

Ángel alado del Panteón familiar Pau-Simó (Cementerio General de Valencia). Casuística de deterioro y tratamiento restaurativo

Nemesio Canet Company, José R. Albiol-Ibáñez, Xavier Mas-Barberà

Resumen: El presente trabajo muestra una parte del complejo tratamiento de restauración llevado a cabo en el ilustre Panteón de la familia Pau (1895), situado en el Cementerio General de Valencia. El panteón está atribuido al arquitecto Gerardo Roig i Gimeno y posee unas medidas de 3,90 x 7,85 x 4,2 m. Concretamente, la figura escultórica del ángel alado objeto de esta intervención está tallada en mármol estatuario de Carrara y, del conjunto de daños identificados, la presencia de grietas en la parte trasera representaba el deterioro más destacado, el cual comprometía su estética y estabilidad estructural. Con el fin de dar solución a los daños, se aplicaron una serie de estrategias centradas en, a) desmontaje de las alas; b) limpieza fisicoquímica; c) consolidación; d) tratamiento del volumen, cosidos, sellados, desarrollo de espigas híbridas piedra-fibra de vidrio y montaje de las alas; e) protección; y, f) plan de mantenimiento. El trabajo presentado pone de relieve la operación desarrollada, con un enfoque mínimamente invasivo, lo que permitió recuperar la estabilidad estructural ante el inminente estado de colapso en el que se hallaba la pieza.

Palabras clave: Museo del Silencio, Patrimonio funerario, espigas híbridas piedra-fibra de vidrio, restauración quirúrgica, intervención mínimamente invasiva

Winged angel from the Pantheon of the Pau-Simó family (General Cemetery of Valencia). Casuistry of deterioration and restorative treatment

Abstract: This work shows a part of the complex restoration treatment carried out in the illustrious Pau-Simó Family Pantheon (1895), located in the General Cemetery of Valencia. The pantheon is attributed to the architect Gerardo Roig i Gimeno and measures 3.70 x 7.83 x 4.2 m. Specifically, the sculptural figure of the winged angel, object of this study, is carved in statuary Carrara marble and, from the set of damages identified, the presence of cracks in the back represented the most outstanding deterioration, which compromised its aesthetics and structural stability. In order to solve the damage, a series of strategies were applied focused on, a) disassembly of the wings, b) physicochemical cleaning, c) consolidation, d) volume treatment, sewing and sealing, development of stone-fiberglass hybrid spikes and assembly of the wings, e) protection and f) maintenance plan. The work presented highlights the operation carried out, with a minimally invasive approach, which allowed to recover the structural stability against the advanced state of collapse in which it was found the piece.

Keyword: Museum of Silence, Funeral Heritage, stone-fiberglass hybrid spikes, surgical restoration, minimally invasive intervention

Anjo alado do Panteão da Família Pau-Simó (Cemitério Geral de Valência). Casuística de deterioração e tratamento de restauro

Resumo: O presente trabalho mostra uma parte do complexo tratamento de restauro realizado no ilustre Panteão da família Pau-Simó (1895), situado no Cemitério Geral de Valência. O panteão é atribuído ao arquiteto Gerardo Roig i Gimeno e mede 3,90 x 7,85 x 4,2 m. Especificamente, a figura escultórica do anjo alado, o objeto de estudo desta intervenção, está esculpida em mármore estatuário de Carrara e, do conjunto de danos identificados, a presença de fissuras na parte traseira representava a deterioração mais evidente, o que comprometia a sua estética e estabilidade estrutural. A fim de resolver os danos, foram aplicadas uma série de estratégias centradas em: a) remoção das asas; b) Limpeza físico-química; c) Consolidação; d) Tratamento do volume, costura, selagem, desenvolvimento de espigões híbridos de pedra - fibra de vidro e montagem das asas; e) Proteção;

e, f) Plano de manutenção. O trabalho aqui apresentado destaca a operação desenvolvida, com uma abordagem minimamente invasiva, o que permitiu recuperar a estabilidade estrutural do estado iminente de colapso em que se encontrava a peça.

Palavras-chave: Museu do Silêncio, Património funerário, espigões híbridos pedra-fibra de vidro, restauro cirúrgico, intervenção minimamente invasiva

Introducción

El presente trabajo pone de relieve el tratamiento llevado a cabo en la escultura del ángel alado y ornamentos ubicados en el Panteón familiar Pau-Simó (Cementerio General de València, València).

El conjunto declarado Bien de Relevancia Local se encuentra en la Sección 1ª derecha, parcela nº 91 y, es atribuido al arquitecto Gerardo Roig i Gimeno (Catalá 2007).

La construcción del Cementerio General de Valencia (1807) reconocido como Sitio Histórico de Interés Local se inició, al igual que otros tantos en el ámbito nacional, cuando los viejos cementerios de intramuros fueron trasladados a extramuros con el objetivo de llevar a cabo un nuevo modelo de salubridad urbano fruto de la mentalidad ilustrada de la primera mitad del siglo XIX. Este planteamiento reformador e higienista fue recogido en el Reglamento del Cementerio del Real Sitio de la Granja de San Ildefonso (Madrid), redactado por orden de Carlos III en 1787.

El proyecto del Cementerio General de Valencia es obra de Cristóbal Sales (Rodrigo 2014) en colaboración con el arquitecto Manuel Blasco Vergara, ambos arquitectos municipales y académicos de San Carlos, y alumnos de Antonio Gilabert. Éste último introdujo, junto con Vicente Gascó, el clasicismo barroco de raíz italiana en la arquitectura valenciana de final de siglo XVIII. De igual modo, por influencia de los cementerios parisinos de Père-Lachaise, Montmartre y Montparnasse, considerados prototipos de cementerios urbanos en Europa, se fue renunciando a la presencia del espacio natural en beneficio del arte (Aries 1983). Surgen así verdaderas necrópolis con significativos conjuntos escultóricos de gran valor artístico que mezclan trabajos de destacados escultores, vidrieros, arquitectos, maestros canteros y fundidores activos durante los siglos XIX y XX. Como señala Rafael Solaz (2007), "el origen de los monumentos arquitectónicos y escultóricos en los cementerios contemporáneos parte de la vanidad de una sociedad aristocrática y burguesa que pretende demostrar su gran poder económico y social, haciendo que estas construcciones sobrevivan a la propia vida y, a la vez, se conviertan en espacios para la memoria de los fallecidos."

Por todo ello, los cementerios se han convertido en la actualidad en grandes contenedores de obras de arte al

aire libre con un importante valor histórico y patrimonial (Escrivá 2015) que pone de manifiesto la trascendencia y el valor de las actuaciones conservativas y restaurativas llevadas a cabo en estos espacios (Akoglu et al. 2020). Sin embargo, para el común de la sociedad, los cementerios mantienen ese cariz melancólico, impávido y fugaz de la vida, donde el paso del tiempo se cierne sobre los panteones en un persistente e inflexible proceso de deterioro.

En contraposición a este contexto puramente decadente de los cementerios, son reseñables las iniciativas llevadas a cabo por la Red Iberoamericana de Cementerios Patrimoniales y la Association of Significant Cemeteries in Europe (ASCE) para la puesta en valor del patrimonio funerario, así como las propuestas sociales y culturales promovidas por los cementerios en el ámbito municipal para dinamizar estos espacios. En este sentido, en el Cementerio General de Valencia se crea el Museo del Silencio (2007), proyecto multiplataforma con diferentes recorridos culturales cuya finalidad es acercar su riqueza artística, histórica y patrimonial a la sociedad.

En lo referente al ámbito de la conservación y restauración del Patrimonio Cultural, son escasos los programas científico-técnicos encaminados al estudio y al tratamiento de los monumentos funerarios. En este sentido, son varios los motivos que han propiciado el abandono de los cementerios y la escasez de rigurosos tratamientos; cabría destacar, por un lado, el emplazamiento es para muchos lóbrego y esotérico y, a su vez, es un espacio de propiedad municipal, hecho que genera procesos de tramitación dilatados en el tiempo. Por otro lado, cabría señalar que los monumentos se consideran de pertenencia privada y cuyos propietarios manifiestan escaso interés por acometer las intervenciones y el mantenimiento. Asimismo, y en el supuesto de que se produzcan, el patrimonio es intervenido, en la mayoría de los casos, por oficios con escasa formación en conservación y restauración.

Por tanto, a través de la intervención realizada sobre la escultura del ángel alado se presentan los resultados conseguidos desde una perspectiva estratégica en cuanto a la sistemática e implantación de materiales y procedimientos se refiere. De este modo, se plantea una conservación sostenible que contempla el control y mantenimiento del panteón.

Panteón familiar Pau-Simó (Cementerio General de Valencia, Valencia)

La historia del panteón se remonta a 1895 cuando Francisco Pau Lisart y su mujer Josefa Simó Ramírez piden al arquitecto Gerardo Roig Gimeno el diseño y construcción de lo que sería el panteón funerario familiar [figura 1]. Francisco Pau y su hermano Salvador eran conocidos en Valencia como los hermanos Pau Lisart, unos exitosos fabricantes de guitarras. Actualmente, Vicente Pau Vicent, bisnieto de Francisco Pau, es uno de los propietarios y el encargado del mantenimiento del monumento. Asimismo, no existe información acerca del sistema constructivo o técnico del panteón por lo que, los únicos datos disponibles aparecen esculpidos tanto en la cinta de mármol que se descuelga entre los motivos florales, en la cara frontal del sarcófago, como en la lápida de mármol que, a modo de puerta, da acceso a la cripta. A pesar de ello, Catalá (2007:292) comenta que “el Panteón de la familia Pau-Simó es una copia de un panteón existente en el Cementerio de Barcelona”. Se refiere al Panteón Pere Llibre situado en la Vía de Santa Eulalia en el Cementerio de Montjuic. El arquitecto fue Antoni Rovira Rabassa y el escultor Josep Campeny Santamaría. De este

escultor también es el conocido Monumento Funerario de José Precioso Roche, en la localidad de Hellín, un panteón con características muy similares, como si de una nueva copia se tratara.

El Panteón Pau-Simó fue construido siguiendo la corriente más academicista, con una estética conservadora donde el grupo escultórico sigue unos cánones estilísticos ligados al estilo clásico, en una vertiente naturalista de línea pura y claridad compositiva. En el panteón predominan las superficies totalmente pulidas, monocromas y simples que encarnan la belleza ideal. Se trata de una composición piramidal berniniana, con el sepulcro alzado sobre un basamento escalonado y donde la figura del ángel alado protege y guía la salvación eterna.

En el panteón se diferencian tres partes y/o elementos significativos: a) la figura escultórica del ángel alado y los ornamentos, labrados con mármol de Carrara; b) el sarcófago situado en lo alto de los escalones de acceso y, c) el pretil o barandilla perimetral con solera de losas, todo ello elaborado con mármol de Macael. Los dos jarrones fueron incorporados en una intervención posterior (2002) y son piezas prefabricadas con mortero de cemento [figura 1].

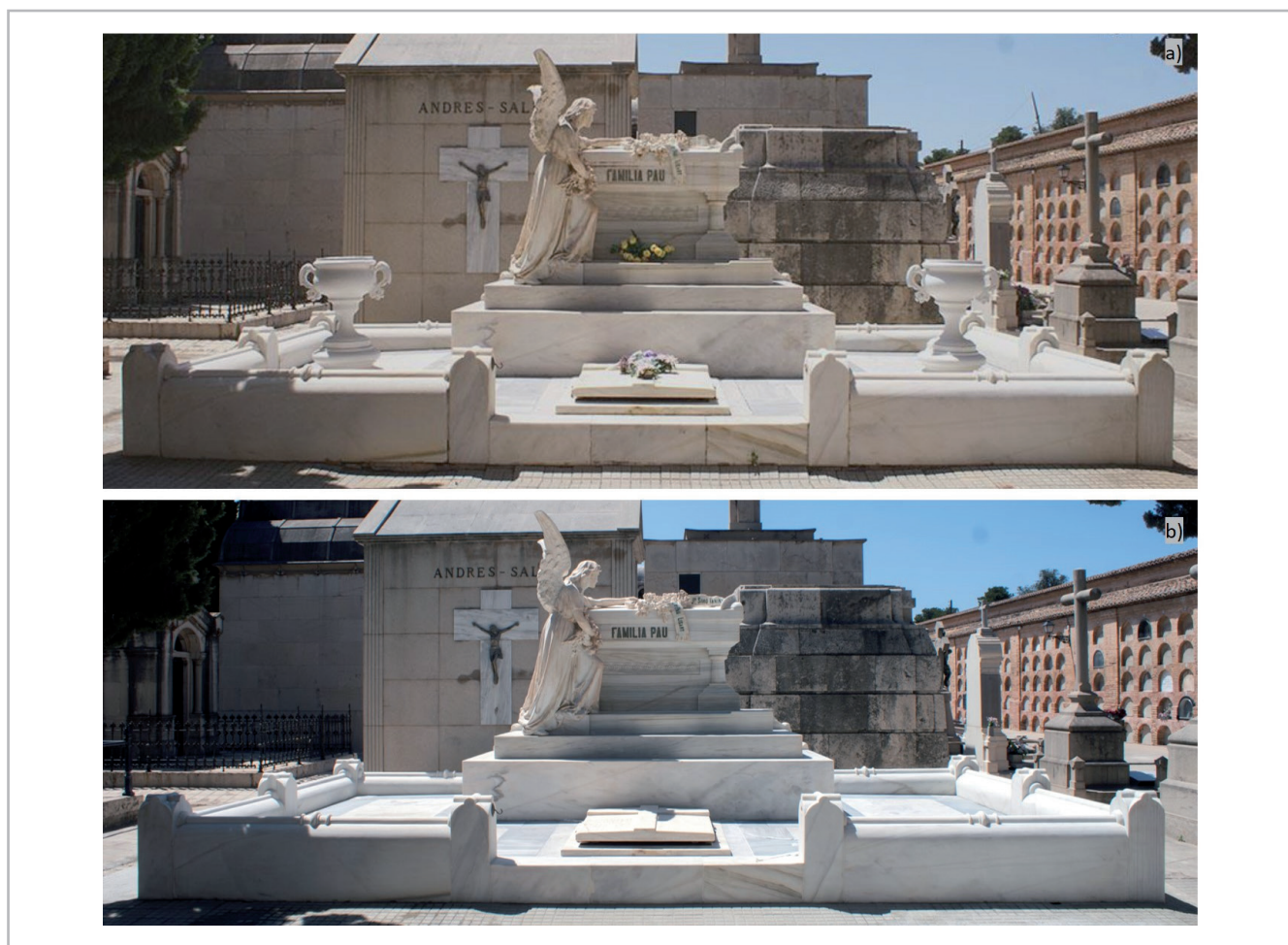


Figura 1 (a-b).- Vista general del Panteón de la familia Pau Simó (1895). a) Pieza principal del Ángel alado y los elementos ornamentales antes de la intervención; b) El conjunto del panteón tras el tratamiento de restauración.

El conjunto del panteón posee unas medidas de 3,90 x 7,85 x 4,2 m, aprox. (alto x ancho x profundo), con una barandilla perimetral de 0,8 x 0,3 x 24 m lineales, y un sarcófago en forma rectangular de 1,2 x 1,8 x 1,3 m (alto x ancho x profundo).

Caso de estudio “El ángel alado”

La figura escultórica del ángel alado es la pieza más destacada no solo por el hecho de ocupar el centro de la composición, sino también por su belleza escultórica y por estar tallada en mármol de Carrara estatuario. Con un tamaño algo superior al natural, la pieza posee una blancura homogénea que le confiere una gran luminosidad. Por otro orden de cualidades, en cuanto a las propiedades del material, cabe señalar que, morfológicamente, posee un tamaño de grano mineral significativamente inferior al presentado por el mármol de Macael y, gracias a ello, se consiguen exquisitos detalles en la labra. Dicha propiedad se aprecia en la corona floral que sujeta la figura principal del ángel.

Por otra parte, se deduce que para llevar a cabo la labra del ángel se debió seguir la técnica sustractiva, basada en el trabajo de la piedra de menor a mayor definición. En la época en la cual fue realizado el panteón, este trabajo requería el uso de instrumentos de medida y de control cuidadosos que afianzaran el proceso adecuado. Tratándose de una pieza de dimensiones 1:1 (no monumentales), se presume que el escultor empleó herramientas como la máquina de puntos y el trépano, ayudado de la escuadra, el compás y la regla que aseguraban un trabajo fino y pulcro como el que proporcionaban los cinceles, las gradinas, las escofinas y los raspadores (Castelnuovo 1992; Scesi *et al.* 2006; IMM 2010). Dado el nivel de degradación que presentaba la superficie de la escultura, apenas se observaban huellas de las propias herramientas de labra. Las únicas marcas superficiales que se identificaron atañen al uso del trépano. Estas marcas se localizaron en algunos de los motivos florales presentes en la cinta donde están inscritos los nombres de los difuntos soterrados, y del mismo modo, en zonas de detalle en la figura del ángel alado.

Estado de conservación y diagnóstico

La ubicación del panteón en un espacio al aire libre determina significativamente su estado de conservación. Del mismo modo, las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de los materiales pétreos son aspectos también definitorios del estado de degradación desarrollado en el panteón (Riegert y Turkington 2003; Weiss *et al.* 2006; Siegesmund y Rüdrieh 2008; Siegesmund *et al.* 2010).

En general, los daños fueron causados, en gran medida, por los deficientes tratamientos previos a los que había

estado sometido el panteón y a la falta de mantenimiento realizado durante décadas por personas no cualificadas. Por otro lado, y a pesar de encontrarse en un cementerio al aire libre y fuera del área urbana, se apreciaban efectos generados por la contaminación ambiental según informes consultados de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVVCCA). De forma más concreta, los datos de la Asociación Valenciana de Meteorología (AVAMET) consultados y relacionados con las condiciones ambientales ponían en evidencia el cruce de factores que actuaban como elementos de deterioro, tales como la intensa insolación y las variaciones de temperatura producidas entre el día y la noche (Siegesmund *et al.* 2000, Koch y Siegesmund 2004). A estos elementos, se añadía la acción del viento que actuaba transportando el polvo del ambiente y arrastrando depósitos de partículas de polución, arcillas y esporas (Grossi *et al.* 2003). La humedad relativa con oscilaciones variables entre el día y la noche y, las precipitaciones incrementaban la acción de deterioro. Estas últimas, aunque escasas pero intensas, suponían cambios drásticos en los ciclos de humedad y de secado de la roca que, combinado con la acción ambiental, originaban reacciones químicas dañinas en el soporte pétreo.

En este sentido, se identificaron diversos daños generalizados en el panteón visibles en los depósitos superficiales arcillosos, costra negra por sulfatación, las acumulaciones de hojarasca, la fragmentación y faltantes de material pétreo, y la presencia de actuaciones de limpieza inadecuadas, entre otros (ICOMOS-ISCS 2008) [figura 2]. Así mismo, era significativa la disgregación sacaroidea [figura 2a] que presentaba la mayor parte de la figura y los ornamentos causada, entre otros factores, por el uso de sustancias de limpieza inadecuadas de origen ácido o similar. Esta superficie rugosa y microfisurada favorecía que el polvo ambiental se depositase, que proliferaran microorganismos biogénicos y se generase costra negra de sulfatación [figura 2b], cuya presencia modificaba las propiedades cromáticas y químicas del sustrato (Guiamet *et al.* 2013).

Sin embargo, el daño más significativo en la figura del ángel alado se correspondía con la presencia de varias grietas en la parte trasera y a la altura de la base de las alas originadas por las presiones que ejercían los vástagos de metal empleados, en origen, para unir las alas a la figura del ángel. Este deterioro comprometía la lectura y la estabilidad estructural del ángel [figura 2c]. También, se apreció un desgaste superficial causado por el uso de herramientas abrasivas y la presencia de materiales inadecuados, tales como morteros varios y manchas de silicona, aplicados en intervenciones previas que afectaban drásticamente el soporte pétreo. La figura 2d muestra la cartografía de deterioros de la totalidad del panteón y pone en evidencia en qué medida el mármol de Carrara representaba un material más susceptible a la degradación respecto al mármol de Macael.

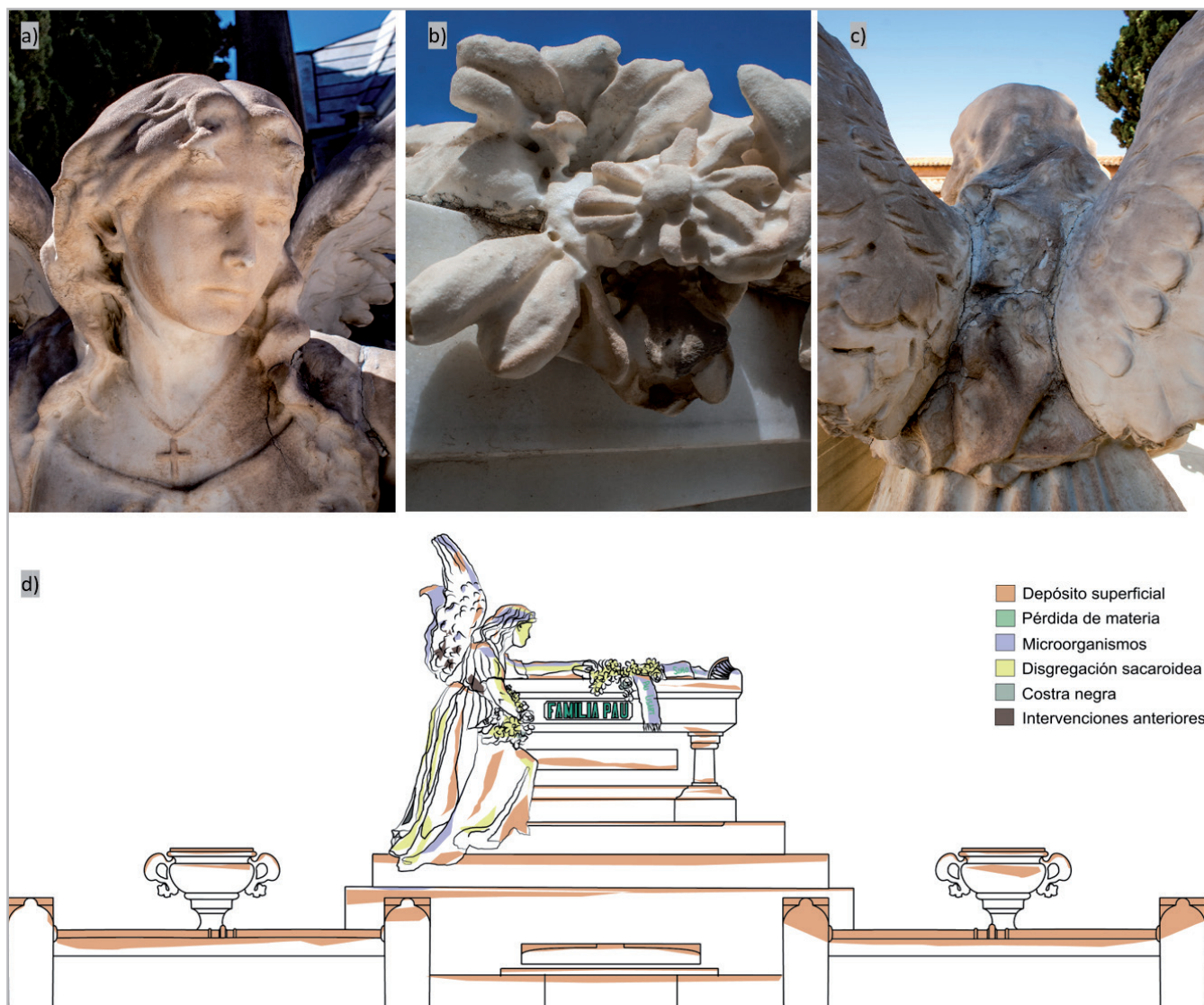


Figura 2 (a-d).- Daños visibles en el Panteón de la familia Pau Simó. a) Depósitos superficiales arcillosos, disgregación sacaroidea y escorrentía; b) Costra negra de sulfatación; c) Grietas, fisuras, pátina biológica y depósitos de morteros y, d). Cartografía de deterioros. La mayor parte de los daños quedan recogidos en la figura del Ángel alado de mármol de Carrara, siendo el resto del panteón de mármol Macael y sin apenas daños de considerable importancia.

Tratamiento de estabilización del ángel alado

En el siguiente apartado se exponen las fases del tratamiento llevadas a cabo sobre el soporte pétreo de la figura del ángel alado y de los ornamentos, cuyos objetivos principales fueron minimizar el nivel de deterioro y preservar su estabilidad estructural.

El tratamiento se ajustó a los criterios de intervención en materiales pétreos planteados en el Proyecto COREMANS (2013), así como en las normas nacionales e internacionales referidas al ámbito del Patrimonio Cultural. Del mismo modo, se consideraron los planteamientos y metodologías de actuación reconocidas actualmente en estudios de casos reseñados en revistas de alto impacto en el campo de la conservación y restauración de Patrimonio Cultural.

Aunque el presente texto se centra en el tratamiento de la figura del ángel, es necesario poner de manifiesto que fue un proyecto de intervención complejo e integral. El grupo de trabajo estuvo formado por dos restauradores, un arquitecto y una empresa constructora por lo que las actividades y competencias asignadas a cada uno fueron dispuestas de acuerdo con un planteamiento colaborativo (Carta de Cracovia 2000).

La metodología llevada a cabo en el tratamiento fue guiada por los estudios de campo que recogieron los resultados de los diferentes ensayos y análisis realizados acerca de los materiales en las fases previas y durante la intervención.

Se utilizó la prueba de pelado o peeling test normalizado por Drdáký *et al.* (2012) para evaluar cohesión de

la superficie tras los tratamientos de consolidación. Las mediciones se llevaron a cabo utilizando una cinta adhesiva Tesa de doble cara. Se cortó en tiras de aproximadamente 15 x 50 mm. Se pegó a presión manual sobre la superficie del mármol limpia y seca, en 2 zonas de medida y se repitieron 15 mediciones de pelado exactamente en la misma zona.

A través del ensayo con la pipeta Karsten (UNE EN-16302:2016) y el ensayo de tensión superficial o ángulo de contacto estático (UNE-EN 15802:2010) se establecieron el nivel de absorción de agua y mojado del soporte, así como las respuestas de los materiales en los procesos de limpieza, consolidación, reintegración y protección del material pétreo a intervenir.

El comportamiento de las espigas híbridas piedra-fibra de vidrio diseñadas fue determinado mediante ensayos de resistencia a flexión a tres puntos (luz 100 mm y entalla 36 mm), utilizando como referencia la norma UNE-EN 14651:2007 + A1, en bancada de flexión Ibertest 150 kN.

De igual modo, se realizaron mediciones para evaluar los cambios de color inducidos por los tratamientos de consolidación y protección. Se realizaron antes y después de los tratamientos según el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 15886 (2011), eligiendo condiciones de medida el iluminante estándar CIE tipo D65 (luz día, temperatura de color 6500 °K) y observador 10 °. Las coordenadas de color L^* , a^* y b^* se registraron para cada área seleccionada ($\varnothing \sim 8$ mm) con un espectrofotómetro Minolta CM-2600d. Se tomaron tres medidas en cada punto y luego se promediaron, considerándose imperceptible para el ojo humano una diferencia de color total inferior a 5 unidades (Grossi *et al.* 2003; García 2012).

El análisis de la superficie del pétreo, antes y durante las fases de limpieza química, fueron observadas mediante microscopio Digital Dino-Lite TrichoScope Polarizer MEDL4HM.

En definitiva, el tratamiento desarrollado sobre la escultura del ángel y los ornamentos se centró en: a) desmontaje de las alas, b) limpieza fisicoquímica, c) consolidación, d) tratamiento del volumen, cosidos, sellados y montaje de las alas, e) protección, f) mantenimiento y conservación preventiva.

a) Desmontaje de las alas

El conjunto escultórico se sometió a un tratamiento de desmontaje de las alas para recuperar la estabilidad estructural. La actuación consistió en extraer las dos alas de la figura para su tratamiento y refuerzo. Se diseñaron dos estructuras telescópicas y móviles que sujetaban las alas y permitían, a su vez, retirar el mortero de las juntas de manera meticulosa mediante microincisor [figura 3]. Al mismo tiempo, y con ayuda de un detector digital de

metales *Bosch GMS 120*, se advirtió la presencia de varios tipos de metal. Entre las juntas, se apreciaban unas piezas metálicas que unían las alas a los omóplatos a modo de espigas de ensamblaje [figura 3c].

Para ello, se precisó de una sierra de sable eléctrica con hoja de metal para cortarlas. Después de separar las alas, se apreció un avanzado estado de oxidación de las piezas metálicas de hierro, siendo mayor el deterioro en las piezas sujetas a la espalda de la escultura [figura 4a]. El contacto hierro-plomo en presencia de humedad, ésta acumulada en las grandes grietas a lo largo de los años, ha desencadenado el proceso de pila de corrosión (Bard y Faulkner 2001). En este sentido, el metal hierro oxidado ha aumentado de volumen y ha generado tensiones, a modo de cuña, con el consiguiente agrietamiento del material pétreo.

Durante todo el proceso de intervención inicial se dedicó especial atención a la aspiración y limpieza de la suciedad. En las zonas de grietas, se aplicó aire a presión extrayendo el polvo y los restos de óxidos para así facilitar el acceso del material de inyección y rejuntado en la siguiente fase de tratamiento. Las piezas metálicas de hierro oxidadas que quedaban retenidas en el soporte pétreo se retiraron mediante micromotor de corte y pequeñas puntas de diamante hasta la eliminación completa del óxido del interior del material pétreo [figura 4b-e].

b) Limpieza fisicoquímica y biológica

El material pétreo del panteón se sometió a un exhaustivo proceso de limpieza con el fin de recuperar el aspecto visual y estético del conjunto escultórico. Para ello, se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos no invasivos tanto antes como después de la intervención (pipeta Karsten, peeling test, medidas de pH y conductividad) con el objetivo de guiar todo el proceso y, al mismo tiempo, evaluar la eficacia y compatibilidad de los materiales empleados con respecto al soporte pétreo. En este sentido, los resultados obtenidos acerca del nivel de desagregación (ensayo peeling test según Drdácý *et al.* 2012) y de la capacidad de absorción de agua en las zonas más dañadas (UNE-EN 16302:2016), exhibieron valores razonablemente bajos, siendo la cantidad de agua absorbida por unidad de tiempo de $0,7 \text{ ml/cm}^2 (\pm 0,2 \text{ ml/cm}^2)$ y valores de desprendimiento superficial de $0,1 \text{ g/cm}^2 (\pm 0,03 \text{ g/cm}^2)$. De igual modo, se realizaron pruebas de detección de sales (UNE-EN 16455:2016) tanto en las zonas que no presentaban daños como en las que se apreciaba desagregación sacaroidea, obteniéndose valores de conductividad mínimos en el conjunto de muestras de entre 56-148 $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$; así como, un control de pH (UNE-EN 1262:2004 y tiras papel tornasol STEP Systems) que exhibió unos valores de pH moderadamente ácidos, entre 5 y 6,5 unidades ($21 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$). Dichos resultados se asociaron a lavados continuos y a la deposición de partículas de contaminación ambiental.



Figura 3 (a-c).- Sistema de arriostrado de las alas de la figura del Ángel durante la fase de desmontaje. a) Vista trasera de la pieza donde se observa el sistema de sujeción telescópico y móvil, instalado de modo independiente, permitiendo la retirada controlada y selectiva de las alas; b) Grietas de considerable grosor tras la retirada del mortero de rejuntado y, c) Espiga metálica empleada, en origen, como elemento de ensamble de las alas a los omóplatos del Ángel.

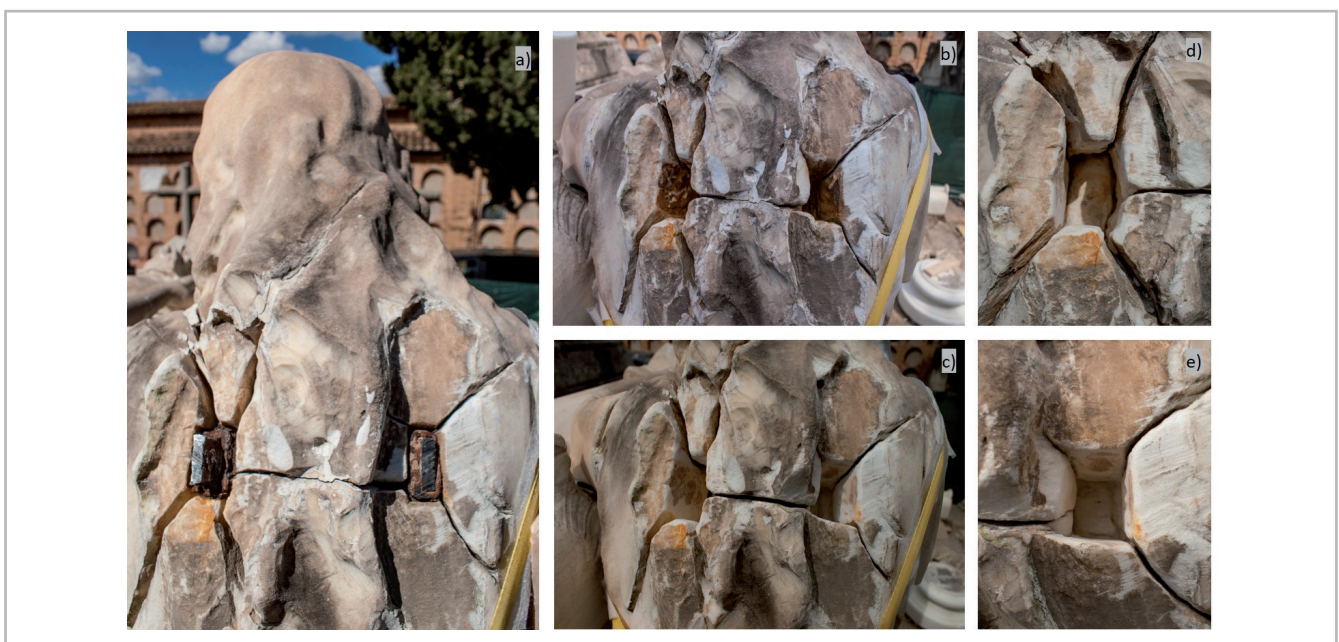


Figura 4 (a-e).- Parte de la espalda de la figura del Ángel tras la retirada de las alas. a) Vista general donde se aprecian las espigas metálicas de ensamble originales y gravemente oxidadas; b) Zona resultante tras la retirada de las piezas metálicas y restos de morteros; c) Aspecto final tras la limpieza y retirada de restos de óxidos y morteros; d-e) Vista de los huecos y/o cajas de unión donde se aprecia el nivel de ruptura interna desarrollada por la acción de las espigas metálicas deterioradas, quasi llevando a la pieza a su desmembramiento.

Con estos datos iniciales, el tratamiento se llevó a cabo empleando diferentes sistemas de limpieza teniendo en cuenta la presencia de zonas con mayor y menor degradación. En primer lugar, la limpieza en seco se reservó para la eliminación de la suciedad superficial no adherida con la ayuda de pinceles de fibra vegetal y aspiración controlada.

A continuación, y dada la película de polvo arcilloso adherida a la superficie sacaroidea, así como la presencia de una película de microorganismos y zonas de costra negra de sulfatación, se realizaron una serie de pruebas previas que atendieron a los principios de eficacia, no toxicidad y economicidad.

En este sentido, y dada la casuística de deterioro, los resultados previos obtenidos de la observación macroscópica de la superficie del pétreo tras pruebas preparadas mediante apósitos acuosos, sales de bicarbonato y carbónico (3-5%) y tensoactivos no aniónicos (Tween 20, 3%), con tiempos de actuación cortos (30-180 min), determinaron una limpieza química

en dos direcciones. Por un lado, con el objetivo de actuar en la costra negra de sulfatación y en el polvo ambiental depositado, se preparó la *Papeta AB57* modificada a un pH de 7,5 (1000 cc de *agua desionizada*, 30 g de *carbonato de amonio*, 25 g de *EDTA bi*, y 10 cc de *biocida BFA*); y una disolución de *bicarbonato de amonio* con *agua destilada* al 3% (p/v), respectivamente. Todo ello, se aplicó mediante apósitos de pulpa de celulosa Arboce!® BC1000 (CTS) con tiempos de actuación en torno a 60-120 min, con humectación previa y posterior aclarado de la superficie con apósitos humedecidos con agua destilada y cepillado con fibras vegetales evitando la retención de residuos en el sistema poroso [figura 5]. Por otro lado, para la película de origen biológico, se testaron tres tipos de biocidas (*Biotin T* de CTS - sal de amonio cuaternario, al 3% en agua; *Biodocarb* de Kremer Pigmente -3-yodopropargilo n-butilcarbamato, al 0,5% en agua; y, BFA de Remmers - solución acuosa de isotiazolinona) comúnmente usados en el ámbito de la restauración de materiales pétreos (Mas-Barberà *et al.* 2017). Los biocidas fueron aplicados a pincel y mediante apósitos de pulpa de celulosa Arboce! BC100, posterior remoción



Figura 5 (a-e).- Fase de limpieza química de la suciedad ambiental localizada en las piezas de las alas. a) Aplicación de la disolución química mediante apósitos de celulosa; b-c) Remoción de depósitos reblandecidos mediante cepillado y nivel de limpieza obtenido; d) Aclarado de la superficie con apósitos humedecidos con agua destilada, e) Estado final tras la limpieza y secado en el ambiente de la pieza.



Figura 6 (a-c).- Fase de limpieza química de la película biogénica localizada en la parte trasera del ángel. a) Aplicación de la disolución biocida mediante apósitos de celulosa; b) Estado del soporte tras la actuación del producto biocida sobre los microorganismos, remoción de depósitos mediante cepillado y agua destilada; c) Estado final de la zona de los omóplatos de la pieza tras la limpieza y secado en ambiente.

con cepillos de fibras vegetales y agua destilada, y con tiempos de actuación entre 120-180 min. La observación macroscópica de la superficie del soporte pétreo exhibió mejores resultados, en cuanto al grado de eficacia en un menor tiempo de aplicación, pH y permanencia de residuo biocida en superficie, con el empleo del *biocida BFA* [figura 6]. Tras la limpieza integral, la humedad del soporte fue controlada con sonda de superficie *Testo* para así proporcionar la inocuidad óptima de cara a la siguiente fase de consolidación.

c) Consolidación

Esta fase del tratamiento se centró en la aplicación de un producto consolidante en las zonas con disgregación sacaroidea de modo que mejorase la cohesión intergranular con respecto a las zonas sanas del sustrato (Wheeler 2005; Sassoni *et al.* 2015, Sierra-Fernández *et al.* 2017). Concretamente, se prestó mayor atención en la parte media superior de la figura correspondiente a la cabeza y ambos brazos, y a la zona de ornamentación. Los ensayos previos realizados con Tecnadis SOLIDUS de TECNAN, aplicado en seis zonas disgregadas, arrojaron resultados de permeabilidad al agua de lluvia ($0,3 \text{ ml/cm}^2 \pm 0,1$), variación de color total ($\Delta E^* < 3,87$ unidades, $\pm 0,54$ a 28 días) y valores del ensayo de peeling test ($< 0,02 \text{ g/cm}^2 \pm 0,01$) altamente satisfactorios. Se trata de una solución a base de silicato de etilo y disolvente isopropanol. El producto fue aplicado a brocha (una única aplicación) y, mediante apósitos de pulpa de celulosa (24 horas) y, finalmente, se cubrió con un film transparente de polipropileno para minimizar la evaporación, con un período necesario de reposo de 7 días.

d) Tratamiento del volumen. Cosidos y sellados. Montaje de las alas

Esta fase de tratamiento fue la más compleja y delicada de todo el proceso integral de restauración del panteón. Tras la limpieza de la zona de ensamblaje de las alas y la retirada de morteros de rejuntado previos, se percibieron grietas de diversa amplitud (0,1 mm a 25 mm) que cruzaban toda la espalda y se extendían, de modo radial, a zonas del tronco y cuello-pecho, hecho que preocupaba por un posible desmembramiento de la pieza. Para acometer el tratamiento, se plantearon tres fases bien diferenciadas y consecutivas que vienen descritas a continuación: 1) Sellado de grietas, inyección y cosido, 2) Desarrollo de espigas híbridas, 3) Ensamblaje a doble caja y espiga, y montaje.

1) Sellado de grietas, inyección y cosido

Una vez se determinó el alcance de las grietas, se realizó un primer sellado parcial dejando varias zonas de entrada que facilitarían la inyección de la sustancia en el interior de las cavidades (Rahbar *et al.* 2010; Mas-Barberà y Durenz 2011; Ting Tan *et al.* 2011; Chmielewski y Kruszka 2015).

El mortero de sellado se preparó con un conglomerante inorgánico *Ledan C30* de Tecno Edile Toscana. Como carga se empleó un polvo cuyo componente era el carbonato cálcico (tamaño partícula 0-0,3 mm), en una dosificación 1:3 (conglomerante: carga). Este mortero fue coloreado en masa, con un añadido del 0,25% de pigmentos inorgánicos (tierras y óxidos de hierro), consiguiendo así el tono más acorde con la piedra (Kröner *et al.* 2010) [figura 7a].

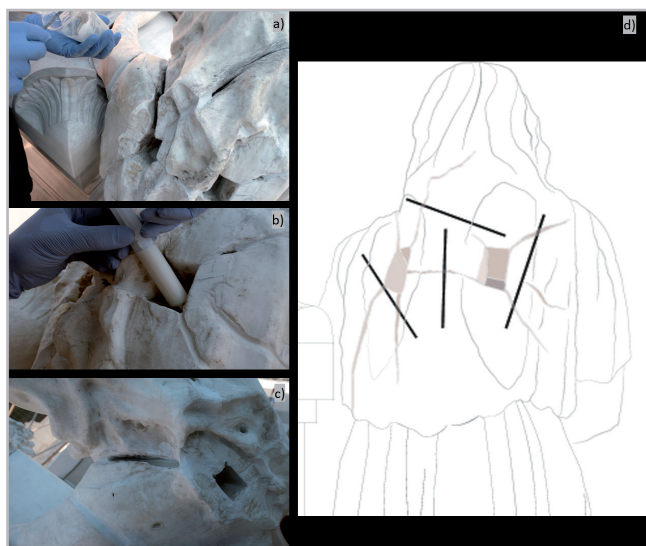


Figura 7 (a-d).- Fase de tratamiento del volumen. a) Primera etapa de sellado de grietas mediante un mortero inorgánico cerrando las aberturas en superficie; b) Inyección del mortero orgánico entre las cavidades de las grietas hasta su total colmatado; c) Zona del omóplato intervenido con mortero inorgánico a nivel de la superficie y, zona superior del hombro, donde se observa el mortero de inyección por debajo del nivel de la superficie (20 mm) a falta de sellar con mortero inorgánico; d) Dibujo donde se representan las zonas de inserción de las espigas de fibra de vidrio para el cosido estructural.

Posteriormente, y previo a la inyección, se dio en las zonas internas y accesibles de las grietas una aplicación de una disolución de *Paraloid B-72* con acetona al 3% (p/v) con el objetivo de evitar la percolación y aparición de manchas en superficie.

Para la sustancia de inyección se eligió una resina termoestable, epoxi *Epo 150* de CTS aditivada con polvo de carbonato cálcico (0-0,15 mm), en una dosificación 1:1 (conglomerante: carga) y aplicada a 20 mm aproximadamente de la superficie [figura 7b]. La preparación y uso de este tipo de mortero de matriz orgánica permitió rellenar y reforzar el pétreo agrietado y, a su vez, desarrollar un sistema de encapsulado de los fragmentos de metal de hierro retenidos entre las profundas grietas de la obra (figura 4). Este tipo de mortero mitiga la aparición de posibles deterioros en presencia de metal y humedad (Roig-Salom *et al.* 2003; Mas-Barberà 2006; Kröner *et al.* 2010). Tras el endurecimiento de este mortero de inyección, se reconstruyó la junta restante hasta la superficie de la pieza mediante el empleo de mortero de matriz inorgánica, descrito anteriormente [figura 7c].

Finalmente, se llevó a cabo un cosido estructural realizado a partir de taladros y varillas de fibra de vidrio (4 unidades, 10 mm diámetro, longitud 30-40 cm) insertadas y embebidas con adhesivo epoxi *Epo 150* de CTS, de modo que el soporte pétreo resultara reforzado en todas sus partes de cara al montaje de las alas [figura 7d]. Este proceso mínimamente invasivo mejoró el comportamiento mecánico y la estabilidad estructural de la pieza.

2) Desarrollo de espigas híbridas piedra-fibra de vidrio

Este proceso se centró en el diseño de un nuevo sistema de espigas que se ajustara a los huecos y/o cajas de ensamblaje localizadas en los omóplatos de la figura y en la base de las alas. Durante el proceso, se barajaron diferentes alternativas de espiga, pero finalmente se decidió usar un sistema que fuera reversible, compatible con el soporte pétreo y fiable mecánicamente (Berge *et al.* 2009; Kourkoulis y Pasiou 2009; Rahbar *et al.* 2010; Ting Tan *et al.* 2011; Mas-Barberà y Duréndez 2011; Kourkoulis *et al.* 2012; Michel *et al.* 2012; Righetti *et al.* 2015; Chmielewski y Kruszka 2015; Rosewitz *et al.* 2016; Abdullah y Abdul Kadir 2016). En definitiva, se trataba de plantear una alternativa respecto a los refuerzos convencionales donde se emplean espigas y adhesivos termoestables de un modo permanente.

Para conseguir tal resultado, se desarrolló de modo inédito un sistema de espigas híbrido formado por varillas de fibra de vidrio, corrugadas y embutidas en piedra natural. Previamente y para verificar la viabilidad del sistema, se prepararon en laboratorio 8 probetas de 16 x 4 x 4 cm (imágenes figura 8 y, de acuerdo con la figura 9b-d) que fueron sometidas a ensayo de flexión a tres puntos (luz 100 mm y entalla 3,6 mm), con control por desplazamiento, monitorizando la flecha y la apertura de fisura (Crack Mouth Opening Displacement -CMOD). El sistema se justifica mediante este ensayo dado que el punto de unión de las alas con el cuerpo del ángel está sometido fundamentalmente a momentos flectores originados por el propio peso de las alas (dirección perpendicular de espiga, color azul) y el empuje del viento en la superficie alar (dirección normal de espiga, color rojo). En este sentido, se realizaron 4 ensayos en cada una de las direcciones para dar validez al posicionamiento de las barras de fibras de vidrio dentro de la espiga de unión.

Tal y como se aprecia en la figura 8, ambos posicionamientos de las espigas ensayados son óptimos, alcanzando resistencias máximas similares 14,68 kN (perpendicular) y 18,94 kN (normal). La deformación medida en centro de vano por la flecha es similar 0,78 mm (perpendicular) y 0,82 mm (normal). En referencia a la apertura de fisura (CMOD), es menor en el sentido perpendicular por la inercia de las barras debido a su posicionamiento. Los resultados mecánicos señalan el excelente comportamiento en las dos direcciones frente a los esfuerzos de peso y viento.

A partir de los resultados de laboratorio, fue necesario adaptar el sistema a la forma de la nueva espiga que ocuparía el espacio de ensamblaje. El sistema se resolvió sacando una impronta por apretón de plastilina de las zonas de unión y ensamblaje. Con ello, se lograba reproducir los huecos y extraer la forma de la nueva espiga. Este proceso de prototipado rápido se realizó, por un lado, con ayuda de plastilina para la impronta y el modelo de la espiga; y, por otro lado, con yeso Alamo 70 para el molde [figura 9a]. Posteriormente, y a partir de los dos modelos de

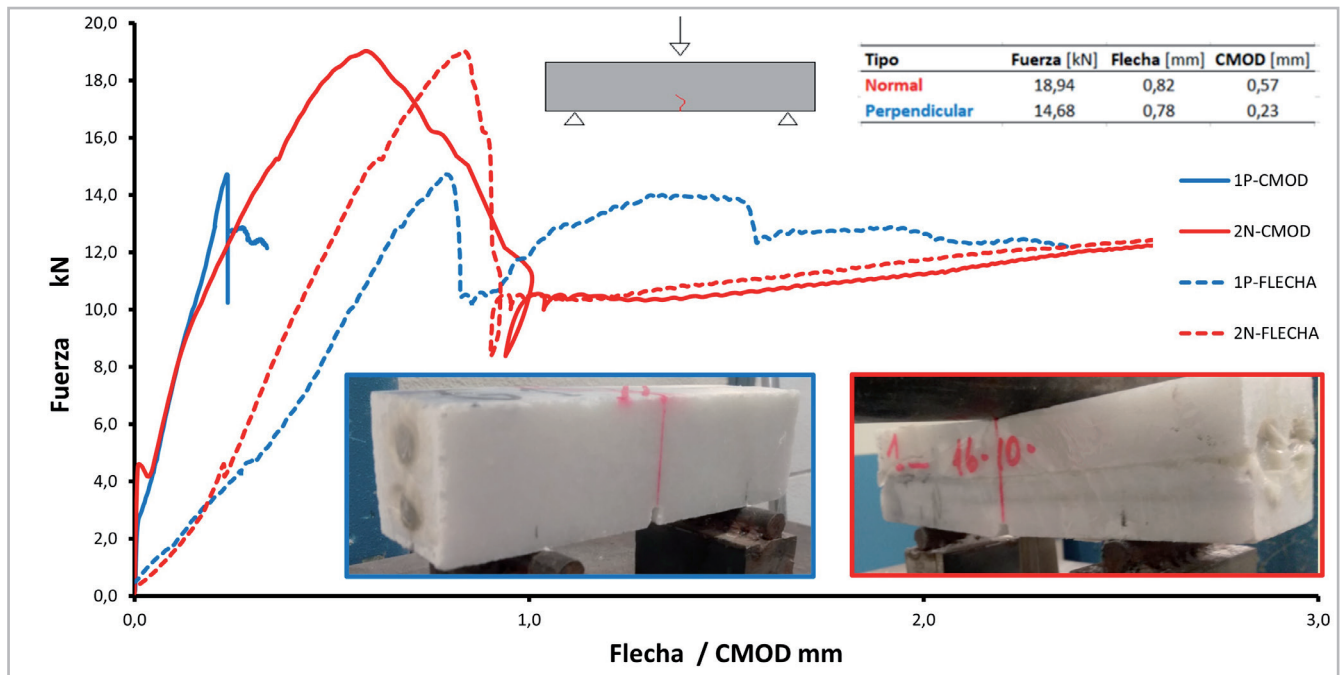


Figura 8.- Gráficas Fuerza – flecha /apertura de fisura (CMOD) en la dirección de las espigas perpendicular y normal, en el ensayo a flexión.

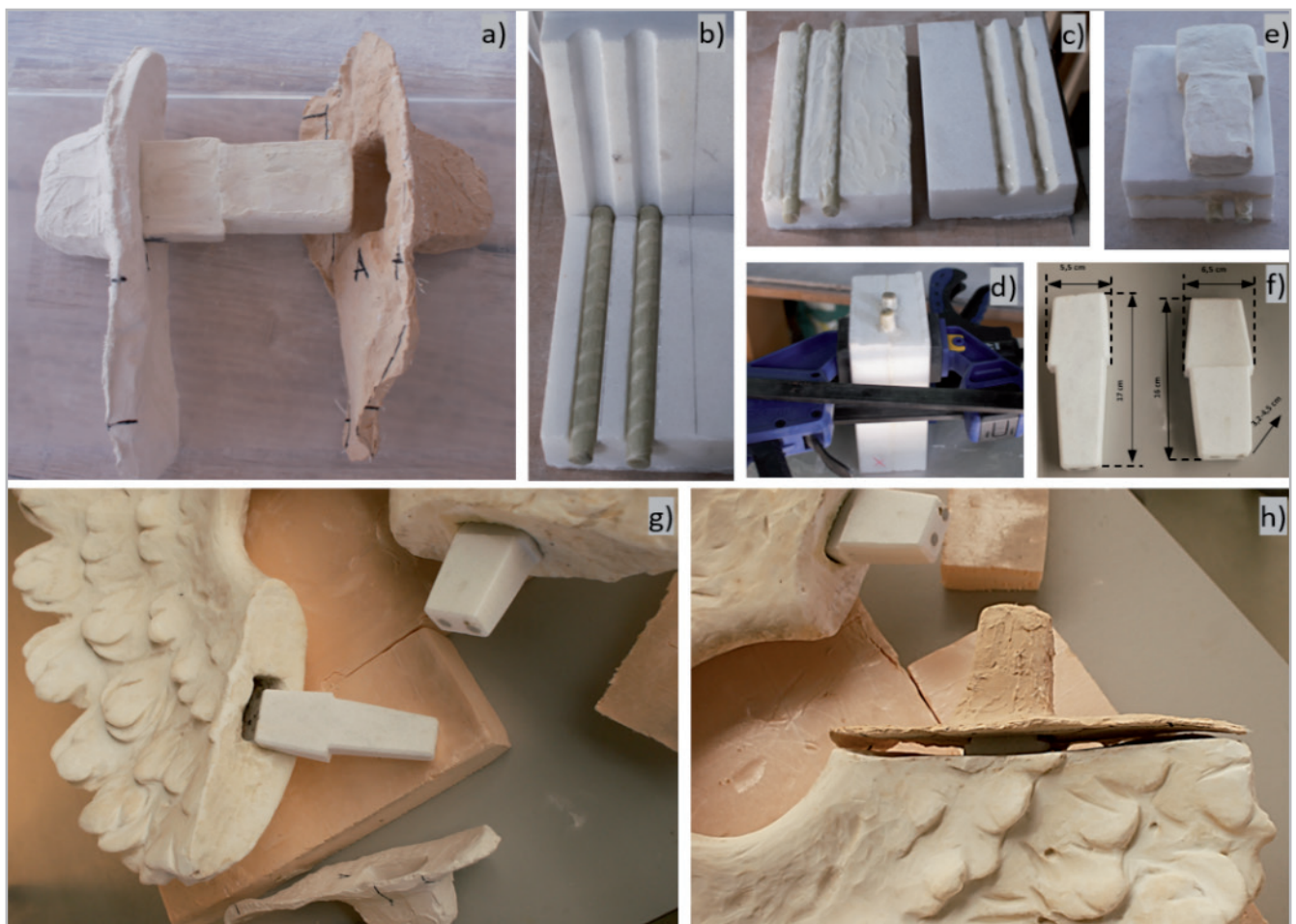


Figura 9 (a-h)- Etapa de desarrollo de las espigas híbridas reforzadas. a) Vista general del modelo de espiga obtenido con plastilina a partir de la caja de ensamblaje omóplato-base del ala, previamente moldeada; b) Losas de mármol de Macael acanaladas y varillas de fibra corrugadas; c) Aplicación de resina epoxi en ambas caras de las losas resultando las espigas embutidas en el seno del pétreo; d) Engatillado de las losas confiriéndose una adhesión óptima; e) Modelo de espiga y bloque de material pétreo con las varillas embutidas preparado para su talla; f) Espigas obtenidas tras el tallado de las piezas de material pétreo; g) Vista general de las alas con sus respectivas espigas híbridas; h) Vista de detalle de la espiga encajada en el ala y el molde de la caja correspondiente a la zona del omóplato del ángel.



Figura 10 (a-e).- Sistema de doble caja y espiga desarrollado en la figura del ángel. a) Detalle de la realización del cajeadado y ajuste de la espiga en la cavidad; b) Sellado de las juntas de las espigas con mortero inorgánico e inserción de cánulas para posterior inyección de mortero orgánico; c) Cavidades donde se alojan las espigas una vez realizado el cajeadado óptimo; d) Detalle de una de las espigas ajustada a la caja de ensamble del ala; e) Montaje definitivo de las alas sin empleo de adhesivos y totalmente reversible.



Figura 11 (a-b).-Vista parcial del Panteón de la familia Pau-Simó una vez finalizada la intervención. a) Vista frontal del ángel tras el proceso de hidrofugación; b) Detalle de la parte trasera del ángel donde se aprecia el tratamiento desarrollado.

espiga dispuestos, se tallaron las formas sobre dos piezas de mármol de Macael en las cuales se les había embutido previamente dos varillas de fibra de vidrio corrugadas de 12 mm de diámetro [figura 9b-f]. Las espigas fueron talladas en forma de pirámide truncada en sus dos extremos de modo que fueran fácilmente reversibles en los huecos del ensamblaje [figura 9g-h].

3) Ensamblaje con sistema de doble caja y espiga híbrida, y montaje

El método de ensamblaje que finalmente se materializó fue el sistema de doble caja y espiga, en el cual las espigas de las alas se alojarían en los huecos y/o cajas de la figura y viceversa. El resultado buscado debía corresponderse con un procedimiento reversible y estable. Para ello, las espigas híbridas se comprobaron in situ uniendo las alas a la figura del ángel.

Primero, se ajustaron las espigas al hueco de la caja de la figura y, posteriormente, se hizo lo mismo con las alas. El proceso consistió en embutir las espigas en los huecos de la figura, embebiéndolas con el mortero de inyección termoestable descrito anteriormente, y protegiéndolas con film de polipropileno para evitar que quedaran pegadas [figura 10a-c]. Tras su endurecimiento, se repitió el mismo proceso de ajuste con las cajas y/o huecos de las alas. El ángulo de inclinación y el ajuste óptimo de las alas a la figura del ángel fue posible gracias a la rigurosa exactitud que proporcionaron los moldes obtenidos en fases previas [figura 9a].

Posteriormente, solo quedó insertar las espigas en los huecos y/o cajas en los omóplatos, colocar las alas y sellar la junta con mortero inorgánico conforme al resto de reconstrucciones. Este procedimiento exento de adhesivos proporcionó una solución segura, estable y reversible [figura 10d-e].

e) Protección

Tratándose de un monumento expuesto a la intemperie y teniendo en cuenta la casuística analizada, la fase de protección se hizo necesaria e imprescindible dados los agentes medioambientales y patógenos del lugar. El tratamiento hidrófugo debía reducir la penetración del agua líquida y la deposición de polvo ambiental en el interior del pétreo y, a su vez, mantener la transpiración a través del sistema poroso (Wheeler 2005; García y Málaga 2012). Con el fin de combinar adecuadamente el tratamiento protector con el proceso de consolidación, se seleccionó el producto *AQUASHIELD Ultimate* de TECNAN, producto basado en nanopartículas con altas prestaciones. Los resultados de las pruebas de permeabilidad al agua de lluvia ($\leq 0,1$ ml/cm²), variación de color total ($\Delta E^* < 2,97$ unidades $\pm 1,06$, a 30 días) y tensión superficial (ángulo de contacto estático $\geq 127^\circ$) demostraron una gran efectividad del producto. Se aplicó con brocha y en una única mano. La figura 11 muestra el estado final tras la intervención del ángel alado y los ornamentos.

f) Mantenimiento y conservación preventiva

Las actuaciones de mantenimiento y conservación preventiva tienen por objeto controlar y frenar los factores extrínsecos e intrínsecos de deterioro, así como mantener la eficacia de los resultados obtenidos tras la intervención. En este sentido y, conforme dictamina la Carta del Restauo de 1987, el proceso requería un «conjunto de actuaciones programáticamente recurrentes, encaminadas a mantener el objeto de interés cultural en condiciones óptimas de integridad y funcionalidad, especialmente después de que hayan sufrido intervenciones de conservación y/o restauración».

Por tanto, la programación y ejecución de ciclos regulares de mantenimiento y de control del estado de conservación del Panteón Pau-Simó eran la única garantía para que la prevención fuera óptima y apropiada. Las actuaciones de mantenimiento que se debían seguir en la figura del ángel y, en el conjunto del panteón, se concretaron en: a) Supervisión semestral durante el primer año y medio con el fin de confirmar la idoneidad del tratamiento de consolidación, morteros e hidrofugación; b) Retirada trimestral y/o semestral de restos vegetales (pinocha, hojas secas y derivados) mediante escoba de cerdas suaves evitando depósitos y humedades en el soporte pétreo. Revisar y evitar la obturación de los tubos de desagüe; c) Limpieza superficial del soporte pétreo (polvo y depósitos varios) mediante aspiración controlada una vez al año; d) Limpieza mediante cepillado con agua destilada en zonas de manchas de origen inorgánico (arcillas) y orgánico (palominos y otros) una vez al año; e) Determinación del nivel de agregación del soporte pétreo cada dos años, y en caso necesario, aplicación de un producto consolidante de manera selectiva; f) Revisión de la calidad de la protección del soporte pétreo mediante pipeta Karsten cada dos años, y aplicación de un producto hidrofugante en caso de valores superiores a 0,3 ml/cm² ($\pm 0,1$ ml/cm²). Estas recomendaciones de mantenimiento fueron planteadas de acuerdo con unos criterios de mínima intervención y respeto por los materiales originales de la obra.

Finalmente, se recomendó que todo el proceso de mantenimiento se llevara a cabo por personal competente y cualificado para ejecutar tareas en el ámbito de la conservación y la restauración de materiales pétreos, y que dicha supervisión quedara recogida en un informe de mantenimiento del propio panteón.

Conclusiones

En la actualidad los cementerios se han convertido en grandes contenedores de obras de arte al aire libre con un importante valor histórico y patrimonial que deben ser conservados con unos principios técnicos y metodológicos de conservación y restauración. En el caso objeto de estudio, el escaso mantenimiento y la falta de medidas de conservación fueron los detonantes para que el

sistema de unión original alas-omóplatos se deteriorase comprometiéndose la estabilidad estructural de la obra.

Las espigas de ensamblaje originales, formadas por pernos de hierro embutidos en plomo y la presencia de humedad acumulada en las grietas durante años, desencadenaron el proceso de pila de corrosión del hierro. Para el desmontaje de las alas, se diseñaron dos estructuras telescópicas y móviles que las sujetaban y permitían su manipulación de manera meticulosa.

Diversos sistemas de limpieza fueron testados de acuerdo con el tipo de deterioro. La limpieza en seco se reservó para la eliminación de la suciedad superficial no adherida mientras que la presencia de la película de microorganismos y costra negra de sulfatación atendió a los principios de eficacia, no toxicidad y economicidad, empleándose para ello la *Papeta AB57* modificada a un pH 7,5 y una disolución de *bicarbonato de amonio* con *agua destilada* al 3% (p/v), mediante apósitos de pulpa de celulosa Arbocel® BC1000. Por otro lado, el producto que mejores resultados exhibió en la retirada de la película de origen biológico fue el *bicida BFA*, dado su amplio espectro de acción, neutralidad y estabilidad.

En el proceso de consolidación se empleó *Tecnadis SOLIDUS*, de manera selectiva, en aquellas zonas que presentaban disgregación sacaroidea. De igual modo, se seleccionó el producto *AQUASHIELD Ultimate* con el propósito de combinar convenientemente el tratamiento protector con el proceso de consolidación. Se aplicó en la totalidad del panteón dada su exposición a la intemperie y ante un ambiente urbano contaminado.

La fase de tratamiento de volumen fue la más compleja de todo el proceso integral de restauración del panteón. En cuanto al sellado de grietas, la inyección y cosido, fueron varios los morteros preparados, tanto de matriz orgánica como inorgánica, de acuerdo con las propiedades del soporte pétreo. Asimismo, se desarrolló un sistema de espigas híbrido piedra-fibra de vidrio que, tras someterlo a ensayo a flexión, se demostró viable y óptimo. La espiga híbrida desarrollada es reversible, mínimamente invasiva y compatible con el soporte pétreo. Con relación al método preparado de ensamblaje a doble caja y espiga, resultó ser un procedimiento estable y una alternativa eficaz frente a los sistemas de unión permanentes.

Finalmente, se reivindica en este tipo de patrimonio funerario una programación de ciclos regulares de mantenimiento y control llevados a cabo por personal cualificado del ámbito de la conservación y la restauración de materiales pétreos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible el desarrollo de

este estudio e intervención, especialmente a D. Vicente Pau Vicent por haber confiado plenamente con el equipo de intervención; a D. Francisco Juan Vidal, arquitecto responsable, por compartir momentos emocionantes; a D. Eliseo Puig, responsable de la constructora Artel Restauración de Edificios S.L., por su perseverancia y, finalmente, a D. Fernando Garrigós y D. José Javier Aguado, dirección del Cementerio General de Valencia, por su inestimable gratitud y amabilidad.

Referencias

ABDULLAH, A. H. Y ABDUL KADIR, M. R. (2016). "NSM FRP reinforcement for strengthening reinforced concrete beams-overview", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, The official scientific journal of Salahaddin University-Erbil, ZJPAS 28 (2); s178-200.

AENOR (2016). UNE-EN 16455:2016. *Conservación del patrimonio cultural. Extracción y determinación de sales solubles en la piedra natural y materiales afines utilizados en patrimonio cultural*. Comité técnico AEN/CTN 41. Madrid, España.

AENOR (2016). UNE-EN 16302:2016. *Conservación de patrimonio cultural. Método de ensayo. Medición de la absorción de agua por el método de la pipeta*. Comité técnico AEN/CTN 41. Madrid, España.

AENOR (2011). UNE-EN 15886:2011. *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de superficies*. Madrid, España.

AENOR (2010). UNE-EN 15802:2010. *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático*. Madrid, España.

AENOR (2007). UNE-EN 14651:2007+A1. *Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación de la resistencia a la tracción por flexión (límite de proporcionalidad -LOP, resistencia residual)*. Comité técnico AEN/CTN 127. Madrid, España.

AENOR (2004). UNE-EN 1262:2004. *Agentes de superficie. Determinación del valor del pH en disoluciones o dispersiones*. Comité técnico AEN/CTN 55B. Madrid, España.

AKOGLU, K. G.; KOTOULA, E.; SIMON, S. (2020). "Combined use of ultrasonic pulse velocity (UPV) testing and digital technologies: A model for long-term condition monitoring memorials in historic Grove Street Cemetery", *New Haven, Journal of Cultural Heritage*, 41:84-95, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.07.015>.

ARIÈS, Ph. (1983). *El hombre ante la muerte*. Madrid: Taurus, 441-445.

BARD, A. J.; FAULKNER, R. F., (2001). *Electrochemical methods: fundamentals and applications*. 2nd ed.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ.

- BERGE, B.; BUTTERS, C.; HENLEY, F. (2009). *Chapter 17 - Fixings and connections*, Editor(s): Bjørn Berge, Chris Butters, Filip Henley, The Ecology of Building Materials (Second Edition), Architectural Press, 369-380, <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-537-1.00017-2>.
- CASTELNUOVO, E. (1992). *Niveo de Marmore. L'uso artistico del marmo di Carrara dall'XI al XV secolo Edizioni Colombo*, Genova.
- CATALÁ, M.A. (2007). *El Cementerio General de Valencia. Historia, Arte y Arquitectura 1807-2007*. Lalmprenta CG., Valencia.
- CARTA DE CRACOVIA (2000). "Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido". https://www.researchgate.net/publication/272563225_CARTA_DE_CRACOVIA_2000_PRINCIPIOS_PARA_LA_CONSERVACION_Y_RESTAURACION_DEL_PATRIMONIO_CONSTRUIDO. [consulta: 01/02/2021].
- CHMIELEWSKI, R. y KRUSZKA, L. (2015). "Application of selected modern technology systems to strengthen the damaged masonry dome of historical St. Anna's Church in Wilanów (Poland)", *Case Studies in Construction Materials*, 3: 92-101, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.08.001>.
- DRDÁCKÝ, M., LESÁK, J., y RESCIC, S. et al. (2012). "Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces", *Mater Struct* 45: 505–520 <https://doi.org/10.1617/s11527-011-9778-x>
- ESCRIVÁ, F. (2015). *Nuevos museos y nuevas tecnologías: una propuesta de musealización para el Cementerio General de Valencia*, 107.
- GARCÍA, O. y MALAGA, K. (2012). "Definition of the procedure to determine the suitability and durability of an anti-graffiti product for application on cultural heritage porous materials", *J. Cult. Herit.*, 13: 77-82.
- GROSSI, C.; ESBERT, R.; DÍAZ-PACHE, F.; ALONSO, F. (2003). "Soiling of building stones in urban environments", *Build. Environ.*, 38: 147-159.
- GUIAMET, P., CRESPO, M.; LAVIN, P.; PONCE, B.; GAYLARDE, C.; GÓMEZ DE SARAVIA, S. (2013). "Biodeterioration of funeral sculptures in La Recoleta Cemetery, Buenos Aires, Argentina: Pre- and post-intervention studies", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 101: 337-342, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2012.06.025>.
- ICOMOS-ISCS. (2008). *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*.
- IMM (Internazionale marmi e macchine) (2010). *The Tuscan marble identities*, Signa (FI).
- KOCH, A., SIEGESMUND, S. (2004). "The combined effect of moisture and temperature on the anomalous expansion behaviour of marble", *Environ. Geol.*, 46: 350-363.
- KOURKOULIS, S. K. y PASIOU, E. D. (2009). "Epistyles Connected with "I" Connectors Under Pure Shear". *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, 2: 81-99.
- KOURKOULIS, S.; PANAGIOTOPOULOU, V.; GANNIARI-PAPAGEORGIOU, E. (2012). "The role of the fracture plane's inclination in the restoration of marble epistyles". *Journal of Cultural Heritage* 13: 426–436.
- KRÖNER, SU.; MAS BARBERÀ, X.; DOMENECH CARBO, MT. (2010). "Evaluation of the efficiency of resin bound mortars in the ambit of stone restoration". *Arché.* (4-5): 173-178. <http://hdl.handle.net/10251/31802>
- KRÖNER, S. U.; DOMENECH CARBO, MT.; MAS-BARBERÀ, X. (2010). "Hydraulic lime mortar in the ambit of stone restoration: evaluation of applicability". *Arché.* (4-5):181-188. <http://hdl.handle.net/10251/30750>
- MAS BARBERÀ, X. (2006). *Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y réplicas, de elementos pétreos escultórico-ornamentales* [Tesis doctoral publicada]. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/1941>
- MAS-BARBERÀ, X., & DURÉNDEZ HERNÁNDEZ, M. (2011). "La restauración en situaciones límite de pérdida estructural. La imponente pila bautismal renacentista de la Iglesia de Santa María de Ontinyent (Valencia)". *Ge-Conservacion*, 2: 113-128. <https://doi.org/10.37558/gec.v2i2.45>
- MAS-BARBERÀ, X.; KRÖNER, S.U.G.; ALBIOL IBÁÑEZ, JR.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, MA. (2017). "Intervención de la escultura de la mare de déu dels deseparats y pedestal del escultor silvestre d'Edeta, la Pobra Llarga (Valencia)". *Arché.* (11 - 12): 119-130. <http://hdl.handle.net/10251/101286>
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2013). *Proyecto COREMANS: Criterios de intervención en materiales pétreos* Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicación. <<https://goo.gl/PWUs6f>> [Consulta: 2017-07-26].
- MICHEL, L.; PHI DO, D.; HOXHA, D.; COIGNARD, B.; BRUNETAUD, X.; AL MUKHTAR, M. (2012). "Numerical study of the stability of restoring damaged sculpture". En *12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*, Columbia University, New York.
- RAHBAR, N.; JORJANI, M.; RICCARDELLI, C.; WHEELER, G.; YAKUB, I.; TING TAN; SOBOYEJO, W.O. (2010). "Mixed mode fracture of marble/adhesive interfaces", *Materials Science and Engineering: A*, 527: 4939-4946. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.04.029>.
- RIEGERT, M. y TURKINGTON, A. (2003). "Setting stone decay in a cultural context: conservation at the African Cemetery No. 2", Lexington, Kentucky, USA, *Building and Environment*, 38: 1105-1111. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(03\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(03)00087-8).

RIGHETTI, L.; CORRADI, M; BORRI A. (2015). "Basalt FRP spike repairing of wood beams". *Fibers*. 3(3): 323-337. <https://doi.org/10.3390/fb3030323>

RODRIGO, C. (2014). "Monumentos funerarios en Valencia". En: *El mundo de los difuntos: culto, cofradías y tradiciones San Lorenzo del Escorial*, 1: 511-524, Disponible en: <<https://goo.gl/G2ffdr>> [Consulta: 2017-07-26].

ROIG-SALOM, JL., DOMÉNECH-CARBÓ, MT., DE LA CRUZ-CAÑIZARES, J. ET AL. (2003). "SEM/EDX and vis spectroscopy study of the stability of resin-bound mortars used for casting replicas and filling missing parts of historic stone fountains". *Anal Bioanal Chem* 375: 1176-1181 <https://doi.org/10.1007/s00216-003-1826-0>.

ROSEWITZ, J.; MUIR, C.; RICCARDELLI, C.; RAHBAR, N.; WHEELER, G. (2016). "A multimodal study of pinning selection for restoration of a historic statue". *Materials & Design*, 98: 294-304. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.03.004>.

SASSONI, E.; GRAZIANI, G.; FRANZONI, E. (2015). "Repair of sugaring marble by ammonium phosphate: Comparison with ethyl silicate and ammonium oxalate and pilot application to historic artifact". *Materials & Design*, 88: 1145-1157. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.09.101>.

SCESI, L.; PAPINI, M.; GATTINONI, P. (2006). *Geologia applicata, il rilevamento geologico-tecnico*, vol. 1, Editrice Ambrosiana, II edizione.

SIEGSMUND, S., ULLEMEYER, K., WEISS, T. ET AL. (2000). "Physical weathering of marbles caused by anisotropic thermal expansion". *Int. Journ Earth Sciences* 89: 170-182. <https://doi.org/10.1007/s005310050324>

SIEGSMUND, S., RÜDRICH, J., KOCH, A. (2008). "Marble bowing: comparative studies of different public building facades". En *Monumental Future: Climate Change, Air Pollution, Stone Decay and Conservation, Environmental Geology*, 56: 473-494.

SIEGSMUND, S.; KRACKE, T.; RUEDRICH, J.; SCHWARZBURG, R. (2010). "Jewish cemetery in Hamburg Altona (Germany): State of marble deterioration and provenance". *Engineering Geology*, 115(3-4): 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.07.008>.

SIERRA-FERNANDEZ, A., GOMEZ-VILLALBA, L. S., RABANAL, M. E. y FORT, R. (2017). "New nanomaterials for applications in conservation and restoration of stony materials: A review". *Materiales de Construcción*, 67(325): e107. <https://doi.org/10.3989/mc.2017.07616>.

SOLAZ, R. (2007). "Museo del Silencio, rutas guiadas por el Cementerio General de Valencia". <https://museodelsilencio.com/> [Consulta: 2017-07-31].

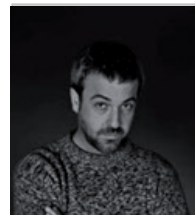
TING TAN; RAHBAR, N.; BUONO, A.; WHEELER, G.; SOBOYEJO, W. (2011). "Sub-critical crack growth in adhesive/marble interfaces",

Materials Science and Engineering: A, 528(10-11): 3697-3704. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.01.001>.

WEISS, T., SIEGSMUND, S., FULLER, E. (2003). "Thermal degradation of marbles: Indications from finite element modelling". *Build. Environ.*, 38: 1251-1260.

WHEELER, G. (2005). *Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles.

Autor/es



Nemesio Canet Company

info@nemecanet.com

Conservador-restaurador/Escultor

Graduado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales, en la especialidad de c+r de Escultura y Arqueología, por la Universitat Politècnica de València, en 2017. Técnico Superior de Artes plásticas y Diseño en Artes Aplicadas a la Escultura por la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Valencia y, escultor al que avalan años de experiencia en el sector de la piedra tallada, el mármol y el barro, discípulo del escultor valenciano Evarist Navarro.



Xavier Mas-Barberà

jamasbar@upvnet.upv.es

Facultad de Bellas Artes de la Universitat Politècnica de València (UPV)

Profesor catedrático de Universidad en el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Facultad de Bellas Artes de la Universitat Politècnica de València (UPV). Investigador miembro del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP) de la UPV, en el Taller de C+R de Escultura y elementos Ornamentales. Participa en diversos contratos y proyectos de I+D+i y dirige diferentes proyectos de investigación desarrollando nuevas metodologías basadas en la aplicación de materiales y técnicas en los procesos de tratamiento y reproducción de obras de arte. La relevancia de estos trabajos queda patente en diversas publicaciones en revistas nacionales e internacionales, actas de congresos especializados y contribuciones a libros.



José R. Albiol-Ibáñez

joalib1@csa.upv.es

Ingeniería de Edificación de la Universitat
Politécnica de València (UPV)

Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la ETS de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València (UPV). Investigador miembro del Centro de Investigación de Tecnología de la Edificación (CITE). Participa en diversos contratos y proyectos de I+D+i y dirige diferentes proyectos de investigación desarrollando materiales avanzados en el campo de los hormigones, materiales compuestos, materiales reciclados y tecnologías de la impresión 3D en el sector de la construcción. La relevancia de estos trabajos queda patente en diversas publicaciones en revistas nacionales e internacionales, actas de congresos especializados y contribuciones a libros.

Artículo enviado el 23/06/2020

Artículo aceptado el 24/02/2021



<https://doi.org/10.37558/gec.v19i1.786>