

## **EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DEL HORMIGÓN VISTO EMPLEADO EN ESTRUCTURAS, MONUMENTOS Y ESCULTURAS**

**López, A** <sup>(1)</sup>; **Zerbino, R L**; <sup>(2)</sup> **Traversa, L P** <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> UTN-FRC/GINTEMAC y LEMIT, CONICET, Córdoba, Argentina. anlopez@scdt.frc.utn.edu.ar

<sup>(2)</sup> UNLP, LEMIT, CONICET. zerbino@ing.unlp.com.ar

<sup>(3)</sup> CIC-LEMIT. direccion@lemit.gov.ar

### **RESUMEN**

Las piedras naturales han sido los materiales de construcción más utilizados desde la antigüedad sin olvidar los ladrillos secados al sol o cocidos que muchas civilizaciones los emplearon en sus construcciones. A fines del siglo XIX, el hormigón aparece como una nueva alternativa de interés. En la actualidad se lo aplica en estructuras portantes de formas complejas y hasta en premoldeados con fines ornamentales. No solamente se lo utiliza por las propiedades mecánicas y por lo tanto estructurales que brinda, sino también por la apariencia que puede alcanzar. La variedad de terminaciones encontraron en el hormigón cualidades apropiadas para difundir su uso en monumentos y esculturas, por lo cual se exigieron determinadas calidades que no siempre se obtienen directamente.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar aspectos vinculados con la apariencia del hormigón en obras arquitectónicas. En primer lugar se resume la evolución y propiedades que han permitido su elección convirtiéndolo en el material más utilizado en la construcción. Luego se presentan experiencias sobre la influencia de las propiedades en estado fresco, en las terminaciones superficiales y una metodología para analizar el color. Finalmente a modo de ejemplo, se resumen los principales defectos que se pueden producir y la forma de disminuirlos y se muestran ejemplos donde se encontraron en monumentos y esculturas realizadas con hormigón.

### **INTRODUCCIÓN**

El hormigón es un material compuesto con propiedades adecuadas para diversas aplicaciones y es lógico encontrarlo en obras de importancia que perduran por su calidad. En este material los agregados finos y gruesos refuerzan una matriz de cemento. Este material compuesto se encuentra expuesto a los agentes agresivos del exterior o a reacciones internas entre sus componentes y pueden surgir patologías o deterioros. Los deterioros del material son síntomas que indican la necesidad de su reparación y el tipo y magnitud de las patologías determinan las medidas a adoptar.

Dentro de las aplicaciones de este material se destacan a mediados del siglo XX su aprovechamiento en fachadas bajo el impulso de arquitectos como Le Corbusier y Gropuis. Con posterioridad, se incorporan al diseño nuevas formas, colores y texturas. Las condiciones estéticas de un material visto exigieron que el hormigón cumpliera con

determinadas propiedades, como ser homogénea y superficies totalmente libre de defectos (por ejemplo burbujas de aire), condiciones que no se requieren cuando el material cumple exclusivamente propiedades estructurales [1].

## **EVOLUCIÓN Y PROPIEDADES DEL HORMIGÓN**

### **Evolución del hormigón aplicado a obras arquitectónicas**

El uso del hormigón se inicia a fines del siglo XIX [2] y alcanza su gran desarrollo a principios del siglo XX [3]. En estas instancias, se vislumbraba la gran variedad de formas y texturas que permitía el material, apareciendo el color al final del mismo siglo. El hormigón fue el material de uso generalizado durante todo ese siglo y lo será con seguridad en el siglo XXI.

En los hormigones vistos se busca aprovechar el efecto de las características de los moldes que lo contiene (encofrado) durante la etapa de estado fresco.

La práctica indicaba que obtener superficies de hormigón sin defectos era casi imposible, ya que dependía de la colocación y fundamentalmente de la compactación, tareas que requieren mano de obra calificada. Por ejemplo en el caso del colado vertical, si bien la superficie se podía tratar de alguna manera para lograr mayor homogeneidad, era complejo lograr una total ausencia de burbujas atrapadas en la superficie [1].

Muchas son las estructuras en que se observan defectos originados por mala compactación, agrietamientos, desprendimiento de materiales producidos al remover los encofrados como así también armaduras sin recubrimientos, los que pueden evitarse mediante el empleo de hormigones y técnicas constructivas adecuadas.

El avance en el estudio de los materiales como así también el empleo de aditivos químicos muestra como se pueden mejorar los aspectos estéticos, permitiendo incrementar el campo de aplicación del material. Las terminaciones superficiales son importantes cuando el hormigón queda expuesto por razones de diseño arquitectónico.

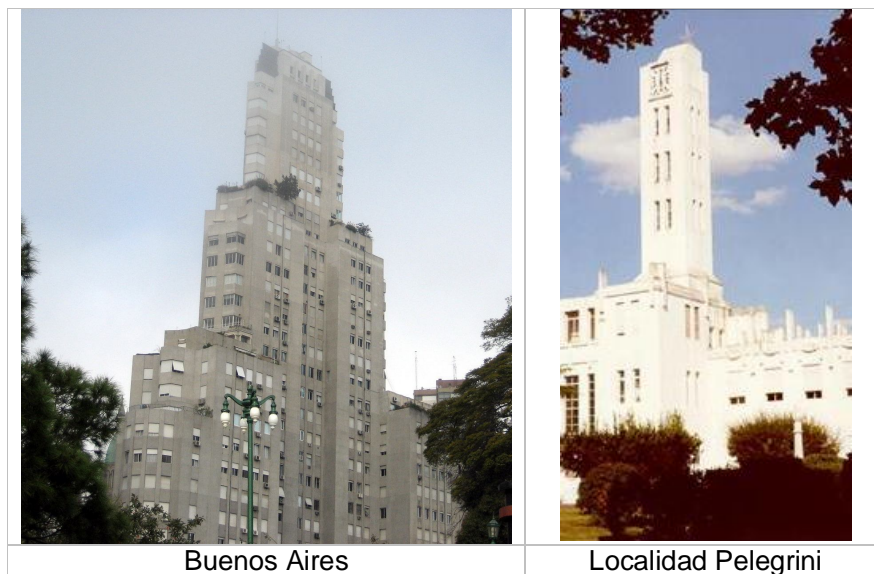
En la Fig. 1 se observan ejemplos de superficies de hormigones expuesto [4]. Las mezclas utilizadas fueron muy fluidas y viscosas para minimizar el proceso de compactación y la consecuente segregación.



**Figura 1. Diferentes terminaciones superficiales en Hormigones**

En Argentina, algunas de las obras que demuestran la posibilidad del uso del hormigón fueron construidas a fines de la década del 30. En la Fig. 2 se muestra una sede municipal

con torres de gran altura, que solamente pudieron realizarse en hormigón, diseñadas por el Ing. Arq. Francisco Salamone. El hormigón armado permitió, además, el diseño y construcción de estructuras o elementos ornamentales de estilo Art-Decó, como la incorporación de obras escultóricas de gran tamaño. También se muestra el edificio Cavanagh ejecutado por los arquitectos Sánchez, Lagos y De la Torre. Este edificio fue premiado como mejor fachada por The American Institute of Architects. El Edificio Cavanagh ubicado en calle Florida y San Martín fue el primer rascacielos de Buenos Aires, alcanza los 120 metros de altura en el piso 30. Cuando se inauguró, en 1936, era la estructura de hormigón más alta de sudamérica. En la Fig. 3 se muestran ejemplos de la incorporación de elementos ornamentales en la fachada de portales de cementerios, por ejemplo el Cristo Crucificado ubicado en el portal del cementerio en la localidad de Laprida realizado por el escultor S. Chierico. La cabeza del Cristo Crucificado que se observa en el portal del cementerio en la localidad de Saldungaray, que tiene la misma forma que la usada en la escultura anterior, y que se apoya en una gran cruz hueca, que se encuentra al frente de un disco de hormigón de 18 metros de diámetro, tal vez prefabricado. Por otro lado, el Ángel Custodio, una escultura de mayor porte, que demuestra la posibilidad de utilizar el hormigón armado para obtener líneas bien definidas, además de una excelente calidad superficial [5].



**Figura 2. Edificio Cavanagh (Izq). Sede de municipios (Der). Provincia de Buenos Aires (Década del 30)**

Otro escultor argentino, Pablo Hanneman, ha logrado con el uso del hormigón obtener la monumentalidad que es imposible de alcanzar con otros materiales. Entre las obras de este escultor debe mencionarse el Tótem, en Villa Gesell y el monumento a los Niños en Miramar, obras que se inspiran en el arte antiguo americano que ha usado la repetición de las figuras como medio de expresión artística [6].

Entre las obras más recientes, puede citarse el Puente de la Mujer en Buenos Aires, realizada por el Arq. S. Calatrava. Esta obra en la cual se conjugan valores arquitectónicos y estructurales, es la primera que el autor realiza en Sudamérica y fue inaugurada en el año

2001. En ella el empleo de cemento blanco posibilita obtener una estructura de singular belleza.

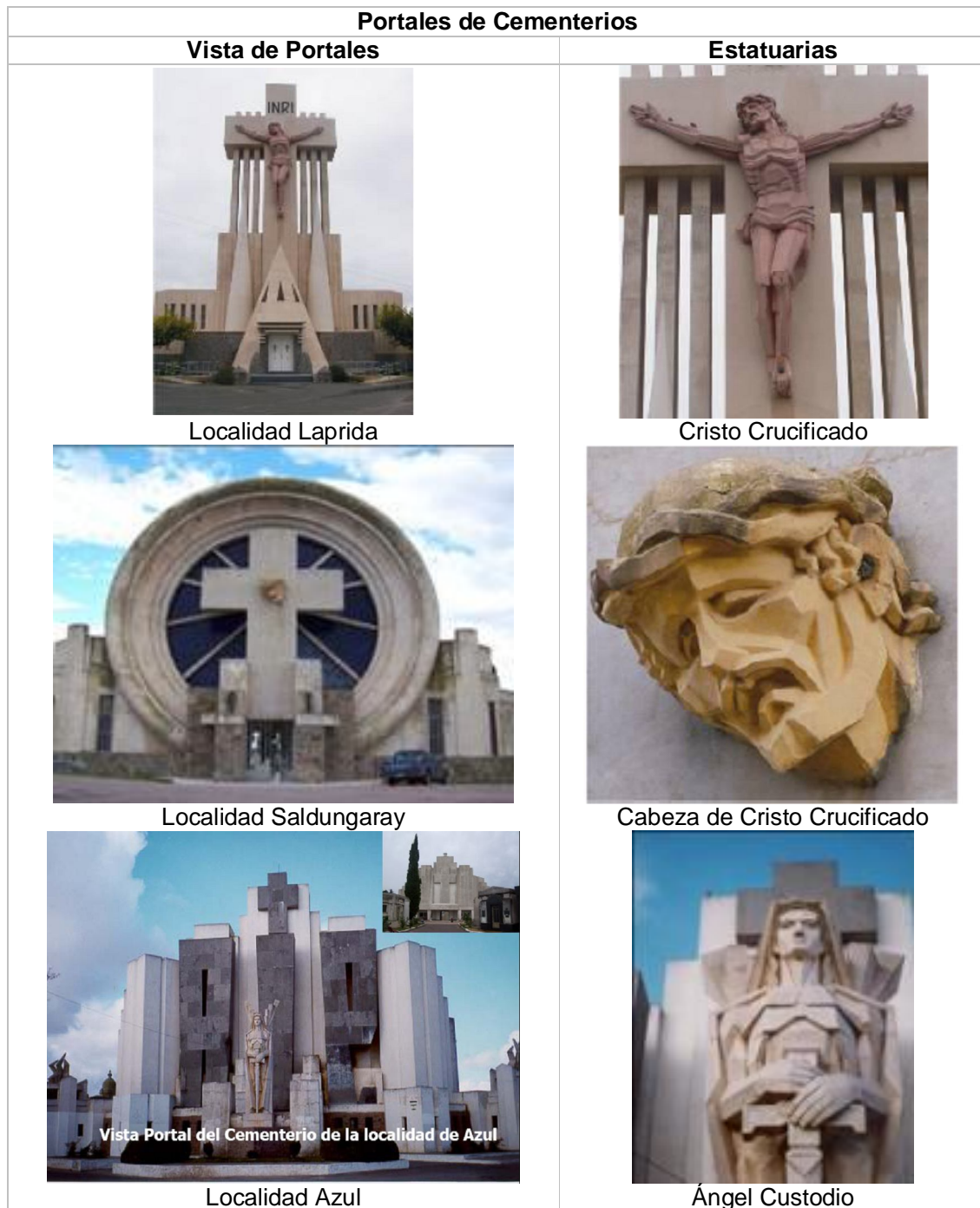


Figura 3. Portales de cementerios del Ing. Arq. F. Salamone y estatuarias de S. Chierico.

En Olavarria, el homenaje a Alfredo Fortabat, pionero de la industria del cemento, consta de tres enormes bloques huecos de hormigón, de 23 t cada uno que forman el monumento cuya altura alcanza los 12 m. Los relieves de sus caras se obtuvieron con un encofrado colocado sobre el suelo, en el que se vació el hormigón (ver Fig. 4). Luego de más de 35 años, el monumento se encuentra en perfecto estado de conservación, en un medio ambiente no agresivo para el material.



**Figura 4. Escultura la Voluntad del Hombre**

### **Propiedades y tipos de hormigones**

El hormigón es un material que desarrolla su estructura interna a lo largo del tiempo y dicha evolución se realiza en la misma obra, cuando pasa del estado fresco al endurecido y luego en su relación con el medio que lo rodea el cual va modificando sus propiedades.

Hay dos etapas que deben ser consideradas cuando se elabora un hormigón, en la primera influyen las propiedades en estado fresco, donde es mezclado, transporte, colocación, compactación y curado y la otra, de mayor plazo, se refiere a las propiedades en estado endurecido en la cual cobran importancia la resistencia para soportar cargas, su durabilidad y la estabilidad volumétrica. Estas últimas propiedades dependen que en estado fresco se pueda mezclar y transportar con facilidad, obtener uniformidad entre mezclas sucesivas, llenar totalmente el molde sin una excesiva energía de compactación que puede segregar al material como así también mantener la homogeneidad durante la colocación y compactación y finalmente, obtener las terminaciones requeridas.

La posibilidad que el material perdure con las propiedades para las cuales fue diseñado se ve influenciada por aspectos internos y externos. El primer aspecto tiene que ver con las características propias del material y la distribución de los poros, originados en el proceso de exudación y compactación y el segundo con los distintos mecanismos de transporte de fluidos (permeabilidad, capilaridad, etc) que favorecen o no el ingreso y la difusión de agentes agresivos hacia el interior. La resistencia al agua respecto de otros materiales es una de las razones por las cuales se lo ha preferido para la construcción de esculturas y

monumentos ubicados en el exterior [9]. Sin embargo, cuando el hormigón tiene características arquitectónicas, algunos deterioros que no perjudican el uso estructural, por ejemplo manchas o lixiviaciones, cobran interés ante su aparición.

Los avances en el logro de diferentes propiedades del hormigón, están directamente relacionados con el desarrollo de la industria química aplicada a los aditivos, influyendo en la evolución del tipo de estructuras que pueden ejecutarse. Por ejemplo, el hormigón de alta resistencia (HAR) surge para realizar estructuras más esbeltas ya que las resistencias del material permiten disminuir la sección de los elementos constructivos. Una obra importante son las torres Petronas en Kuala Lumpur de 452 metros de altura.

La resistencia a compresión varió del orden de 40 MPa (1970) y superaron los 80 MPa (1980) y, con la aparición de nuevos materiales, se alcanzaron niveles resistentes en el orden de 130 MPa. Una de las características de los HAR es la baja relación agua/cemento, con la consecuente disminución de la permeabilidad, característica que mejora la durabilidad del hormigón y le confiere una cierta performance, surgiendo los hormigones de alta performance (HAP) [7].

En el año 1986, se desarrolla en Japón un tipo de hormigón que además de cumplir con la durabilidad, posibilitaba llenar estructuras densamente armadas manteniendo la homogeneidad. Este hormigón se denominó autocompactante (HAC) y se obtuvo con una combinación de materiales tal que permitieran obtener un hormigón lo suficientemente fluido para llenar los espacios y la viscosidad moderada para disminuir la segregación.

Los hormigones HAR, HAP y HAC fueron desarrollados independientemente de considerar la apariencia superficial, ya que su diseño estuvo vinculado exclusivamente con aspectos estructurales y de durabilidad. La necesidad que las obras se conjuguen con el entorno en el cual están construidos ha exigido, en algunos casos la incorporación del color al hormigón [8]. Esta situación ha originado el desarrollo de investigaciones cuyos resultados se aplican a la ejecución de fachadas de edificios como así también en estatuarias y en artefactos urbanos.

### **Ventajas y desventajas del hormigón visto**

Son innumerables las posibilidades por las cuales pueden modificarse las superficies del hormigón. Existen dos formas extremas para conseguirlo, aprovechando el molde y/o encofrado o realizando tratamientos superficiales. En el primer caso influirá la terminación del encofrado y los agentes desmoldantes. En el segundo caso, se modifica la terminación obtenida con el molde removiendo la matriz de mortero con el objetivo de dejar a la vista el agregado fino o el agregado grueso según aumente la profundidad de remoción [9]. En estos casos las terminaciones adquieren un aspecto rugoso o rústico.

La homogeneidad que es una característica que resulta difícil de conseguir, se puede alcanzar mediante un arenado del hormigón endurecido, tratamiento que consigue, también, superficies semi rugosas.

Si las superficies del encofrado no son adecuadas o no se encuentran en buen estado, pueden aparecer manchas de óxidos si el molde es de acero y desprendimiento de material si el molde es de madera. El encofrado, fundamentalmente su terminación, adquiere relevancia en las estructuras en las cuales el material debe quedar expuesto.

## AVANCES HASTA EL MOMENTO

### Efecto del tipo de encofrado

Las superficies del mortero u hormigón adquieren distintas terminaciones según el material del encofrado empleado. En experiencias desarrolladas en moldes de acero, madera y vidrio se observa lo antes mencionado (ver Fig. 5). Los moldes tuvieron distintos tratamientos. En la superficie de acero se aplicó un desmoldante de base oleosa, que produce con los álcalis del mortero una barrera química resistente al agua. Sobre la superficie de madera se aplicó una de base acuosa y en la superficie de vidrio no se realizó ningún tratamiento. Estos productos han sido formulados para evitar la presencia de manchas en las superficies, minimizar o eliminar huecos causados por agua o aire atrapados, homogeneizar detalles en piezas prefabricadas y reducir el costo y mantenimiento de los encofrados.





En las experiencias realizadas el mortero M1 fue diseñado con un mayor contenido de partículas finas (filler calcáreo) que el M2. Las superficies en contacto con la madera han copiado las vetas del molde y muestran algunas imperfecciones como desprendimiento del material y manchas blancas, debido al exceso de agente desmoldante utilizado, las que se pueden eliminar con una simple limpieza superficial [10].



**Figura 5. Diferentes terminaciones superficiales en Morteros**

En la Fig. 6 se muestran las terminaciones obtenidas en hormigones convencionales y autocompactantes, en ambos casos se utilizaron pigmentos amarillos y rojos. Para los distintos hormigones se emplearon los mismos materiales en diferentes proporciones, propias del tipo de hormigón. Los hormigones se colocaron en un molde metálico de 80 mm de espesor, 1 m de altura y 2 m de largo. En la base del molde se colocó el agente desmoldante de base oleosa. En los hormigones convencionales se utilizó compactación manual (varillado) y los hormigones autocompactantes simplemente se colaron y se compactaron por su propio peso.

Se puede observar en las experiencias realizadas que en las mezclas de hormigón autocompactante disminuye la cantidad de burbujas. También, se aprecia una mayor homogeneidad de color. La eliminación de la etapa de compactación permite disminuir la aparición de estos defectos y la influencia de esta operación.

Color	Hormigón Convencional	Hormigón Autocompactante
Amarillo (arriba)		
Rojo (abajo)		
	<p>Mayor cantidad de burbujas                      Asentamiento cono de Abrams:                      150 ± mm</p>	<p>Ausencia de burbuja                      Ensayo de escurrimiento,                      Diámetro final :                      700 mm</p>

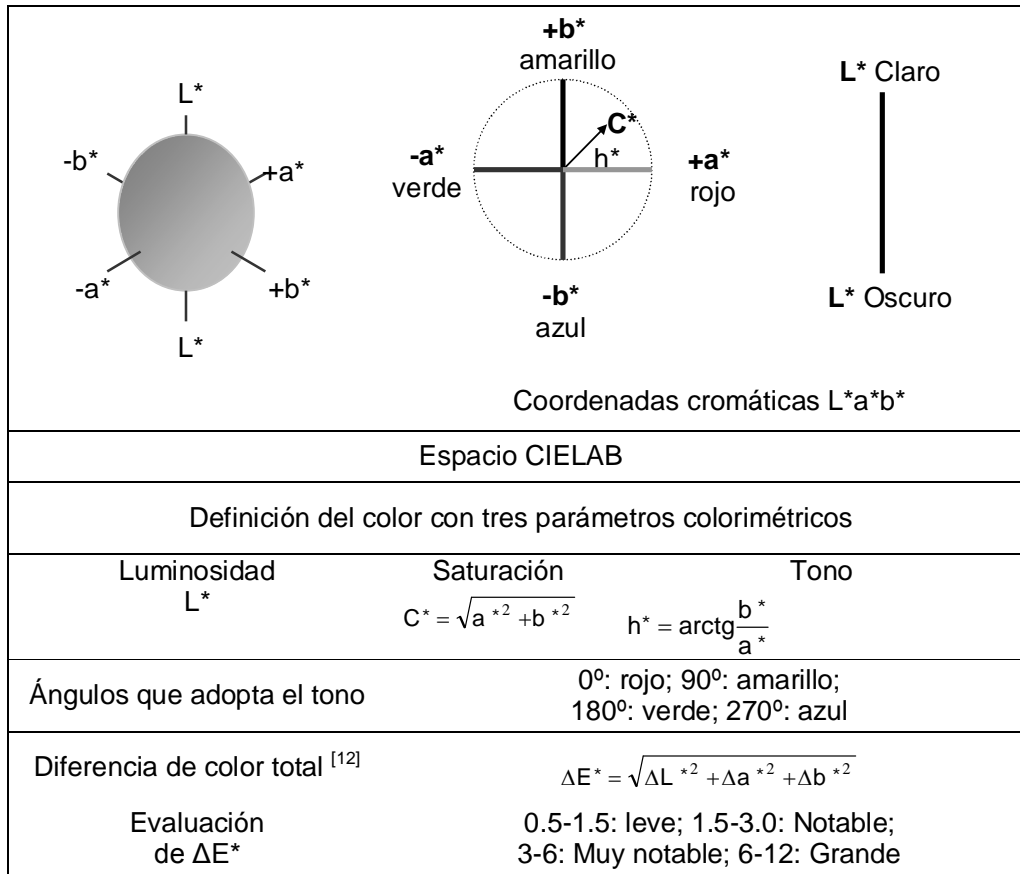
**Figura 6. Terminación superficial de distintos tipos de hormigones. Experiencias realizadas en el LEMIT**

### Evaluaciones del color

Uno de los sistemas más empleados para caracterizar el color es el denominado CIELAB. El mismo constituye una representación espacial del color por medio de una esfera. El color queda definido por tres variables, que se suelen ubicar gráficamente en sistemas cartesianos o polares. En el primer caso se hace referencia a los valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  unidades CIELAB se miden con espectrofotómetros y colorímetros; y en el segundo a los parámetros luminosidad ( $L^*$ ), saturación ( $C^*$ ) y tono ( $h^*$ ). La Fig. 7 representa un esquema considerando en el plano horizontal los ejes ortogonales  $a^*$  -  $b^*$  y en vertical el eje  $L^*$ . El eje  $a^*$  representa la variación rojo-verde, siendo positivo para el primero ( $+a^*$ ) y negativo para el segundo ( $-a^*$ ). El eje  $b^*$  representa la variación amarillo-azul, siendo positivo para el primero ( $+b^*$ ) y negativo para el otro ( $-b^*$ ). Por su parte  $L^*$  representa la luminosidad, que indica la variación entre el blanco (extremo superior), gris (centro de la esfera) y el negro (extremo inferior). En la figura se aprecia el significado de los parámetros  $L^*$ ,  $C^*$  y  $h^*$ . La saturación ( $C^*$ ) permite juzgar el grado de pureza del color y está representada por el vector desde el centro al punto representativo del color en el plano  $a^*$  -  $b^*$ . Este parámetro por sí solo puede tomar tantas posiciones como cuadrantes y queda establecido por el valor que adquiera el ángulo de tono ( $h^*$ ). Este último permite juzgar si un color varía entre rojo, amarillo, verde y azul tomando el grado  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$  respectivamente o valores intermedios <sup>[10,11]</sup>. En















muchos casos puede ser más importante valorar la uniformidad del color que conocer su real magnitud. Por ello se suelen establecer las magnitudes de las diferencias de un color respecto a un color de referencia o patrón. Un indicador utilizado es la diferencia de color total, que permite juzgar si las variaciones del color son percibidas por el ojo humano ( $\Delta E^*$ )



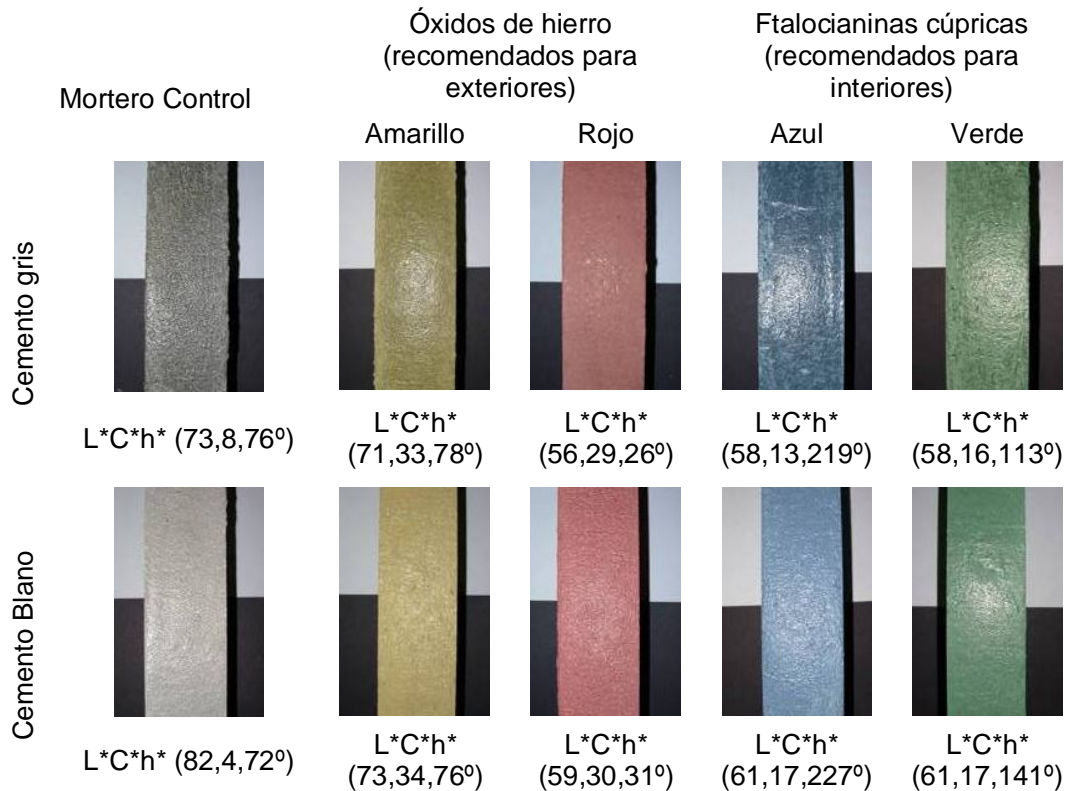
**Figura 7. Sistema CIELAB, significado y obtención de  $L^*C^*h^*$  y escalas de  $\Delta E^*$**

El estudio se realizó con cemento gris, filler calcáreo y combinaciones de 2, 4 y 6 % de pigmento óxido de hierro color amarillo en peso de cemento. La Fig. 8 muestra el cambio de color, se puede observar la uniformidad, veteado y brillo obtenidos según el tipo de pared de contacto. En cuanto a los parámetros colorimétricos se obtuvieron luminosidades mayores a 65 y los tonos se mantuvieron constantes entre 75 y 80°. Es interesante notar la influencia del incremento de pigmento sobre la saturación. La saturación en el mortero sin pigmento fue del orden de 7 unidades y alcanzaron valores de 38 unidades cuando se incorporó 6 % de pigmento. Las muestras no presentaron burbujas ni otros defectos superficiales lo que indica un buen funcionamiento del agente desmoldante.

En la Fig. 9 se comparan los colores obtenidos en morteros con cementos gris y blanco combinados con pigmentos óxidos de hierro rojo y amarillo y ftalocianinas cúpricas azul y verde. Como es de esperar existen variaciones de color según el tipo de cemento y pigmento empleado, con el primero se obtiene mayor luminosidad [11].

Series de morteros					
	Gris	Gris + 2% Amarillo	Gris + 4% Amarillo	Gris + 6% Amarillo	
Acero					
	L*C*h* (74,6,78°)	L*C*h* (73,24,81°)	L*C*h* (72,33,78°)	L*C*h* (71,38,77°)	
	Madera				
		L*C*h* (70,6,84°)	L*C*h* (68,17,81°)	L*C*h* (65,25,77°)	L*C*h* (67,31,78°)
Vidrio					
		L*C*h* (73,5,75°)	L*C*h* (71,20,80°)	L*C*h* (70,28,78°)	L*C*h* (70,32,76°)

**Figura 8. Ensayo de escurrimiento y distintas texturas obtenidas sobre moldes con paredes de acero, madera y vidrio, en morteros preparados con cemento gris y distintos contenidos de pigmento amarillo**



**Figura 9. Variaciones del color en morteros preparados con diferentes tipos de cemento y pigmentos**

## DEFECTOS QUE DESVALORIZAN AL HORMIGÓN

Como fue planteado, el hormigón es susceptible a la degradación, que depende de su naturaleza y pueden ser mecánicas, física o fisicoquímica y la identificación de las causas que los producen permiten seleccionar la técnica para evaluar el material y para elegir las acciones de restauración y conservación.

En la Tabla 4, se muestran ejemplos de degradaciones que adquieren gran importancia en la instancia de valorar la calidad estética de las estructuras. A estas situaciones deben agregarse los crecimientos biológicos sobre las superficies carbonatadas de morteros y hormigones que desvalorizan la estética de la obra y pueden afectar la superficie por acciones mecánicas y químicas.

Los defectos se pueden clasificar en función de distintas acciones que modifican la superficie. De este modo es posible distinguir dos grandes grupos que disminuyen la uniformidad, uno que considera específicamente los defectos referidos a variaciones de color ya sea por la presencia de distintas tonalidades, efecto marmolado o la aparición de distintos tipos de manchas (óxidos, eflorescencias); y otro que considera los aspectos que tienen que ver con alguna modificación de forma o de textura del material como es el caso de la aparición de burbujas, panales, agrietamientos y desniveles, entre otros. Además, algunos de estos defectos se suelen clasificar o considerar como patologías superficiales. En la Tabla 5 se mencionan algunos de los defectos superficiales que modifican la apariencia de

las terminaciones relacionadas con la homogeneidad del color y los defectos vinculados con la forma y textura. Estos defectos disminuyen la calidad superficial y dependen de la correcta fabricación del hormigón (involucrando elección de los materiales, diseño, mezclado, transporte, colocación, consolidación, curado, terminación y desmolde) y de su evolución durante la puesta en servicio (ataques físicos y químicos).

**Tabla 4. Ejemplos de degradación del hormigón**

<p>Crecimientos biológicos</p>  <p>Catedral, La Plata.</p>	<p>Efecto de la humedad</p>  <p>Modificación de la estructura</p>	<p>Lixiviación de sales</p>  <p>En Muros</p>
<p>Arriba (secas)</p>  <p>Abajo (húmedas)</p> <p>Modificación de la apariencia por presencia de humedad</p>		 <p>En premoldeados [12]</p>

La *variación del color* de las superficies de hormigón puede estar originada por cambios de materiales, mezclado incompleto del cemento, segregación durante la colocación y variaciones entre hormigonadas. También, pueden aparecer *manchas* cuando el hormigón reacciona con el molde metálico formando óxidos sobre las superficies, o el agente desmoldante se coloca en exceso o no es el adecuado. Además, la presencia de impurezas en los moldes también puede ocasionar la presencia de manchas.

En algunas ocasiones, aparecen sobre la superficie endurecida depósitos de carbonato de calcio, formado por la lixiviación de los productos de hidratación de base cálcica (*eflorescencia*) originando no solo problemas estéticos sino de índole estructural al afectarse la intensidad del material.

Otro tipo de defectos producidos por deficiencias en las etapas de colocación y compactación son los *panales* y *las burbujas*. El primer caso puede también depender de la cantidad de finos que la mezcla contenga.

El *descascarado* es un defecto que puede ocurrir si se ha colocado poco agente desmoldante o el encofrado se retira antes de tiempo a igual que cuando se producen *cuarteo*. Además, hormigones con bajas resistencias favorecen el desprendimiento del mortero. Finalmente, el llenado interrumpido causa en caso que no se tomen precauciones, las *juntas frías*, que son zonas de debilidad de la estructura.

**Tabla 5. Etapas en las cuales aparecen defectos superficiales**

Tipo	Concepto	Etapas
<b>Vinculados con la homogeneidad del color</b>		
Variación del color	Cambio de tonalidades y luminosidad	Diseño, control de materiales, mezclado, colocación
Decoloración marrón:	Manchas claras u oscuras producidas por óxidos o suciedad en los moldes o exceso de agente desmoldante	Colocación, preparación de los encofrados, puesta en servicio
Crecimiento de seres vivos	Colonización de seres vivos	Vida en servicio
Eflorescencia	Depósitos, usualmente blanco, formados en la superficie, la sustancia emerge en solución desde el hormigón o mortero y precipita por evaporación	
<b>Vinculados con la forma y la textura</b>		
Panales	Vacíos en el hormigón debido a fallas en el mortero para llenar efectivamente los espacios entre las partículas de agregado grueso	Colocación y compactación
Burbujas	Pequeñas cavidades regulares o irregulares, usualmente de un diámetro que no excede 15 mm, que resultan de las burbujas de aire atrapadas en la superficie del hormigón	
Descascarado	Separación del hormigón o mortero a lo largo del plano paralelo a la superficie	Diseño
Cuarteos	Una completa o incompleta separación, ya sea de hormigón o de mortero, en dos o más partes producidas por fractura	Puesta en servicio
Juntas frías	Líneas visibles sobre la superficie que indican la presencia de juntas donde hubo diferentes niveles de endurecimiento	Colocación y compactación

En la Fig. 10 se muestra a modo de ejemplo cómo la colonización biológica modifica la apariencia en un monumento realizado en hormigón, requiriendo una intervención leve del elemento, tal vez aplicando un hidrolavado a muy baja presión (menos de 80 bar).

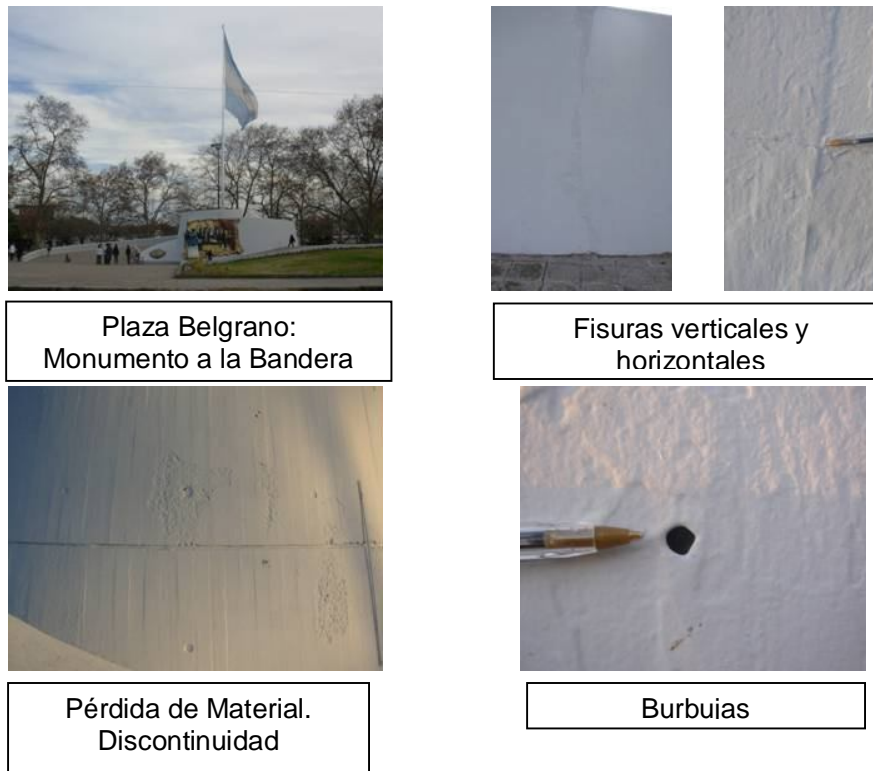
En la Fig. 11 se observa un monumento que a 35 años de construido presenta fisuras verticales y horizontales que no comprometen su estabilidad estructural, sin embargo cuando se analiza la terminación, resulta impactante la pérdida de material y discontinuidad

presente en la parte curva de la construcción causada por fallas en las tareas de ejecución y preparación de encofrados, como así también algunas burbujas. Los defectos en la superficie, son disimulados actualmente con el uso de pintura, no prevista originalmente.

Finalmente en la Fig. 12 se observa un monumento conmemorativo de avanzado diseño arquitectónico en el cual el hormigón se combina con perfiles y planchuelas de hierro, observándose la existencia de fisuras en el hormigón por donde crecieron plantas y corrosión en la estructura metálica. Estas patologías que afectan negativamente las cualidades estéticas, deben ser atribuidas fundamentalmente a un mantenimiento deficitario.



**Figura 10. Plaza Matheu, Monumento a Domingo Matheu (construcción cerca de 1900)**



**Figura 11. Plaza Belgrano, Monumento a la Bandera (construcción cerca de 1975)**



**Figura 12. Homenaje del Cuarto Congreso Nacional Argentino de la Unión Libanesa Cultural Mundial a la ciudad de La Plata (1972)**

## CONCLUSIÓN

En este trabajo se ha mostrado la versatilidad del hormigón para la ejecución de estructuras como edificios, monumentos y esculturas. Dentro sus propiedades se destacan las condiciones estructurales y estéticas y según el entorno pueden adquirir un significado público, artístico o histórico, en definitiva un valor patrimonial. Además, es un material mediante el cual se pueden encontrar nuevas alternativas para lograr mejoras estéticas referidas a formas, texturas y color. En la actualidad se dispone de hormigones de propiedades específicas (alta resistencia, alta performance y autocompactantes) a los cuales se le agrega el color que posibilita su empleo en estructuras particulares o en su defecto en monumentos y/o esculturas. El puente de Calatrava en color blanco pudo realizarse por el uso de cementos blancos, estructuras en las cuales se elimina el pintado y consecuentemente un mantenimiento constante a través del tiempo. El hormigón visto es una alternativa interesante si se ejecuta en condiciones adecuadas, ya que en caso contrario deberán realizarse reparaciones y/o sellado de poros y fisuras que desmerecen la apariencia del material.

Cuando se requieren cualidades arquitectónicas es muy importante evaluar la calidad superficial y las diferentes terminaciones y colores que se pueden obtener.

Otro aspecto a considerar es el mantenimiento adecuado, lo cual permite que la estructura y/o el monumento tenga la vida prevista sin gastos excesivos en reparaciones. En caso de monumentos y/o esculturas de gran valor arquitectónico y/o artístico deberá preverse su

conservación a través del tiempo, aplicando técnicas que no alteren la fisonomía de la obra preservándolos de este modo para las próximas generaciones.

## REFERENCIAS

- [1] HUIDOBRO E. "CONCRETO ARQUITECTÓNICO, CAPITULO 1: EL CONCRETO EN LA ARQUITECTURA". IMCyC, Florida, México, 1996, pp. 9-14.
- [2] PÁEZ A. "HORMIGÓN ARMADO". Editor Reverte, España, 1986.
- [3] TRAVERSA L P. "INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS". Jornada Tecnológica sobre Patologías de las Estructuras de Hormigón Armado, La Plata, Bs As, Argentina, CIC-LEMIT, 2004, en CD, 16 p.
- [4] EPG 2005. "THE EUROPEAN GUIDELINES FOR SELF-COMPACTING CONCRETE SPECIFICATION", Production and Use, en <http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>.
- [5] TRAVERSA L P, DI MAIO A., ROSATO V., ILORO F. "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 Arbeláez Camacho para el Patrimonio Arquitectónico y Urbano, 2007, 21 p.
- [6] "LA ESCULTURA Y EL HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND", Boletín ICPA N° 59, setiembre – octubre de 1977. [www.icpa.org.ar](http://www.icpa.org.ar).
- [7] GIACCIO G, ZERBINO L. "HORMIGONES ESPECIALES. CAPITULO 2: HORMIGONES DE ALTA PERFORMANCE". Ed. Irassar E F, Autoeditor, La Plata, Bs As, Argentina. 2004, pp. 17-55.
- [8] COELHO F. "VARIACIÓN DEL COLOR Y TEXTURA SUPERFICIAL DE HORMIGONES VISTOS, CON ADICIÓN DE PIGMENTOS INORGÁNICOS, SOMETIDOS A DISTINTOS ESTADOS DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL". PhD UPM, Madrid, España 2000, 248 p.
- [9] BENINI H. "CONCRETO. ENSINO, PESQUISA E RELIAZAÇÕES. CAPIPULO 46: CONCRETO ARQUITETÔNICO E DECORATIVO". Editor G. C. Isaia. IBRACON. São Paulo-SP, Brasil, 2007, pp. 1413-1551.
- [10] LÓPEZ A, TOBES J M, GIACCIO G, ZERBINO R. "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE". CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN, LEMIT, La Plata, La Plata, Bs As, Argentina, Ed. Zerbino R., N° 15, 2008, pp. 33-50.
- [11] LÓPEZ A, TOBES J M, GIACCIO G, POSITIERI MJ, OSHIRO A, ZERBINO R, "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE". HORMIGÓN, Bs As, Argentina, N° 46, 2009, pp. 23-38. En prensa
- [12] POSITIERI M J, "PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS Y DURABILIDAD DEL HORMIGÓN COLOREADO". PhD UTN-FRC, Córdoba, Argentina, 2005, 254 p.