



**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL,
MATERIALES Y AMBIENTE**
CIENCIA, INVESTIGACIÓN, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

ACCEDA AQUÍ
A ESTOS TODOS LOS NÚMEROS





Universidad Tecnológica Nacional

Rector: Ing. Rubén SORO

Secretario de Ciencia y Tecnología: Ing. Omar DEL GENER

Secretaria Académica y Posgrado: Mg. Ing. Liliana Raquel CUENCA PLETSCH

Facultad Regional Concordia

Decano: Ing. José Jorge PENCO

Secretaria de Ciencia, Tecnología y Posgrado: Dra. Natalia TESÓN

Secretario Académico: Ing. Fabián Andrés AVID

GIICMA

Director: Prof. Jorge Daniel SOTA

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

Director: Prof. Jorge D. Sota

Secretario General: Ing. Exequiel H. N. Caseres

Secretaria Académica: Ing. Luis P. Traversa

Comité Académico: Ing. Fabián A. Avid, Arq. María A. Bruno, Ing. Alejandro C. García, Ing. Gustavo Larenze, Ing. Oscar D. Rico, Ing. Darío O. Vercesi, Dra. Natalia Teson, Ing. Rosana Marcossi, Ing. Carlos Blanc, Dra. Eugenia Garat, Ing. Carlos Pasquet, Ing. Juan José Jaunarena, Arq. Ángela Barrios Padula.

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

Imagen de tapa: Ángel Custodio, escultura del portal del Cementerio de Azul. Fuente: Artículo "Evaluación de algunas estructuras que integran el patrimonio arquitectónico e ingenieril ejecutado en hormigón armado".

Sumario

Evaluación de algunas estructuras que integran el patrimonio arquitectónico e ingenieril ejecutado en hormigón armado.

L. P. Traversa

Conferencia en GIICMA UTN FRCON - 7 de junio de 2023 - Concordia, Entre Ríos, Argentina.

06

Análisis de la mantenibilidad del color en concretos pigmentados cuando están expuestos a la agresividad del medio ambiente.

F. L. Oliveira, C. P. Consani, R. F. C. Santos

Conferencia en GIICMA UTN FRCON - 28 de junio de 2023 - Concordia, Entre Ríos, Argentina.

25



Grupo de Investigación en Ingeniería Civil, Materiales y Ambiente

El **GRUPO GIICMA** fue reconocido el 26 de agosto de 2010 como Grupo UTN mediante Resolución N°794 del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional.

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

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

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

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

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

En los últimos años, se iniciaron trabajos en líneas de investigación para el desarrollo de equipamientos de madurez en el hormigón para determinar su resistencia y medida de la presión de las expansiones dentro del hormigón. El objetivo principal de los proyectos desarrollados y en curso, abarcan determinar su reactividad potencial álcali-sílice, medir la madurez del hormigón, medir la presión interna de expansión de los hormigones por reacciones químicas o físicas en su masa.

Se han ampliado los estudios en el último año en las áreas de Hidrología, Geología Aplicada y Suelos, contando con la infraestructura del Laboratorio de Geotecnia de la Facultad. En el caso particular de suelos, se han sumado estudios de suelos viales modificados para su caracterización.

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

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

Con el Proyecto "Análisis de la infiltración de agua de lluvia en hormigones porosos" para el control en origen de inundaciones el grupo de Hidráulica integra una nueva área en el grupo GIICMA.

Se incorporaron como Áreas del GIICMA el grupo de Tránsito y Transporte de la Facultad y el grupo de las Cátedras Tecnología de los Materiales y Vías de Comunicación, Áreas Tránsito y Transporte y Área Materiales Asfálticos.

En el caso del Área Tránsito y Transporte participó con un trabajo original internacional y se incorporó al Organismo Universitario Latinoamericano.

El área de Patrimonio del GIICMA, desarrolló actividades relacionadas con los convenios con la Municipalidad de

Concordia: 1) Circuito Turístico que incluya Patrimonio Histórico y Cultural, 2) Relevamiento catastral a editar en cuadernos de difusión, lo que hizo posible la participación en Congresos Internacionales y la publicación de dos catálogos de patrimonio: uno de Patrimonio Moderno y el otro de Patrimonio Histórico de Concordia.

Con la presentación del trabajo "Alkali-aggregate reaction in recycled concrete with aggregates qualified as reactivos by the ASTM C 1260 method" en el Congreso ICCAR 2017 en San Paulo, el GIICMA se colocó como referente nacional del estudio de la reacción álcali sílice.

En el año 2016 se consolidó la publicación de la Revista on-line del grupo GIICMA: CITI (Grupo Investigación Ingeniería Civil, Materiales y Ambiente; Ciencia, Investigación, Tecnología e Innovación) conteniendo los trabajos de investigación del grupo publicado en los congresos internacionales en los que participaron sus integrantes, aguarda ya el número quince, estando completo en su contenido.

El nombre de la Revista se ve consolidado por las actividades del grupo en su interdisciplina y en lo producido, que se manifiesta por el tipo y contenido de los trabajos publicados.

El avance nos obliga a mayor compromiso sabiendo que contamos con el apoyo de la Gestión del Rectorado y de la Facultad Regional como así también de organismos Nacionales con los que mantenemos convenios muy fructíferos y los locales que siempre estuvieron presentes.

Prof. Jorge Daniel Sota

DIRECTOR

Evaluación de algunas estructuras que integran el patrimonio arquitectónico e ingenieril ejecutado en hormigón armado

Luis P. Traversa¹

⁽¹⁾ Investigador Emérito CICPBA
Miembro de la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires
Presidente AATH 1999-2001/2011-2013

Resumen

En este trabajo se describen y analizan estructuras del patrimonio arquitectónico e ingenieril construidas en hormigón armado, ubicadas en la Argentina. Las estructuras corresponden a épocas y ambientes diferenciados, estando algunas emplazadas en ambiente marino, costa del Océano Atlántico, y otras en ambientes rurales o urbanos. En lo que respecta a los viaductos y puentes se analiza, entre otras, construcciones emblemáticas desarrolladas por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, en particular la obra del Ing. César Luisoni quien inició una serie de innovaciones en el diseño estructural. Se presentan las experiencias desarrolladas para determinar las patologías que consistieron en relevamientos "in situ" y en algunos casos, la extracción de muestras para su evaluación en laboratorio.

Palabras clave: patrimonio, hormigón armado, ambientes, patologías y corrosión.

Abstract

This work describes and analyzes structures of architectural and engineering heritage built in reinforced concrete, located in the Province of Buenos Aires, Argentina and evaluated in the LEMIT over the last years. The structures correspond to different times and environments, some of them being located in the marine environment, Atlantic Ocean coast, and others in rural or urban environments. In terms of viaducts and bridges, it is analyzed, among others, emblematic constructions developed by the Roads Directorate of the Province of Buenos Aires, in particular the work of Engineer César Luisoni who initiated a series of innovations in structural design. We present the experiences developed to determine the pathologies that consisted of surveys "in situ" and in some cases, the extraction of samples for evaluation in the laboratory.

Keywords: heritage, reinforced concrete, environments, pathologies and corrosion.

Introducción

El Patrimonio Arquitectónico o Ingenieril es una herencia cultural del pasado con la que un pueblo convive hoy y se transmite a las generaciones futuras. Es el conjunto de bienes muebles e inmuebles, materiales e inmateriales, de propiedad de particulares o de instituciones u organismos públicos o semipúblicos que tengan valor excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte, de la ciencia y de la cultura y por lo tanto sean dignos de ser considerados y conservados.

Patrimonio es todo lo que puede ayudar a una comunidad a mantener su identidad, a identificarse con ella en el doble y profundo sentido de continuidad de una cultura común y de construcción de esa cultura. Puede ser un monumento, una calle, un área, un paisaje, una ciudad y hasta un territorio.

Las obras de arquitectura o de la ingeniería que pueden ser consideradas como Bienes Patrimoniales son las que debido a razones técnicas o artísticas tienen interés histórico o científico, por lo cual resulta conveniente preservarlas para futuras generaciones, como por ejemplo, las obras del Movimiento Moderno como parte del patrimonio del siglo XX. Una obra producto de la actividad humana se convierte en Bien Patrimonial, debido a su valor histórico, su valor cultural y estético, valor simbólico y social y por su valor ambiental.

La Arquitectura Moderna se originó en Europa en las primeras décadas del Siglo XX, y se le adjudicó un nombre diferente según el país del que se tratara; por ejemplo, en Inglaterra y Francia era Art Nouveau, en Cataluña Modernismo, en Italia Liberty, en Alemania Jungendstile y en Viena Sezession.

Su representante más relevante fue el Arquitecto Charles-Edouard Jeanneret, más conocido a partir de la década de 1920 como Le Corbusier, fue un arquitecto y teórico de la arquitectura, urbanista, pintor, escultor y hombre de letras suizo nacionalizado francés en 1930 quien realizó dos obras en América y una de ellas se encuentra en la ciudad de La Plata, recientemente declarada por la UNESCO como patrimonio de la Humanidad. Esta obra conjuntamente con el Centro de Artes Visuales Carpenter construido en la Universidad de Harvard en Estados Unidos son las únicas obras existentes en América.

La obra de Le Corbusier ubicada en La Plata por las características de su emplazamiento, en un sector periférico de la ciudad, densamente arbolado, se encuentra en condiciones aceptables con patologías menores atribuibles fundamentalmente a un mantenimiento deficiente. Esta situación, luego de casi 65 años, debe ser atribuida fundamentalmente a un proceso de construcción adecuado que ha empleado materiales y tecnologías apropiadas para alcanzar un comportamiento aceptable en servicio. Debe recordarse que en esta obra se adoptaron todos los recaudos que hacen a la ejecución de un hormigón de adecuada durabilidad.

En la actualidad algunos teóricos de la arquitectura consideran que el Movimiento Moderno vio su final alrededor de la década de los 60, sin que haya surgido una tendencia clara que lo haya sucedido; aunque otros hablan,

entonces, de una arquitectura posmoderna.



Figura 1. Vista general de la Casa Curutchet.



Figura 2. Vista de una de las terrazas de la Casa Curutchet.

La casa Curutchet fue un encargo que recibió en el año 1948 Le Corbusier por parte del cirujano argentino Pedro Domingo Curutchet para proyectar una casa en la ciudad de La Plata. El programa de la vivienda debía contemplar un amplio consultorio con sala de espera y una habitación para eventuales internaciones y el resto debía cumplir las necesidades de su familia.

La arquitectura como así también las obras de ingeniería modernas se caracterizan entre otros factores, fundamentalmente por:

- los materiales y los requerimientos funcionales determinan el resultado expresado como "la forma sigue a la función";
- empleo de nuevos materiales y tecnologías, como por ejemplo, el hormigón armado;

- simplificación de las formas, rechazando el ornamento como accesorio.

Los materiales característicos de este nuevo estilo son el hormigón, el hierro y el vidrio.



Figuras 3 y 4. Terraza jardín con baldaquino en doble altura que enmarca las vistas al parque.

A fines del siglo XIX y principios del XX, el desarrollo científico tecnológico creó un nuevo material para la construcción, basado en elementos activos (cemento Portland) e inertes que unidos conformaban el hormigón armado, permitiendo liberar las formas y convirtiéndose en el material característico de "lo nuevo". Fueron, tal vez, los ingenieros estructurales, los primeros en emplear los nuevos materiales, como el hormigón armado o la perfilaría metálica, en la construcción de fábricas, debido a la necesidad de disponer de espacios libres de grandes dimensiones. A fines del siglo XIX, en 1893, se construyó, por ejemplo, en Alameda, California, el depósito de la Pacific Coast Borax Company, tal vez el primer edificio de hormigón armado, cuyo diseño tenía todavía fuertes reminiscencias de las estructuras construidas con perfiles de hierro típicas de la Revolución Industrial.

Debe recordarse que las estructuras de hormigón armado son proyectadas y construidas para satisfacer durante su vida en servicio un conjunto de requisitos funcionales, sin que se produzcan costos inesperados por mantenimiento y/o reparaciones. En estructuras que por alguna razón se les reconoce un cierto valor patrimonial se plantea en esta circunstancia, la necesidad de su reparación. Es evidente que algunos componentes materiales no admiten reparación y entonces sólo su reemplazo por otros nuevos garantiza la posibilidad del uso continuado del edificio o la estructura, preservando el espacio arquitectónico creado.

En nuestro país, los avances tecnológicos se han incorporado rápidamente a las obras arquitectónicas e ingenieriles. En la ciudad de Concordia, Entre Ríos, a principios de los años 20, el Arq. Alejo Martínez (1897- ?) oriundo de Montevideo Uruguay, comienza a construir viviendas unifamiliares adoptando el estilo moderno. Son tal vez los primeros edificios construidos dentro de esta corriente arquitectónica y prácticamente olvidados hasta hace muy pocos años. La casa más significativa que ejecuta, la Casa Péndola Díaz, presenta sobre la puerta de entrada un alto relieve realizado por el escultor Pedro Bigatti.

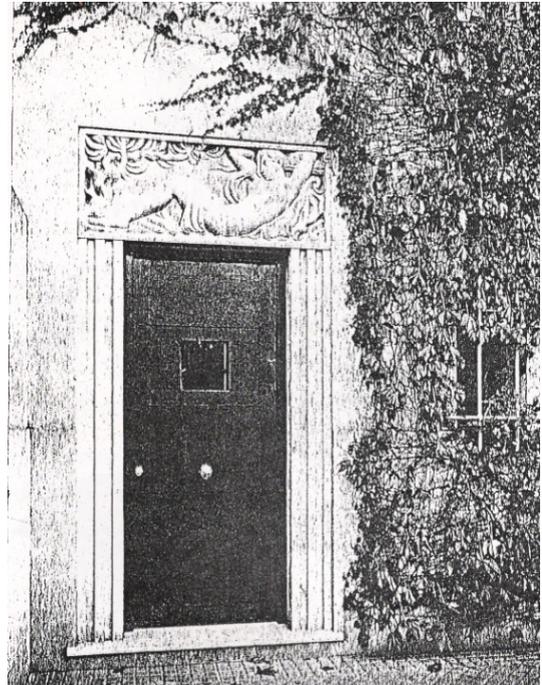


Figura 5. Casa Péndola Díaz. Concordia, Entre Ríos.



Figura 6. Estudio Bigatti-Forner. San Telmo, Buenos Aires.

La casa Péndola Díaz fue proyectada en el año 1925 y probablemente sea la primera moderna en Argentina y una de las inaugurales en Latinoamérica. Es una vivienda consultorio del doctor Pedro Péndola Díaz, en la cual Martínez lo había convencido de construir una vivienda vanguardista, con espacios para consultorios y demás dependencias y fue revolucionaria en cuanto a lo arquitectónico para la época.



Figura 7. Casa Péndola Díaz.



Figura 8. Vista general del Balneario de Las Flores.



Figura 9. Vista de un sector del balneario en el cual se observa el mirador, luminarias y el muelle.

Otra localidad en la que podemos encontrar un ejemplo de esta nueva arquitectura es en Las Flores, la cual es cabecera del partido de Las Flores, en el centro de la pro-

vincia de Buenos Aires, Argentina. Se encuentra a la vera de la Ruta Nacional 3 a 187km de la Ciudad de Buenos Aires, y cuenta con diversos medios de transporte que la comunican y vinculan con el resto del país. Su balneario, que fue construido a fines del año 1939 cuando el gobernador era Raúl Díaz, fue proyectado por el Ingeniero Aquiles Ortale y posee características de la arquitectura náutica. Tiene semejanzas con el Jockey Club de La Plata, diseñado por Julio Barrios y con el balneario de la ciudad de Salto, diseñado por Boudet.

Los arquitectos Gregorio Sánchez, Ernesto Lagos y Luís María de la Torre construyen en Buenos Aires a principios de la década de 1930 el edificio Kavanagh y también el edificio "El Comercio" en la ciudad de La Plata, indicando que "Adherimos a las premisas de la arquitectura moderna con geometrías puras y ausencia de adornos, con armonía de masas y solidez de los elementos constructivos que daba la técnica moderna". El edificio Kavanagh no solo se destacaba por la altura sino también por contar con todos los avances tecnológicos: sistema de aire acondicionado central, cámaras frigoríficas, gimnasio y observatorio astronómico, entre otros.



Figura 10. Edificio Kavanagh (1934).

Es un edificio austero, típico de la arquitectura racionalista y su estructura escalonada dio origen a terrazas y miradores en el 30% de los departamentos que contaban con expansiones al aire libre.

El Comercio fue construido entre los años 1935 y 1938, está ubicado en pleno centro de la ciudad de La Plata (7 y 45), fue uno de los primeros edificios en altura de la

misma, posee 11 niveles que le dan una altura total de 45 metros y su estilo arquitectónico es el Art Deco.



Figura 11. Edificio "El Comercio".

Dentro del complejo panorama estético-arquitectónico argentino, el Arq. Alberto Prebisch se encargó de la realización del monumento en la Plaza de la República, la cual era una pieza del amplio plan de obras públicas del gobierno del General Agustín P. Justo, para el festejo del aniversario de la fundación de Buenos Aires y para emplazarla se demolieron el antiguo Luna Park, la Iglesia de San Nicolás de Bari, una tienda, el teatro del pueblo y el circo Hipodrome.

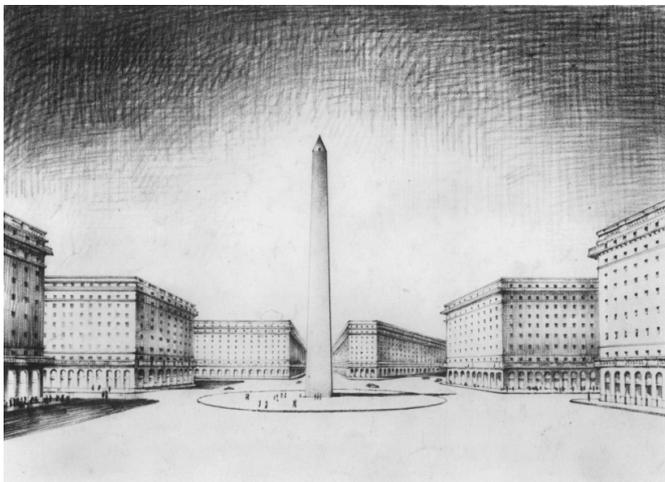


Figura 12. Boceto presentado por el Arq. Prebisch en el llamado a licitación para la construcción del Obelisco.

En un decreto del 3 de febrero de 1936 del Intendente de la ciudad de Buenos Aires, el señor Mariano de Vedia y Mitre, encargó a Prebisch un proyecto de obelisco como símbolo recordatorio del cuarto centenario de la fundación de la ciudad de Bs. As. y como elemento decorativo y perspectiva en el cruce de las grandes avenidas Corrientes y 9 de julio.

Consistía en un trapecio de base cuadrada de 6,80 m de lado y 67,5 m de altura y cuya terminación es en forma de pirámide. El interior hueco, con una escalera recta, una sola puerta de acceso hacia el oeste y 4 ventanas en la cúspide. Originalmente estuvo revestido en piedra blanca de la provincia de Córdoba, pero luego la misma, al desprenderse, fue reemplazada por un revestimiento de mortero pintado de color blanco y con buñas.



Figura 13. Vista del Obelisco durante su construcción.



Figura 14. Fotografía del año 1939, cuando el Obelisco estaba revestido en piedra. Ese mismo año, para que las placas no sigan desprendiéndose, se las reemplazó por revestimiento de mortero.

Los avances de la modernidad también llegaron a la llanura pampeana de la mano del Ing. Arq. Francisco Salamone que introdujo la estética "futurista y tecnológica". En escasos cuatro años, entre 1936 y 1940, realizó múltiples intervenciones con un programa de obras públicas de singular valor, desarrolladas en el territorio de la Provincia de Buenos Aires en tiempos del gobierno del

Dr. Manuel Fresco. Los rasgos comunes de las obras encaradas cubren básicamente tres tipologías de edificios: la municipalidad, el portal del cementerio y el matadero municipal. Cada uno de ellos posee una estética propia, que sin embargo mantiene un hilo conductor en el cual las torres de los edificios municipales, realizadas con formas geométricas limpias y puras, no responden solo a lo estético, sino que tienen también claros objetivos políticos.



Figura 15. Palacio Municipal Alberti.



Figura 16. Ángel Custodio, portal del cementerio de Azul.

En toda la obra de Salamone se emplea el hormigón armado que permite la ejecución de diseños de avanzada, como por ejemplo los balcones triangulares del Palacio Municipal de Alberti. También, se detecta la incorporación de estatuaría ejecutada con este material, por ejemplo, la utilizada en los portales de los cementerios

de Azul y Laprida. El empleo de estatuaría es característico del movimiento moderno recordando aquel primer ejemplo de la Casa Péndola Diaz del Arq. Alejo Martínez en la cual se incorpora un alto relieve ejecutado por Pedro Bigatti.

En la ciudad de Azul se destaca el portal de su cementerio, con una escultura del Arcángel San Miguel, que fue realizada en el año 1938 en hormigón armado. Este sostiene una espada y con sus imponentes alas separa la ciudad de los vivos de la de los muertos.



Figura 17. Ángel Custodio, portal del cementerio de Azul.

Edificios, viaductos y puentes evaluados

Las estructuras que se presentan en este trabajo corresponden a edificios públicos y privados, viaductos y puentes las cuales presentan características propias del patrimonio moderno, ubicadas en distintos ambientes. En la Tabla 1 se indican las estructuras evaluadas.

Puente Donato Gerardi, Gonnet, La Plata

En el año 1916, se inaugura en Argentina el primer puente arco oblicuo, diseñado por el Ing. Donato Gerardi (1886-1962), profesor de la Universidad Nacional de La Plata, ejecutado en hormigón armado. El puente se realizó sobre vías del ferrocarril con un ancho del arco de 8.0 metros y la losa de calzada fue resuelta con capas sucesivas de hormigón, asfalto y adoquines graníticos asentados sobre arena. Los otros puentes existentes sobre la misma Ruta Nacional N°1 habían sido ejecutados en hierro, pero a consecuencia del estallido de la Primera Guerra Mundial y por razones estratégicas, Francia, país proveedor de materiales, suspende las exportaciones. La necesidad de concluir la ruta hizo necesario pensar en alternativas tecnológicas para la construcción del puente faltante.

El cemento utilizado en la fabricación del hormigón, cuyo origen no se menciona, fue ensayado en los laboratorios de la Dirección de Obras Sanitarias de la Provincia, obteniéndose los siguientes resultados de resistencia a tracción de la pasta de cemento puro: 45kg/cm² a 8 días y 63kg/cm² a 28 días; la resistencia a la adherencia fue de 50kg/cm². No hay constancia de que se hayan efectuaron ensayos sobre el hormigón, ni en estado fresco ni una vez endurecido.

Los aceros se ensayaron en los laboratorios de la Muni-

CONSTRUCCIÓN	DISEÑADOR	AÑO	AMBIENTE
Puente Donato Gerardi, Gonnet, La Plata	Ing. Donato Gerardi	1916	Semi-Urbano
Bóveda Teniente de Corbeta José Yalour, Cementerio de La Plata	Ing. Enrique Boudet	1930	Semi-Urbano
Balneario Jockey Club, Punta Lara	Arq. Luis M. Pico Estrada e Ing. Julio A. Barrios	1935 (1940)	Semi-Urbano, próximo al Río de La Plata
Edificio Normandie, Playa Grande	Ings. David Briasco y Vicente Pereda	1937	Marino
LEMIT	Ing. Vicente Pereda	1942	Urbano
Viaducto Sarandí	Ing. César J. Luisoni	1950	Urbano
Puente Río Quequén Salado	Ings. César J. Luisoni y A. Giacobbe	1960	Rural
Puente Ferroviario 1 y 520, La Plata	Ings. César J. Luisoni y A. Giacobbe	1963	Urbano
Iglesia María Ignacia	-	1964	Rural
Iglesia Del Carmelo	Arq. Martín A. Ostinelli	1976	Urbano

Tabla 1. Estructuras evaluadas.

cipalidad de Buenos Aires, obteniéndose una resistencia promedio a tracción pura de 4.039kg/cm²; lo que implica que se trabajó en ellos con una seguridad de 4.

Los empalmes se ejecutaron superponiendo dos barras, ambas con ganchos en sus extremos, una longitud de 20 diámetros, y atándolas fuertemente con alambre. Debe hacerse notar que, según lo indicado en planos, todos los empalmes se efectuaron en las mismas secciones, lo que hoy en día no es aconsejable.

No hay mayores indicaciones sobre los recubrimientos de las armaduras, pero en uno de los planos consultados se indica un valor de 15mm para las barras de 19mm del intradós del arco, lo que parece insuficiente. En esta zona se observan en la actualidad procesos de corrosión en las armaduras y zonas descascaradas. En estas zonas descascaradas el recubrimiento es del orden de 0,01m. En las caras superiores del arco (extradós) y de la losa de tablero, se compensó este defecto recubriéndolas, inmediatamente después de su hormigonado, con una capa de hormigón "común" (1:3:5) de 5 centímetros de espesor.



Figura 18. Vista general del puente Donato Gerardi.

La decisión de construir un puente en hormigón armado puede plantearse como revolucionaria, ya que el primer documento conteniendo un método para el diseño del hormigón armado fue publicado por Emil Mörsch en 1902, y los primeros reglamentos sobre la materia fueron

el suizo de 1903, el alemán de 1904 y el francés de 1906.

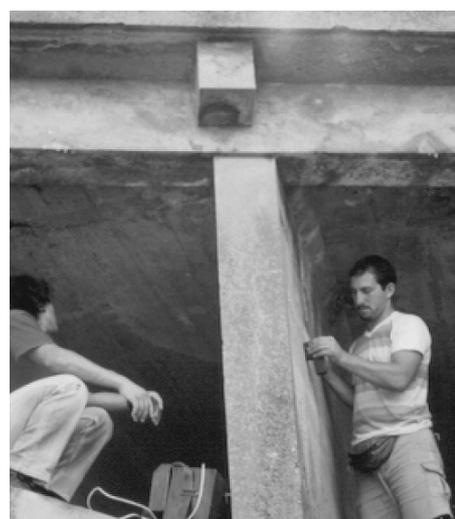


Figura 19. Personal realizando la inspección del puente empleando ensayos no destructivos (END).



Figura 20. Detalle del área con signos iniciales de corrosión. Se observa el escaso recubrimiento de las barras.

Este puente se encuentra en servicio, sometido a un intenso tránsito vehicular ya que está emplazado en uno de los principales accesos a la ciudad de La Plata. No se han detectado patologías, con excepción de un inicio de procesos corrosivos, fundamentalmente en las armaduras secundarias.

Bóveda del Teniente de Corbeta José Yalour, Cementerio La Plata

En el año 1930 el Ing. Enrique Boudet construye en el Cementerio de La Plata la bóveda del teniente Jorge Yalour, oficial de la corbeta Uruguay, quién había participado en el rescate de la Expedición Antártica Sueca, en noviembre de 1903. Esta obra ejecutada íntegramente en hormigón puede considerarse como el primer ejemplo de una estructura funeraria construida en este material, en la cual se observa también una obra de arte sobre la puerta de ingreso que está ejecutada en hormigón. El Ing. Boudet fue un impulsor de la arquitectura moderna teniendo ejemplos paradigmáticos como ser el balneario de la localidad de Salto, Buenos Aires.



Figura 21. Vista de la bóveda del teniente Yalour.



Figura 22. Detalle de la escultura sobre la puerta de ingreso a la bóveda.

Durante la inspección realizada en el año 2015 no se han observado patologías, solamente se detecta un crecimiento biológico importante constituido fundamentalmente por líquenes (*Caloplaca Citrina*) y clavel del aire (*Tillandsia aëranthos*). Esta patología es habitual encontrarla en las construcciones de Salamone.

Edificio Jockey Club, Punta Lara, Partido de Ensenada, Provincia de Buenos Aires

El Complejo Balneario del Club Universitario de La Plata, ex Sede del Jockey Club de la Provincia de Buenos Aires se encuentra emplazado en la localidad de Punta Lara, Ensenada, en la costa bonaerense del Río de La Plata. Su construcción se enmarca en la arquitectura moderna de los años 30, proyectada por el Arq. Luis M. Pico Estrada en 1935 y reformulada por el Ing. Julio A. Barrios en 1940, durante el gobierno del Dr. Manuel Fresco quien favoreció con obras de infraestructura la consolidación de Punta Lara. El Ing. Barrios ha sido uno de los precursores de la arquitectura moderna en la ciudad de La Plata, y fue encomendado por el Jockey Club para la construcción de la escuela, la unidad sanitaria y la comisaría en Punta Lara, sobre la avenida costanera, dotando a ese poblado de un área cívica.

En 1993, el Club Universitario de La Plata, adquiere el predio recreativo. Desde ese momento se han priorizado las mejoras en las instalaciones de uso, tales como piscinas, salones de baile, buffet, etc. y dejando de lado al resto de las dependencias.

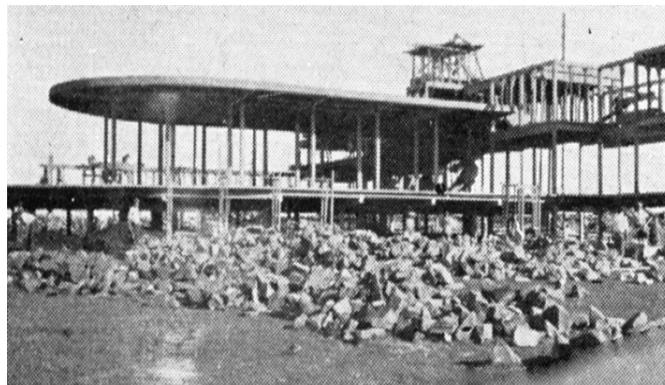


Figura 23. Vista de la estructura durante la etapa de construcción.



Figura 24. Vista actual de edificio Jockey Club.

Durante la inspección realizada en el año 2010, se han encontrado patologías, entre las cuales se destaca fundamentalmente el deterioro de la casa adyacente al edificio principal (ex sala de máquinas), que si bien se trata de la misma factura que todo el complejo, no ha recibido un mantenimiento adecuado, mostrando fisuras en las

losas y perdidas de recubrimiento por corrosión de las armaduras.



Figura 25. Detalle columna de iluminaria ejecutada en hormigón fuertemente colonizada.



Figura 26. Detalle de luminarias del muelle, ejecutada en hormigón y mampostería.

En la zona de piscinas se observa el inicio de una gran fisura por movimiento diferencial del suelo ganado al río. Por esta misma causa, en el sector de vestuarios de dos plantas, lindante a la piscina, se observa la continuidad de la misma. En cuanto a las intervenciones realizadas, puede plantearse que se observan soluciones provisionarias (y reiteradas) como por ejemplo, la limpieza de líquenes por hidrolavado, que ha alterado los morteros de revestimiento; sellado de cubiertas con membrana asfáltica; superposición de capas pictóricas sobre revestimiento símil piedra, etc. También, debe mencionarse que fue

demolido el trampolín de una factura modernista debido a los serios problemas de corrosión que presentaba y hacía compleja su reparación.

El comportamiento de la estructura del Jockey Club de Punta Lara a lo largo de su vida en servicio, en líneas generales, puede plantearse como aceptable, fundamentalmente, si se lo compara con la confitería Normandie en la ciudad de Mar del Plata. El comportamiento diferencial del hormigón armado se debe, prioritariamente, a la atmósfera donde se encuentra emplazado, lo cual indica la importancia que cobra el ambiente de emplazamiento de las estructuras de hormigón armado en la durabilidad de las mismas. En este caso, el Muelle de Pesca, realizado en la misma época, presenta un comportamiento altamente satisfactorio, con algunos problemas vinculados con el lavado superficial del hormigón, atribuido a las mareas del río de La Plata. Como detalle de interés, puede plantearse la existencia en el mismo de luminarias realizadas en hormigón armado.

Edificio Normandie, Mar del Plata

En el Plan de Obras Públicas del gobierno del Dr. Manuel Fresco (1936-40), la ciudad de Mar del Plata se vio favorecida por la construcción de importantes obras de infraestructura (pavimentación de la ruta Nacional N° 2, estación aérea en Camet, terminación del puerto, etc) y de equipamiento (urbanizaciones en las playas Bristol y Grande, el edificio municipal), respondiendo a definiciones políticas que iniciaron la transformación del reducto aristocrático en un balneario popular.

El proyecto de urbanización de Playa Grande es una adecuación paisajística, un "balneario parque", que "conjuga naturaleza, turismo de masas y modernidad", salvando los 18 metros que separan el Boulevard Marítimo de la playa, mediante siete franjas que contienen los servicios y circulaciones. El conjunto está formado por siete balnearios, dos niveles de estacionamiento, dos piletas de natación y la confitería Normandie, en el extremo norte del complejo; previendo la ubicación de las sedes del Yacht Club y el Golf Club en el sur del mismo.

La arquitectura, enrolada en la corriente moderna, racionalismo náutico, pertenece a la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas (MOPBA), a cargo de los Ings. David Briasco y Vicente Perera. La obra se inició en 1937 y comenzó a usarse en la temporada 1938-39.



Figura 27. Vista del Edificio Normandie, 1936.



Figura 28. Vista del Edificio Normandie, 2004.



Figura 29. Vista del Edificio Normandie, 2010.

El restaurante, de dos plantas (comedor y bar), tiene una resolución compleja al estar implantado sobre una plataforma que "flota" sobre el mar, rematando el paseo peatonal de la rambla. Esta premisa obligó a una construcción palafítica, donde sobre los pilotes descargan las columnas, vigas y ménsulas de los pisos superiores. La estructura es de hormigón armado, los muros de ladrillos cerámicos están revestidos con piedra local pulida en el exterior y mármol en el interior y los pisos son de granito reconstituido. Las barandas en las terrazas son metálicas, al igual que la carpintería y los herrajes.

En 1960, el edificio fue destinado a ser la sede del Instituto de Biología Marina (I.B.M.). La nueva función requirió la construcción de un tercer piso destinado a laboratorios, la utilización del salón comedor como biblioteca, generando sobrecargas no previstas y la subdivisión de diversos locales. En 1976, se creó el INIDEP, que ocupó el edificio hasta 1991, en que se trasladó a una nueva sede. En dicho año el LEMIT realizó una inspección tendiente

a evaluar el estado de conservación general del edificio. Según la documentación existente, en el año 1986 se habían realizado intervenciones en la infraestructura, reforzando algunas columnas y vigas.

A partir del año 1999 el abandono fue total y el vandalismo dio cuenta de las instalaciones, carpinterías y revestimientos a niveles de devastación. Pero la cuestión más grave fue la durabilidad de la estructura de soporte ya que el ambiente marino es el más severo desde el punto de vista de la durabilidad del hormigón armado, por la presencia de sales procedentes de la brisa marina y la niebla salina que interactúan con el hormigón y con las armaduras.

En la Tabla 2 se informan las características de los hormigones (absorción de agua (Abs.), Densidad saturada y superficie seca (Dsss) y porcentaje de cloruros (Cl⁻) y las patologías observadas, realizándose la clasificación de los daños por corrosión de acuerdo a los Niveles del Comité Eurointernacional du Béton (CEB - Bulletin N°162). El edificio presentaba al momento de la inspección (año 2000) serias alteraciones, observándose el pandeo de algunas columnas. También, se detectaron fisuras atribuibles a movimientos diferenciales de la estructura por sobrecargas no previstas y/o cargas dinámicas originadas en vientos, olas, etc.

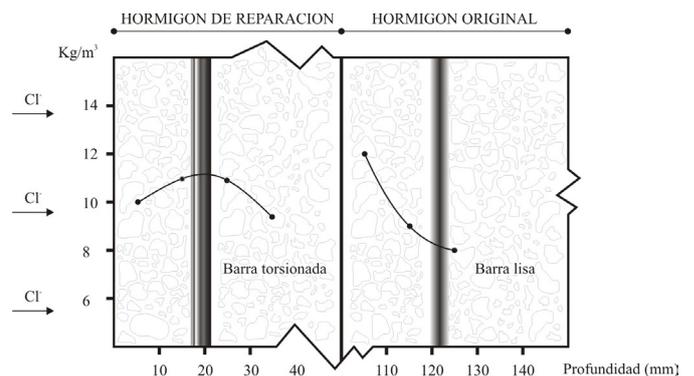


Figura 30. Diagrama de ingreso de cloruros en el hormigón original (Año 1937) y en el de reparación (Año 1986).

El diagrama de ingreso de cloruros determinado en el hormigón original y en el de reparación correspondiente de la infraestructura indica la existencia de un proceso mixto que involucra a la difusión y también a la absorción y permeabilidad. El perfil de cloruros del hormigón original es típico de un proceso de cloruros por difusión mientras que el del hormigón de reparación presenta contenidos similares en distintas profundidades, más característico de hormigones elaborados con constitu-

ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN				PATOLOGÍAS
	Abs. (%)	Dsss	Cl ⁻ (kg/m ³)	f'c (Mpa)	
Original	14,4	2,43	Ver diagrama	23,9	Infraestructura: Nivel E
Reparación	14,3	2,27		26,5	Estructura: Nivel D

Nivel A y B: existen signos iniciales de corrosión (manchas de oxido y fisuras)

Nivel C y D: desprendimientos del recubrimiento y reducción de la sección de las barras

Nivel E: flexión y pandeo de elementos estructurales con reducción de la sección de las barras mayor al 10 %

Tabla 2. Características del hormigón y patologías.

yentes contaminados. La presencia de valvas marinas en este hormigón indica la utilización de arena de mar, seguramente sin lavar. Puede plantearse que la porosidad y la resistencia del hormigón resultan insuficientes para asegurar la durabilidad de la estructura.

Esta estructura construida a fines de la década del 30, luego de ser reparada, aproximadamente, al cumplir 30 años de vida, fue demolida a los 60 años de edad ya que resultaban imposibles las tareas de reparación, fundamentalmente, desde el punto de vista económico. Como decisión política se adoptó la de construir un nuevo edificio, según los planos originales preservando el espacio arquitectónico y modificando el lugar de emplazamiento ya que mediante escolleras y rellenos de arena se logró alejar el mar de la estructura. Sin embargo, debe recordarse que el riesgo mayor de corrosión se da no en la zona de contacto con agua de mar, sino en la atmósfera marina, en la cual, el material se encuentra sometido a la niebla y a la brisa marina.

Edificio LEMIT, La Plata

La idea de crear un laboratorio de ensayo de materiales comenzó a gestarse en 1933, siendo sus fundadores los Ingenieros Carlos Pérez del Cerro, Pascual Palazzo, Vicente Añon Suarez, José Negri, Julio Zuker, José Montalvo, Donato Gerardi y el Dr. Pedro Carriquiriborde. El edificio, diseñado por el Ing. Vicente Pereda, SubDirector de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas quien realizó, entre otras obras, la urbanización de Playa Grande en la ciudad de Mar del Plata, a fines de la década de 1930, se inauguró el 5 de octubre de 1942.

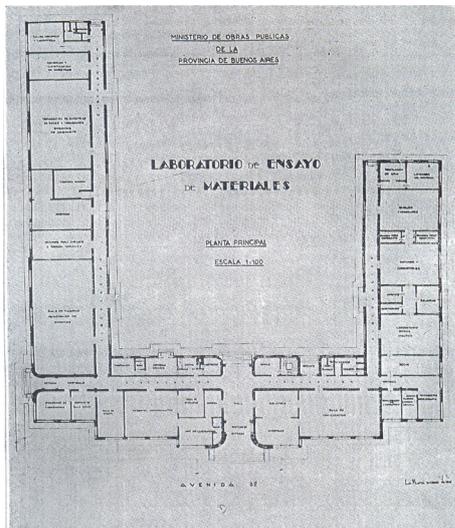


Figura 31. Vista del plano original del LEMIT.

Sobre el lado izquierdo del edificio se emplaza el área de grandes ensayos físico-mecánicos, claramente marcado en la tectónica del muro, donde el aventanamiento enfa-

tiza las características formales de la función.

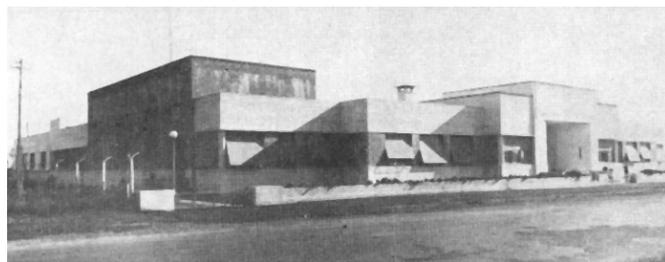


Figura 32. Vista del Edificio LEMIT, 1942.

Es claramente legible la organización relacional de los espacios, siendo los pasillos los ejes articuladores de la funcionalidad. Pero no solo se quedaron en la expresión formal, ya que en los zócalos de las áreas técnico-científicas el Ing. Pereda incorporó el azulejo, uno de los elementos más claros que señalan el orden y la limpieza de un laboratorio. La construcción se encuentra retirada de la línea municipal y enmarcada en un parque que la rodea, integrándose al Paseo del Bosque.



Figuras 33 y 34. Signos del proceso inicial de corrosión en losas y vigas por carbonatación del hormigón.

UBICACIÓN		Ph	Cl ⁻ (kg/m ³)	Abs. (%)	D _{ss}	f'c (Mpa)
Tanque de agua		12,9	0,004	5,2	2,51	33,2
Sótano	Columna	11,4	0,006	5,1	2,38	-
	Viga	11,6	0,004	5,6	2,39	29,5

Tabla 3. Características del hormigón.

Como conclusión, puede plantearse que el edificio LEMIT es un ejemplo significativo y único en la ciudad de La Plata, de la arquitectura moderna encarada por el estado provincial, caracterizado por un enfoque racionalista, donde el juego de volúmenes expresa claramente las funciones que alberga el edificio, integrándose de manera racional con el entorno. La Comisión del Sitio de la Municipalidad de La Plata (CODESI), ha incluido al edificio del LEMIT entre los **Bienes Patrimoniales de Interés Arquitectónico**, "ya que constituye un bien público con valor histórico y arquitectónico en la medida que alberga desde el año 1942 áreas dedicadas a la investigación científico-tecnológica".

Durante el año 2009, se realizó un relevamiento detallado de la estructura de hormigón armado, observándose solamente incipientes procesos de corrosión en algunos sectores puntuales del edificio, en particular, en las áreas de depósitos ubicadas debajo de los sanitarios.

En esos sectores se extrajeron muestras de hormigón para su caracterización. Se observa, de acuerdo a los resultados obtenidos, que el hormigón presenta una buena calidad remanente y una baja absorción de agua, índice de su porosidad. La iniciación del proceso corrosivo en los sectores mencionados debe atribuirse, entonces, a pérdida de agua de las cañerías de hierro fundido, las cuales han sido reemplazadas hace varios años. Este tipo de cañerías han sido también empleadas para los desagües pluviales, por lo cual se han tenido que cambiar por problemas vinculados con corrosión.

Viaducto Sarandí, Avellaneda

Esta obra, considerada en su momento entre las más importantes de su tipo, está situada en Avellaneda, y fue materializada con el fin de solucionar la problemática del tránsito automotor, debido a la interrupción casi constante de formaciones férreas que atravesaban, a nivel, las principales arterias de ingreso y egreso hacia y desde la Capital Federal.

Muchas hipótesis se barajaron en el momento de buscar soluciones al problema, pero fue el viaducto la elegida como solución total y permanente. Lo notable en esta obra, además de su diseño, es la decisión de construir el viaducto totalmente en hormigón armado. Por aquella época, la mayoría de las construcciones de este tipo se realizaban en hierro, material que debía ser importado.



Figura 35. Vista del viaducto durante su inauguración.

Se trata de un viaducto ferroviario de 3km de longitud, constituido por una estructura aporticada continua. En los cruces de las calles y avenidas se utilizaron vigas continuas de inercia variable de hasta 44m de luz, con tablero inferior. El proyecto fue realizado en la Oficina de Obras de Arte de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, en los años 1950 bajo la dirección del Ing. César J. Luisoni. Compió en el concurso con proyectos europeos en hormigón pretensado, resultando ganador el proyecto oficial con la solución descripta.



Figura 36. Vista actual, 2010.

A lo largo de los años, desde la época de su construcción, en la década del 50, el Viaducto ha sufrido deterioros en su estructura. En el año 1999 fue intervenido ya que presentaba deficiencias como corrosión de armaduras y un fuerte ataque por filtración de aceite desde las vías. Pero el problema más grave se originó por la conformación estructural adoptada ya que entre dos pórticos hay un tramo simplemente apoyado sobre una ménsula del pórtico en ambos extremos, siendo estos apoyos el tema más crítico. La intervención, entonces, se basó en un principio conservacionista, eliminando las deformaciones mediante gatos hidráulicos y procediendo luego, al refuerzo de la estructura.

En la actualidad, el Viaducto sigue cumpliendo sus funciones presentando algunos problemas de corrosión de armaduras que, en algunos sectores, es de importancia, ya que ha originado disminuciones sensibles en las secciones de las barras.

Puente sobre el río Quequén Salado, Oriente

Entre los ejemplos altamente innovadores de puentes puede citarse el diseñado como un arco con tablero superior, con estructura laminar en hormigón armado, ubicado sobre el Río Quequén Salado en las proximidades de la localidad de Oriente, diseñado por los Ings. C. Luisoni y A. Giacobbe.

Construido a principios de la década del 60, sobre un río torrencioso y con profundidades en el lugar de emplazamiento del orden de los 7 metros, originadas en una pequeña represa hidroeléctrica ubicada aguas abajo. Esta situación, unida al ancho del río, llevó a prescindir de apoyos intermedios, eligiendo un arco parabólico biarticulado de tablero superior de 60 metros de luz y 9 metros de flecha. El arco se compone de una lámina

plegada de 7 metros de ancho cuya sección transversal adopta la forma de alas de 20cm de espesor, excepto en los pliegues superiores que alcanzan 25cm. En correspondencia con los pórticos que soportan al tablero, se dispone de tímpanos en el arco del mismo espesor.



Figura 37. Vista del puente.

La construcción del puente, por sus características particulares, fue extremadamente supervisada, garantizándose los procesos de calidad. En particular, merecen citarse la ejecución de las articulaciones como así también el empalme de las armaduras, mediante el sistema de soldaduras por resistencia eléctrica. La resistencia de rotura del hormigón alcanzó un valor medio de 42MPa, empleándose un contenido unitario de cemento pórtland normal del orden de 380kg/m³ y un control estadístico de las resistencias que se aplicó por primera vez en una obra ejecutada por la provincia de Buenos Aires. Los ensayos fueron realizados en el LEMIT.

En la inspección visual realizada, luego de casi 40 años de vida en servicio del puente, no se detectaron patologías atribuibles al material ni de tipo estructural.

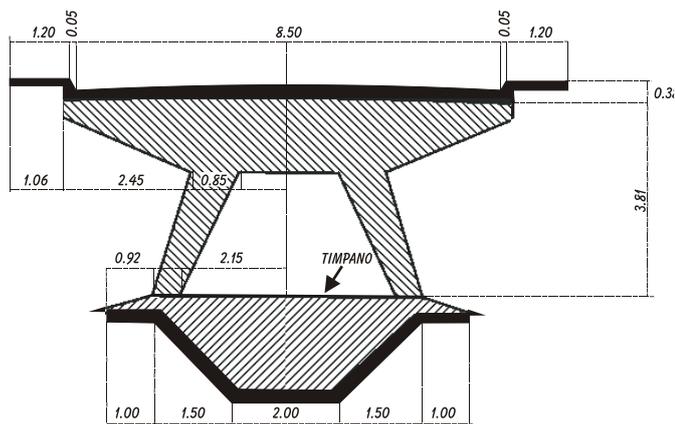


Figura 38. Corte transversal.

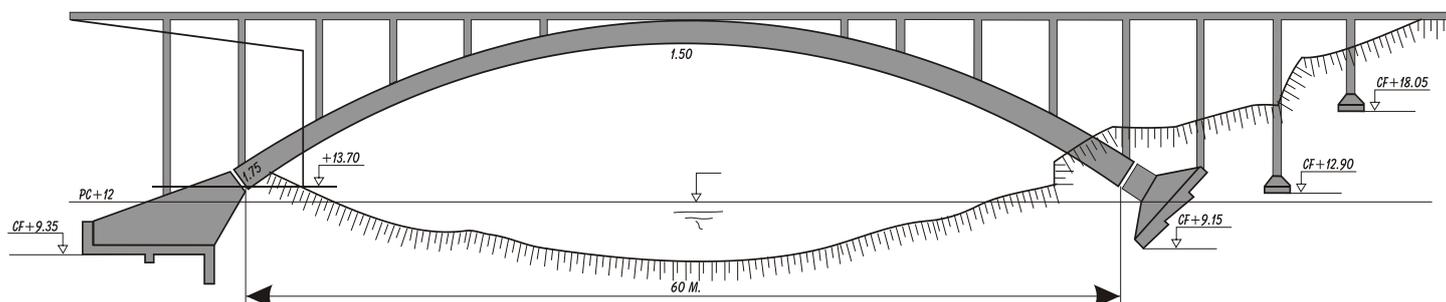


Figura 39. Corte longitudinal.

Puente avenidas 1 y 520, La Plata

Este puente ferroviario se encuentra ubicado en el camino que comunica La Plata con el área industrial de Ensenada y Berisso. El cruce entre el ferrocarril y la ruta fue realizado en un alto nivel y se salvó la calzada con un solo tramo. Se trató de aligerar el tramo central del puente, adoptando una variación de altura creciente hacia los apoyos para que la estructura no pareciera desproporcionada respecto de la altura de paso del camino. La estructura adoptada finalmente es una viga continua de hormigón armado de 6-18-6 metros sobre apoyos inclinados. Esta obra corresponde a la División Obras de Arte de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, a cargo de los Ingenieros César J. Luisoni y Adolfo A. Giacobbe.

Luego de más de 40 años de servicio, el puente no presenta patologías visibles siendo su estado de conservación satisfactorio.

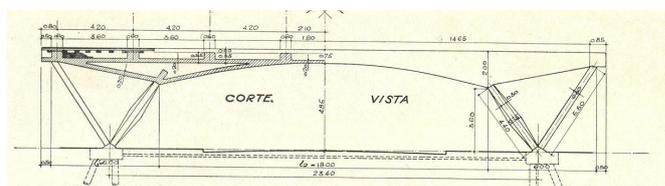


Figura 40.

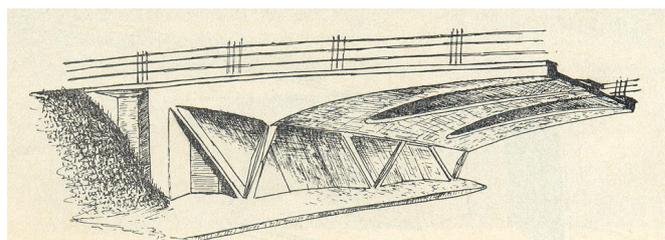


Figura 41.

Iglesia Nuestra Señora del Rosario, María Ignacia, Tandil

El origen de la población de María Ignacia, en el Partido de Tandil, que cuenta ahora con unos 2000 habitantes estables, se remite a los últimos años del siglo XIX, cuando el Ferrocarril del Sud decidió instalar una estación, eligiendo como emplazamiento los terrenos pertenecientes a los hermanos Vela. La estación de trenes se denomina Vela, en tanto que el nombre del pueblo que surgió con posterioridad, María Ignacia, corresponde al de la madre del estanciero local Vicente Casares, que diseñó un loteo sobre terrenos linderos a los de los hermanos Vela. De esta manera, y en un hecho poco corriente, la estación de trenes tiene un nombre y la localidad que surgió a su vera, otro.

La Iglesia Nuestra Señora del Rosario se inauguró en 1904 en calidad de capilla y en 1964 se inició la construcción de un nuevo edificio en hormigón armado. La obra culminó en 1965. Para la misma época, se construyen otras iglesias y capillas en localidades de la Provincia de Buenos Aires, con características similares, en lo que respecta a la conformación estructural, como por ejemplo en Tandil y Chivilcoy. Estos edificios se encuentran en condiciones aceptables sin problemas patológicos.



Figura 42. Nuestra Señora del Carmen, Tandil.



Figura 43. Parroquia Santísima Eucaristía, Chivilcoy.

La estructura de hormigón armado está conformada por una losa curva, la cual descansa en pórticos de hormigón armado en forma de arco. La edificación se constituye en una única nave en planta baja, un nivel elevado que conforma el coro y una torre de mampostería de ladrillos cerámicos comunes. Las barras de acero que se encuentran a la vista, corresponden a un acero liso y se han empleado anclajes en forma de gancho. La cubierta presenta un armado típico de losas, con barras principales dispuestas en el sentido de generatrices, descansando de esta forma sobre los arcos principales. El armado que se observa al desprenderse el recubrimiento, muestra una cuantía importante.

La orientación de la estructura corresponde a un eje noroeste-sudoeste, desde la entrada al altar. De esta forma,

la cubierta presenta un sector orientado al noroeste, ampliamente asoleado vespertinamente, y el sector opuesto, orientado hacia el sudoeste, recibe directamente la luz solar durante la mañana, pero en menor grado que el anterior.



Figura 44. Iglesia María Ignacia. Vista exterior.



Figura 45. Iglesia María Ignacia. Vista interior.

En el año 1985, habiéndose detectado signos de deterioro, se ejecutaron tareas de reparación de la estructura de hormigón, reconstituyéndose el recubrimiento de las armaduras en aquellos sectores en que existían desprendimientos. Recientemente se ha realizado el sellado de fisuras y la aplicación, en el paramento exterior, de una pintura impermeabilizante.

En el año 2008, se ha detectado en el paramento interior un estado generalizado de corrosión de las armaduras, con una disminución sensible de las secciones de las barras (pérdida promedio superior al 30%). Esta situación indica que la tensión de trabajo del acero es por lo menos un 40% mayor a la de diseño. En algunos casos se ha verificado la casi completa desaparición de las barras de menor diámetro, observándose la disociación entre armaduras y hormigón.

Los ensayos en laboratorio indican que los contenidos de óxido de calcio y de material soluble en medio ácido del material con el cual esta ejecutada la losa resultan elevados comparativamente con los que debieran obtenerse en una mezcla que emplea cemento Portland como li-

gante. De esta manera, se puede plantear que se han utilizado materiales cementantes, distintos al cemento Portland. Estos materiales pueden haber sido cemento de albañilería ó cal hidráulica. Ninguna de estas dos categorías de materiales resulta adecuada para proteger las armaduras, ya que origina un material con un pH menor a 9. Por otro lado, el contenido de cloruro determinado en el hormigón de recubrimiento es sumamente elevado. Teniendo en cuenta la ubicación geográfica, solamente se explica este contenido de cloruro por la utilización de cloruro de calcio como aditivo acelerante de fraguado del hormigón, técnica habitual para los años que fue construida la iglesia. La reglamentación argentina recién en el año 1964 limita el empleo de cloruro de calcio como aditivo para el hormigón armado.

De acuerdo a la inspección visual realizada y a los resultados de los ensayos surge que:

- El hormigón armado se encuentra afectado por un proceso generalizado de corrosión de armaduras, el cual origina la fisuración y el desprendimiento del recubrimiento, la pérdida de adherencia acero-hormigón y una significativa disminución de la sección resistente de las armaduras.
- El proceso de corrosión se ha desencadenado por despasivación de las barras debido al efecto simultáneo del bajo pH del hormigón de recubrimiento junto con el contenido de cloruros del mismo. La presencia de alta humedad relativa en el recinto y la disponibilidad de oxígeno permitida por el hormigón poroso de escaso espesor favorecen el proceso de degradación, que se considera se ha desarrollado por un período prolongado, incluso desde prácticamente la fecha misma de construcción.
- La estructura presenta importantes deterioros relacionados con la corrosión de las armaduras. Sin embargo, esto no se traduce, todavía, en síntomas estructurales significativos debido a la forma de la estructura.
- Los arcos de hormigón armado no presentan signos externos de corrosión. De acuerdo a imágenes disponibles puede plantearse que los arcos han sido ejecutados en forma separada a la losa de cubierta, por lo que existe la posibilidad que las características del hormigón sean diferentes a las de la cubierta.

Como conclusión, surge que la construcción se encuentra seriamente afectada por un proceso generalizado de corrosión, debiendo estudiarse en profundidad las posibles técnicas de reparación y/o refuerzo de la losa de cubierta pudiéndose, tal vez, re-utilizarse los arcos que no presentan patologías visibles.

Iglesia Del Carmelo, La Plata

Esta iglesia está ubicada en el centro de la ciudad de La Plata, siendo su Proyectista y Director Ejecutivo el Arq. Martín A. Ostinelli, colaborando en el proyecto el Arq. Jorge I. Puglisi. El cálculo estructural fue realizado por el Ing. Santiago del Bono y el estudio de suelos por los Ingenieros Videla y Nadeo. El constructor de la obra fue el Sr. Ferruccio Segulin.

El templo, de la Congregación de los Padres Carmelitas

Descalzos del Cono Sur, de planta circular, está conformado por un cerramiento lateral formado por placas plegadas de hormigón armado y una cubierta compuesta por un entramado de placas radiales y anulares que se apoyan en dichas placas. Tiene una superficie de 400 m² en planta baja, con una capacidad para albergar 200 fieles. La fecha de inicio de la obra fue en el año 1976 y se inauguró el 8 de septiembre de 1979.

La viga de fundación forma un anillo y permite el arranque de las placas, implantado sobre una base de conglomerado calcáreo compactado mecánicamente, para dar mayor resistencia al suelo de fundación. Luego de replantearse la cubierta, se bajaron todas las líneas correspondientes a las placas, que van produciendo una rotación hasta encontrar el punto de encuentro con la cubierta.

Las placas se realizaron empleando encofrados de madera común, sin tratamiento especial, buscando reproducir en la superficie del hormigón la textura rugosa del material del encofrado, con las técnicas tradicionales del hormigón armado. En la actualidad la superficie de hormigón se encuentra pintada. La cubierta está formada por una losa con un entramado de vigas anulares y radiales que dejan una abertura de 3 metros de diámetro sobre el altar, rematado con un vitral. El mismo criterio se utilizó en la torre que también remata en un vitral.



Figura 46. Vista de la maqueta.



Figura 47. Vista actual de la iglesia.

Luego de 30 años de construida, la estructura de hormigón armado de la Iglesia del Carmelo, no presenta patologías, siendo un ejemplo digno de destacar por su diseño que la inserta claramente dentro del Patrimonio Moderno.

Consideraciones finales

Los estudios y relevamientos de construcciones (edificios, iglesias, puentes, etc.) de hormigón armado que, por sus características integran el Patrimonio Moderno, indican claramente distintas situaciones en lo relativo a su comportamiento a lo largo de su vida en servicio, siendo, tal vez, la corrosión de las armaduras la temática más crítica que presentan algunas de ellas. Este proceso puede plantearse, entonces, como la patología más significativa vinculada con el ambiente de exposición al cual están sometidas. Las técnicas de construcción adquieren importancia en los procesos de alteración como así también los crecimientos biológicos y las técnicas empleadas para su eliminación.

Entre los casos evaluados, la estructura ubicada en ambiente marino, construida a fines de la década del 30, fue demolida a los 60 años de edad en servicio, ya que resultaban imposibles las tareas de reparación, fundamentalmente, desde el punto de vista económico, mientras que la ubicada en proximidades de la costa del Río de La Plata, no presenta patologías de importancia, corroborando entonces, la influencia significativa del medio ambiente sobre la durabilidad del hormigón armado, en especial por la presencia de cloruros en la atmósfera.

En el caso de la iglesia ubicada en ambiente rural, por el grado de corrosión que presenta, los costos para la reparación pueden resultar excesivos. En este caso el uso de materiales ligantes inadecuados como así también el empleo de cloruros de calcio como acelerador de resistencia originó en pocos años un proceso corrosivo generalizado. Las otras iglesias de similar factura arquitectónica, se presentan en condiciones aceptables, con un mantenimiento adecuado.

Como conclusión de los estudios realizados sobre las obras que integran el Patrimonio Moderno ejecutado en hormigón armado en ambientes de distintas características agresivas, puede plantearse que se corrobora la influencia del ambiente sobre la vida útil de la estructura y también, la influencia fundamental del proceso de ejecución y de los materiales empleados sobre el inicio y desarrollo del proceso de corrosión de las armaduras.

Bibliografía consultada

1. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Provincia de Buenos Aires. **Viaducto Sarandí**. La Plata, 1949. 41 p.
2. L.P. Traversa & C.A. Civello, **Temas de corrosión en estructuras de hormigón armado ubicadas en el litoral atlántico bonaerense**. Proc. Coloquio'07, A.A.T.H. Durabilidad de Estructuras en Ambientes Marinos. Mar del Plata, Argentina, pp 15-21, 1992.
3. **Art-Decó: el arte urbano de F. Salamone**. Alberto Bellucci, The Journal of Decorative and Pro Arts. N° 18.1992.
4. A. A. Di Maio, J. D. Sota, L. P. Traversa. **Patología de estructuras de hormigón: Análisis de algunos de los casos más relevantes ocurridos en la Argentina en los últimos años**. Proc. III Congreso Iberoamericano de Patología de la Construcción. V Congreso Iberoamericano de Control de la Calidad. La Habana, Cuba. Oct. 1995.
5. O.A. Cabrera, M.A. Gonzalez, V.F. Rahhal. **Aspectos característicos de las patologías de estructuras civiles de la costa atlántica argentina**. Proc. IV Congreso Iberoamericano de Patologías das Construcoes, Porto Alegre, Brasil, Vol 1, pp 427-434, 1997.
6. Weyers, R., **Service life model for concrete structures in chloride laden environments**, ACI Materials Journal, pp. 445-453. 1998.
7. J. Sciammarella. **Reparación del Viaducto Sarandí**. Revista Asociación de Ingenieros Estructurales, Diciembre de 1999. pp. 40-46.
8. S. Rostan. **Vida útil de las estructuras de hormigón**. Revista Hormigón N° 36. Julio-Diciembre, pp11-43, 2000.
9. R. Longoni, L. P. Traversa. **La obra pública del Ing. Arq. Francisco Salamone en la Provincia de Buenos Aires**. LEMIT. La Plata. 2000.
10. A. A. Di Maio, L. J. Lima, R. Longoni, L. P. Traversa. **Actual resistant and serviceability characteristics of a reinforced concrete arch bridge in use since 1916**. Arch'01, Paris. Troisième Conference Internationale sur les Ponts en Arc, Paris, Francia. 2002.
11. A.A. Di Maio, L. J. Lima, L. P. Traversa. **Chloride profiles and diffusion coefficients in structures located in marine environments**. Journal Structural Concrete fib. vol. 5, n° 1, pp. 1-4. 2004.
12. L. J. Lima. **Puente Donato Gerardi: un puente patrimonial de hormigón armado en servicio durante 90 años**. V Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio". LEMIT-CIC.2006.
13. O. Otero. **La vanguardia del pensamiento racional reflejada en el modernismo de la arquitectura del edificio del LEMIT**. Revista Ciencia y Tecnología del Hormigón, N° 14. LEMIT-CIC. 2007
14. L.P. Traversa, A. A. Di Maio, V. Rosato, F. Iloro. **Arquitectura modernista en la Pampa Argentina: Diagnóstico, restauración y puesta en valor de portales de cementerio construidos en la década de 1930**. Revista Apuntes, Instituto Carlos Arbelaez Camacho para el Patrimonio Arquitectónico y Urbano, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. 2008.
15. L. P. Traversa, Y. Villagrán Zacardi, F. H. Iloro, S. O. Marquez. **Análisis de patologías detectadas en edificios del patrimonio moderno ejecutados en hormigón armado**. Patorreb 2009. 3° Encontro sobre Patología e Reabilitacao de Edificios. Porto, Portugal. pp. 499-504. 2009
16. L. P. Traversa. **La obra del sobresaliente Salamone**. Hormigonar Revista de La Asociación Argentina Del Hormigón Elaborado- AAHE, año 8 | N.27 | Agosto

2012.

17. C. G. Jimenez, A. Navarro. **Alejo Martinez: La experiencia moderna en la Argentina.** Sociedad Central de Arquitectos.2012
18. Cruz, M. J. **Paisajes de la modernidad en la Provincia de Buenos Aires: la obra del arquitecto Francisco Salamone (1936-1940).** Revista de Arqueología Histórica Argentina y Latinoamericana 7:67-87. Buenos Aires. 2013.

RUS



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



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACION TECNOLÓGICA

TECNOLOGIA DEL HORMIGON

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



Investigación y desarrollos tecnológicos

Capacitación RRHH

Servicios Tecnológicos a terceros

52 e/121 y 122 - La Plata - Buenos Aires - Argentina
Tel.: (0221) 4831141/44

www.lemmit.gov.ar

Análisis de la mantenibilidad del color en concretos pigmentados cuando están expuestos a la agresividad del medio ambiente

Fabiana Lopes OLIVEIRA¹, Camila Pinheiro CONSANI², Rafael Francisco Cardoso SANTOS³

- (¹) Profa. Dra. del Departamento de Tecnología Arquitectónica, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de São Paulo, Brasil
- (²) Maestría en Arquitectura y Urbanismo por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo, Brasil
- (³) Investigador del Laboratorio de Materiales de Construcción Civil del Centro Tecnológico de Obras de Infraestructura del Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de São Paulo (IPT)

Resumen

El concreto pigmentado es un tipo especial de concreto que permite agregar valor estético a las construcciones a través del color, proporcionando libertad creativa y versatilidad junto con un alto rendimiento. Además, este material promueve la sustitución de revestimientos y acabados, lo que reduce el tiempo de la obra y la necesidad de mantenimiento. Sin embargo, la producción y la ejecución del concreto pigmentado requieren un estricto control para obtener un material de buena calidad y con integridad estructural, especialmente en lo que respecta al color y la durabilidad. En Brasil, la investigación sobre las propiedades y la durabilidad de este material, en relación a su comportamiento bajo las condiciones climáticas tropicales, sigue siendo limitada. Por lo tanto, el presente artículo tiene como objetivo general evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto pigmentado y analizar su capacidad de mantenimiento y/o cambio de color ante la exposición a condiciones ambientales agresivas, considerando el uso de pigmentos inorgánicos a base de hidróxido de hierro (amarillo), óxido de cobalto (azul) y óxido de cromo (verde). Para lograr el objetivo propuesto, se llevaron a cabo los siguientes ensayos en laboratorio: caracterización del concreto en estado fresco y endurecido; envejecimiento acelerado con medición del color utilizando el sistema CIELAB. Finalmente, con el análisis de los resultados, se concluye que el concreto pigmentado producido es un material con baja porosidad, alta resistencia mecánica y durabilidad, aunque muestra cambios en el color con el tiempo, incluso en relación a la aplicación o no de un protector de superficie hidrófugo. Sin embargo, el uso del concreto pigmentado sigue siendo ventajoso, convirtiéndolo en un material prometedor que aporta beneficios al área de arquitectura e ingeniería.

Palabras clave: concreto pigmentado, concreto coloreado, color, pigmento, durabilidad.

Introducción

De acuerdo con Piovesan (2009), el uso del concreto en la construcción civil en pequeñas y grandes obras para fines estructurales y estética se deben, principalmente, a la versatilidad y las ventajas ofrecidas por este material. El principal motivo del amplio consumo es el equilibrio entre la calidad y el costo competitivo, además de permitir la variabilidad de formas y presentar una alta resistencia mecánica que, relacionada con la durabilidad, promueve su uso en diversas construcciones.

La concepción urbanística de la integración del edificio con el entorno, ahora altamente considerada, está ganando protagonismo, y para ello, es fundamental la elección correcta de los materiales, las texturas de las superficies y, sobre todo, los colores. A través del uso de colores en el mobiliario urbano, en los pisos, en las paredes y en los edificios, se logra un entorno más agradable y humano, de acuerdo con las exigencias estéticas de la sociedad (CARVALHO, 2002).

Según Carvalho (2002), está comprobado que los colores despiertan diversas reacciones en las personas e influyen en los juicios estéticos, haciendo que ciertos objetos sean más agradables que otros según el color. De esta manera, agregar color a las estructuras grises de concreto es una forma de alejar la monotonía, otorgando una característica innovadora a este material.

En medio de este escenario de innovación, el concreto pigmentado surge presentando versatilidad cromática, permitiendo nuevas creaciones y la valorización de la estructura de concreto. El uso de este material tiene como objetivo destacar su uso como un elemento estético, preservando sus propiedades mecánicas y cumpliendo con las demandas del mercado (MENDONÇA et al., 2018).

El concreto pigmentado se obtiene mediante la incorporación de pigmentos inorgánicos al cemento Portland blanco o gris, lo que permite su fabricación en diversos colores. La mezcla produce un material moldeable, pero que requiere un mayor control durante la dosificación, la preparación y la aplicación para obtener un resultado satisfactorio, teniendo en cuenta que el aspecto visual del color es uno de los principales objetivos de este material (MENDONÇA et al., 2018).

En el contexto actual de transformación de la construcción, además de la importancia del aspecto visual del color, otro objetivo principal e intrínseco al concreto pigmentado son sus características de durabilidad. Estas características se basan principalmente en una baja porosidad, alta resistencia a la compresión y una menor propensión a manifestaciones patológicas, lo que contribuye a la sostenibilidad a través de una vida útil prolongada. Sin embargo, se requiere la aplicación de protección de superficie para garantizar una mayor durabilidad, además de una dosificación racional adecuada.

El concreto pigmentado se puede utilizar en diversos tipos de construcciones, siendo frecuentemente utilizado en elementos estructurales, pisos, fachadas de edificios, paredes y paneles, prescindiendo del uso de revestimientos. Esto puede representar un beneficio y ahorro

para algunas edificaciones, evitando la necesidad de enlucidos, revoques, pinturas, texturas y azulejos, lo que permite un diferencial estético y arquitectónico (SOUSA; RAMALHO; OLIVEIRA, 2018).

Al igual que el concreto convencional, el concreto pigmentado puede alcanzar una vida útil igual o superior a 50 años, así como tener un costo de mantenimiento más económico que las superficies con revestimientos, que requieren intervenciones periódicas cada aproximadamente 5 años. Sin embargo, la dificultad para utilizar este material de manera más frecuente se debe a la falta de conocimiento sobre la técnica, lo que hace que los profesionales y usuarios sean reacios, especialmente en lo que respecta a la uniformidad del color, que está relacionada con la dosificación y el control durante la ejecución del concreto pigmentado (VALENÇA; PRISZKULNIK, 2017).

Sin embargo, en Brasil, esta reluctancia poco a poco está cambiando con el avance de las investigaciones centradas en el concreto pigmentado, que están aclarando muchas características específicas del material y presentando indicios de una vida útil superior a la del concreto convencional. Vale la pena señalar que, en la actualidad, en el campo de la tecnología de la construcción, 50 años de vida útil para una estructura de concreto es muy poco, por lo que una estructura con una vida útil prevista más larga se vuelve relevante y sostenible.

Piovesan (2009) afirma que, para que el concreto pigmentado se incorpore de manera amplia y confiable en el sector de la construcción, es imprescindible conocer a fondo este material, en el sentido de caracterizar sus propiedades y evaluar las posibles interferencias del pigmento en la mezcla en relación a la resistencia y durabilidad. Y, así, evitar posibles manifestaciones patológicas derivadas de fallos a lo largo del proceso de producción y durante su uso.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo abordar las características y la producción del concreto pigmentado, con el fin de contribuir al mejor rendimiento y durabilidad de este material a lo largo del tiempo. Además, la investigación tiene un enfoque específico en Brasil, con una revisión bibliográfica específica y teniendo en cuenta el clima tropical y la agresividad del entorno en el país.

Además, es importante destacar que el programa experimental incluye ensayos de laboratorio y resultados inéditos, hasta ahora no realizados en Brasil, en el contexto del concreto pigmentado. De esta manera, al final del estudio, se espera generar información para el diseño de proyectos y obras que utilicen eficazmente la tecnología del concreto pigmentado, contribuyendo a la arquitectura y la ingeniería.

El color en el concreto pigmentado

Es esencial encontrar un equilibrio entre la longevidad, resistencia y cromatismo del concreto pigmentado para lograr resultados satisfactorios a lo largo de la vida útil del material. También resulta pertinente obtener información sobre su comportamiento cuando está expuesto a las condiciones climáticas tropicales, especialmente en Brasil, ya que al optar por este material - que permite la

creación de elementos visibles y lo hace más susceptible a la acción de las inclemencias del tiempo - el color se convierte en algo tan crucial como las características mecánicas.

Para mejorar la aplicabilidad de este material, es esencial llevar a cabo estudios específicos con el propósito de identificar y proponer medidas adecuadas para el mejor aprovechamiento en la construcción, convirtiéndolo en un material de solución arquitectónica ventajosa. Por lo tanto, el concreto pigmentado es una solución de carácter técnico-científico que permite combinar la técnica con el arte, la calidad con la economía y la construcción con la preservación, sin embargo, con una necesidad de cuidados igual a cualquier otro uso del concreto en la construcción.

Se cree que los resultados obtenidos en este estudio ofrecen una comprensión más profunda del comportamiento del concreto pigmentado, lo que permitirá a los profesionales del campo especificarlo en los proyectos y ejecutarlo de manera adecuada. Además, el conocimiento acerca de la permanencia del color a lo largo del tiempo, según el pigmento seleccionado, podría ser una herramienta de diseño para arquitectos e ingenieros, permitiendo prever el cambio de color en el concreto pigmentado en función del entorno en el que se encuentra.

Aires (2017), la introducción del color en los espacios arquitectónicos se muestra como un proceso complejo y con una amplia gama de alternativas, ya que la percepción cromática se ve influenciada por factores como la textura y el brillo, que a veces son originados por el material responsable de incorporar el color. Cuando el color se introduce mediante el uso del material, se pueden notar otras características (propias del material en sí) que, además de la vista, estimulan otros sentidos, lo que puede crear la sensación de que el material es rígido o flexible y cálido o frío, permitiendo caracterizar e influir en la experiencia arquitectónica.

Por lo tanto, el conocimiento del concepto de color, sus características, el material responsable de su introducción y los factores que generan variación, son esenciales para un análisis y una elección coherente. La elección del material es un método de producción arquitectónica que implica la creación de una atmósfera espacial, que estimula los sentidos y potencia la percepción general del espacio (AIRES, 2017).

Aprovechando esto, la elección de concreto pigmentado como material de construcción debe ser promovida, teniendo en cuenta el impacto visual positivo debido a sus atributos cromáticos. En consecuencia, este concreto especial transforma el color de algo decorativo a un elemento estructural que acerca a las personas a la arquitectura.

Obras en Brasil

En el panorama nacional brasileño, la primera obra documentada con el uso de concreto pigmentado, data de la década de 1970, y solo después de casi veinte años, otras obras comenzaron a construirse con mayor frecuencia en todo el país.

La obra titulada "Obelisco Diamante dos Bandeirantes", también conocida como el "Marco Comemorativo da Inauguração da Rodovia dos Bandeirantes", es la primera obra de concreto pigmentado de la que se tienen documentos y se encuentra ubicada en la ciudad de São Paulo. El monumento, del año 1978, fue concebido por el artista Avatar Moraes, mientras que el proyecto, llamado "Via Norte", fue desarrollado por Proenge Engenharia de Projetos y la construcción a cargo de Desenvolvimento Rodoviário S.A. - DERSA (AVATAR MORAES, 2000).

En el documento de "especificación de servicios del monumento", se pueden encontrar las especificaciones técnicas del concreto (resistencia a la compresión característica $f_{ck} \geq 150 \text{kgf/cm}^2$) y la coloración a través de pigmentos inorgánicos (óxido de hierro), cuya dosificación se determina mediante probetas.

A pesar de que se enfatiza la importancia del mantenimiento en sus proyectos, en la actualidad, el Obelisco Diamante dos Bandeirantes muestra signos de falta de cuidado y/o un posible mantenimiento incorrecto con la utilización de pintura (posiblemente), creando una película con un color más claro en la superficie del concreto pigmentado. Cabe destacar que el material utilizado en la obra aparentemente no muestra signos de deterioro, solo suciedad en su superficie que puede ser eliminada con una limpieza adecuada.



Figura 1. Obelisco Diamante dos Bandeirantes (São Paulo, BR). Foto: Daniel Bernardo (2019).

La segunda obra destacada es "Praça das Artes", ubicada en el centro de São Paulo y concebida por los arquitectos Francisco Fanucci y Marcelo Ferraz del estudio Brasil Arquitetura, así como el arquitecto Marcos Cartum de la Secretaría de Cultura del Municipio de São Paulo. El proyecto se desarrolló entre 2006 y 2008, y la construcción tuvo lugar entre 2009 y 2012 (NOSEK, 2013).

Este complejo cultural presenta una superficie con la textura característica del encofrado de madera utilizado, y se emplearon $10,000 \text{m}^3$ de concreto pigmentado y 39 toneladas de pigmento inorgánico en polvo en su cons-

trucción. La estructura de concreto pigmentado utilizó pigmentos de óxido de hierro en colores rojo y ocre, de Lanxess - producto Bayferrox Rojo y Marrón Adobe, respectivamente (LANXESS, 2012).



Figura 2. Praça das Artes (São Paulo/BR). Fuente: Brasil Arquitetura (2023).

El nuevo edificio del "Museo Cais do Sertão", diseñado por el mismo estudio que la obra anterior, fue inaugurado en 2018 en la ciudad de Recife, junto al océano Atlántico. Con 7,000m² de área construida, el concreto aparente está presente simultáneamente como estructura, cerramiento y acabado. El concreto pigmentado se utilizó tanto en el exterior como en el interior de toda la superestructura, a excepción de la cimentación. El pigmento inorgánico utilizado tenía un color amarillo ocre, que evoca el cálido suelo agreste. Además, se empleó concreto pretensado para cubrir un amplio vano de 65 metros, creando una amplia plaza cubierta que protege del fuerte sol y las frecuentes lluvias de la ciudad.

Metodología experimental

El objetivo del análisis experimental es evaluar las propiedades físico-mecánicas y analizar la durabilidad, así como determinar si hay un cambio en el color debido a la influencia del entorno. Para lograr esto, se delimitó el estudio al concreto pigmentado utilizando pigmentos inorgánicos a base de hidróxido de hierro (amarillo), óxido de cobalto (azul) y óxido de cromo (verde), con el fin de comprender la influencia de los pigmentos y las pro-

piedades de los materiales utilizados en la producción.

Los ensayos realizados para caracterizar los concretos incluyeron: la determinación del asentamiento, absorción de agua, índice de vacíos y masa específica, absorción de agua por capilaridad y resistencia a la compresión.

Para el ensayo de envejecimiento acelerado, se siguió la norma ABNT NBR 15380:2015 mediante el método de simulación, acelerado en laboratorio, de la degradación causada por la lluvia, el rocío y la radiación ultravioleta que componen la luz solar. Este método, basado en la norma, utiliza una cámara que simula varios factores de degradación combinados con ciclos de temperatura, luz y agua. De esta manera, la cámara se utiliza para evaluar la durabilidad relativa de los materiales en días o semanas, produciendo daños equivalentes a los que podrían ocurrir en meses o años de exposición natural (POSITIERI, 2005).

La medición del color siguió las directrices del estudio de Teichmann (1990) junto con la norma ABNT NBR 16846:2020, que se basa en el sistema CIE L*a*b* para la medición mediante un espectrofotómetro.

Se adoptó el estudio de Teichmann (1990) junto con la norma ABNT NBR 16846:2020 en esta investigación para medir el color en el concreto pigmentado, ya que en Brasil no existe una norma específica para el control del color del material. Por lo tanto, se estableció el valor de diferencia de color total (ΔE^*) de 1.5 como límite perceptible de diferencia de color en la evaluación del concreto.

En la mezcla de concreto de referencia se utilizó una cantidad del 1.31% de aditivo superplastificante. Para los concretos con pigmento verde y azul, en ambas mezclas se empleó una cantidad del 1.40% de aditivo superplastificante. Sin embargo, para la mezcla del concreto con pigmento amarillo se utilizó una cantidad del 1.46% de aditivo superplastificante. En las mezclas de concreto con pigmento fue necesario agregar más aditivo superplastificante para mantener constante la relación agua/cemento en todas las mezclas.

Para llevar a cabo los ensayos de caracterización del concreto en estado endurecido, se moldearon probetas cilíndricas de 10cm x 20cm (diámetro x altura), siguiendo las especificaciones de la norma ABNT NBR 5738:2015



Figura 3. Museu Cais do Sertão (Recife/BR). Fuentes: (a) Foto de los autores (2020); (b) Diario de Pernambuco (2018).

Diferencia de color total (ΔE^*)	Percepción de la diferencia de color (ABNT NBR 16846:2020)	Evaluación en Concreto (Teichmann, 1990)
Hasta 0,2	No perceptible	No notable ↑
$\geq 0,2$ e $< 0,5$	Muy débil	
$\geq 0,5$ e $< 1,5$	Débil, pero perceptible	
$\geq 1,5$ e $< 3,0$	Perceptible	Notable ↓
$\geq 3,0$ e $< 6,0$	Muy perceptible	
$\geq 6,0$ e $< 12,0$	Fuerte	
Arriba de 12,0	Muy fuerte	

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Tabla 1. Interpretación de ΔE^* y evaluación en el concreto. Fuente: Adaptado de la ABNT NBR 16846:2020 y de Teichmann (1990).

- Concreto - Procedimiento para la moldura y curado de probetas. Para las probetas que serían sometidas a ensayos de envejecimiento acelerado para analizar la alteración del color, se moldearon placas de 9cm x 9cm x 4cm, con y sin sistema de protección de superficie (hidrófugo a base de silano/siloxano Emcephob W-SX de MC-Bauchemie).

La aplicación de este producto en las muestras, por aspersión, tiene como objetivo analizar si el hidrófugo afecta o evita el cambio de color. Las dimensiones de las placas se determinaron para que cupieran en el equipo de ensayo. Según las indicaciones del fabricante del hidrófugo, es necesario reaplicar el producto después de 3 años de exposición en condiciones naturales, ya que su eficacia disminuye. Antes de volver a aplicar el producto, se realizó una limpieza de la superficie expuesta para eliminar posibles manchas y suciedad. Estas recomendaciones se siguieron rigurosamente. Se moldearon muestras tanto para el concreto de referencia (sin pigmento) como para el concreto pigmentado en todos los ensayos.



Figura 5. Muestras y probetas. Foto: Autores.



Figura 4. Pigmentos inorgánicos. Foto: Carlos Brítez.

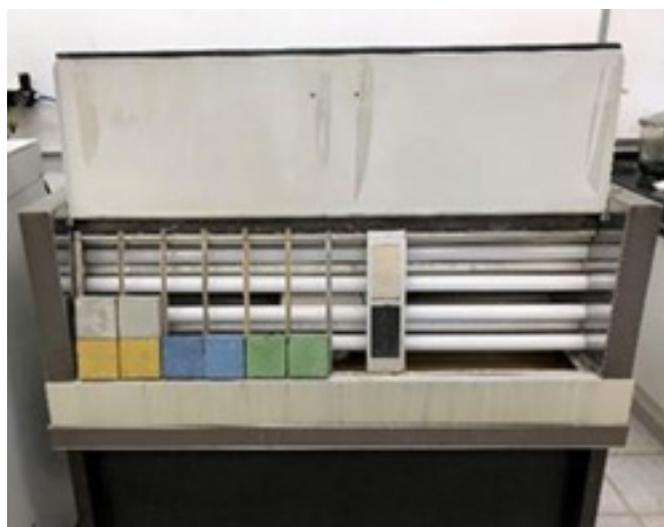


Figura 6. Muestras dentro de la CUV. Foto: Autores.

Resultados y análisis de los ensayos

Los ensayos de evaluación de propiedades físico-mecánicas incluyen pruebas de caracterización del concreto en estado fresco y en estado endurecido. Para verificar cualquier cambio en el color, se analizan los resultados del ensayo de envejecimiento acelerado con medición del color utilizando el sistema CIELAB. A continuación, se describen y analizan los resultados.

1- Ensayos de caracterización del concreto

El ensayo de determinación del asentamiento mediante el método del cono de Abrams se analizó de acuerdo con la norma ABNT NBR 15823-2:2017. La clase de asentamiento "slump-flow" de todas las mezclas se clasificó como SF 2 al presentar un asentamiento entre 660mm y 750mm, lo que confirma la propiedad de concreto auto-compactante de acuerdo con la "Tabla 1" de la norma. En la Tabla 2 se presentan los resultados del asentamiento (SF) de las mezclas consideradas.

En cuanto a la clase de viscosidad plástica aparente en flujo libre, todas las mezclas se clasificaron como VS 1, de acuerdo con la "Tabla 2" de la norma ABNT NBR 15823-1:2017, ya que presentaron un tiempo de flujo ≤ 2 segundos. En cuanto al índice de estabilidad visual, todas las mezclas se clasificaron como IEV 0 - Altamente estable, de acuerdo con la "Tabla 3" de la norma ABNT NBR 15823-1:2017, debido a que no mostraron evidencia de segregación o exudación.

El análisis de los resultados de las mezclas, tanto con y sin pigmento, respalda la clasificación del concreto como adecuado para la mayoría de las aplicaciones convencionales, como paredes, vigas, columnas y otros elementos estructurales con alta densidad de refuerzo y empotramientos, según la "Tabla A.1" y la "Tabla A.2" de la norma ABNT NBR 15823-1:2017. En la Figura 7 se puede observar el asentamiento de todas las mezclas.

El ensayo de determinación de la absorción de agua, el índice de vacíos y la masa específica (MAV) se llevó a

Mezclas	Asentamiento (mm)
Concreto referencia	680
Concreto pigmento amarillo	660
Concreto pigmento azul	730
Concreto pigmento verde	660

Tabla 2. Asentamiento "slump-flow" de las mezclas. Fuente: Autores.



Figura 7. Método del cono de Abrams de la mezcla de concreto: (a) referencia, (b) amarillo pigmentado, (c) azul pigmentado y (d) verde pigmentado. Fuente: Archivo del Grupo de Concreto Pigmentado de la FAU-USP.

cabo de acuerdo con la norma ABNT NBR 9778:2005 - Mortero y concreto endurecidos - Determinación de la absorción de agua, el índice de vacíos y la masa específica. La norma establece el procedimiento para determinar la absorción de agua, el índice de vacíos por inmersión y ebullición, y las masas específicas de mortero y concreto endurecidos.

En la Tabla 3 se muestran todos los resultados del ensayo MAV, donde los datos en la columna "ind." son los valores de las mediciones individuales y en la columna "prom." se expresa el promedio de estos valores.

Los resultados indicaron un bajo índice de poros en todas las muestras de concreto, tanto con pigmento como sin él, y, en consecuencia, una baja absorción de agua. En cuanto a los resultados de absorción de agua, la muestra de concreto de referencia mostró una absorción promedio del 2,1%, y las demás muestras de concreto con pigmento tuvieron un resultado inferior con un promedio del 2,0%, con la excepción de la muestra de concreto con pigmento de color verde, que tuvo un resultado idéntico al concreto de referencia.

En cuanto a los resultados del índice de vacíos, la muestra de concreto de referencia tuvo un promedio del 5,0%, y las demás muestras de concreto con pigmento tuvieron promedios iguales o inferiores al concreto de referencia, con la excepción de la muestra de concreto con pigmento de color verde, que tuvo un promedio del 5,1%. En cuanto a los resultados de la masa específica, la muestra de concreto de referencia tuvo un promedio de 2,57kg/dm³, y las demás muestras de concreto con pigmento tuvieron promedios iguales al concreto de referencia, con la excepción de la muestra de concreto con pigmento de color verde, que tuvo un promedio de 2,58kg/dm³.

El análisis de los resultados de las muestras demuestra

que los datos obtenidos son iguales, con una variación mínima, es decir, el pigmento en la mezcla en este caso no influyó en las propiedades del concreto, lo que demuestra una interferencia mínima o nula.

El ensayo de determinación de la absorción de agua por capilaridad se llevó a cabo de acuerdo con la norma ABNT NBR 9779:2012 - Mortero y concreto endurecidos - Determinación de la absorción de agua por capilaridad.

Los resultados de la absorción de agua por capilaridad durante el ensayo con la determinación de la masa saturada de las muestras a las 3h, 6h, 24h, 48h y 72h, desde la colocación de las muestras en contacto con el agua, y la absorción de agua por capilaridad se expresan en gramos por centímetro cuadrado (g/cm²) y se presentan en el Gráfico 1. En la Tabla 4 se muestran todos los resultados del ensayo que corresponden a la altura de ascenso capilar máxima, con el promedio en milímetros, después de la rotura de las muestras por compresión diametral, un procedimiento que permite verificar la distribución del agua en el interior de las muestras.

El análisis de los resultados indica una baja absorción de agua en todas las muestras de concreto, tanto con pigmento como sin él. En cuanto a los resultados de absorción de agua, la muestra de concreto de referencia tuvo un promedio de altura de ascenso capilar máximo de 13mm, y las demás muestras de concreto con pigmento tuvieron promedios inferiores al concreto de referencia. Por lo tanto, el pigmento puede contribuir al llenado de los poros del concreto debido a la forma y granulometría de sus partículas, mejorando las propiedades del concreto y contribuyendo a un buen rendimiento.

Por lo tanto, cuanto menor sea la tasa de absorción de agua en el concreto, mayor será su resistencia frente a los agentes ambientales que comprometen la durabili-

Absorción de agua, índice de vacíos y masa específica										
Probetas	Absorción de agua (%)		Índice de vacíos (%)		Masa específica de muestra seca (kg/dm ³)		Masa específica de muestra saturada (kg/dm ³)		Masa específica real (kg/dm ³)	
	Ind.	Prom.	Ind.	Prom.	Ind.	Prom.	Ind.	Prom.	Ind.	Prom.
Concreto referencia	2,1	2,1	5,0	5,0	2,45	2,45	2,50	2,50	2,58	2,57
	2,0		4,9		2,46		2,51		2,58	
	2,1		5,1		2,43		2,48		2,56	
Concreto pigmento amarillo	2,1	2,0	5,1	4,9	2,43	2,45	2,48	2,50	2,56	2,57
	1,9		4,8		2,48		2,53		2,60	
	2,0		4,9		2,43		2,48		2,56	
Concreto pigmento azul	2,0	2,0	4,9	5,0	2,44	2,44	2,49	2,49	2,57	2,57
	2,1		5,1		2,44		2,49		2,57	
	2,0		4,9		2,44		2,49		2,57	
Concreto pigmento verde	2,0	2,1	5,0	5,1	2,46	2,45	2,51	2,50	2,58	2,58
	2,0		5,0		2,47		2,52		2,60	
	2,2		5,2		2,42		2,47		2,55	

Tabla 3. Resultados de los ensayos MAV. Fuente: Autores.

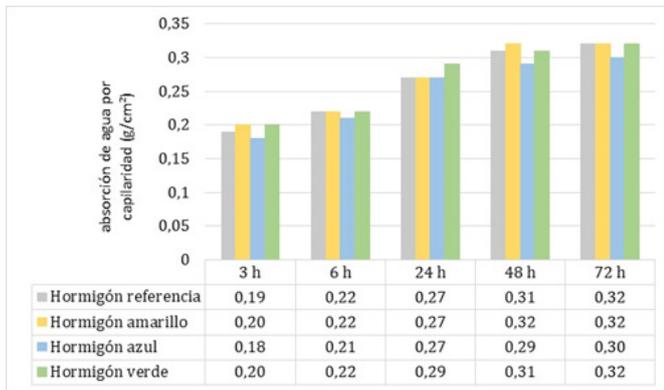


Gráfico 1. Resultados del promedio de absorción de agua por capilaridad. Fuente: Autores.

dad. La baja porosidad del material es importante porque reduce la permeabilidad del concreto y contribuye a una mayor vida útil.

La prueba de determinación de la resistencia a la compresión se realizó de acuerdo con la norma ABNT NBR 5739:2018 - Concreto - Ensayo de compresión de probetas cilíndricas. La prueba se llevó a cabo en el concreto de referencia (sin pigmento) y en el concreto con pigmento en los colores amarillo, azul y verde, a los 7 y 28 días de edad. En el Gráfico 2 se presentan todos los resultados de la prueba de resistencia a la compresión.

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión indican que todos los tipos de concreto, tanto los que contenían pigmento como los que no lo contenían, mostraron un buen rendimiento y una alta resistencia. La mayoría de los cuerpos de prueba presentaron un tipo de ruptura "Tipo A", que se define como cónica y se aleja 25mm desde la parte superior del cuerpo de prueba. La superficie de fractura de los cuerpos de prueba también mostró un aspecto liso y una rotura en los agregados, lo que sugiere un concreto de alta resistencia.

Según el análisis de los resultados, se puede observar que las medias de resistencia son prácticamente iguales, con una variación mínima que no supera el 10%. Esto indica que todos los tipos de concreto mostraron una buena uniformidad en la mezcla y una resistencia a la compresión que no se vio afectada por la adición de pigmento. De hecho, en algunos casos, los concretos con pigmento superaron la resistencia especificada en el cálculo de la dosificación, que estimaba 60MPa a los 28 días.

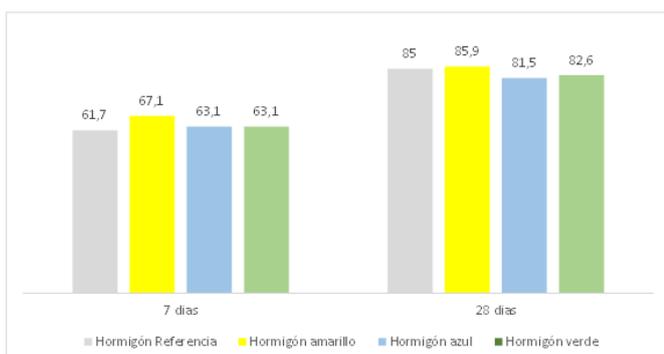


Gráfico 2. Resultados de resistencia a la compresión promedio (MPa). Fuente: Autores.

Probetas	Altura de ascenso capilar máximo (mm)	
	Individual	Promedio
Concreto referencia	14	13
	14	
	11	
Concreto pigmento amarillo	11	11
	13	
	9	
Concreto pigmento azul	11	11
	11	
Concreto pigmento verde	11	12
	11	
	14	

Tabla 4. Resultados del ensayo de absorción de agua por capilaridad. Fuente: Autores.

2- Ensayos de mantenimiento de color

Los ensayos de mantenimiento del color comprenden las pruebas de envejecimiento acelerado con medición del color utilizando el sistema CIELAB para el análisis.

La medición del color se realizó en cada muestra con la ayuda del espectrofotómetro del modelo Color Guide Sphere BYK Gardner, con observador CIE a 10° e iluminante D65 daylight, siempre realizado por el mismo técnico de laboratorio. Para mayor precisión, se optó por una plantilla con dimensiones de 9cm x 9cm (longitud x ancho) que contenía nueve puntos de dos centímetros de diámetro para colocar sobre la superficie del concreto durante la medición, lo que permitió obtener una muestra suficiente para identificar el color del concreto y crear un estándar de lectura para todas las muestras.



Figura 8 (a) y (b). Muestras, plantilla y espectrofotómetro. Fuente: Autores.

Cada 150 horas de exposición en el equipo de CUV, las muestras se retiraban y se realizaba la lectura con el espectrofotómetro. Además, cuando se alcanzaban las 1050 horas, lo que equivale a aproximadamente 3 años y 6 meses de exposición en condiciones naturales, se realizaba la limpieza de las muestras y se reaplicaba el hidrófugo.

Mediante la medición cada 150 horas, se pudieron obtener las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* de los nueve puntos de cada muestra, lo que permitió calcular el promedio para compilar un color único. Los resultados obtenidos mediante el cálculo de la diferencia total de color (ΔE^*) permitieron estimar si esta diferencia de color era perceptible para el ojo humano y, por lo tanto, cla-

sificarla como no notable o notable en la superficie de concreto.

Al analizar los gráficos 3, 4 y 5, se puede decir que todos los tipos de concreto considerados mostraron una mayor percepción de la diferencia de color, especialmente después de la limpieza de la superficie. Esto pudo influir significativamente en los valores de las mediciones, ya sea debido al material utilizado o porque eliminó cualquier suciedad potencial, lo que contribuyó a la intensificación del cambio de color (saturación), principalmente con el uso del hidrófugo. Sin embargo, fue necesario limpiar la superficie, especialmente para volver a aplicar el hidrófugo.

Otra cuestión que se puede plantear es si la hidratación

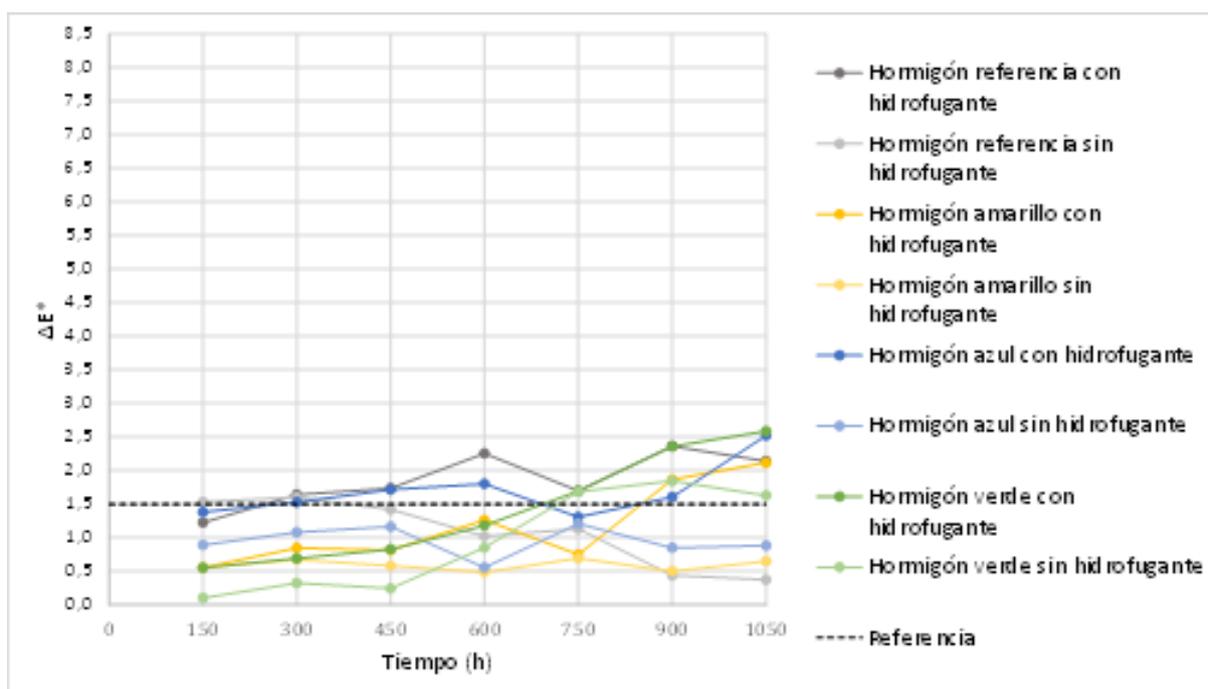


Gráfico 3. Diferencia de color total de los concretos - antes de la primera limpieza.

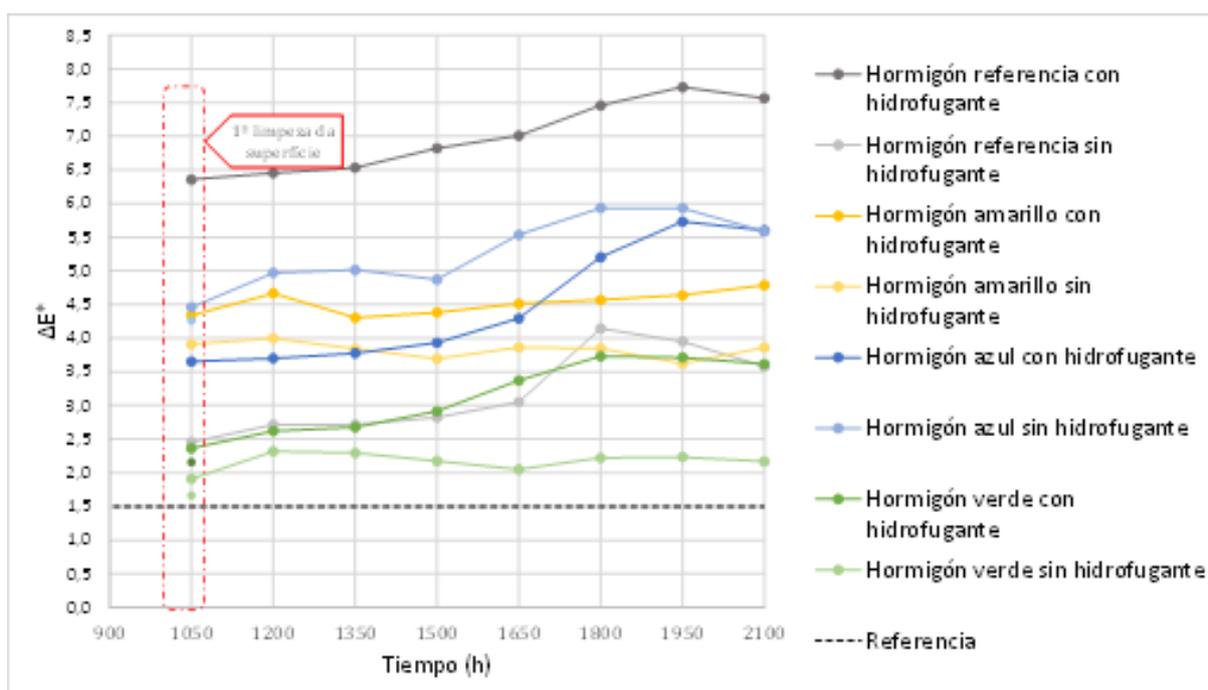


Gráfico 4. Diferencia de color total de los concretos - después de la primera limpieza y antes de la segunda limpieza.

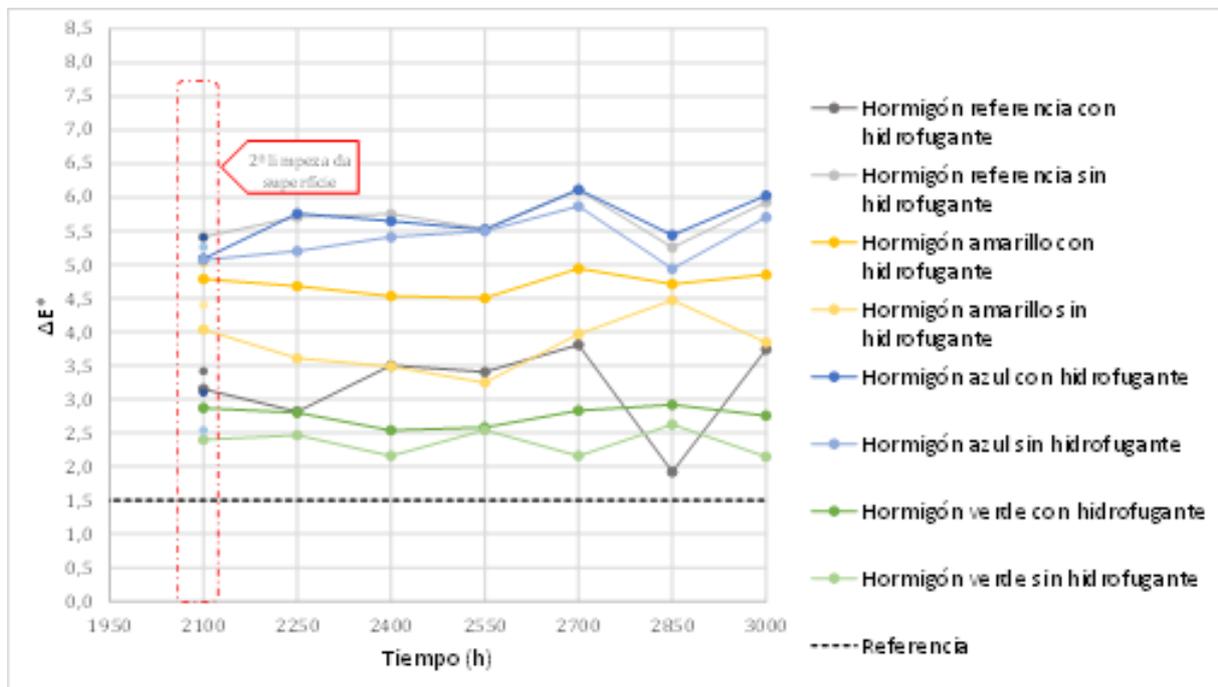


Gráfico 5. Diferencia de color total de los concretos - después de la segunda limpieza.

continua del cemento Portland está relacionada con el aumento de los valores de la diferencia total de color (ΔE^*) a lo largo del tiempo, y este hecho puede influir no solo en el concreto de referencia (sin pigmento), sino también en los concretos pigmentados.

Al analizar los resultados presentados en los gráficos, después de 3000 horas en la CUV, todas las muestras, tanto con, como sin hidrófugo, mostraron una diferencia de color "notable" en el concreto. Las muestras de concreto de referencia y concreto pigmentado azul fueron las que mostraron los valores más altos de diferencia total de color, superando los 5,0, lo que se considera "muy perceptible".

En cuanto a la percepción de la diferencia de color detectada por el ojo humano, se observa que el cambio cromático no fue exclusivo de los concretos pigmentados, ya que el concreto de referencia (sin pigmento) también experimentó cambios en el color, independientemente de si se aplicó o no la protección de la superficie (hidrófugo). Por lo tanto, el cambio de color podría estar relacionado, probablemente, con el envejecimiento del propio material a lo largo de su vida útil.

Es importante destacar que no se pudo identificar un patrón de comportamiento en el cambio de color de los concretos analizados, y es posible que alguna variable no haya sido identificada, lo que dio lugar a resultados tan variables. Sin embargo, se puede afirmar que se tomaron todas las precauciones posibles para llevar a cabo correctamente la prueba de envejecimiento acelerado y medición del color, incluyendo el mantenimiento de la calibración del técnico de laboratorio y del espectrofotómetro en todas las mediciones realizadas.

Conclusiones

El concreto pigmentado es un material prometedor en la construcción y ofrece la posibilidad de proyectos arquitectónicos con más colorido, mayor libertad creativa

y versatilidad, brindando a las edificaciones un valor estético diferenciado, además de alta resistencia y calidad estructural, siempre que se produzca y ejecute correctamente.

El color final deseado depende de diversas variables a lo largo de todo el proceso de construcción (dosificación, producción, encofrado, acabado, desencofrado y protección superficial), por lo que todo debe ser planificado rigurosamente. Además, es importante destacar que el concreto no es un material homogéneo y no presenta uniformidad en su superficie (incluso en su estado "natural" - gris). Esta característica puede ser amenizada en la fase de diseño arquitectónico, ya que gran parte del resultado colorimétrico deseado sufre interferencias en esta etapa. Las paredes lisas y extensas con grandes áreas hacen que la falta de uniformidad cromática sea más evidente, mientras que acabados rústicos, con texturas o aberturas minimizan este efecto.

Los resultados presentados muestran que se obtuvo un concreto de alto rendimiento. El material tiene una resistencia a la compresión superior a 80MPa a los 28 días de edad y una muy baja porosidad, lo que contribuye a una reducción de la permeabilidad y, en consecuencia, a una menor probabilidad de manifestaciones patológicas. Algunas referencias encontradas - Mendonça et al. (2018), Sessa e Oliveira (2018) e Venturini, Vidotti e Marques (2021) - señalaron una reducción de la resistencia a la compresión con la adición de pigmentos en sus estudios. Sin embargo, en esta investigación, la mezcla fue muy bien estudiada previamente, además de utilizada en la práctica en una obra en la ciudad de São Paulo y no mostró reducción en la resistencia a la compresión. Se concluye que el estudio de la dosificación tiene fundamental importancia en el concreto pigmentado, tanto para lograr el color deseado como para garantizar la durabilidad de la estructura. Además, queda evidente que el pigmento inorgánico utilizado en la mezcla no afecta el rendimiento ni la durabilidad del concreto pigmentado.

Los resultados indican que hay un cambio de color en el concreto pigmentado con el tiempo en todas las muestras (incluyendo las sin pigmento) cuando se evalúan según el sistema CIELAB, con un espectrofotómetro como instrumento de medición y el parámetro de referencia $\Delta E^* \geq 1,5$, como se establece en la NBR 16846:2020 y en el estudio de Teichmann (1990). Después de volver a aplicar el hidrófugo y realizar limpiezas, la diferencia de color tiende a ser mayor, según lo observado en la serie de pruebas de esta investigación.

Finalmente, el concreto es un material heterogéneo y no tiene una tonalidad uniforme, por lo que medir la diferencia de color es mucho más complejo. Además, la percepción del color por el ojo humano en una superficie de concreto está influenciada por varios factores externos, además de los materiales involucrados en su composición, como la iluminación, sombras, radiación, etc.

Referencias

Normas brasileñas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16846: **Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da cor e da diferença de cor por medida instrumental**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15380: **Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV e à condensação de água pelo ensaio acelerado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9779: **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

Bibliográficas

AIRES, Daniela Cordeiro. **A influência da cor na percepção espacial - Abordagens à cor: três arquitetos**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2017.

CARVALHO, F. **Estruturas de Hormigón Coloreado**. Simpósio internacional sobre concretos especiais, p. 1-41, 2002.

MENDONÇA, A. C. S.; DA ROCHA, R. A. S.; GOMES, R. S.; GOMES, A. L. S.; DE ASSIS NETO, P. C.; GURGEL, S. H. A. **Avaliação da eficiência do uso do concreto colorido aplicado em paredes**. Revista InterScientia, 6.1, 147-171, 2018.

NOSEK, Víctor. **Praça das Artes**. Rio de Janeiro: Beco do Azogue, 2013.

PIOVESAN, Angela Zamboni. **Estudo sobre a influência da adição de pigmentos em propriedades de dura-**

bilidade e na cromacidade do concreto de cimento Portland branco. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SESSA, G. A.; OLIVEIRA, A. M. **Influência de pigmentos inorgânicos na degradação da cor de concretos de cimento Portland branco**. 3º Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado, São Carlos, São Paulo, 2018.

SOUSA, G. M.; RAMALHO, J. F.; OLIVEIRA, K. R. **Aplicabilidade do concreto colorido na construção civil no município de Teófilo Otoni**. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2018.

TEICHMANN, G. **The use of colorimetric methods in the concrete industry**. Concrete Precast Plant Technology, p. 58-73, 1990.

VALENÇA, J. V.; PRISZKULNIK, S. **Concreto Colorido: Influência da adição de pigmentos e suas aplicações**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. XIII Jornada de Iniciação Científica e VII Mostra de Iniciação Tecnológica, 2017.

VENTURINI, H. A.; VIDOTTI, L. F.; MARQUES, C. S. A. **Concreto colorido: suas aplicações e seus benefícios**. Anais do 11º Fórum de Iniciação Científica do UNIFUNEC, 2021.

Páginas de internet

AVATAR MORAES. Avatar Moraes, Artista e Pensador, Murais. [2000?]. Disponível em: <<http://www.avatarmoraes.com/acervo/murais/>>. Acesso em: 1º. de nov. de 2023.

LANXESS. Praça das Artes, São Paulo, Brasil. 2012. Disponível em: <http://www.forumcoloredconcreteworks.com/downloads/Estudo-de-Caso_praacaartes.pdf>. Acesso em: 1º. de nov. de 2023.

Documentos

DERSA. Desenvolvimento Rodoviário S.A. - **Marco Comemorativo da Inauguração da Rodovia dos Bandeirantes - Projeto Executivo**. São Paulo, 1978.



Ministerio de Educación

***UTN**

**UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA
NACIONAL**

Facultad Regional Concordia

Giicma

Salta 277 - Concordia (ER-ARG) - C.P. E3200EKE
Tel/Faz: (0345) 421-4590 / 422-6614
giicma@frcon.utn.edu.ar
www.frcon.utn.edu.ar