



## Restauración del monumento al General San Martín

E. Zanni<sup>1</sup>, J. Capdevila<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 252. Córdoba. República Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611. Ciudad Universitaria. Córdoba. República Argentina.

### Información del artículo

#### DOI:

<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v1i3.15>

Artículo recibido el 08 de Mayo de 2011 revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 11 de Agosto de 2011.

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores se publicará en el segundo número de 2012 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del primero de 2012

## RESUMEN

El trabajo consistió en determinar las causas de los síntomas patológicos aparentes y de procesos ocultos que afectaban al monumento al General San Martín, como asimismo diseñar los mecanismos y ordenar las tareas pertinentes para su rehabilitación. Para ello se elaboró un diagnóstico basado en los siguientes elementos de juicio: Inspección visual, Relevamiento métrico y fotográfico, y Calicatas del basamento. Para su mejor comprensión, se dividió el análisis en tres grandes rubros:

1. Infiltración de agua pluvial a través de la cubierta del pedestal.
2. Corrosión de la estructura metálica de soporte de la escultura.
3. Deposición y cristalización de sales sobre el basamento de piedra.

A fin de lograr la plena rehabilitación del monumento, se procedió según los siguientes pasos: asegurar la estabilidad estructural del grupo escultórico, impermeabilizar la cubierta del pedestal y remover las sales cristalizadas y limpiar las veladuras del basamento de piedra.

**Palabras Clave:** patología; restauración; diagnóstico; corrosión estructura metálicas; cristalización de sales.

© 2011 Alconpat Internacional

## ABSTRACT

This work aimed to determine the causes of apparent pathological symptoms and hidden processes affecting the monument of General San Martín; as well to design the mechanisms and defining the tasks for its rehabilitation. A diagnosis was elaborated based on the following evidence: Visual inspection, metric and photographic survey and pits basements.

For a better understanding, the analysis was divided into three major categories:

1. Infiltration of rainwater through the cover of the pedestal.
2. Corrosion of the metallic structural support of the sculpture.
3. Deposition and crystallization of salts on the stone base.

In order to achieve complete restoration of the monument, the following steps were applied: ensuring structural stability of the sculptural group, waterproofing the cover of the pedestal, removing crystallized salts and cleaning the stone base glazes.

**Keywords:** Pathology, Restoration, Diagnosis, corrosion of metallic structures, salt crystallization.

Autor de contacto: E. Zanni ([eszanni@yahoo.com](mailto:eszanni@yahoo.com))

### Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 1, No. 3, Septiembre - Diciembre 2011, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, [alconpat.int@gmail.com](mailto:alconpat.int@gmail.com), Página Web: [www.alconpat.org](http://www.alconpat.org)  
Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges.  
Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, fecha de publicación: 30 de septiembre de 2011.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

## 1. INTRODUCCION

Se trata de un monumento ecuestre en homenaje al Libertador Gral. San Martín, situado en la Plaza de igual nombre, en la ciudad de Córdoba (Argentina), y que marca el centro geográfico y administrativo de la misma.

El monumento en sí consiste en un pedestal o basamento compuesto por molones de piedra granítica de color gris, sobre el cual se encuentran adosados diversos elementos de bronce tales como placas y plaquetas, frisos esculturales, y ornamentos que representan los momentos cumbre de la vida del Gral. San Martín y de su epopeya libertadora, y rematando en la escultura principal del prócer en su parte superior, en el mismo material (figura 1a).



Figuras 1a y 1b. Vista general y mosaico fotográfico.

No obstante, el paso del tiempo, unido a la falta de un mantenimiento constante y a la ausencia de controles ante actos de vandalismo, determinaron el desencadenamiento de un proceso de deterioro consistente en:

1. Pintado de graffitis tanto sobre el basamento pétreo cuanto sobre los grupos esculturales de bronce, con las siguientes variantes:

1.1 Pintadas con esmalte sintético aplicadas a pincel.

1.2 Pintadas con esmalte sintético aplicadas con aerosol.

1.3 Pintadas con acrílico pigmentado con dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) aplicadas con aerosol.

1.4 Pintadas con pintura témpera al agua.

2. Cristalización de sales en las juntas de los molones de granito.

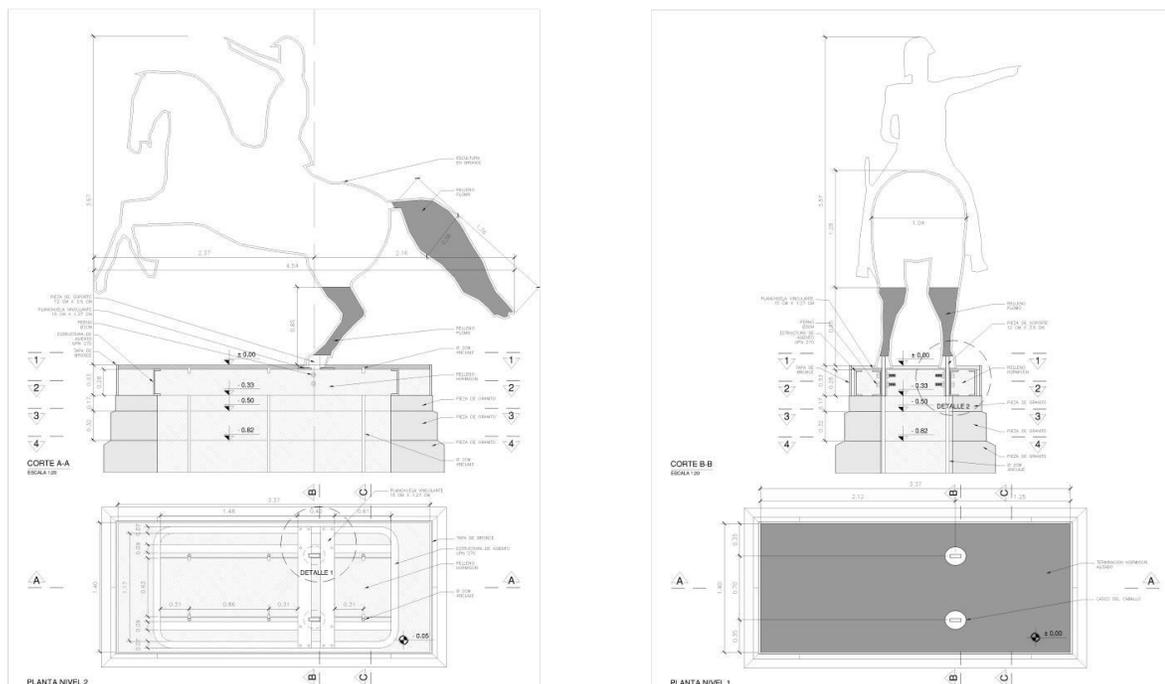
3. Corrosión de la estructura metálica de soporte y anclaje del monumento.

El objetivo perseguido en el trabajo consistió en determinar las causas de los síntomas patológicos aparentes y de procesos ocultos, como asimismo diseñar los mecanismos y ordenar las tareas pertinentes para la plena rehabilitación del monumento.

## 2. DISCUSIÓN Y DESARROLLO

### 2.1 Análisis y Diagnóstico

A efectos de alcanzar los objetivos propuestos, se realizó un completo relevamiento métrico y fotográfico, catastrado en pisos horizontales (figura 1b), que unido a auscultaciones destructivas en algunos puntos singulares, permitió conocer en profundidad el sistema constructivo y la estructura resistente del monumento (figuras 2a y 2b). De este modo, pudo elaborarse un diagnóstico basado en el análisis de los daños tanto del pedestal pétreo cuanto de la estructura metálica resistente, fundado en los siguientes elementos de juicio: Inspección visual general, Relevamiento métrico y fotográfico, y Calicatas del basamento.



Figuras 2a y 2b. Relevamiento métrico y constructivo

Para su mejor comprensión, se dividió dicho análisis en tres grandes rubros:

1. Infiltración de agua de lluvia a través de la cubierta del pedestal.
2. Corrosión de la estructura metálica de soporte de la escultura.
3. Deposición y cristalización de sales sobre el basamento de piedra.

1. Al momento de la intervención, la cubierta del basamento en cuestión se encontraba terminada con una carpeta de mortero cementicio y un alisado de cemento puro como único acabado. No poseía resolución de bordes y encuentros, tanto en su perímetro como en el apoyo de las patas de la escultura ecuestre (figura 3).

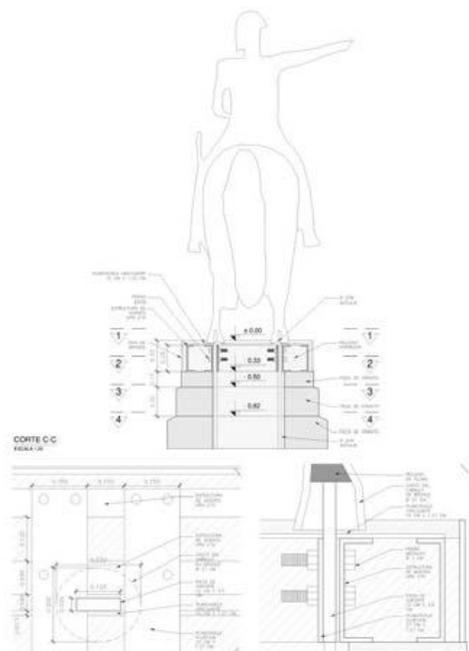
Esta situación había derivado en la absoluta falta de hermeticidad de dicha cubierta, lo que originó una constante infiltración de aguas pluviales hacia el interior de la base, dando lugar a una sobresaturación del relleno de hormigón y desencadenando por un lado un proceso corrosivo en la estructura metálica de soporte, y por otro, la exudación del líquido infiltrado a través de las juntas de los molones de piedra, con su consiguiente deterioro. En los puntos 2 y 3 nos explayaremos sobre ambos temas. Es de destacar que las mediciones de contenidos de humedad en sólidos efectuadas mediante higrómetro de contacto en el relleno del basamento, arrojaron tenores variables entre 24% y en algunos casos, superiores al 28%, límite del rango de lectura del

instrumental utilizado. Asimismo, se recuerda que todos los materiales sólidos porosos, tienen una capacidad de inhibición máxima del orden del 36%.

2. La estructura de soporte de la escultura en sí, está conformada por perfiles y planchuelas metálicas tomadas mediante pernos, y anclados a la base por medio de 4 tensores, uno en cada esquina (figura 4).



Figura 3. Estado de la cubierta previo a la intervención



Aunque en diferentes grados, todos estos elementos presentaban un avanzado estado de corrosión, caracterizado por la presencia de óxido ferroso (de color pardo amarillento) en la superficie de las alas de los perfiles U, con intercalación de pústulas de color oscuro y de difícil remoción, correspondientes a formaciones de óxido férrico. Otro tanto ocurría en la planchuela horizontal paralela a esos perfiles, donde el radio del ataque tenía su epicentro en la pata de apoyo del caballo (lugar de mayor infiltración de líquido), y alcanzando una extensión de unos 20 a 30 cm alrededor del mismo. Desde allí, y a medida que uno se aleja de la fuente de ingreso de humedad, se observaba el revestimiento protector de minio en buen estado de conservación.

Con respecto a la planchuela inserta dentro de la pata de la escultura, y que constituye la pieza principal del andamiaje, puesto que es la que soporta no sólo las sollicitaciones de flexión como ménsula sino también todo el corte basal que producen los esfuerzos horizontales, presentaba delaminación, síntoma de que había llegado al estado de hidróxido de hierro. Cabe aclarar que cuando un metal alcanza este grado de corrosión, el proceso no puede revertirse ni siquiera por medios químicos, ya que los convertidores de óxido sólo pueden combinarse con óxidos férricos o ferrosos para dar lugar a la formación de tanatos estables. Debido a la difícil accesibilidad de dicha pieza, fue imposible efectuar cateos para verificar la profundidad alcanzada por el ataque, aunque sospechamos que era de gran importancia. Ello implica que *estaba en riesgo la estabilidad del monumento*, sobre todo *frente a esfuerzos horizontales* (sismo o viento).

3. El agua infiltrada referida en el punto 1, disuelve y arrastra algunos compuestos del hormigón, trasladándolos en solución hasta la superficie donde el líquido se evapora y estos compuestos (combinados con otros) cristalizan formando sales, según el siguiente proceso: El cemento (y por ende el hormigón) posee molecularmente, un compuesto químico denominado silicato tricálcico (SC3). Éste posee una de sus sales libres, cuya función es la de proteger las armaduras de la corrosión, rodeándola de una capa impermeable pasivante que impide el desarrollo de un proceso corrosivo, al evitar la formación del electrolito. Cabe destacar que dicha sal es químicamente inestable, y por ello está ávida de combinarse formando otros compuestos estables. Al entrar en contacto el cemento con el carbono proveniente del anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub> -presente en la atmósfera como producto de la contaminación ambiental-) que es arrastrado por las precipitaciones pluviales transformándose en un agua carbonatada, combina con la sal libre del SC3 y con el magnesio también presente en el clinker del cemento, dando lugar a la formación de carbonatos de calcio (CCaO<sub>3</sub>) y de magnesio (CMgO<sub>3</sub>), dejando de este modo desprotegida la armadura. De allí que el riesgo principal que origina este ataque, estriba en que desencadena el proceso de oxidación del acero descrito en el apartado 2.

Paralelamente, las sales cristalizadas en la superficie del paramento, producen las características manchas blancas y veladuras en toda la superficie afectada.

## 2.2 Intervención

A fin de lograr la plena rehabilitación del monumento, dando solución a los problemas detectados, se procedió según los siguientes pasos:

- a) Asegurar la estabilidad estructural del grupo escultórico.
  - b) Impermeabilizar la cubierta del pedestal.
  - c) Remover las sales cristalizadas y limpiar las veladuras del basamento de piedra.
  - d) Remover las pintadas tanto sobre el basamento de piedra como sobre los elementos metálicos.
- De este modo, se inhibieron los agentes causantes de la degradación, otorgando al monumento las condiciones óptimas para su adecuada permanencia en el tiempo.

Para ello se ejecutaron las siguientes tareas:

- a) Asegurar la estabilidad estructural del grupo escultórico.
  - a.1) Se removió por completo la carpeta de mortero cementicio que constituía la tapa del pedestal, y se demolió el hormigón en un radio de 40 cm alrededor de cada pata de apoyo de la

escultura, hasta 30 cm de profundidad. El objeto de esta tarea fue liberar la zona de estructura metálica a tratar contra la corrosión mediante cementos especiales modificados con polímeros.

a.2) Incorporación dentro de la pata del caballo dos planchuelas de  $\frac{1}{2} \times 4''$ , previamente tratadas con pintura antióxido al cromato de cinc en espesor no inferior a 120 micras de película seca. Dichas planchuelas se colocaron yuxtapuestas a ambos lados de la planchuela existente, y fueron soldadas a la misma mediante soldaduras de profundidad, a cordón continuo en todo su contorno. De igual manera se soldaron al perfil U y a la planchuela horizontal paralela a dicho perfil. Cabe aclarar que previo a la soldadura, se procedió a limpiar el óxido superficial de los elementos a unir. Para llevar a cabo todas estas tareas fue necesario practicar dos orificios cuadrados de unos 4 x 4 cm de superficie, en el vaso de apoyo de cada pata, a fin de poder introducir por allí tanto los electrodos como la protección antioxidante.

a.3) Todas las superficies metálicas descubiertas en a.1, se pintaron con convertidor de óxidos a base de ácido tánico, de modo de estabilizar los óxidos existentes, convirtiéndolos así en tanatos estables.

a.4) Luego de ejecutados los ítems anteriores, se procedió a aplicar un cemento aditivado con resinas epoxi sobre todas las superficies metálicas ya tratadas. Para ello se mezclaron las predosis comerciales de los dos componentes del producto (resina - polvo marrón- y catalizador -líquido blanco-) durante 3 minutos, hasta obtener homogeneidad y uniformidad sin presencia de grumos. Luego se aplicaron a pincel dos manos de 1 mm de espesor cada una, dejando transcurrir dos horas de intervalo entre ambas. El consumo total aproximado fue de 4 kg/m<sup>2</sup> para los 2 mm de espesor finales.

a.5) Para finalizar, se llenaron los espacios demolidos en a.1, mediante un cemento grouter. Para ello se utilizó un mortero predosificado monocomponente vertible, autonivelante y expansible. Las principales características del mismo consisten en su extrema fluidez, que le permite llegar a lugares de difícil accesibilidad para un mortero común, y la capacidad de expandir su volumen durante el fragüe hasta en un 4 %, lo que asegura el pleno contacto con las piezas a proteger. De acuerdo a las instrucciones del fabricante, la relación agua/mortero a emplear no superó el 13 %.

a.6) Por último, y a fin de reemplazar los anclajes existentes en mal estado, se practicaron con rotopercurtor, 4 perforaciones no menores a 1,00 m de profundidad (adyacentes a los 4 tensores existentes), en las cuales se introdujeron sendos hierros lisos de  $\varnothing$  20 mm, que se soldaron eléctricamente a cordón continuo a los perfiles perimetrales de la estructura.

Finalmente se rellenaron con mortero grouter según lo estipulado en el punto a.5.

b) Impermeabilizar la cubierta del pedestal.

b.1) Una vez rellenadas las excavaciones practicadas en el punto a.1, se procedió a ejecutar una carpeta de mortero cementicio 1:3 (cemento, arena), de unos 4 cm de espesor, armada con una malla electro soldada de  $\varnothing$  4,2 mm cada 30 x 30 cm a efectos de contener la retracción por fragüe. La misma cuenta con pendiente hacia los bordes, no inferior al 2%.

b.2) Se retiraron los frisos de bronce que bordean la tapa del pedestal por sus cuatro lados, y se comenzó a aplicar la impermeabilización. La misma es en base a un sistema bicapa, según los siguientes pasos:

b.2.1) Aplicación de una película de caucho de cloropreno, totalizando un consumo de 1 kg/m<sup>2</sup> de superficie a tratar (ver figura 5). Se completó en tres manos, dejando transcurrir 24 hs entre una y otra, a fin de asegurar el correcto secado y evaporación de los disolventes. La primera mano se aplicó diluida al 50%, la segunda al 10% y la última al 5%. El solvente empleado consistió en una mezcla de aromáticos fuertes (xileno-tolueno). En el sector perimetral de la cubierta se dispuso una venda elástica de polipropileno que cubría el borde lateral detrás del friso, que fue colocada junto con la primera mano, de modo de quedar embebida en la resina.

b.2.2) A continuación (y 24 hs después de dada la última mano de caucho de cloropreno), se aplicó un recubrimiento protector de polietileno sulfonado, con un consumo total de 200 cc/m<sup>2</sup>, dividido en 2 manos iguales dadas con 24 hs de separación. La primera diluida al 10% y la segunda al 5%. Esta capa tiene como finalidad dar protección al impermeabilizante (caucho de cloropreno) contra la radiación UV.

b.2.3) Para finalizar, se tomaron las juntas libres entre la cubierta y las patas de la escultura, con un sellador a base de caucho de tiosulfuro, obturando todo el borde de las mismas mediante un cordón continuo.

b.2.4) Se recolocó el friso, despegándolo unos cm del sustrato para permitir el libre escurrimiento de agua y polvo por detrás suyo.



Figura 5. Impermeabilización de cubierta y sellado juntas en apoyo

c) Remover las sales cristalizadas y limpiar las veladuras del basamento de piedra.

c.1) Se removieron los restos de sales cristalizadas por medios mecánicos, trabajando con espátulas, gubias y bisturís en los lugares de mas difícil acceso.

Esta tarea se ayudó con la aplicación de detergentes de pH neutro.

c.2) Para las veladuras restantes, se aplicaron algodones o paños textiles embebidos en ácido fosfórico diluido inicialmente al 10% en agua destilada. Cuando esta concentración no fue suficiente para la total remoción de aquellos, se levantó paulatinamente al 20 y como límite al 30%. Se dejó actuar unas horas y luego se cepilló con cepillos de cerda dura para quitar la mancha.

c.3) Las juntas entre molones se sellaron con mortero fino cementicio, a efectos de prevenir el futuro ingreso de agua al interior desde los paramentos laterales del pedestal.

d) Remover las pintadas tanto sobre la superficie del basamento de piedra como sobre los grupos escultóricos y frisos de bronce, con las siguientes variantes:

d.1) Pintadas con esmalte sintético aplicadas a pincel.

Se eliminaron mediante la utilización de removedores, de acuerdo al siguiente esquema:

d.1.1) Prelavado del sustrato con agua durante 15 minutos por bañado (sin presión).

d.1.2) Sobre esta base húmeda, se aplicó con pinceleta un removedor de pH neutro en gel. Se dejó actuar durante 20 minutos.

d.1.3) Se realizó un hidrolavado a baja presión (80 bar) en forma de barrido ayudado con cepillo de cerda en el metal y con cepillo de acero sobre los molones graníticos.

d.1.4) En la limpieza sobre bronce, al quitar la pátina quedaba la superficie pulida. A efectos de igualar provisoriamente el color hasta que vuelva a formar la pátina de óxido, se aplicó una capa de cera virgen disuelta en esencia de trementina, entonada con nogalina.

d.2) Pintadas con esmalte sintético aplicadas con aerosol.

Procedimiento ídem al descrito en d.1.

d.3) Pinturas acrílicas pigmentadas con dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) aplicadas con aerosol.

Se limpiaron con esparadrapos de algodón embebidos en una emulsión de nafta en agua.

d.4) Pintura tèmpera al agua.

Se eliminaron por simple lavado a presión de 80 bar.

### **3. CONCLUSIONES**

La conservación del patrimonio arquitectónico reclama, ante todo, que las construcciones (no sólo las de carácter monumental) no sean libradas a su suerte y que periódicamente se intervenga sobre ellas para evitar las consecuencias del paso del tiempo y de los efectos de los eventos naturales y/o humanos, todos los cuales van dejando sus huellas en las mismas.

Las actividades permanentes a realizar en toda construcción deberían ser de mantenimiento y luego (con una cierta periodicidad), de conservación, las cuales requieren ante todo de planificación y de ciertas instrucciones mínimas. Debieran dejarse para las especiales circunstancias que así lo requieran, de carácter puntual, las tareas de restauración, por cuanto las mismas resultan de mayor impacto en el bien cultural, simplemente por el carácter de los trabajos que estas implican.

En el caso concreto del Monumento al General San Martín, tanto el paso del tiempo como ciertos eventos naturales y actos vandálicos, habían provocado una serie de daños a los cuales se hacía necesario atender a la brevedad. Se consideró, además, que la ocasión era oportuna y conveniente para elaborar un folleto informativo, que repartido de forma gratuita, instruyera a los ciudadanos acerca de los trabajos que se estaban realizando, de modo de incrementar el compromiso social con el objeto intervenido. De igual modo, en el cercado de obra se dispusieron gigantografías explicativas de los principales aspectos de la intervención, persiguiendo ese mismo fin.

### **4. RECOMENDACIONES**

Por último, está planeado elaborar un Manual de conservación aplicable no sólo a este monumento sino a otros similares, que se complemente con un Plan de Capacitación de los empleados municipales encargados de mantenerlos, para que a futuro el proceso de atención y cuidado de los mismos se haga siguiendo un plan previo.

No obstante, es fundamental destacar que el paso primero a dar para poder concretar a los antes referidos será siempre la realización del relevamiento y de la documentación general de la construcción y de su estado, por cuanto no se puede intervenir en el mismo sin un completo registro de cómo es y de cuáles son sus problemas específicos.

## 5. REFERENCIAS

- Lyall y Addleson (1983), *Materiales para la construcción*, Vol. 1. Barcelona. Editorial Reverté.
- Zanni, E. (2008), *Patología de la Construcción y Restauo de obras de Arquitectura*, Córdoba. Editorial Brujas.
- Ulsamer, F. (1981), *Las humedades en la construcción*, 22º edición. Barcelona. Ediciones CEAC.
- Zanni, E. (2008), *Breve análisis de las lesiones mas frecuentes y métodos de limpieza de fachadas con revoques símil piedra*, Córdoba. Cuadernillo del Instituto de Conservación del Patrimonio Arquitectónico. FAUDI. UNC.
- Autores varios. (1979), *Apuntes sobre materiales de construcción y su patología*, Tomo II. Madrid, Curso de estudios mayores de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja.
- Monk, F. (1996), *Patología de la piedra y los materiales de la construcción*, Buenos Aires, Editorial de la Cámara de Empresarios Pintores y de Revestimientos afines de la República Argentina.