestras, evaluar la similitud o realizar reproducciones del color se calcula el parámetro

diferencia de color total (ΔE). Este último permite juzgar niveles de diferencia de color percibida por el ojo humano y desde 1931 la CIE lo está perfeccionando para acercarse a la realidad con mayor exactitud [11, 15, 16].

La diferencia de color ΔE^*_{76} entre los puntos a y b de un objeto es la distancia euclidiana entre el estímulo de color en ambos puntos y representa, aproximadamente, la diferencia de color percibida por el estímulo de color en el espacio de color CIELAB.

Este fenómeno se produce cuando los objetos son vistos por un observador adaptado a un campo de cromaticidad, que no es muy diferente de la media de la luz en un entorno idéntico de blanco a gris.

La Ec. (3) calcula esta magnitud vector, y se especifica en la norma europea EN 12878 [17].

$$\Delta E^*_{76,ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Donde:

$$\Delta L^* = L^*_b - L^*_a$$

(Diferencia de luminosidad: más claro o más oscuro)

$$\Delta a^* = a^*_b - a^*_a$$

(Diferencia de coordenada a^* : más rojo o más verde)

$$\Delta b^* = b^*_b - b^*_a$$

(Diferencia de coordenada b^* : más amarillo o más azul)

En la práctica industrial, pequeñas diferencias de color han mostrado efectos no uniformes sobre los valores calculados. Esto significa que las diferencias ΔL^* , Δa^* , Δb^* no representan la diferencia percibida por el ojo humano. Por ello, cambios en las condiciones externas pueden modificar las magnitudes percibidas en diferentes rangos y direcciones. Como resultado, se necesitan ajustes con el fin de mejorar esta evaluación

mediante la corrección de los diferentes efectos que interfieren en la diferencia de color. La Ec. (4) muestra la fórmula CIEDE2000.

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2} \quad (4)$$

Donde las variables medidas L^* , a^* y b^* son transformadas a valores de L' , a' , y b' para corregir el ángulo del tono, el croma o saturación y la luminosidad [12].

A su vez, la fórmula incluye las correcciones específicas para la no uniformidad del modelo CIELAB como las denominadas funciones de ponderación (S_L (diferencia de luminosidad), S_C (diferencia Croma), y S_H (diferencia del tono)) y los parámetros que representan la influencia de la iluminación y las condiciones de visualización para la evaluación de diferencia de color (los llamados factores paramétricos K_L , K_C , K_H).

En el presente estudio, los factores paramétricos se establecieron como = 1 porque las condiciones de referencia fueron similares a las que normalmente se encuentran en la práctica industrial. La inclusión del término rotación da cuenta de la interacción entre Croma y las diferencias de tono en la región azul y una modificación del eje a^* del espacio de color CIELAB, que afecta principalmente a los colores de bajo croma o saturación (colores neutros).

Por un lado, la fórmula CIEDE1976 permite cuantificar rápidamente cual es la diferencia que el ojo humano percibe pero no es representativa de la realidad, razón por la que surgen las correcciones de la fórmula en la CIEDE2000 [12, 15], por cierto muy compleja, de mayor aplicación y exigencia en la industria. Por ello resulta interesante considerar el intervalo que existe entre los valores de diferencias obtenidos en ambas fórmulas.

Hay una escala de diferencias de color ΔE^*_{76} determinada según la fórmula CIEDE1976 que, en algunos estudios, fue aplicada para definir

diferencias de color en superficies de hormigón [18], mayormente en superficies pintadas. Dicha escala se divide en: no visible ($\Delta E^*_{76} < 0,2$), muy leve ($\Delta E^*_{76}: 0,2-0,5$), leve ($\Delta E^*_{76}: 0,5-1,5$), notable ($\Delta E^*_{76}: 1,5-3,0$), muy notable ($\Delta E^*_{76}: 3,0-6,0$), grande ($\Delta E^*_{76}: 6,0-12,0$), muy grande ($\Delta E^*_{76} > 12,0$). A medida que el valor aumenta, las diferencias son más notorias. La misma escala permitió también cuantificar la homogeneidad del color en paneles de hormigón color rojo o amarillo [19], sin embargo, no hay comparaciones establecidas con los valores que se obtendrían por medio de la fórmula CIEDE2000.

Los pigmentos sintéticos constituyen los agentes colorantes con mayor uso en la industria de la construcción. Tales son los casos de pinturas aplicadas sobre muros y aberturas (forma en la cual se consiguen colores más saturados o más vivos) y en la masa del hormigón (forma que, en cambio, se consiguen colores menos saturados o apagados).

El empleo de pigmentos en el hormigón ha exigido regular la calidad y composición de los mismos así como también la forma de incorporarlos a las mezclas. La normativa existente aborda el uso de pigmentos en mezclas cementíceas, tal es el caso de la norma americana ASTM C 979 “Standard Specification for Pigments for integrally colored concrete” [20] y la europea EN 12878 “Pigments for the colouring of building material based on cement and/or lime-specifications and methods of tests” [17]. Además existe una guía para especificaciones que utilicen pigmentos o cemento blanco (PCA SP 388 “Guide for specifying white and colored concrete”) y diversos organismos e instituciones como el ACI (American Concrete Institute), la APA (Architectural Precast Association), el ASCC/DCC (Decorative Concrete Council Cast Stone: Cast Stone Institute), el DSC (Decorative Concrete Network), el PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute) que tratan sobre los requerimientos generales y particulares de los pigmentos [21].

Las normas ASTM C 979 y EN 12878 mencionan las características físicas y químicas de los pigmentos y los requerimientos mínimos que deben verificarse en las propiedades en estado fresco o endurecido de los materiales de construcción, entre ellos el hormigón; incluyen otras verificaciones de rutina tales como la evaluación de las estabilidades alcalina, térmica y al clima, y finalmente describen los criterios de control de calidad. Ambas normas recomiendan no usar más del 10% de pigmento expresado en peso de cemento. En particular, la norma EN 12878 propone distintos límites para el caso de hormigón armado e incluye, además, el modelo CIELAB para definir al color y la fórmula CIEDE1976 para establecer diferencias de color. Para ello sugiere también una proporción de materiales y una metodología de mezclado para elaborar morteros.

En Argentina, la norma IRAM 1618 [22] reglamenta cómo cuantificar el color blanco, principalmente para realizar evaluaciones del efecto del cemento blanco. No se han encontrado normas IRAM relacionadas con determinaciones del color cuando los objetos son saturados con agentes colorantes en la industria de la construcción. Si bien en pinturas pareciera estar resuelto, en hormigones habría que realizar estudios de repetibilidad para iniciar los primeros pasos destinados a crear una normativa.

Los objetivos de este trabajo son, por un lado, determinar los parámetros de color que propone la norma europea y cuantificar los niveles de similitud que se reflejan numéricamente cuando se cambia la marca del pigmento y/o el color del cemento. Con ese fin se planteó la primera parte y se estudiaron morteros. Sin analizar la composición química, en el mercado existe una gran variedad de precios y muchas veces se busca desestimar las marcas más costosas. Por eso, luego de medir el color en diferentes morteros elaborados en base a las indicaciones de la norma EN 12878, se calculan los valores de diferencias de color según las fórmulas CIEDE1976 y CIEDE2000. Luego, en una segunda parte, se demuestra una aplicación de estas fórmulas para ver las similitudes del color

entre un mortero y su correspondiente hormigón. También se muestra cómo el estudio sobre la fase mortero adquiere interés ya que se puede correlacionar con el color final del hormigón y así evitar mayor volumen de trabajo.

DETALLES EXPERIMENTALES

Procedimiento propuesto por la norma para definir el color y parámetros calculados

La norma europea EN 12878 presenta los lineamientos para elaborar morteros con proporciones fijas de materiales, establece tiempos y velocidades de mezclado según un método mecánico, y para medir el color solamente indica el modelo CIELAB. La mezcla elaborada es colocada en recipientes y la superficie de medición terminada con cuchara. Señala, además, la fórmula $\Delta E^*_{,6}$ para que los fabricantes establezcan niveles de tolerancias. Este parámetro permite comparar colores y establecer niveles de similitud. El alcance de la norma involucra, entre otros, pigmentos del tipo óxidos e hidróxidos de hierro, ftalocianinas cúpricas y negro de humo.

En este trabajo para cada caso se midieron el parámetro L^* y las coordenadas a^* y b^* . Luego, a partir de estas coordenadas, de la saturación (C^*) y del tono (h^*) se calcularon los parámetros que proporcionan un mejor entendimiento del color dentro del modelo CIELAB.

Las determinaciones de L^* , a^* y b^* fueron realizadas con el colorímetro Dr. Lange.

Materiales y mezclas

En la primera parte se elaboraron morteros con cemento gris (G) o blanco (B), filler calizo, dos marcas de pigmentos sintéticos (identificadas como 1 y 2) del tipo óxidos de hierro, ftalocianina cúprica y negro de humo. De la marca 1 se utilizaron tres pigmentos del tipo óxidos de hierro, de color rojo (1R), amarillo (1A) o negro (1N) y dos ftalocianinas cúpricas azul (1Z) o verde (1V). De la marca 2 se dispuso de los óxidos

de hierro rojo (2R) o amarillo (2A) y de negro de humo 2Nh. Se utilizó arena silíceo de color amarillento. El mezclado fue mecánico y consistió en homogeneizar 1200 g de arena (tamaño comprendido entre 0,2 y 1,0 mm), 600 g de arena desde 1,0 a 2,0 mm, 200 g de filler calcáreo, 15 g de pigmento rojo, amarillo, azul, verde o negro (2,5% en peso del cemento), o 5 g de negro de humo (0,83% en peso del cemento), durante 10 s a velocidad lenta; luego se incorporaron 175 g de agua, cuando fue totalmente absorbida se añadieron 500 g de cemento y se mezcló durante 200 s a igual velocidad. La consistencia que se obtuvo fue en todos los casos muy seca.

En la segunda parte se determinaron los parámetros en morteros y en hormigones; para ello se utilizó cemento gris (G), filler calcáreo, el agregado fino mencionado anteriormente y piedra granítica como agregado grueso. También se utilizó un aditivo superfluidificante, necesario para obtener mezclas autocompactantes. Los pigmentos utilizados corresponden a los colores 2R, 2A, 2Nh o 1N en contenidos de 3%, 5%, 5% ó 3% en peso de cemento, respectivamente.

Con los morteros se moldearon prismas de 40x40x160 mm y con los hormigones prismas de 430x105x75 mm. Transcurridas 24 h ambos tipos de muestras se quitaron de los moldes y se mantuvieron en una cámara acondicionada a humedad relativa 55±5% y temperatura 20±1 °C.

En la primera parte se registraron 10 determinaciones/mortero y en la segunda parte 30 determinaciones/mortero u hormigón.

Para cuantificar los niveles de similitud, que se reflejan numéricamente al cambiar la marca del pigmento o el color del cemento, con los valores promedios de L^* , a^* , y b^* se calcularon las diferencias de color total CIEDE1976 y CIEDE2000. Además, se evaluaron las diferencias entre las procedencias de pigmento y estimación del color en hormigón (H) por medio del correspondiente mortero (M).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Primera parte: uso de la normativa para analizar distintos colores

La Tabla 1 detalla los valores promedio de L^* , a^* , b^* , C^* y h^* en cada uno de los morteros. El efecto de los distintos cementos indicó en el mortero B un aumento de L^* de aproximadamente 10 unidades con respecto al de G. En ambos casos, como es de esperar en los colores que varían en la escala de grises, una tendencia a la desaturación caracterizó a las muestras y fue mayor en el mortero B dado que el valor de C^* disminuyó a 4,1. Por otro lado, L^* aumentó 9 unidades cuando se usó cemento blanco, sin embargo, cuando se incorporó pigmento de la misma marca sólo lo hizo en 3 unidades. Con pigmento negro la luminosidad se redujo significativamente a 50 y 35 unidades al usar 1N o 2Nh, respectivamente. En los morteros que incorporaron pigmento rojo o amarillo (óxidos de hierro), verde o azul (ftalocianinas), la saturación aumentó entre 20 y 35 para los óxidos de hierro, y 13-16 para las ftalocianinas mientras que los tonos alcanzados variaron entre 22° y 31° para el rojo, 72°-78° para el amarillo, 133°-141° para el verde, y 219°-227° para el azul. Cabe destacar que al comparar los colores estos resultaron muy diferentes.

Para juzgar qué tan diferente es el color si se cambia el cemento pero se usa la misma marca de pigmento o si se cambia esta última y se mantiene el color del cemento, la Tabla 2 compara los valores de diferencia de color ΔE^*_{76} (CIEDE1976) y ΔE_{00} (CIEDE2000) calculados a partir de los valores promedio de L^* , a^* y b^* . La diferencia ΔE^*_{76} es *grande* entre el cemento blanco y el gris y, en orden ascendente, *muy notable* cuando los morteros incorporaron pigmento 1A (3,1), 1V (3,6), 1R (3,8), 2A (4,3), 2R (5,0) o 1Z (5,6). A su vez, el cambio de la marca de pigmento acentúa aún más los valores de ΔE^*_{76} , fue muy grande entre los pigmentos 2Nh y 1N (15,4), grande entre los pigmentos amarillos (con ambos cementos) o rojo combinado con el cemento gris. Con el cemento

Tabla 1. Valores promedios de L*, a*, b*, C* y h* en morteros.

Color	Mortero	L*	a*	b*	C*	h*
Control	G	72,9	1,9	7,7	7,9	76,1
	B	81,9	1,3	3,9	4,1	71,6
Rojo	1GR	59,0	25,3	15,2	29,5	30,9
	2GR	56,6	19,9	9,8	22,2	26,2
	1BR	56,0	26,2	13,0	29,2	26,3
	2BR	54,0	24,1	9,7	26,0	21,9
Amarillo	1GA	70,9	7,0	32,0	32,8	77,8
	2GA	67,2	7,7	23,7	24,9	71,9
	1BA	73,3	8,3	33,3	34,3	76,0
	2BA	69,7	5,4	26,2	26,7	78,4
Azul	1GZ	58,0	-9,9	-8,0	12,7	219,0
	1BZ	60,6	-11,7	-12,6	17,2	227,2
Verde	1GV	57,8	-10,8	11,6	15,9	132,8
	1BV	60,5	-12,3	9,9	15,8	141,1
Negro	1GN	50,2	0,4	0,0	0,5	211,5
		34,8	-0,2	-0,6	1,2	297,0

Tabla 2. Diferencias de color total ΔE^*_{76} y ΔE_{00} . Comparación de colores y de marcas.

Morteros	ΔE^*_{76}	ΔE_{00}
B-G	9,8	7,2
1GR-1BR	3,8	3,2
2GR-2BR	5,0	3,5
1GA-1BA	3,1	2,1
2GA-2BA	4,3	3,4
1GZ-1BZ	5,6	3,9
1GV-1BV	3,6	3,1
2GR-1GR	8,0	4,4
2BR-1BR	4,4	2,8
2GA-1GA	9,2	5,1
2BA-1BA	8,5	4,3
2GNh-1GN	15,4	14,0

blanco o gris, el pigmento rojo disminuyó el valor de ΔE^*_{76} y fue notable.

Todos los valores calculados usando la fórmula de ΔE_{00} fueron menores que los obtenidos con la de ΔE^*_{76} . La bibliografía referida a color sugiere que lo calculado con esta última fórmula no es tan representativo de la realidad por eso se corrigió con la de CIEDE2000; sin embargo, la normativa aplicada al hormigón sólo hace referencia al sistema CIELAB y la fórmula CIEDE1976. Sin los artificios matemáticos ni funciones de corrección que tiene la fórmula de ΔE_{00} , la correspondiente a ΔE^*_{76} tiene un tratamiento más sencillo, es muy práctica y rápidamente puede tenerse una noción de la diferencia de color.

En la Tabla 3 se ha ponderado cada uno de los valores de ΔL^* , Δa^* , Δb^* que interfieren en el cálculo de ΔE^*_{76} (ver Tabla 2) para discriminar y detectar cual es el término que incide con mayor peso. Claro está que cuando se compara el color

del cemento G-B, el parámetro L^* fue el que más incidió ($\approx 85\%$). Cuando se incorporó a dichas mezclas la marca de pigmento rojo 1R, la diferencia también fue importante debido al cambio de L^* ($\approx 62\%$), sin embargo, esta tendencia no tuvo lugar al utilizar la marca 2R, donde la diferencia principal se da por modificaciones de la coordenada a^* (más o menos rojo en un 73%). El uso de pigmento amarillo 1A también presenta similar tendencia a la mostrada con el rojo de su misma marca (1R), no obstante la incidencia de las coordenada a^* y b^* está equilibrada en $\approx 20\%$. Dicho equilibrio se repite para el parámetro y las dos coordenadas con el pigmento amarillo 2A ($\approx 33\%$ para variaciones de L^* , a^* y b^*). El uso de pigmento verde 1V también tuvo similar incidencia que con el 1A. En cambio, con el pigmento 1Z la mayor incidencia fue debido a los cambios de la coordenada b^* ($\approx 60\%$).

Tabla 3. Ponderación de los términos de ΔL^* , Δa^* , Δb^* sobre el valor de ΔE^*_{76} .

Morteros	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
B-G	85	0	15
1GR-1BR	62	5	34
2GR-2BR	27	73	0
1GA-1BA	64	20	17
2GA-2BA	35	31	34
1GZ-1BZ	21	11	68
1GV-1BV	59	19	22
2GR-1GR	9	46	45
2BR-1BR	22	22	57
2GA-1GA	16	1	83
2BA-1BA	18	12	70
2GNh-1GN	100	0	0

Independientemente del color de cemento utilizado, cuando se compararon pigmentos de color rojo o amarillo de distinta marca las diferencias estuvieron más influenciadas por las coordenadas a^* y b^* , por el contrario, cuando se cambió el tipo de pigmento negro las modificaciones fueron debidas a las diferencias de L^* . De lo analizado

se infiere que al cambiar el color del cemento hay mayor incidencia del parámetro L^* pero si lo que se cambia es la marca de pigmento también son diferentes las coordenadas a^* y b^* .

La Figura 2 muestra dos gráficos típicos destinados a mostrar la magnitud de la saturación, la tendencia de los diferentes tonos en un plano cromático y los diferentes niveles de luminosidad (L^*) y saturación (C^*) calculados en los morteros que se hicieron con la marca 1. A la izquierda a^* vs. b^* y a la derecha L^* vs. C^* . También se presentan los diagramas de barras de valores promedios de a^* , b^* , L^* y C^* acompañados por el desvío estándar. Cabe destacar que para la cantidad de determinaciones realizadas los desvíos fueron $< 2,0$ en L^* , $< 1,2$ en a^* , $< 1,5$ en b^* y $< 1,6$ en C^* .

La Figura 3 muestra los dos gráficos típicos de color para los morteros elaborados con la marca 2. A la izquierda a^* vs. b^* y a la derecha L^* vs. C^* . También se exhiben los diagramas de barras de valores promedios de a^* , b^* , L^* y C^* acompañados por el desvío estándar. Los valores alcanzados fueron muy parecidos a los obtenidos con la marca 1 mientras que los desvíos fueron $< 2,1$ en L^* , $< 1,5$ en a^* , $< 1,9$ en b^* y $< 1,8$ en C^* .

Segunda parte: estimación del color en el hormigón por medio de estudios comparativos entre morteros y hormigones

La Tabla 4 muestra los parámetros L^* , a^* , b^* , C^* y h^* determinados para comparar los valores obtenidos en los morteros (M) diseñados con las mismas proporciones que los hormigones (H). También se incluyen los valores de diferencia de color ΔE^*_{76} y ΔE_{00} entre H y su correspondiente M.

La posibilidad de estimar el color de los hormigones por medio de estudios previos sobre morteros tuvo mejor aproximación al utilizar como pigmento óxido de hierro negro o negro de humo. Si bien todos los valores de ΔE^*_{76} indicaron cambio de color, estos fueron menores para los

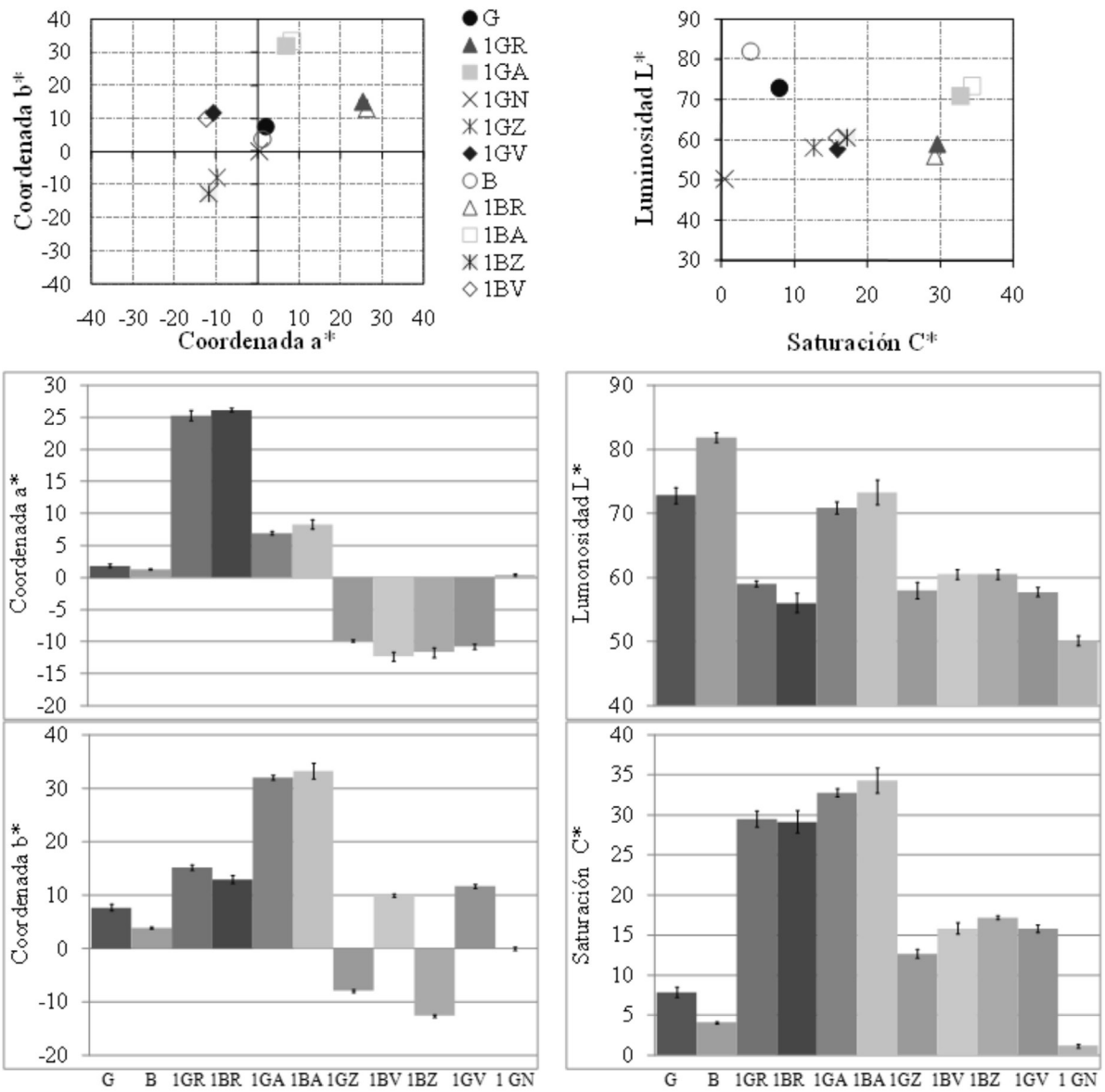


Figura 2. b^* vs a^* (izq.) y L^* vs C^* (der) de morteros con pigmento 1.

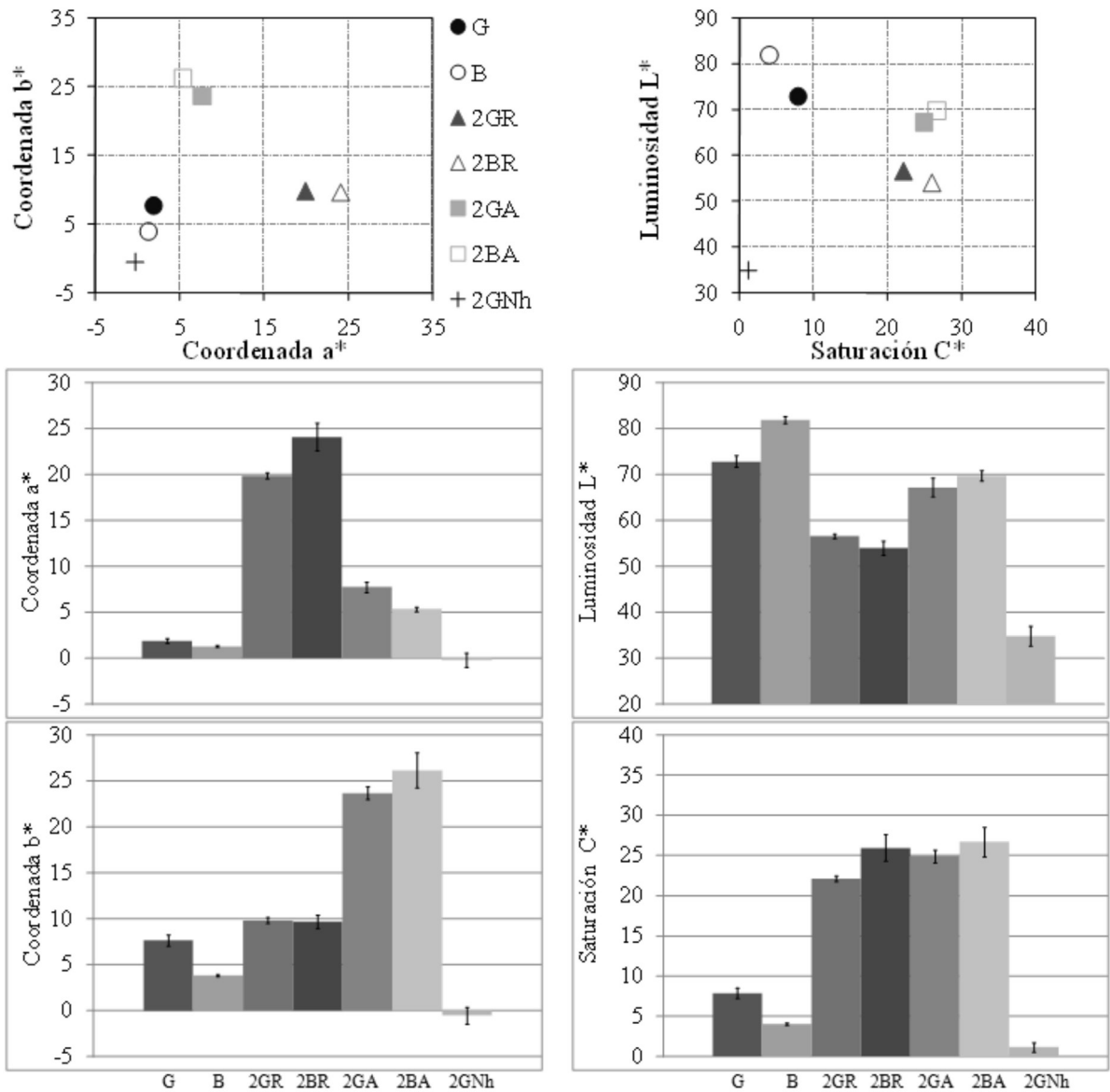


Figura 3. b^* vs a^* (izq.) y L^* vs C^* (der) de morteros con pigmento 2.

pigmentos mencionados. El pigmento negro tiende a desaturar el color de la mezcla, en cambio, con el rojo o amarillo las mezclas se saturan y fueron más notorias las diferencias de color. Nuevamente los valores de $\Delta E_{00} < \Delta E^*_{76}$.

En la Figura 4 se comparan los resultados obtenidos sobre morteros (M) y hormigones (H) con los parámetros b^* vs. a^* (izquierda) y L^* vs. C^* (derecha). Los puntos se ubican en una

misma zona, sugiriendo la posibilidad de valorar el color en morteros y estimarlo en el hormigón. Los morteros presentaron un leve incremento de la saturación mientras que la luminosidad se mantuvo constante. También se presentan los diagramas de barras de valores promedios de a^* , b^* , L^* y C^* acompañados por el desvío estándar. Tales desvíos fueron $< 2,5$ en L^* , con una fuerte variación en el hormigón HN (DV: 7,1) lo que sugiere heterogeneidad del color en el mismo,

Tabla 4. Valores promedios de L*, a*, b*, C* y h* en hormigones y morteros. Diferencias de color total ΔE^*_{76} y ΔE_{00}

Color	Muestra	L*	a*	b*	C*	h*	ΔE^*_{76}	ΔE_{00}
Amarillo	MA	62,7	7,5	28,7	29,7	75,3	7,0	3,4
	HA	63,6	4,8	22,3	22,8	78,0		
Rojo	MR	42,4	25,7	15,9	30,2	31,7	10,3	7,4
	HR	48,8	20,4	9,9	22,7	26,0		
Negro de humo	MNh	28,2	0,7	-0,6	1,0	322,0	4,4	3,5
	HNh	32,5	0,2	-1,2	1,4	279,8		
Negro óxido	MN	50,4	-0,1	0,2	1,4	178,1	5,7	5,6
		44,7	-0,1	-0,1	1,1	203,0		

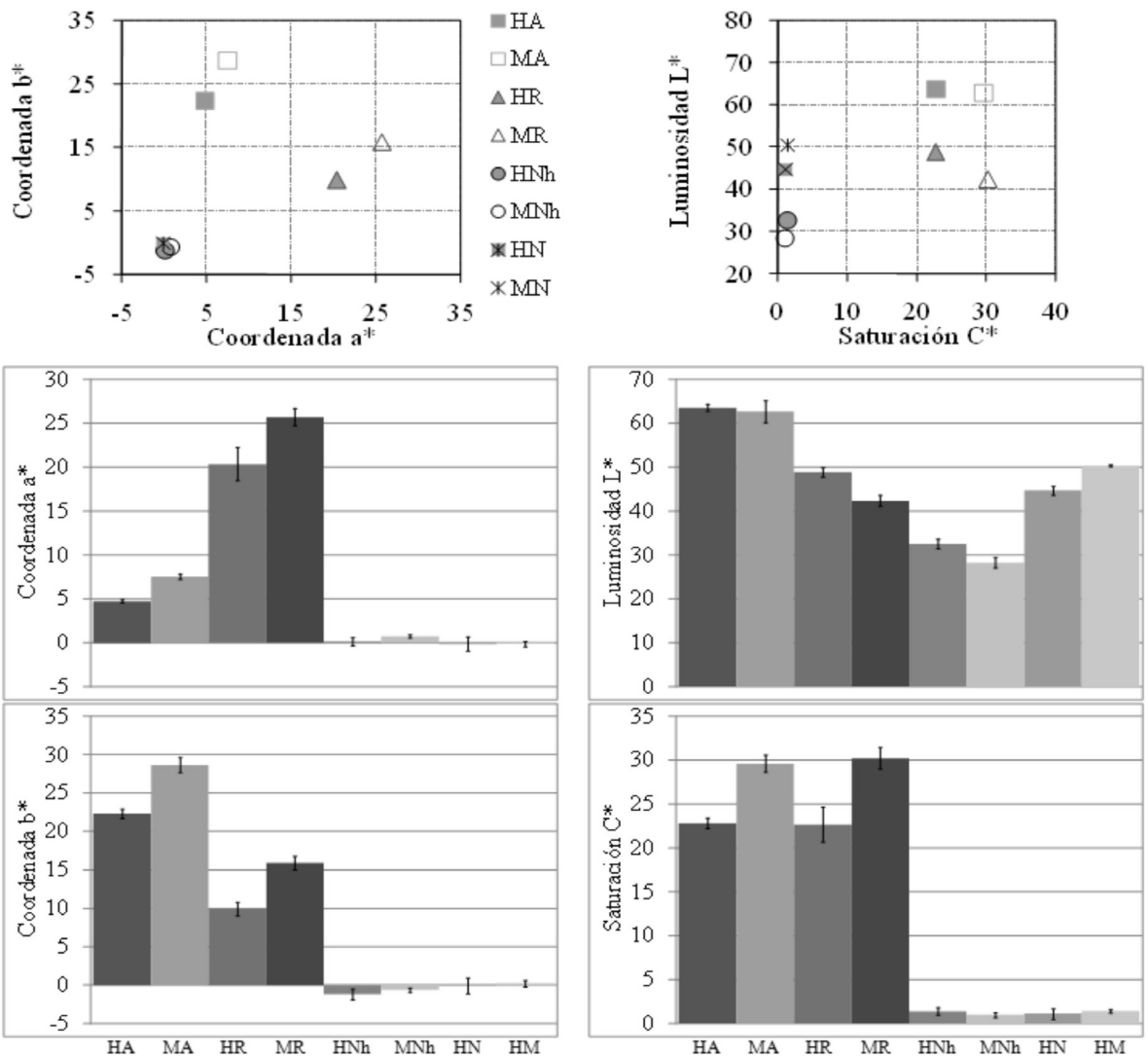


Figura 4: b* vs a* (izq.) y L* vs C* (der) de morteros con pigmento 2.

una posible causa de este resultado es atribuible al color “arratonado” que se obtuvo con el pigmento óxido de hierro negro; < 2 en a^* , $< 1,0$ en b^* y < 2 en C^* .

CONCLUSIONES

La norma europea EN 12878 brinda una metodología rápida para definir el color y realizar comparaciones. Por un lado, utiliza el espacio de color CIELAB y por otro sugiere la fórmula CIEDE76 para realizar evaluaciones (“pasa o no pasa”) con objetivos industriales. La norma, además de presentar los lineamientos para elaborar las mezclas y mencionar al espacio CIELAB como método para definir el color, trabaja sobre morteros lo que resulta una ventaja por ser más económico. El menor volumen de trabajo agiliza la obtención de resultados y economiza el uso de agentes colorantes, cuyo costo es elevado por más pequeñas que sean sus proporciones. Más allá de estas ventajas, debe tenerse en cuenta que la

consistencia del mortero sugerida por la norma es muy seca y dificulta el preparado de las muestras, que no especifica cuántas determinaciones realizar sobre ellas y tampoco establece realizar la comparación con hormigones.

El trabajo permitió definir que determinar el nivel de similitud del color implica utilizar cemento blanco o gris con el mismo contenido de pigmento. También mostró la gran diferencia de color que se obtiene mezclando cementos del mismo color con pigmentos de diferente origen.

Las diferencias de color obtenidos con la fórmula CIEDE2000 fueron de menor valor absoluto que las calculadas con la CIEDE1976. Esto significa que hay necesidad de ajustar esos valores a los nuevos niveles de percepción. Ambas fórmulas también permitieron juzgar que la similitud del color entre hormigones y morteros fue mayor cuando se utilizó como pigmento óxido de hierro negro o negro de humo.

REFERENCIAS

- 1.- Benítez A, Bálamo H. Hormigones arquitectónicos: blanco y coloreado. En Hormigones Especiales. La Plata, Argentina: Autoeditor. 2004, pp. 309-330.
- 2.- López A, Zerbino L, Traversa P. Evolución tecnológica del hormigón visto empleado en estructuras, monumentos y esculturas. En 1er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”. 10 y 11 de Septiembre de 2009 – La Plata, Buenos Aires, Argentina. T6-36.
- 3.- <http://www.beton.org/startseite/>
- 4.- López, A., Positieri, M.J., Oshiro, A., Zerbino, R., 2008. “Estudio de la fluidez y el color en pastas de cemento con pigmentos destinadas al diseño de hormigones autocompactables coloreados”. En Color: ciencia, tecnología y enseñanza: ArgenColor 2006. Ed. J.L. Caivano y M.A. López. Grupo Argentino del Color. pp.123-132.
- 5.- IRAM 1534. Hormigón de Cemento Pórtland. Preparación y curado de probetas para ensayos de laboratorio.
- 6.- López, A., Tobes, J.M., Giaccio, G., Zerbino, R., 2009. Advantages of mortar-based design for coloured self-compacting concrete”. Cement and Concrete Composites 31, 10, pp. 754-761.

- 7.- Coelho, F., 2000. “Variación del color y textura superficial de hormigones vistos, con adición de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposición ambiental.” Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 248 p.
- 8.- Positieri, M. J., 2005. “Propiedades físico-mecánicas y durabilidad del hormigón coloreado.” Tesis doctoral, Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. Cba, 254 p.
- 9.- Passuelo, A., 2004. Análise de Parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco. Mestre em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 175p
- 10.- Oayka Kircheim, A., Passuelo, A., Carpena Coitinho Dal Molin, D., Pinto Da Silva Filho, L.C., 2005. CONCRETO Ensino, Pesquisa e Realizações. Volume 2. Seção VIII Concreto para Fins Especiais. Capítulo 47: Concreto Branco. pp. 1453-1491.
- 11.- Lozano, R. D. El color y su medición. Bs. As.: Américalee S.R.L; 1978.
- 12.- CIE 15. Technical Report draft. Colorimetry. 3 Edition. 82 p.
- 13.- Fort, R.F., Mingarro, M.C., López, J., Rodríguez, B., 2000. “Chromatic parameters as Performance Indicator for Stones Cleaning Techniques”. Color Res. Appl. 25, pp. 442-446.
- 14.- Annerel, E., Taerwe L., 2011. “Methods to quantify the colour development of concrete exposed to fire”. Const Build Mater. 25, pp. 3989-3997.
- 15.- Melgosa, M.M., Huertas, R., 2004. “Relative significance of the terms in the CIEDE2000 and CIE94 color-difference formulas”. Optical Society of America 21, 12, pp. 1-7.
- 16.- Sharma, G., Wu, W., Dalal, N., 2000. “Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations CIE”. Color Res. Appl. 30, pp. 21-30.
- 17.- EN 12878: 2005. “Pigments for colouring of building materials based on cement and/or lime – Specification and methods of test”.
- 18.- Teichmann, G., 1990. “The Use of Colorimetric Methods in the Concrete Industry?”. Betonwerk+Fertigteile-Technik/Concrete Precasting Plant Technol. 10, pp. 58-73.
- 19.- López, A., 2013. “Patrimonio moderno: Evaluación de los aspectos estéticos que modifican la apariencia del hormigón”. En 3er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”. 16 a 18 de Octubre de 2013 – La Plata, Buenos Aires, Argentina. T4-39.
- 20.- ASTM 979 ASTM C 979. “Standards Specification for Pigments Used to Integrally Color Concrete”.
- 21.- López, A., 2012. “Diseño y Caracterización del Hormigón Autocompactante Coloreado”. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 189 p.
- 22.- IRAM 1618. “Cemento Portland Blanco. Determinación de la blancura”.

PUENTES DE HIERRO SOBRE EL CANAL ALIVIADOR N° 15 EN EL RÍO SALADO, PARTIDO DE CASTELLI. CONTRIBUCIÓN AL PATRIMONIO RURAL

IRON BRIDGES ON THE RELIEF CHANNEL NUMBER 15 ON THE SALTY RIVER , CASTELLI. CONTRIBUTION TO RURAL HERITAGE

M. Aversa¹

1.- Profesional Asistente LEMIT-CIC. mm_arq@yahoo.com.ar

RESUMEN

A partir del siglo XIX se dio inicio a un plan de control de inundaciones en el área de la pampa deprimida en el territorio de la provincia de Buenos Aires, debido que reiteradamente se ocasionaban complicaciones sobre los campos de diferentes partidos de la provincia, concretamente al sur del río Salado. En este sentido el gobierno de la provincia de Buenos Aires comenzó a realizar en 1893 las tratativas legales para sanear el área, y construir las obras.

Las mismas comprendieron la construcción de 19 canales de desagües y aliviadores distribuidos en el territorio sudeste de la provincia, del mismo modo obras complementarias pertinentes en los caminos rurales. En este contexto interesa particularizar el análisis en dos puentes ubicados sobre el canal N° 15 -aliviador del río Salado- en el partido de Castelli, vinculando el paso a los campos aledaños.

El presente trabajo es resultado de una investigación más amplia realizada previamente en el LEMIT en coautoría con ingenieros, cuyo objetivo residió en el análisis de patologías sobre puentes de hierro. Este escrito tiene por objetivo relacionar las obras de ingeniería al territorio y contexto socio económico de la época, el resultado evalúa la obra pública del patrimonio rural sometida a una demanda territorial de alcance provincial, aun vigente.

***Palabras Claves:** territorio, patrimonio, inundaciones, puentes.*

ABSTRACT

From the nineteenth century was launched at a flood control plan in the area of the Flooding in the territory of the province of Buenos Aires, due to complications repeatedly on different fields parties occasioned province, specifically the south of the Salado River. In this sense the government of the province of Buenos Aires in 1893 began conducting legal dealings to clean up the area, and build works. The works included the construction of 19 sewage channels and relievers distributed in southeastern

territory of the province, just as relevant complementary works on rural roads. In this context interested particularize the analysis of two bridges located on channel No. 15 - comforting the Salado River in the district of Castelli, linking over the surrounding fields.

This work is the result of a broader research previously conducted in LEMIT coauthored with engineers whose goal resided in the pathology tests on iron bridges, this paper aims to relate the engineering to the territory and context economic partner the time, the result evaluates public works of the rural heritage subjected to even current demand for provincial territorial scope.

Keywords: *land, heritage, floods, bridges*

INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires fue, y es, territorio propicio de asentamientos humanos y grandes obras de infraestructura implantadas la gran mayoría a fines del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX. Por solo mencionar algunos ejemplos, los ferrocarriles y los grandes edificios públicos son sinónimos de ello, en este contexto las obras hidráulicas constituyen un gran valor histórico y testimonial de una época pasada, pero aun vigente y con prestación de servicios.

56

Frente a los graves problemas de inundaciones que sufría la zona sudeste de la provincia de Buenos Aires, en la denominada pampa deprimida, el Estado nacional y provincial, comenzaron a evaluar la posibilidad de llevar a cabo las obras de infraestructuras necesarias para contrarrestar el grave problema territorial que inundaciones –y también sequías- provocaban en los campos fértiles de la región, ocasionando pérdidas económicas considerables. De este modo en 1892 se autorizó al Poder Ejecutivo a elaborar un plan para el control de inundaciones, un proyecto de infraestructura de extrema complejidad y dimensión para su época que comprendió extensas hectáreas de la región pampeana. En 1896 se creó la Dirección de Desagües de la Provincia de Buenos Aires, siendo en 1900 el llamado a “licitación pública para la construcción de las obras de desagüe a practicarse en las zonas inundadas de la provincia de Buenos Aires” (Ministerio de Obras Publicas. 1900:1).

Las obras de canalización de las aguas comprendían la construcción de 19 canales de

desagües y aliviadores, obras accesorias, obras de arte, y puentes en cruces de caminos públicos y ferroviarios de la región comprendida en el centro este de la provincia. Para este trabajo interesa particulariza en el canal N° 15 –aliviador del río Salado- y los dos puentes carreteros de hierros que cruzan entre medio de las Rutas Provinciales N° 2 y N° 11 en el Partido de Castelli. El primer puente se ubica en el Km 331.50, nombrado en los planos catastrales de la época como “Puente del Callejón”, actualmente conocido como “Puente de Pascua” cercano a la embocadura del canal. Y el segundo ubicado en el Km 112.00 denominado actualmente “Puente de Uranga” a corta distancia del médano. La denominación actual se debe a los residentes o los lugareños que tuvieron o tienen relación con los campos lindantes a estos.

Ambos puentes fueron construidos a principios del siglo XX. La estructura de fundación de las obras de arte fue in situ de mampostería, y la superestructura realizada en hierro fue encargada y contratada en Europa. El hierro fue el material que marcó un cambio histórico en el proceso de producción de la ingeniería, aportando amplias posibilidades para resolver los problemas técnicos y al mismo tiempo propugnar una estética en el entorno de su emplazamiento, ocupan un segmento del patrimonio industrial rural y el desarrollo territorial del siglo pasado.

Contexto histórico y territorial

El tema de las inundaciones en el territorio

bonaerense, fue un debate de larga data, que aun continúa, formando parte de la agenda de Estado y de las políticas públicas como necesidad a resolver en áreas específicas. A fines del Siglo XIX Florentino Ameghino (1969) había advertido la necesidad de atender la cuestión de los drenajes, no solo por las inundaciones sino por las áreas secas, ya que algunas quedaban inundadas mientras muchas otras se hallaban desérticas, por ello la importancia de canalizar y retener las aguas más que desaguarlas al río.

En atención a esta situación, en 1896 se creó la Dirección de Desagües de la Provincia de Buenos Aires, antecedente de la Dirección de Hidráulica, consignada para intervenir en la regulación de las consecuencias de lluvias como del régimen hídrico dominante, con escasas o nulas pendientes, específicamente en la cuenca del Río Salado; área que se “desarrolla en la faja central y Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, abarcando un área de aproximadamente 170.000 km², definida como una depresión aulacógena, generada en el Mesozoico a partir de la apertura del océano Atlántico [...]. A partir del Jurásico tardío [...] junto a una serie de ciclos transgresivos-regresivos posibilitaron la sedimentación que en su sector central alcanza los 7000 m de espesor” (INA.2012: 7).

Durante el Pleistoceno, se produjeron eventos climáticos que llevaron a fluctuaciones marcadas del nivel del mar (Fucks et al. 2010: 3), que en

el área de estudio originaron depósitos litorales de alta y baja energía. A partir del Último Máximo Glacial (18-20 ka), cuando el mar se habría ubicado a 100- 120 m por debajo de su nivel actual [...] comenzó un ascenso eustático a una velocidad aproximada de 1 cm/año hasta alcanzar una altura de 3-4 m sobre el nivel medio actual; luego el mar comenzó su descenso hasta su posición actual, estos ciclos transgresivo-regresivo han propiciado la formación del territorio actual y los característicos rasgos del paisaje. (Figura 1). Esta formación geológica ha dado a la denominada región pampeana, áreas diferenciadas, la Pampa inundable o deprimida (D) tiene su principal colector de las zonas inundables al río Salado con desembocadura en el Mar Argentino.

En este contexto el río Salado es el colector principal de esta zona inundable. Su cauce insuficiente para conducir el agua hacia el mar, la inmensa cuenca con escasa pendiente y con una tortuosa desembocadura hacia la ensenada de Samborombón, –junto a otros fenómenos– es causante de los desbordes, inundando las zonas aledañas, afectando grandes extensiones de áreas rurales valiosamente productivas para la región y el país.

Las obras: el canal aliviador y los puentes de hierro

La Ley N° 2486 “Obras de desagües en el sud de la

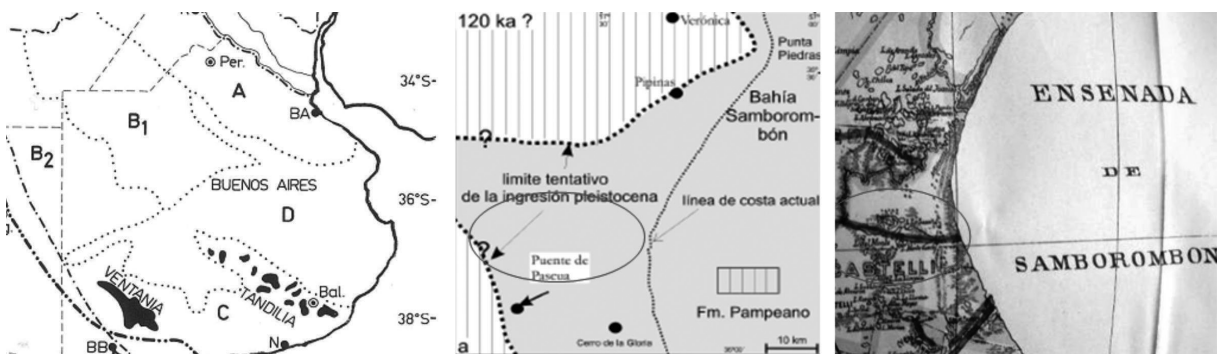


Figura 1. (Izq.) Mapa de Subdivisión de la Región Pampeana . Fuente: Hall et al., en INTA (1992). (Centro) Secuencia evolutiva del sector centro-norte de la bahía Samborombón. Fuente: Fucks et al (2010). (Der.) Plano ubicación Canal N° 15. Fuente: Dirección de Desagües (1911).

provincia” autoriza el 3 de diciembre de 1892 “al Poder Ejecutivo para proceder a practicar las obras de desagües en la parte sud de la provincia que sufra o sea susceptible de sufrir inundaciones”, al mismo tiempo la Ley expone “apruébase igualmente el anteproyecto general de desagües de la parte sud inundable de la provincia” (Kezelman y De Souza. 1930:590). De este modo la Dirección de Desagües, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, estuvo a cargo de los estudios y proyectos para las obras correspondientes; para ello designó una comisión técnica en el año 1899 presidida por el ingeniero Nyströmer, quien propuso la construcción de diecinueve canales, sometida a evaluación por la Legislatura provincial.

En el año 1900 “la Dirección de Desagües autorizada por Ley de 24 de septiembre, llamó a licitación pública para la construcción de las obras de desagües, comprendiendo las siguientes tareas: “excavaciones, dragages, terraplenes, etc. [...] y los correspondientes trabajos accesorios” (Ministerio de Obras Públicas. 1900:1). La licitación planteó un plazo de ejecución de ocho años. El presupuesto general no incluía el costo de los puentes, según el informe del ingeniero Nyströmer “los canales cortan 39 caminos generales y mucho mayor número de los parciales y vecinales, la mayor parte

habrán de requerir puentes, muchos de ellos de 300 metros de abertura, y su costo no está contemplado en el presupuesto” (La Ingeniería. 1914: 131). Tal situación modificó el presupuesto estipulado en el empréstito, pasando de 25 a 30 millones (Figura 2).

En 1890 la Dirección de Desagües presentó el proyecto para el drenaje de la región con la construcción de 19 canales maestros, siendo la Comisión técnica presidida por Nyströmer la encargada del proyecto tal como aparece su firma en los planos fechados en el año 1909. El canal de desagüe N° 15, es el llamado canal aliviador del río Salado, tiene su inicio en el arroyo del Callejón en el río Salado, dirigiéndose al mar donde desemboca. El objetivo es bajar el nivel de las aguas en el tronco inferior del río Salado. (Figura 3).

El canal de desagüe N° 15, tiene por objeto bajar el nivel de las aguas en el tronco inferior del río Salado y evitar los desbordes sobre los campos. Está ubicado en el partido de Castelli entre la Ruta Provincial N°2 y la Ruta Provincial N° 11, tiene su inicio en el arroyo del Callejón inmediato al río, dirigiéndose al mar donde desemboca atravesando la bahía –o ensenada- de Samborombón en el paraje denominado Cerro de la Gloria.

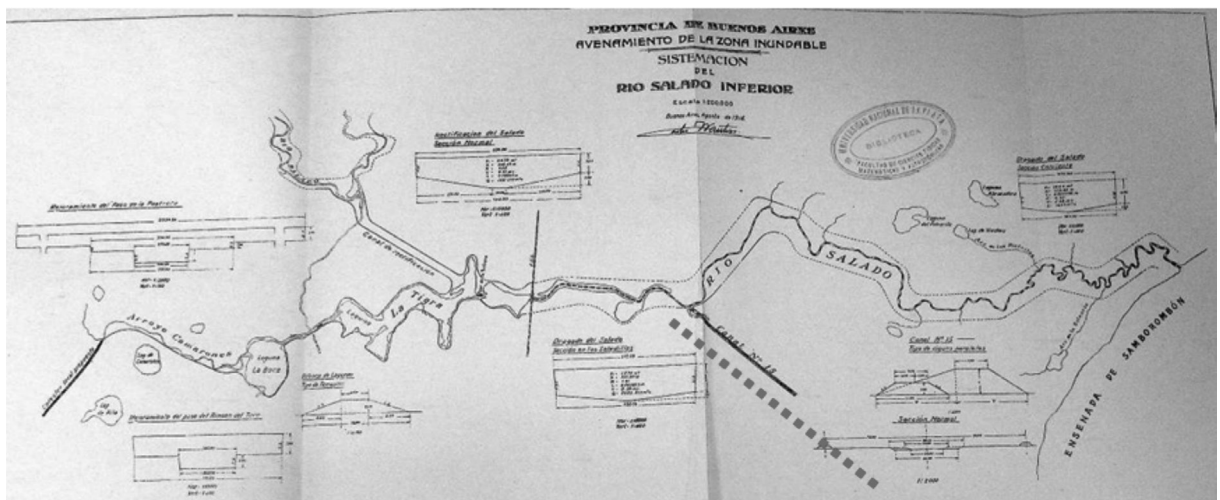


Figura 2. Plano del Río Salado en las secciones correspondientes a la ejecución de los canales de desagües y aliviadores.

Fuente: Revista La Ingeniería. 1915. N°407.



Figura 3. Perfil del Río Salado en el partido de Castelli. Fuente: MIPBA. Archivo de Geodesia. Dirección y Administración de desagües, Provincia de Buenos Aires. 1902.



Figura 4. Ubicación de los 19 canales aliviadores en la provincia de Buenos Aires. Canal n° 15. Fuente: Obras de Desagües de la Provincia de Buenos Aires. 1911.

El proyecto del canal muestra que “el canal tiene un largo de 34 Km y su sección transversal variable entre 17 y 23 metros de ancho en el fondo, y entre 31 y 43 metros a nivel del terreno” (MIPBA.1911:31). Con el transcurso del tiempo el canal fue dragado en algunas oportunidades, aumentando su sección considerablemente. La tierra de las excavaciones fue depositada en los laterales, formando terraplenes de 6 metros, los que contribuyeron a contener los desbordes hacia los campos adyacentes y al mismo tiempo consolidar caminos laterales por los que se accede a los campos. (Figura 5).

Sobre este canal se dispusieron dos puentes carreteros que conectan el área rural, enlazando los caminos públicos preexistentes, estas obras fueron denominadas “obras accesorias”, en ellas se incluyen los puentes, caminos laterales, compuertas y demás obras complementarias.

El primer puente analizado se halla ubicado sobre el camino del Callejón, en el Km. 331,50, cercano a la embocadura del canal. Próximo a la Ruta Provincial N°2. El otro, situado en el Km 112,00, a corta distancia del médano, en la desembocadura del canal, próximo a la Ruta Provincial N° 11.

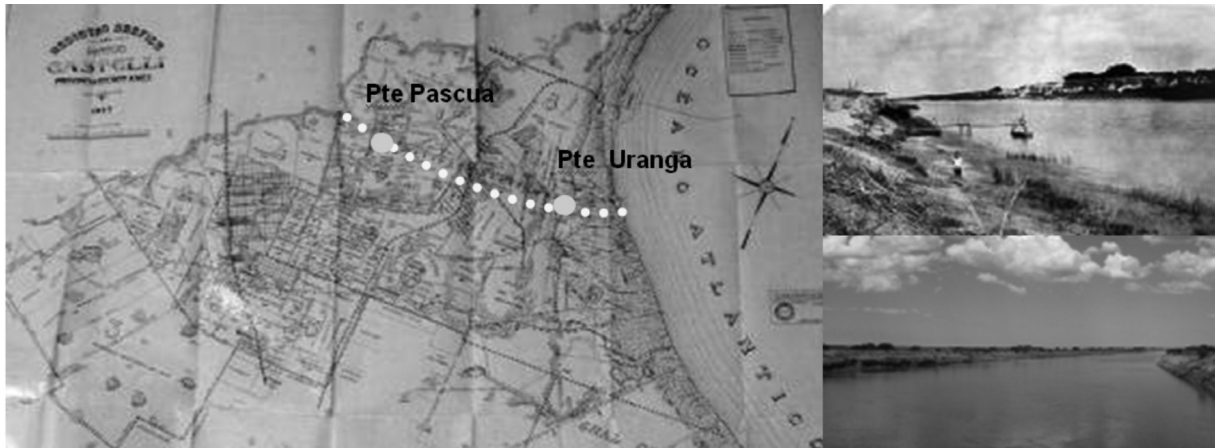


Figura 5. (der.) Partido de Castelli, canal N° 15, localización de los puentes. Fuente: MIPBA, carpeta N° 1 (1917). (izq. Sup.) Canal N° 15, a inicios de su construcción Fuente: Taube (2010). (izq. Inf.) Canal N° 15 actual.

La estructura de fundación de las obras de arte fue in situ, de hormigón, y la superestructura de los mismos, realizada en hierro, fue encargada y contratada en Europa. Los cimientos y demás construcciones, así como el montaje de la parte metálica, se ejecutaron por administración, con la participación de diversas empresas que se presentaron a licitación. “su construcción responde completamente a la de los últimos modelos que se ejecutan en Europa de acero y cemento armado. Ofreciendo la belleza y proporciones que han alcanzado estas obras en el viejo continente” (La Ingeniería.1914: 432). El uso del hierro en la provincia fue recurrente en esta época, aunque sobre esto el ingeniero Huergo advirtió en años anteriores, que si bien en Europa era casi exclusivo la aplicación del hierro a las construcciones por la ventajas que presentaban, para la realidad de la Argentina no era lo más conveniente por diversas razones, y explica “no se puede obtener estos puentes sino encargándolos a Europa [...] además de las grandes demoras [...] sería preciso enviar de Europa obreros para el montaje de los mismos [...] los fletes y gastos” (Huergo et al. 1869: 19). No obstante los puentes se construyeron y montaron en el territorio.

Puente de pascua (Km. 331,00), Castelli, Buenos Aires.

El puente de Pascua está ubicado sobre el comienzo del canal N° 15, a 35 Km de la ciudad de Castelli, cercano a la ruta Provincial N° 2 y las vías del ferrocarril, en el tramo inicial del camino paralelo al canal, aproximadamente a 15 Km. desde la bajada de la ruta, en el paraje denominado Centro Guerrero, dentro del partido de Castelli. (Figura 6).

Su ejecución comenzada en 1902 se inició con la construcción de las fundaciones y los mampuestos, hasta el límite que recibiría posteriormente la superestructura metálica una vez llegada a la obra. Los planos dan cuenta de este dato, en ellos se expresa “los muros y parapetos de los estribos arriba de este nivel no se construirán sino después del armado del tramo del puente” (MIPBA. 1909) (Figura 7).

Consta de tres tramos, de 55,60 metros de luz central y de 44,64 metros los laterales, siendo de 158 metros la longitud total, incluyendo los estribos. La altura es de 10 metros.

Los pilares de fundación son de mampostería, asimismo los estribos y muros de vuelta. Los

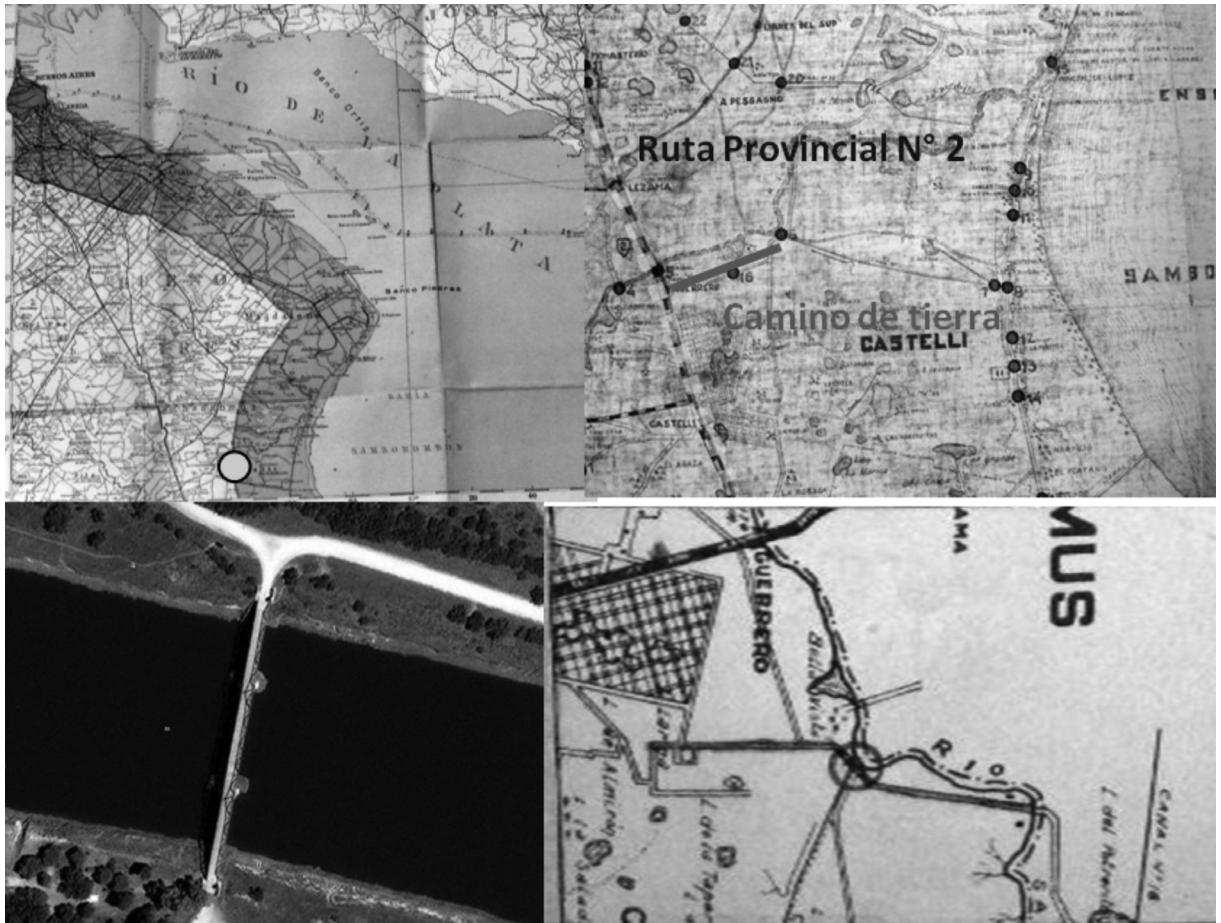


Figura 6. Ubicación del canal y puente. Fuente: MIPBA. Archivo de Geodesia. Imagen satelital.

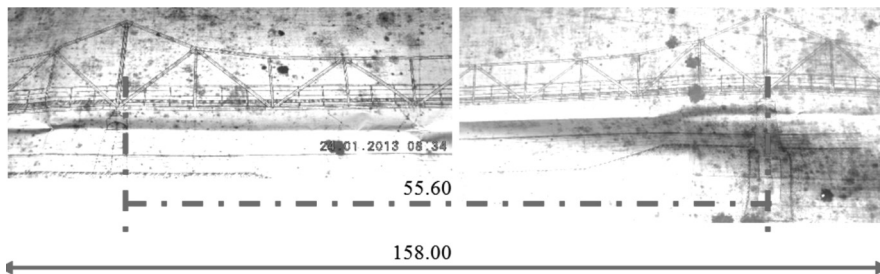


Figura 7. Planos de obra. Sección longitudinal. Fuente: Dirección de Hidráulica Sección Dolores.

muros que encabezan el puente proyectado y ejecutado en mampostería, trabajado con pilares ornamentados con molduras. La calzada original de adoquín de piedra con un ancho de 5,30 metros, sobre la estructura de hierro (Figuras 8 y 9).

Puede observarse la correspondencia entre los planos del proyecto y la ejecución del mismo, la estructura de fundación, pilares y mampuestos respetaron el proyecto, si bien en los planos se evidenció alguna diferencia con la estética de la

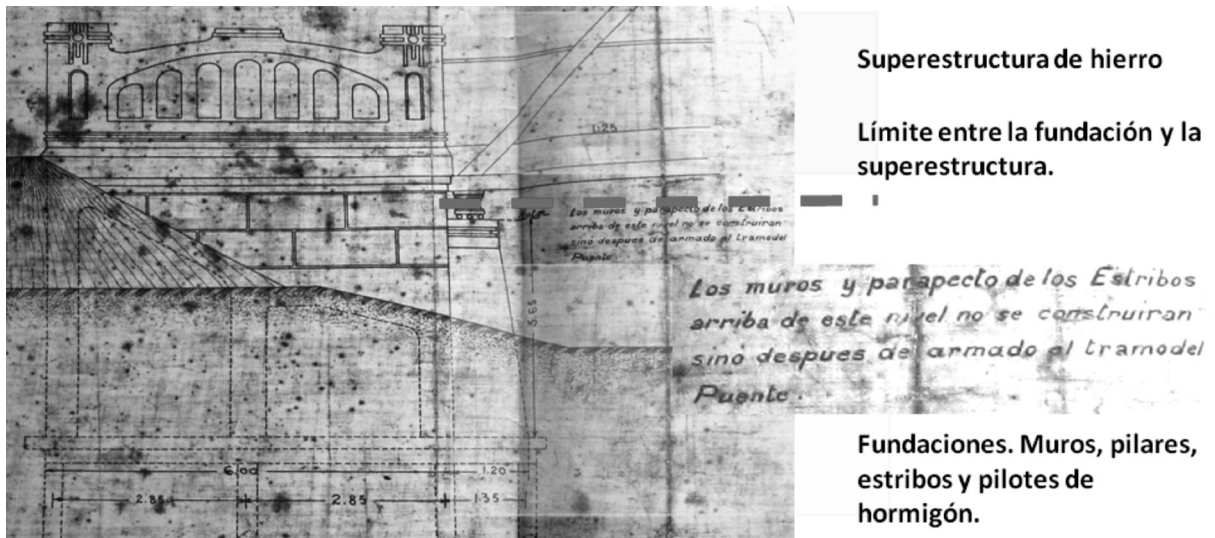


Figura 8. Planos de obra. Sección Transversal. Fuente: Dirección de Hidráulica Sección Dolores.

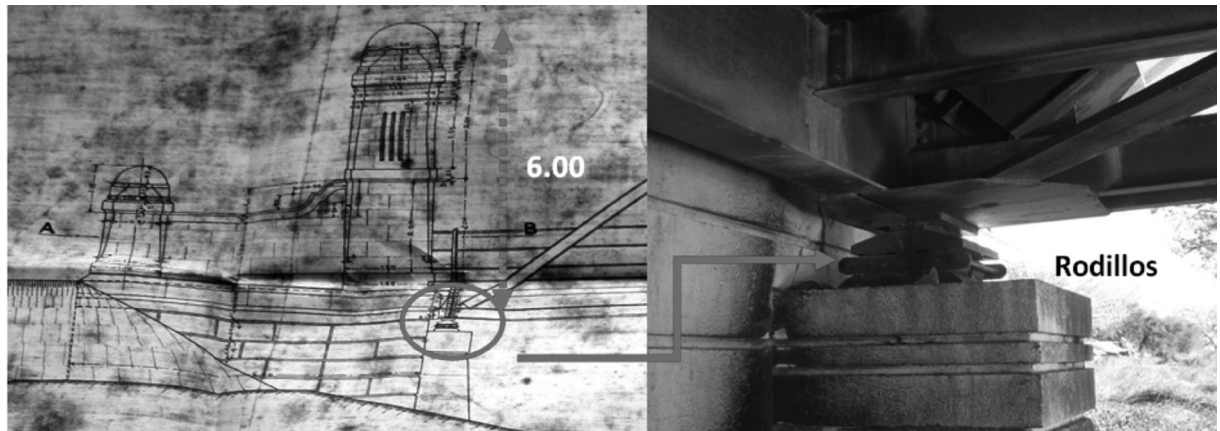


Figura 9. Plano de obra. Sección transversal del muro y comienzo de la superestructura. Fuente: Dirección de Hidráulica Sección Dolores.

62

mampostería en los pilares (Figura 10). En cuanto a la superestructura de hierro el puente no sufrió alteraciones tal como puede verse en las imágenes de la construcción y de la actualidad (Figura 11).

Los materiales para la superestructura del puente fueron encargados a principios del año 1909, habiendo llegado en julio de ese año, fueron trasladados a la obra por ferrocarril y luego por carros. Según se halló, en las memorias de la Dirección de Desagües, el personal empleado en estas obras fue de más de 200 hombres y

el “total empleado en el año 1908 alcanzó los 3843 hombres” (Ministerio de Obras Publicas, 1910:64). En las fotografías pueden observarse los campamentos alrededor del puente y el modo de proceder para el montaje de las piezas de hierro (Figuras 12-13).

En septiembre de 1910 se autorizó la circulación por este puente. Al respecto, el Poder Ejecutivo resolvió autorizar a la Dirección y Administración de Desagües para librar al servicio público el puente construido en el KM 331,00, sobre el canal

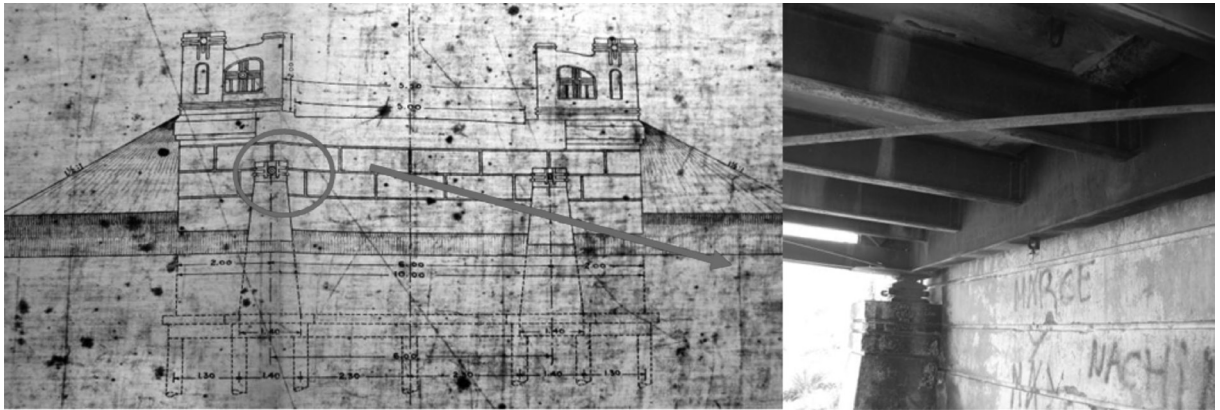


Figura 10. Plano de obra. Sección transversal de las fundaciones. Detalles de unión con la superestructura.



Figura 11. Puente de Pascua. Fotos del autor (2013).
Fuente: Dirección de Hidráulica Sección Dolores.



Figura 12. Puente Km 331,00 en construcción (1910).
Fuente: fotos Sr. M. Céspedes.

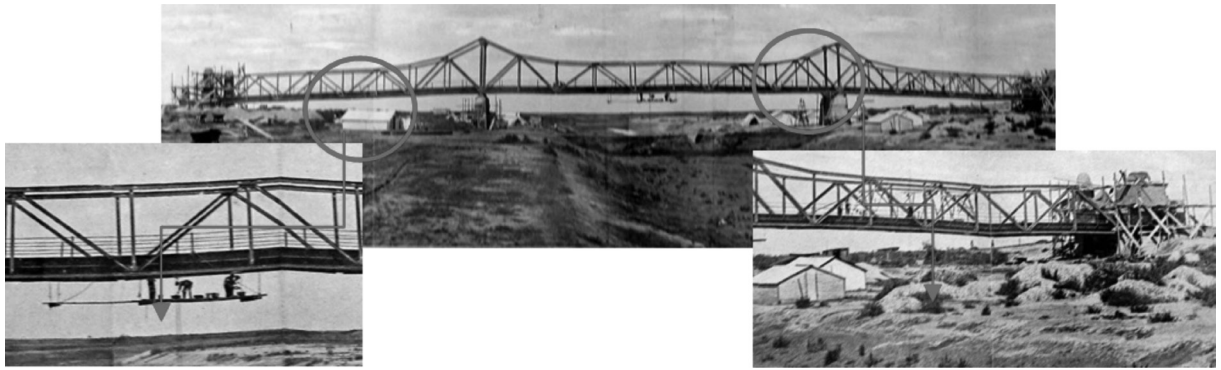


Figura 13. Montaje del puente. Fuente: Dirección de Desagües de la Provincia. Memorias 1910.

Nº 15. Al mismo se le realizaron trabajos de reparación y pintura en el año 1922 (Figura 14).

El puente en la actualidad se encuentra estable y apto para el tránsito, no obstante es necesario un mantenimiento por parte de las autoridades municipales y provinciales. El ancho actual del canal es de 110 metros, llegando prácticamente

hasta los bordes del puente (Figura 15).

Puente de Uranga (Km 112,00), Castelli, Buenos Aires.

El puente está situado en el extremo del canal Nº 15, cercano a la desembocadura, a 46 km de la ciudad de Castelli. Inmediatamente de este se



Figura 14. Puente de Pascua en el año 1922. Fuente: Dirección de Desagües (1925)



Figura 15. Fotos actuales del puente. Fuente: Fotos del autor.

halla la Ruta Provincial N° 11 que bordea la costa atlántica. Se puede llegar también desde la Ruta Provincial N° 2 recorriendo en paralelo el canal por camino de tierra, distando de esta última unos 35 km aproximadamente. (Figura 16).

Al igual que el puente anterior, su construcción respetó el proyecto que se ve en los planos. Se evidenció entre planos y fotos antiguas su correlato, no obstante, este puente sufrió alteraciones posteriores en el reemplazo de la estructura de fundación que se detalla más adelante. Consta de tres tramos, el tramo central de 45 metros de luz, y 10 tramos laterales que en total miden 46 metros modulados por las barandas de hierro que continúan desde el tramo central hacia los laterales, siendo estas de 1.00 metro de altura y con una composición diferente al puente anterior. En total, la longitud es de 137 metros (Figura 17).

La estructura de fundación, tal como se observa en la

figura está conformada por pilares de mampostería sobre el nivel de agua, estos se encuentran sobre una “plataforma de cemento armado con barrotes 10m/m y malla de 100m/m” (planos de puentes carreteros. 1909) con pilotes por debajo, según consta en el plano la medida estimada en función del subsuelo es de 7,15 metros (Figura 18).

La planta de apoyo de la superestructura esta conformada por una trama de hierros modulada cada 10 metros, coincidiendo con el modulo de las barandas metálicas, el ancho de la calzada es de 5,00 metros (Figura 19).

La planta de cimientos mantiene un ancho de 2,5 metros conformada con 3 filas de pilotes a enroscar. “se experimentó dificultades para clavar los pilotes a rosca por hallarse muy reseca el suelo [...] se luchó también con inconvenientes para conseguir obreros hábiles” (Dirección de Desagües de la Provincia. 1910:67) (Figura 20).



Figura 16. Ubicación del canal y puente. Fuente: MIPBA. Archivo de Geodesia. Imagen satelital.

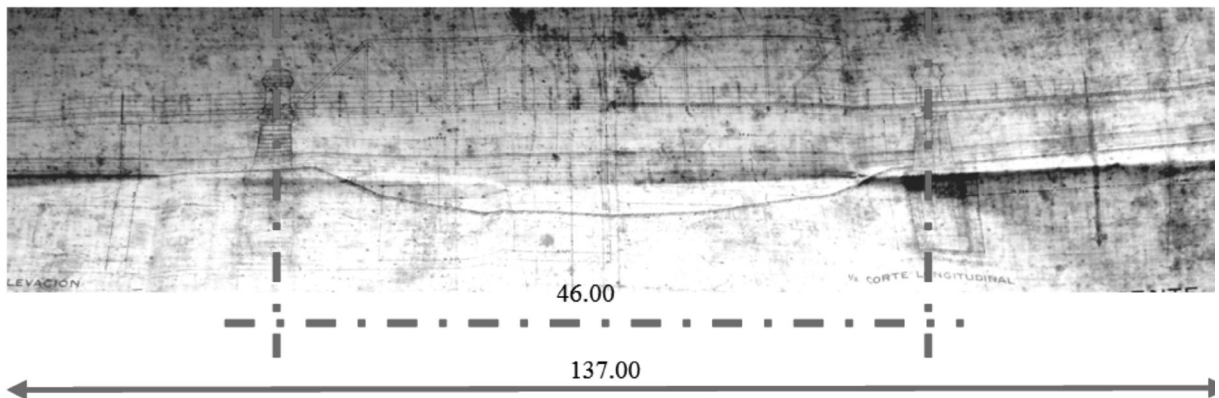


Figura 17. Corte longitudinal de fundaciones. Fuente: Dirección de Hidráulica Sección Dolores.

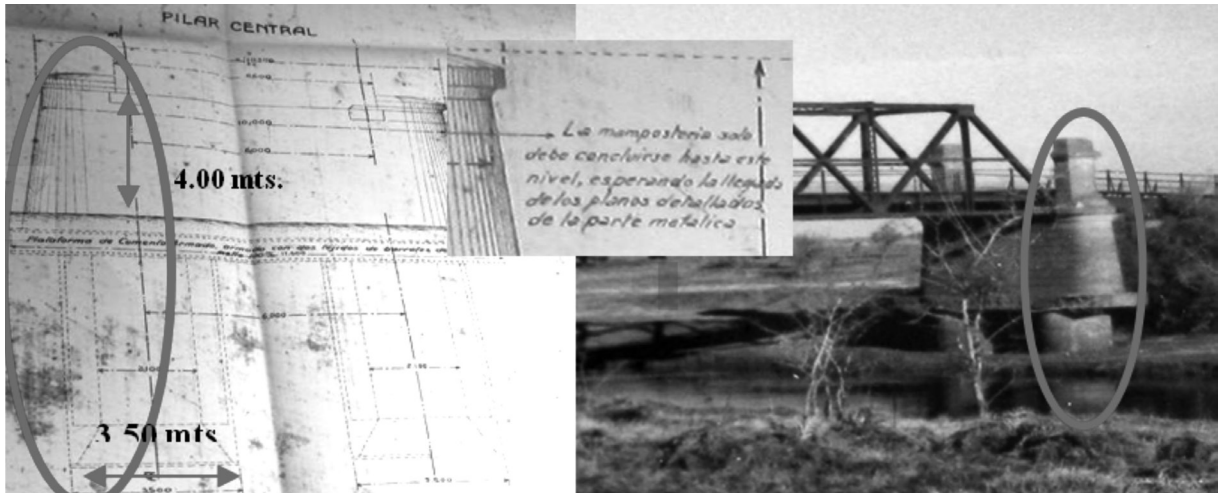


Figura 18: Corte transversal de pilar y las fundaciones. Foto anterior al reemplazo de la estructura.
Fuente: (planos) Dirección de Hidráulica Sección Dolores. (Foto) Archivo Regional Castelli.

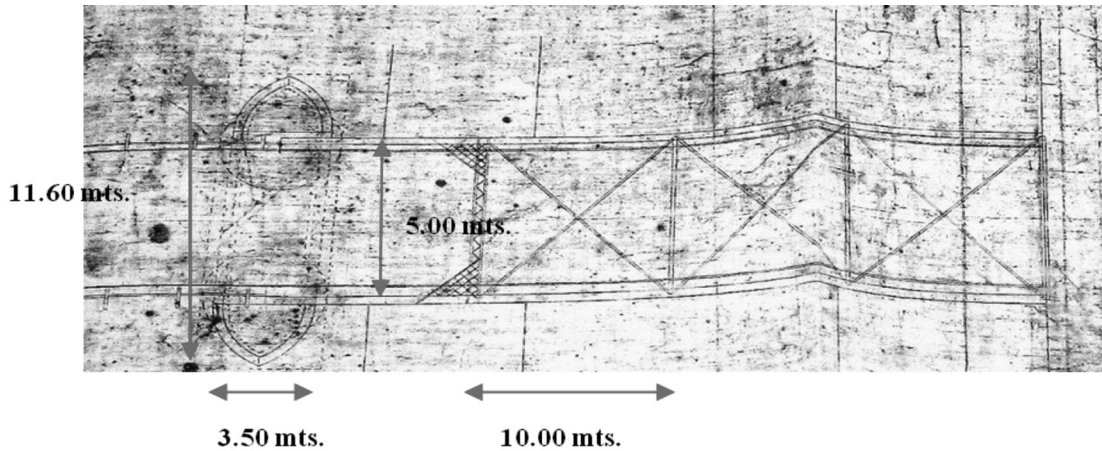


Figura 19. Plano de obra. Planta. Fuente: (planos) Dirección de Hidráulica Sección Dolores.

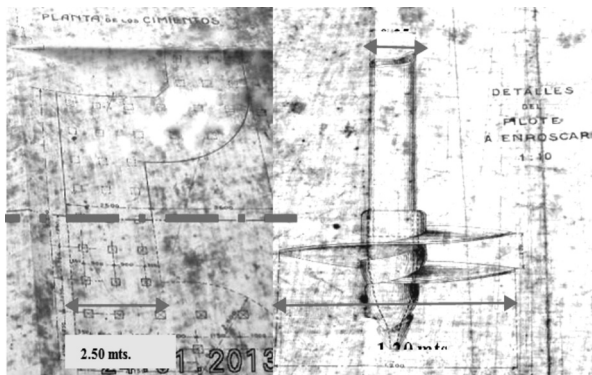


Figura 20: Detalles de pilote a enroscar.
Fuente: Dirección de Hidráulica Sección Dolores.

La superestructura al igual que el caso anterior – Puente de Pascua- es de hierro, y fue contratada a Europa, luego armada in situ. La diferencia es que este puente llegó un mes antes (junio de 1909) por agua y trasladada al sitio en carros. (Figura 21). En el plano consta que el tipo de acero es “flusseisen”, la traducción del alemán es “dulce”, lo que significa que tienen una resistencia media de buena tenacidad, indicados para determinados usos.

El puente fue autorizado a abrir su paso el 12 de agosto de 1910, “en vista de la nota de la Dirección

de Desagües y Administración de Desagües, el Poder Ejecutivo resuelve: autorizar [...] librar al servicio público el puente construido en el kilómetro 112 del canal N°15” (Figura 22).

En la década del '90 el puente de Uranga en el Km 112.00 sufrió algunas alteraciones respecto de su proyecto original, debido a que presentaba mucha inestabilidad y esto impedía el tránsito sobre el mismo. Esto ocurrió por el escaso mantenimiento, y además coincidió con el dragado del río Salado, situación que provocó que las aguas erosionen más los taludes del canal y las fundaciones. En ese momento la Dirección de Hidráulica de la Provincia pretendió derribarlo y construir uno nuevo. Esto no sucedió en parte gracias al pedido de algunos vecinos quienes no querían que fuera derribado, sino que se recuperaran todos los componentes posibles al máximo, ya que forma parte de la memoria colectiva de los lugareños y representa un exponente del patrimonio de la provincia de Buenos Aires. (Figura 23).



Figura 23. Puente de Uranga (antes del reemplazo de las fundaciones) y fotos actuales. Fuente: Archivo y Museo de Castelli (1980). Fotos actuales del autor (2013).

De este modo se reemplazó la estructura de fundación, con un nuevo sistema de pilotes y soportes para la superestructura de hierro que se mantuvo en el estado original. Si bien se hicieron trabajos de reparación en sectores de la superestructura que estaban dañadas y también se acondicionó el paso carretero por el mismo. (Figura 24).

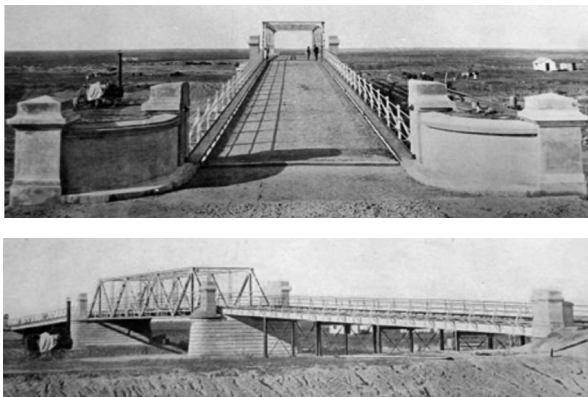


Figura 21: Fotos del puente terminado. Fuente: Dirección de Desagües de la Provincia. 1910



Figura 22. Puente de Uranga 1922. Fuente: Dirección de Desagües (1925).

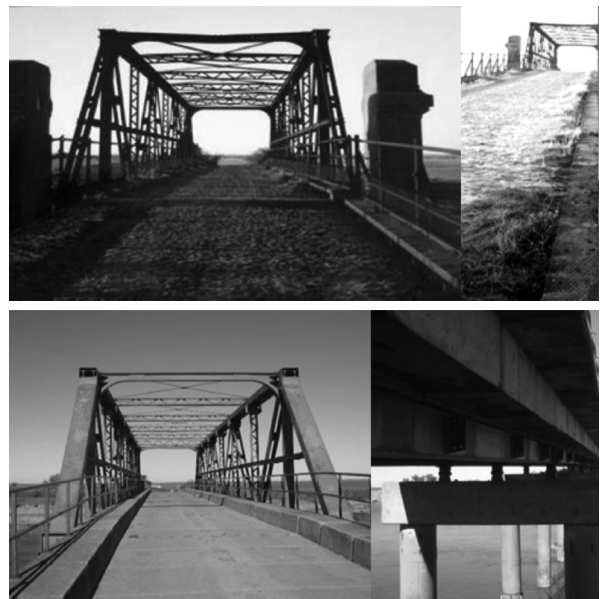


Figura 24. Puente de Uranga 1922. Fuente: Dirección de Desagües (1925).

Actualmente el puente es apto para todo tránsito, no obstante existe la posibilidad que sin el mantenimiento adecuado y permanente sufra mayor deterioro que ponga en riesgo partes de sus componentes. El canal en este sector tiene un ancho de 120 metros según la imagen satelital del año 2010, lo que podría inestabilizar el puente por erosión. (Figuras 25).

Ambos puentes fueron encargados a Europa, y si bien no se hallaron datos sobre el/los autor/es de los diseños, se encontró en los perfiles del puente una inscripción en alemán "GUTEHOFFNUNCSHÜTTE" que indicaría ser la empresa que construyó la superestructura de fierro, luego montada en el sitio. Sobre esta empresa se encontró que fue una minera y empresa de ingeniería con sede en la ciudad de Oberhausen en la región del Ruhr. Fue una de las empresas más grandes de Europa en la industria del hierro. Sus inicios datan de 1758 siendo precursora. (Figura 26).

CONCLUSIÓN

Los puentes conforman el acervo industrial patrimonial de la Provincia de Buenos Aires, con cien años de antigüedad aún se encuentran en uso y en condiciones de estabilidad, con un deterioro acusado en ciertos componentes debido al paso del tiempo y el escaso mantenimiento pero con prestación de servicios.

Es meritorio rescatar la obra en su totalidad como una estrategia de intervención a largo plazo, parte de una política de inversión estatal, para resolver -o mitigar- un problema de suma importancia en la región, aun de suma actualidad. Comprendiendo que no solo constituiría la resolución técnica de la obra sino una medida que repercutiría en la variable económica del país, reconociendo el potencial agro ganadero de la pampa deprimida.

Los 19 canales distribuidos en la planicie hace más de un siglo, siguen manteniendo una relevancia sustancial en la escala local y provincial. En ese contexto, los puentes -que aún subsisten- representan el servicio y la prestación más allá del hecho patrimonial. Si bien se evidencia un deficitario mantenimiento de los componentes, ambos puentes son frecuentemente circulados por diferentes tipos de transportes y cargas a diario.



Figura 25. Canal y puente en estado actual.



Figura 26. Perfil de hierro con inscripción gravada en el hierro. Fuente: Fotos del autor.

Es importante señalar que el uso diario de ambos puentes es alto, tanto por lugareños y productores que acceden a los campos, sino también por los pescadores que frecuentan la zona. Esto equivale a una fuerte degradación del medio físico y ambiental del entorno y de la infraestructura, siendo la Dirección de Hidráulica de la Provincia la custodia de ellos.

Para finalizar se debe decir que el control de inundaciones en la pampa deprimida, y de cualquier

territorio susceptible de ser inundable, continúa siendo un tema de vital importancia, en términos territoriales, ambientales, sociales y económicos que merece debate y acción.

Por último, resguardar el patrimonio implica ponerlo en valor colectivo cultural, ergo mantener activa la memoria de los diversos actores (sociedad, estado, profesionales) interdisciplinariamente, es –además– rescatar el valor económico del objeto y del territorio.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES GRAFICAS

Ameghino, F. (1969) “Las Secas y las Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no de desagües”. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires 1884 – 1984. Tercera Edición. La Plata.

Centro Nacional de Ingenieros (1900-1918) “La Ingeniería”. Tomo I a X. Revistas N° 382-395.

Cingolani, C.A., 2005. Unidades Morfoestructurales (y estructuras menores) de la Provincia de Buenos Aires. En De Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M y Llambías, E. (Edits.) Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, pp 21-30.

Dirección de Desagües de la Provincia de Buenos Aires (1925) “Informe requerido por la Comisión de Desagües por el Ministerio de Obras Públicas”. La Plata.

Fuck et al. (2010) Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la Bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Versión ISSN 0004-4822. vol.67 n°.1 Buenos Aires.

Huergo, Luis; Sourdeaux, Adolfo; Mortimer, Neville (1869) “Estudio sobre Puentes”. Buenos aires. Imprenta Argentina de El Nacional Bolívar 41. Memoria del Ministerio de Hacienda 25 de octubre de 1871. Oficina puentes

INA-Instituto Nacional del Agua (2012) “Evaluación de las Inundaciones y las Obras De Drenaje en la Cuenca del Salado (Prov. Buenos Aires) Mediante Modelación Numérica”. Laboratorio de Hidráulica. Proyecto LHA 331 Informe LHA 01-331-12. Subsecretaria de Recursos Hídricos Secretaría de Obras Públicas República Argentina.

Kezelman, Federico y De Souza, Rodolfo (Compiladores) (1931). “Colección Completa de Leyes del Estado y provincia de Buenos Aires”. Tomo XII: Leyes N° 2363 – 2495, sancionadas durante los años 1890 a 1894. Talleres Gráficos Sudamericanos. Buenos Aires. Argentina.

Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires (1900). Sección Dirección de Desagües.

Expediente 8.68.79. Archivo de Geodesia.

- (1925) Dirección de Desagües. Informe requerido por la Dirección de desagües por el Ministerio de Obras Públicas para ser Llevado a la Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Buenos Aires.
- (1922) Obras de Desagüe de la Provincia de Buenos Aires. Fundamentos y Antecedentes en que apoya la dirección de desagües el nuevo plan Adoptado.
- (1913) Informes sobre Desagües en el Sur de la Provincia. La Plata Taller de Impresiones Oficiales.
- (1911) Obras de Desagües de la Provincia de Buenos Aires. Inauguración del Canal N° 15 y Visita a los Canales N° 9 y 10.

MIPBA- Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires. Subsecretaria de Obras Públicas. Dirección provincial de Saneamiento y Obra Hidráulica. Departamento Zona VII Dolores. Planos de los puentes en Hm 112 y en Hm 331.

Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires. Dirección de Vialidad. División Puentes. Fotos.

Morosi, Julio (1998) “El Aporte de los Técnicos Suecos de la Provincia de Sarmiento al Centenario”. LINTA-CIC (Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente. Comisión de Investigaciones Científicas). Contacto Grafica. Buenos Aires. Argentina. ISBN: 987-97021-2-3.

Pereyra, Luisa (2010) “La Política del Agua en la Provincia de Buenos Aires: las tensiones de la gestión en perspectiva histórica”. 5° Congreso Argentino de Administración Pública. San Juan, 27 a 29 de mayo. Provincia de Buenos Aires (1912) “Memoria presentada a la Honorable Legislatura por el Ministro de Obras Públicas Dr. Tomás Sojo, 1911 -1912. La Plata Taller de Impresiones Oficiales.

Registro Oficial Provincia de Buenos Aires (1910). La Plata Taller de Impresiones Oficiales.

Senado de la Provincia de Buenos Aires (1905 - 1909) “Diario de Sesiones”. La Plata Taller de Impresiones Oficiales.

Traversa L. P., Iloro F. H., Márquez S., Sota J. D., Patologías de puentes de hierro construidos entre fines del Siglo XIX y principios del Siglo XX, Anales 1° Congreso ALCONPAT, Argentina, 2013.

Taboada, Miguel et al (2009) “Inundaciones en la región pampeana. Consecuencias sobre los suelos” Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1162-5.

Taube, Evert (2010) “Och Musiken”. Ehrlingförlagen AB-EHR 1018. Omslagsbilder: SVT. ISBN: 978-91-85662-18-0.

Agradecimientos

-Dirección de Hidráulica y saneamiento (MIPBA). Sección Dolores. Ingeniero Luis Seeber.

-Sr. Céspedes, Martín; Sra. Uranga, Julia; Sr. Uranga, Santiago: por fotografías, libros, documentos y relatos.

-Archivo y Museo Municipal de la Ciudad de Castelli por las fotografías y documentación referente a la historia oral y escrita sobre el sitio y los puentes.

-Agrimensur Gramático, Abel por planos de la región.

CAMPUS TECNOLÓGICO CIC-GONNET: ORIGEN Y EVOLUCIÓN

TECHNOLOGICAL CAMPUS CIC-GONNET: ORIGIN AND EVOLUTION

G. A. Molinari¹

1.- Profesional Principal CIC-LEMIT

RESUMEN

El Campus Tecnológico de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, ubicado en la localidad de Manuel B. Gonnet, tuvo su origen a fines de la cuarta década del siglo XX en respuesta a la necesidad de extender las instalaciones del entonces Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas -LEMIT- radicado en el bosque de la ciudad de La Plata.

Lo que fuera en un principio la construcción de sólo dos nuevos laboratorios (Vial y Curtiduría) se tornó en un ambicioso proyecto que implicaba el alzado de 18 edificios en un sitio privilegiado por su ubicación y magnitud. La celeridad con se llevaron a cabo las obras, tanto de expropiación del predio elegido como la ejecución de los tres primeros pabellones, pone de manifiesto la voluntad política de sucesivos gobiernos de exaltar la importancia del desarrollo científico y tecnológico representado entonces por el LEMIT.

Transcurridas más de seis décadas desde que fuera erigido como núcleo de actividades de investigación, y transferencia de conocimientos, el Campus conserva sus cualidades funcionales, ambientales y paisajísticas constituyendo un punto de referencia para la región dada su particular identidad.

Palabras clave: LEMIT, predio, obras, desarrollo científico / tecnológico

ABSTRACT

Technological Campus of Scientific Research Commission of the Province of Buenos Aires, located in Manuel B. Gonnet, was originated at the end of the fourth decade of the twentieth century in response to the need for extend the facilities of the Laboratory then called Laboratory of Materials Testing and Technological Research -LEMIT- located in La Plata's forest.

What it was at first only the construction of two new laboratories (Vial and Tannery) became an ambitious

project involving the elevation of 18 buildings in a privileged place for its location and magnitude. The speed with which were carried out the works, The expropriation of the chosen lands and the execution/ construction of the first three pavilions, shows the political will of successive governments of exalting the importance of scientific and technological development represented then by LEMIT.

After more than six decades since it was erected as the core of researching activities and knowledge transfer, Campus retains its functional, environmental and landscape qualities constituting a benchmark for the region because its particular identity.

Keywords: LEMIT, land, works, scientific / technological development

INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Ensayo de Materiales del Ministerio de Obras Públicas, conocido como LEMOP hasta 1944, fue creado en 1936 durante la gobernación de Manuel Fresco con el fin de concentrar, en un único organismo del Estado, la realización de los ensayos y evaluación de materiales de construcción (principalmente los de origen local), maquinarias y equipos que habrían de ser utilizados en la ejecución de las obras encaradas por la provincia de Buenos Aires [1]. En diciembre de 1937 el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Arquitectura Ferrocarriles-Máquinas y Electricidad, elaboró los documentos técnicos [2] para llevar a cabo la construcción del edificio existente en el Paseo del Bosque, que albergaría las actividades que le fueran asignadas al momento de su creación.

La creciente demanda de los servicios prestados por el LEMOP, tanto al sector público como al privado, hizo que la superficie original del edificio fuera aumentada cinco años más tarde, según consta en los planos de “Ampliaciones” realizados por la División Estudios y Proyectos de la Dirección de Arquitectura del M.O.P. en julio de 1942 (vinculadas al Expediente V-185-1942). La sucesión, descomunal, de autoridades provinciales (quince Interventores Federales, cinco Comisionados Nacionales y un vice Gobernador) entre marzo de 1940 y mayo de 1946, momento en que asume la gobernación Domingo Mercante, no restringió el crecimiento de las actividades científicas y tecnológicas del Laboratorio y su prestación de servicios a terceros.

En 1944, según Decreto N° 4713 del 23 de marzo de ese año, el LEMOP adoptó el nombre de Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas (LEMIT) y, entre los laboratorios que lo conformaban, dos se desarrollaron de tal modo que requirieron de mayor espacio para satisfacer la demanda de servicios prestados: el Laboratorio Vial y el de Curtiduría. La superficie de las plantas asignadas a los dos Laboratorios mencionados, existentes en el predio del Paseo del Bosque, resultaba insuficiente así como el propio predio. Por esta razón, y amparado en la Ley 5141, el Estado promovió la demanda por expropiación de varias fracciones de tierra ubicadas en la localidad de Manuel B. Gonnet, para destinarlas a la construcción de los Laboratorios Vial y de Curtiduría del LEMIT.

EL SITIO ELEGIDO

“En la localidad de Gonnet, pueblo que a diario aumenta su importancia como también sus valores, los que se hallan en pleno auge; paraje ideal para la vivienda permanente o de retiro y que goza de todas las comodidades, por lo que no tardará en destacarse netamente como uno de los de mayor atracción dentro de este Partido. En una ubicación verdaderamente privilegiada que asume caracteres de excepción, pues los lotes se encuentran sobre el importante camino Centenario, pavimentado a la Capital, con un intensísimo tráfico diario, pues la surcan numerosas líneas de micros y pulman; a sólo pocas cuadras de la Estación Gonnet y Colegio

y a contados minutos de la ciudad. Los lotes, todos de excelentes dimensiones, apropiados para cualquier tipo de construcción moderna, salen a la venta con grandes facilidades, estando por lo tanto al alcance de todos y siendo su adquisición una inmejorable inversión aún para especular. Vaya eligiendo el suyo” [3]. Con estos términos la firma J. C. Thill y Compañía de la Corporación de Rematadores promocionaba, para el domingo 14 de noviembre de 1948, la venta de los lotes en que había sido subdividida una de las fracciones que la Provincia habría de expropiar al año siguiente. Resuelto a ampliar las instalaciones del LEMIT, invocando la necesidad y urgencia del caso y al amparo del Decreto N° 9241 [1] (fs. 23, 24 y 25 del expediente administrativo L/13/1949 del M.O.P.), el 17 de mayo de 1949 el Fisco promovió una demanda por expropiación contra los propietarios del predio elegido, quizás por su “ubicación verdaderamente privilegiada”, para la construcción de los Laboratorios mencionados.

Las heredades involucradas en los expedientes de expropiación formaban parte, en tiempos de la fundación de la ciudad de La Plata, de la Estancia Grande de Jorge Bell, de la que aún hoy persisten algunas de sus instalaciones (puestos) devenidos en viviendas. Entre 1887 y 1902 las fracciones en cuestión sufrieron varios cambios de titularidad hasta ser adquiridas por el señor Miguel Mennella a Francisco García Cortina en su carácter de Presidente de la Sociedad Territorial La Plata, parte en 1902 y el resto el 7 de septiembre de 1903 [4]. La superficie original del predio propiedad de Miguel Mennella consistía en un bloque de 32 Has 07 áreas 60 centiáreas, subdividido en 5 fracciones inscriptas el 26 de octubre de 1948, ubicado entre las avenidas 13, 19 y 508 y la calle 505, al que se sumaban otras dos fracciones de menores dimensiones entre las avenidas 13, 19, 508, las vías del Ferrocarril General Roca (ex Ferrocarril Sud) y una fracción a nombre de José Ctibor [1] (Figura 1).

Al momento de ser expropiadas, las citadas fracciones habían sido heredadas por los hijos de

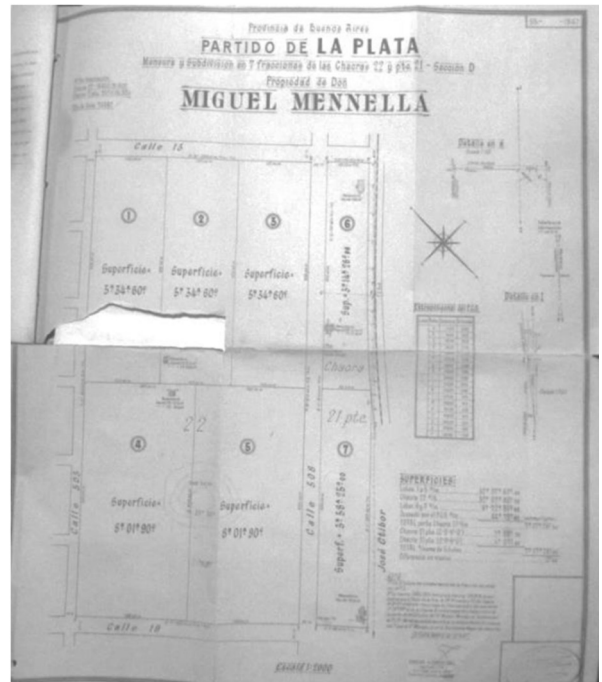


Figura 1. Plano de mensura y subdivisión en 7 fracciones de la propiedad de Miguel Mennella [3].

Miguel Mennella: Efigenia Mennella de Paratti (Fracción 1), Silvia Mennella de Barreda (Fracción 2), María Rosa Mafalda Mennella (Fracción 3), América Mennella de Tamburelli (Fracción 4), Cándido Unzurrunzaga (Fracción 5) adquirida por éste a Nicolasa Mennella de Miranda, Italia Mennella de Galli (Fracción 6), Miguel Mennella (hijo) (Fracción 7). Las fracciones 1, 2, 3 y 4 habían sido amanzanadas y loteadas con anterioridad a 1949 pero sólo el plano de subdivisión de la propiedad de Silvia Mennella de Barreda (fechado el 3 de diciembre de 1947 y firmado por el ingeniero Carlos Cía) se ingresó y fue aprobado el 12 de diciembre de 1947 en Catastro y Geodesia de la Provincia. En él consta una manzana comprendida entre las calles a ceder 506, 507, 14 y Camino Centenario (Calle 13) con 29 lotes (y un chalet en construcción en uno de ellos) que fueron subastados el 14 de noviembre de 1948 por J. C. Thill (cuya promoción de venta se citó más arriba) hecho que le significó al Estado también iniciar las correspondientes acciones contra sus

adquirentes (Figura 2). Los planos de mensura y subdivisión de las otras tres fracciones (firmados por el agrimensor José R. M. de la Portilla) habían sido presentados el 15 de diciembre de 1948 ante la Dirección de Catastro y posteriormente ante la de Geodesia, pero fueron observados y devueltos en enero de 1949 por falta de acta de cesión de calles y reservas.

A su vez, la totalidad del predio estaba siendo ocupada y explotada con cultivos hortícolas por arrendatarios y medieros, a quienes el Fisco también debería indemnizar. Dos de ellos, Julio Salgueiro Coutinho e Ignacio Julio Coutinho (inquilino y mediero de 3 fracciones, equivalentes a 12 Hectáreas, entre calles 505 a 508 con frente a calle 14) confirieron “poder especial” a favor de la Doctora Ángela E. Errecalde para que intervenga representándolos en los juicios del Fisco de la Provincia de Buenos Aires contra tres de las propietarias (Efigenia Mennella de Parati, Silvia Mennella de Barreda y María Rosa Mafalda Mennella), facultándola para presentarse ante jueces, autoridades policiales de provincia y/o nación, para proponer o tachar testigos, para pedir inventarios, nombramiento de peritos, ingenieros, tasadores. El tercero, Pablo Spina, arrendatario desde que Miguel Mennella padre fuera propietario de la totalidad del predio, dejó en manos del procurador Eliseo Lockhart la defensa de sus intereses.

Todos y cada uno de los involucrados (propietarios, arrendatarios y medieros) fueron representados por profesionales abogados que no escatimaron esfuerzos en exaltar los privilegios de la ubicación de las tierras y las mejoras preexistentes así como las realizadas por sus poderdantes, con la finalidad de lograr la valuación más favorable y justa. Los peritos de las partes demandadas actuaron con celeridad relevando, inventariando y tasando tierra y mejoras mientras que la parte actora (el Fisco) no parecía urgido por este tema.

Mario C. Zuloaga (abogado y fiscal de la causa), aludiendo a la urgencia e importancia de las obras destinadas a Laboratorios del LEMIT, pidió se ponga en posesión de las tierras a la Provincia “haciéndose saber a los ocupantes -si los hay-” el plazo para desalojar el inmueble establecido en el artículo 47 de la ley 5141. En ese marco, el 16 de agosto de 1949, la Tesorería de la Provincia depositó 5.000 \$m/n en las cuentas Expropiaciones del Ministerio de Obras Públicas, a la orden del MOP y cada uno de los herederos de Mennella “o quien resulte propietario”. Dos días más tarde el pedido le fue otorgado al fiscal y el 22 de agosto 1949, a las 12:30 horas, se llevó a cabo la toma de posesión por Zuloaga quien recibió el lote en nombre del gobierno de la provincia, en presencia del Dr. Pedro J. Carriquiriborde, director del LEMIT.

Si bien el 30 de abril de 1952 fue emitido el fallo por el cual se declararon expropiadas las tierras en litigio, un año y medio más tarde (el 21 de octubre de 1953) por Decreto 10662, el Fisco desistió y restituyó la posesión de las fracciones (4 y 5) de la señora de Tamburelli y la de Unzurrunzaga. Sobre las 36 hectáreas expropiadas inicialmente, el Estado se quedó con las fracciones de las Sras. de Parati, de Barreda y María R. Mennella que, según lo expresado por Pedro Boero abogado/procurador de las partes implicadas, “...las mejores y más valiosas ubicadas sobre calle 13”... en el centro más poblado y que, por supuesto, no eran las más indicadas para la construcción de galpones y depósitos. Si el actor no ha querido

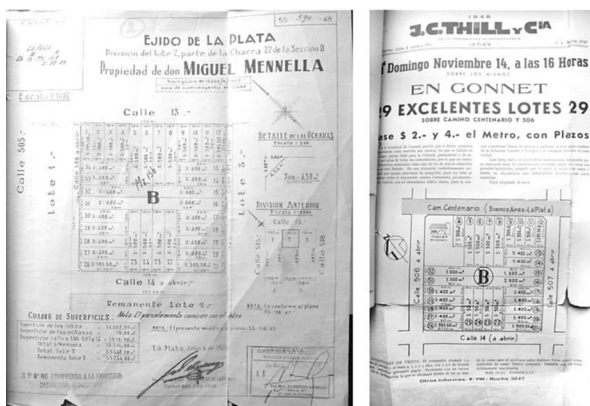


Figura 2. Plano de subdivisión y promoción de venta de la fracción 2 [3].

devolverlas, evidentemente es porque se trata de las más importantes y de gran valor"... [3]. Cabe mencionar que la Provincia también retuvo la fracción de Miguel Mennella (hijo), sobre la que pocos años después se levantaría el Hospital San Roque de Gonnet.

La traslación de dominio se demoraba por la falta de una sentencia definitiva y del depósito del precio fijado en ella. La puja por el cobro de indemnizaciones y honorarios profesionales prosiguió en los Tribunales de La Plata durante años, tanto que en un plano de Reajuste Inmobiliario realizado por el Ministerio de Hacienda, Economía y Previsión de la Dirección General de Rentas, levantado en 1954, el terreno figuraba todavía como propiedad de Miguel Mennella. Recién en la década del sesenta se procedió a efectivizar la transferencia de titularidad a la Provincia del bien expropiado, que incorporó en Catastro el predio como una única fracción conformada por dos parcelas con sus respectivas fechas de expropiación (1952 y 1962).

En 1966 el Agrimensor Adolfo Von Euw (jefe del Departamento de Agrimensura) presentó en la Dirección de Catastro el plano de "Mensura, Unificación y Subdivisión", aprobado en marzo de ese año, a solicitud de la Municipalidad de La Plata para cumplimentar la Ley 7072 por la que la Provincia había donado a ésta un lote de 138 x 276 metros con destino al funcionamiento de la Delegación de Gonnet, afectando al inmueble incluido (el chalet) a ese fin. La porción de tierra concedida quedó asentada como parcela 1A de la Fracción I, Chacra 15 y el plazo para que esto se llevara a cabo se fijó en 5 años. Dado el incumplimiento por parte del Municipio, la anterior Ley fue derogada por el Decreto Ley 8000 el 15 de febrero de 1973 y el bien fue restituido al destino establecido por la norma que dispuso su expropiación (Figura 3).

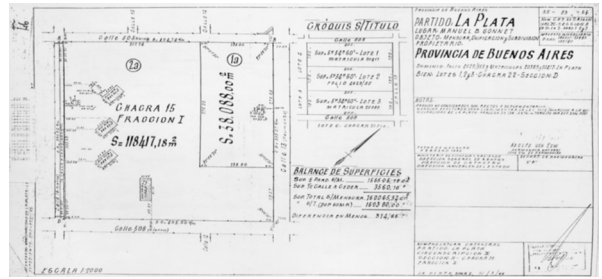


Figura 3. Plano presentado a la Dirección de Catastro por donación de la Provincia a la Municipalidad.

...pericias sobre las MEJORAS existentes en el sitio elegido

Las pericias que se llevaron a cabo, por ambas partes, develaron la existencia de bienes de diversa índole que fueron tasados con criterios no siempre coincidentes, a fin de indemnizar a los propietarios y ocupantes de las tierras.

Las construcciones que existían en las distintas fracciones fueron relevadas, descriptas y tasadas por los peritos intervinientes. Dos de ellas aún existen dentro del actual predio, ampliadas y/o modificadas: el chalet frente al Camino Centenario, en que actualmente desarrolla sus actividades el Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente (LINTA) y hacia la calle 16 la que fuera casa destinada al casero del actual Campus, edificio hoy en desuso.

El mencionado "chalet" de la propiedad de Silvia M. de Barreda (única heredera que residía en el lugar) se comenzó a construir en julio de 1948 y fue terminado a principios de 1949 "con todo el confort moderno". Los Ingenieros Civiles Luis de los Ríos y Alfredo Rodrigo, peritos de la parte demandada, describían las construcciones existentes en esta parcela de la siguiente manera: "El chalet se encuentra sobre la avenida 13 rodeado de un parque de césped inglés y situado sobre un terreno alto, presentando en conjunto una hermosa vista panorámica. [...] Según nuestra inspección hemos comprobado que el chalet recién terminado está construido con materiales de primera calidad

teniendo todas las comodidades propias de una casa habitación moderna; la instalación de baño es lujosa ya que comprende un juego de artefactos de color lo mismo que el azulejo de revestimiento de dicho baño que es de mayólica extranjera. Los pisos de los dormitorios son de parquet y los de los demás ambientes de mosaico granítico, la carpintería de cedro y en los dormitorios hay placards que completan las comodidades de la casa. Hay instalación de supergás con artefactos en cocina y baño. Rodeando la casa existe una vereda perimetral de mosaico calcáreo y para el acceso desde la calle hay un camino de piedras lajas. Independiente del cuerpo principal del chalet hay una pieza de servicio y gallinero que se ha hecho siguiendo el tipo de construcción de la parte principal. Sobre la línea del frente de la propiedad se ha construido un cerco con entrada artística y su correspondiente portón como asimismo la alcantarilla de losa de hormigón necesaria para el acceso desde la avenida 13” [3] (Figura 4).

76

Las llaves de este edificio fueron entregadas en consignación al Juez el 19 de agosto de 1952 al tiempo que se le solicitaba la guarda y custodia del inmueble. El 23 de diciembre de 1954, el nuevo fiscal de la causa (Nuncio Giulano) pidió se entregue la posesión de la finca y las llaves al señor Carlos Cándido Sarnacchiaro, auxiliar principal del Laboratorio de Ensayos de Materiales e Investigaciones Tecnológicas del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia, además de hacer

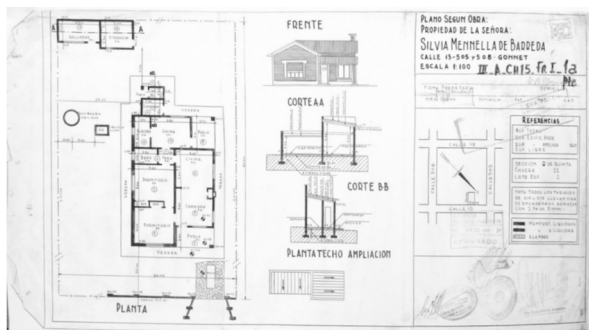


Figura 4. Plano según obra del chalet existente en la fracción 2 [5].

“prolijo inventario”, hecho que se consumó el 3 de marzo de 1955 a las 16 horas. Poco más de 30 meses de abandono fueron suficientes para dejar al descubierto ciertas patologías que aún en el presente siguen observándose en lo que fuera la parte original del actual chalet.

El edificio antiguo que servía de vivienda a los arrendatarios de la fracción “situado al fondo del lote 2, es una construcción en mampostería con paredes de 0,60 m con una superficie cubierta en planta baja de aproximadamente 60 m² y un entrepiso de madera machihembrada de 30 m² con escalera también de madera, techado con tejas francesas ‘Marsella’” [3]. A metros de este edificio, en la parcela de América Mennella de Tamburelli, otra construcción “antigua”, en mampostería común, de dos plantas, piso y cielorraso de madera y techo de chapas, con una superficie cubierta por entonces de 102 m², aún perdura aunque también ampliada y modificada.

Además de los bienes inmuebles, la tierra expropiada aumentaba su valor económico tanto por la explotación hortícola intensiva, en manos de arrendatarios y medieros, como a las plantaciones de gran cantidad y diversidad de especies arbóreas de antigua data, que al presente contribuyen y cualifican paisajísticamente el Campus, aportando a su identidad. El 9 de junio de 1950 los Ingenieros Agrónomos Hugo A. Galli Soldati y Francisco Kelvin Claver realizaron el inventario de especies y antigüedad de las mismas en las fracciones 1, 2 y 3. Un gran número de las variedades arbóreas relevadas aún subsisten, entre ellas algunos frutales, cedros, pinos, palmeras y, en mayor cantidad, casuarinas.

EL COMIENZO DE LAS OBRAS

En julio de 1949, con la finalidad de detectar disponibilidades edilicias y falencias, la Dirección de Arquitectura, División III^a, Conservación de Edificios y Obras por Administración realizó el relevamiento del LEMIT volcado a un plano donde consta la obra de ampliación de 1942 como

plenamente realizada a la que se agregaba una serie de otras construcciones, de menor envergadura, hacia los fondos del terreno y se encaró en el Ministerio de Obras Públicas el ambicioso proyecto [2].

La División Estudios y Proyectos de la Dirección de Arquitectura del M.O.P. desarrolló (sobre las 32,0760 hectáreas del predio original de Miguel Mennella padre) el proyecto que implicaba la construcción más de 15.000 m² distribuidos en 18 edificios de una planta, de igual porte y formato, orientados a rumbo pleno y regularmente alineados, en un sector del terreno comprendido entre las calles 505 y avenida 508 entre las trazas de las calles 15 y 17.

Conservados dentro de este conjunto de nuevas construcciones se mantenían las dos antiguas, descritas en párrafos anteriores, además de la alineación de casuarinas paralela a la traza de la calle 16, pinos dispersos y montes de frutales en proximidades de la calle 505. Hacia la avenida 13 sólo se conservaban el chalet, la habitación de servicio, el gallinero y una construcción en madera. Sobre el sector opuesto, hacia la avenida 19, una casa de chapa próxima a una cava, restos de un horno de ladrillos, pozos y tanques de agua a los que llegaban dos líneas de alimentación trifásica. En octubre de 1949 fue aprobada la documentación y autorizado el llamado a licitación de la primera etapa de las obras a realizarse en el sitio elegido por la Provincia para llevar a cabo esta nueva ampliación de las instalaciones del LEMIT y en marzo del año siguiente se adjudicó la ejecución de las mismas a la firma Atilio Angelini. El 28 de marzo de 1950, la doctora Ángela Errecalde, apoderada de los arrendatarios Julio Salgueiro Coutinho e Ignacio Julio Coutinho elevaba al Juez de la 1^a Instancia una nota en la que manifestaba: *“Ayer, personas que han invocado el nombre del Fisco han cortado los alambrados que cierran la quinta que ocupan mis mandantes y han abierto una calle a fin de que los camiones de un constructor puedan penetrar en el terreno para introducir materiales para una obra que, según dicen,*

han licitado su construcción al Fisco. Con este motivo han destruido alambrados de su propiedad respecto a cuyo valor he pedido indemnizaciones, amenazan con destruir otros y también con cortar el agua, elemento esencial para la producción de verduras”... “ocasionarán que inevitablemente desaparezcan los restos de sembrados y ponen en peligro las demás mejoras, motores, cañerías etc. Al introducir en la finca elementos extraños... ... la entrada de extraños en cantidad y de camiones y el corte de agua hacen de todas maneras la permanencia imposible dentro del campo por lo que mis mandantes quieren dejarle el ‘campo libre’ al Fisco” [3].

En junio de 1950 comenzó a ejecutarse la primera etapa de las obras que consistía en la construcción de tres de los dieciocho edificios: los centrales más próximos a la avenida 13. Cada planta de 844 m² albergaría los laboratorios de curtiduría, metalurgia y cerámica del LEMIT. Estos pabellones, con algunas modificaciones de escasa envergadura, albergan en la actualidad a los Centros de Investigación de Tecnología del Cuero (CITEC), de Investigaciones Ópticas (CIOP) y de Tecnología de Recursos Minerales (CETMIC) respectivamente. La Dra. Ángela E. Errecalde denunciaba: *“Puedo afirmar que mis representados son los arrendatarios que más han sufrido los efectos de la expropiación” “...di cuenta del abuso con que se procedió en el terreno, cuando comenzó la construcción de LEMIT. Dije en esa oportunidad que tales hechos ocasionarían que desaparecieran los rastros de los sembrados y pedí con carácter de urgente una inspección o inventario para que se verificaran en el terreno dichos hechos mientras ocurrían”.* Dicho esto el 28 de marzo de 1950, Justicia hizo inventario el 9 de junio, *“mientras tanto habían transcurrido 2 meses y medio durante los cuales siguieron los alambrados cortados, los carros destruyendo a su paso los canteros de verduras; se trajeron ladrillos y materiales que se amontonaron en el terreno por mí ocupado y comenzó la construcción. Cada obrero, camionero o capataz se sirvió verdura cuanto quiso y destruyó cuanto pudo” [3].*

Un año más tarde, la División Estudios y Proyectos confeccionó los planos para refaccionar una de las casas de antigua data (ésta sobre la avenida 508 entre 15 y 16) tras relevarla pocos meses antes y el del alambrado perimetral de la fracción, fechado en julio de 1951. En este último documento se destacan como realizados los edificios aún en obra y especifica como pendiente de definición la ubicación en que serían colocadas las dos tranqueras que darían acceso al predio [2] (Figura 5).

Tras una prórroga otorgada al contratista en mayo de 1952, por la realización de trabajos adicionales, esta primera etapa finalmente culminó a fines de ese año. La recepción definitiva fue suscripta por el Gobernador Aloé, recién iniciada su gestión, en enero de 1953 y los edificios fueron habilitados y puestos en función. La reducción del predio a sus dimensiones actuales, implicó la merma de las aspiraciones y lo que fuera una primera etapa se tradujo en única realizada durante un prolongado tiempo.

...Las siguientes cinco décadas

La administración de Domingo A. Mercante había dado gran impulso a la creación de infraestructura científico-tecnológica con la fundación de institutos, centros y laboratorios científicos, organismos que continuaron desarrollando y ampliando sus actividades en los años subsiguientes. Varios años después de aquella precursora gestión, en 1957, fue creada la Comisión de Investigaciones Científicas y entre enero y marzo del año siguiente, la división Estudios y Proyectos de la Dirección de Arquitectura del MOP confeccionó los planos del edificio que albergaría la sede de la nueva institución en Camino General Belgrano y avenida 526, en La Plata.

Entre los años 1952 y 1965 se emprendieron en Gonnet diversas obras. Según consta en el “Plano de mejoras introducidas en las tierras del LEMIT en M. B. Gonnet”, fechado en marzo de 1955, se habría de construir un tinglado de 20 x 50 m, destinado al Pabellón de Hidráulica (hoy PlaPiMu) próximo a la avenida 508, desde donde tiempo

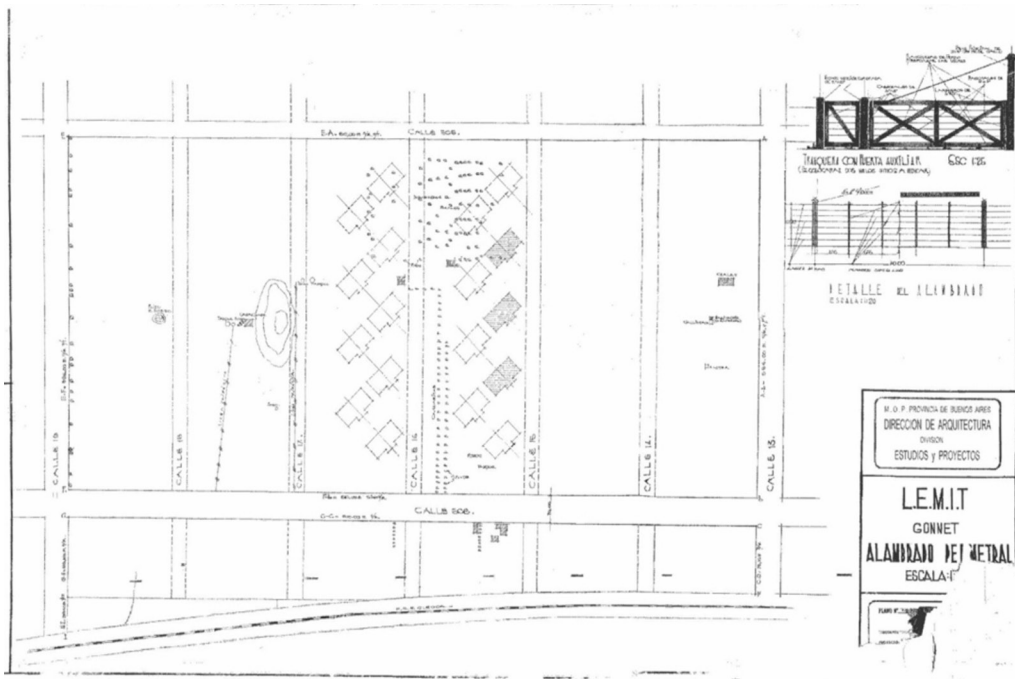


Figura 5. Plano del alambrado perimetral e implantación de los pabellones LEMIT [2].

después se habilitaría uno de los accesos al predio a la altura de la calle 15. El LEMIT preparó, según documentación gráfica hallada en esa Institución, anteproyectos varios y proyectos de las obras necesarias para la puesta en funcionamiento del nuevo laboratorio. Bajo el título de “Adaptación del tinglado para investigaciones del LEMIT” se cuenta con gran cantidad de planos de obra, instalaciones y detalles constructivos. Entre ellos los de excavaciones, estructura de hormigón y tapas de madera para la fosa de bombeo; tanque volumétrico; puente grúa; obras para la sección máquinas eléctricas, cerramiento con muros de mampostería, etc. [7]

Según el plano de mensura del Agr. Von Euw, del año 1966, el pabellón de Cerámica había sido ampliado con un cuerpo separado del primitivo y en el período comprendido entre 1966 y 1972 se llevaron a cabo las ampliaciones del antes mencionado pabellón de Hidráulica, del chalet y de la construcción antigua próxima al de Cerámica, se construyeron un galpón de 63 m² entre el pabellón Metalurgia y la calle 16 (actualmente parte del Centro de Investigación en Metrología y Calidad -CEMECA-); el local de transformadores de la empresa prestadora del servicio eléctrico (SEGBA), éste sobre la línea municipal de la avenida 508 a un lado del acceso y una “usina” en el interior del terreno. El 15 de enero de 1971, Obras Sanitarias de la Provincia confeccionó los planos para ejecutar la red de agua corriente que, desde la planta ubicada en Gonnet, serviría al predio del LEMIT y su entorno inmediato por medio de una cañería de asbesto cemento que corre en la actualidad atravesándolo acompañando la traza de la calle 15 [8].

A principios de 1970, la División Servicios de Prefabricación del Departamento de Arquitectura de la Dirección de Arquitectura del MOP elaboró un anteproyecto, tanto o más ambicioso que el inicial, destinado a ampliar las instalaciones del LEMIT. A los cuatro pabellones existentes se incorporaba una guardería, un sector administrativo, garajes y talleres, la ampliación

de Hidráulica y termodinámica, metalurgia, ingeniería eléctrica, mecánica, un departamento de química, un departamento de tecnología del hormigón, otro de ingeniería civil y geología, de seguridad, locales de apoyo y servicios, depósitos de inflamables, el tanque de agua y lo que sería su primera etapa: el edificio destinado a Acústica. Los nueve planos caratulados “Edificio LEMIT. Anteproyecto” exhiben la planta del conjunto y cada sector, cortes y fachadas.

En septiembre de 1972, la División Servicios Generales del Departamento Arquitectura, confeccionó el legajo para el Laboratorio de Acústica (actual Laboratorio de Acústica y Luminotecnia -LAL-) compuesto por dieciocho planos. El primero de ellos, una planta de conjunto, ubica al edificio próximo a la esquina de las calles 16 y 505, a la vez que se muestra en líneas de trazos la modificación del punto de acceso al predio desde Camino Centenario, a la altura de la calle 506, obras que habrían de efectivizarse unos años después (Figura 6). Otras intervenciones aisladas y de escasa envergadura sobre el pabellón Curtiduría se habían realizado y quedaron registradas en los archivos del MOP.

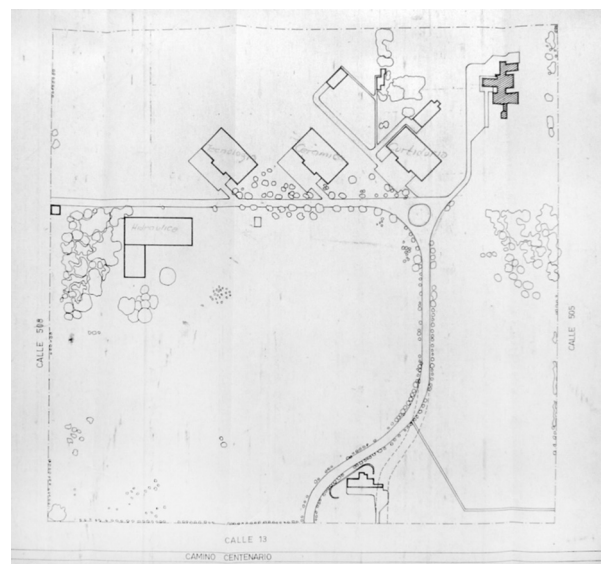


Figura 6. Fragmento del plano de ubicación del Laboratorio de Acústica [2].

En 1977, el Departamento Instalaciones de la Dirección de Arquitectura, confeccionó los planos de estructura, planta, vistas, corte y electricidad para la “Construcción (del) Tanque de Agua Elevado en LEMIT”, con una capacidad de 300.000 litros, construido al año siguiente y actualmente fuera de servicio. Un año más tarde fueron presentados y aprobados los planos de “Instalación para Gas Natural Alta Presión” “Planta reguladora y red de distribución interna” contemplando el suministro a los distintos pabellones, cuyos planos se adjuntaban, ante Gas del Estado (hoy Camuzzi Gas Pampeana), organismo prestador del servicio [9]. Según el testimonio del señor Carlos Di Domenicantonio (gasista matriculado a cargo del proyecto y ejecución de las obras) al tiempo de realizada la red se levantaron el portal de acceso al predio desde el Camino Centenario (único habilitado en el presente) en el punto señalado en el plano de 1972 y el cerco de alambre sobre zócalo de ladrillo visto retirado 10 metros de la línea municipal de acuerdo con la restricción impuesta por la Ordenanza 4495/78, vigente al momento de su ejecución.

En 1981, en el plano de “Obra a Empadronar” presentado ante la Municipalidad de La Plata por la Provincia de Buenos Aires, como propietaria del inmueble a los efectos de declarar una nueva ampliación del “Depósito Tecnología Cerámica”, consta la existencia de las construcciones llevadas a cabo en el predio entre 1972 y 1980 [5] (Figura 7).

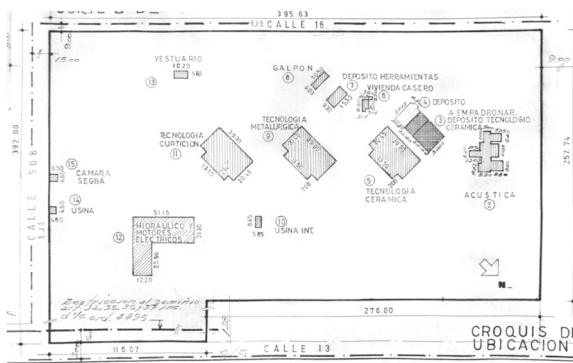


Figura 7. Fragmento del plano de “Obra a empadronar” [5].

A partir del año 1979, momento en que el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica pasó a formar parte de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (Decreto 1476) el predio, aunque sigue siendo reconocido por los vecinos de la zona como LEMIT, se convirtió en el Campus Tecnológico CIC de Gonnet (Figura 8).



Figura 8. Acceso al Campus, circa 1975 [7] y actual.

Un total de diecisiete construcciones de magnitud y usos diversos constituyen actualmente su patrimonio edilicio: ocho Centros y Laboratorios de investigación: tres dependientes exclusivamente de la Comisión de Investigaciones Científicas (LAL, LINTA y CEMECA); otros con administración compartida entre CIC e instituciones científicas o tecnológicas como CONICET, Universidad Nacional de La Plata, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (CETMIC, CIOp, CITEC, PlaPiMu), el CST y también la obra iniciada en

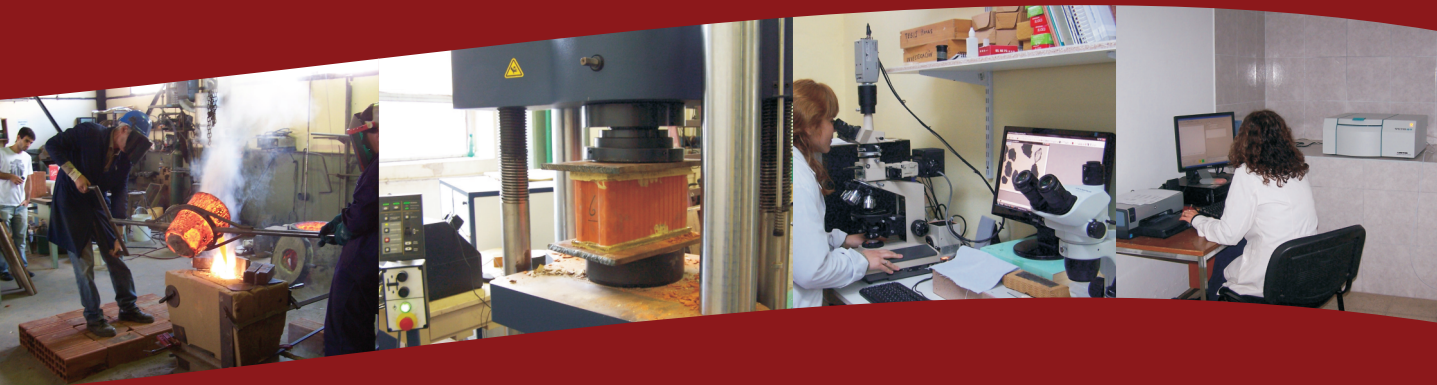
el año 2007, hoy destinada a ARBA. Además de los citados, el predio aloja edificios de menor magnitud y destinos diversos (la antigua construcción que albergara a los arrendatarios del predio antes de ser expropiado, destinada a vivienda y taller de mantenimiento, sub-estaciones eléctricas, cabina de entrada y regulación de gas natural, ex vestuarios, pañol y tanque de agua). La implantación de los edificios, distantes entre sí y de los límites del Campus, le confiere al conjunto un particular carácter, coherente con las actividades de investigación y desarrollo que en él se desempeñan. Los alineamientos de casuarinas, eucaliptos, fresnos y plantaciones de otras especies, agrupadas o aisladas, con total predominio del espacio verde/libre contribuyen a la calidad ambiental del predio y le otorgan su singular identidad. (Figura 9).



Figura 9. Planta actual del Campus. Fuente Google Earth

REFERENCIAS

- 1.- Archivo Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires
 - 2.- Archivo Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas
 - 3.- Archivo Tribunales de La Plata (causas n° 28218, 28219, 28222, 28223 y 282234 1949)
 - 4.- Dirección de Geodesia del Ministerio de Obras Públicas
 - 5.- Archivo Dirección de Obras Particulares. Municipalidad de La Plata
 - 6.- Archivo Histórico de la Provincia de Buenos Aires “Dr. Ricardo Levene”
 - 7.- Archivo Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)
 - 8.- Archivo ABSA
 - 9.- Archivo Camuzzi Gas Pampeana
- “LEMIT” -Monografía- Autor: Francisco Ghersini (documento aportado por el Dr. Alberto Sofía)
- “El gobierno de Domingo A. Mercante en Buenos Aires (1946-1952). Un caso de peronismo provincial”. Tomo IV. Autores varios. Compilador: Claudio Panella. Publicaciones del Archivo Histórico de la Provincia de Buenos Aires. Instituto Cultural de la PBA. Dirección Provincial de Patrimonio Cultural. Archivo Histórico “Dr. Ricardo Levene”. ISBN 978-987-1245-56-7, La Plata año 2009.



LEMIT

**LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO
MULTIDISCIPLINARIO PARA LA
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**

52 e/121 y 122 - 1900 - La Plata - Argentina
Tel.: (54-0221) 483-1142 al 44 - Fax: (0221) 425-0471
direccion@lemit.gov.ar

www.lemit.gov.ar