



Detalle de la fachada principal / Detail of the main façade. Fuente / Source: Archivo Casa Batlló

Restauración de la fachada de Casa Batlló de Gaudí

Restoration of the main façade of Gaudí's Casa Batlló

Xavier Villanueva¹, Joan Olona², Manuel Angel Iglesias-Campos³, Mireia Bosch⁴, Joan Ramon Rosell⁵,
Antonia Navarro⁶, Ignasi Villanueva⁷

1. Arquitecto; 2. Dr. Arquitecto Técnico UPC/La Salle Arquitectura - URL; 3. Doctor en Conservación-Restauración, Universidad de Barcelona; 4. Arquitecta Técnica e Ingeniera; 5. Dr. Arquitecto Técnico e Ingeniero, UPC; 6. Doctora en Geología, UPC; 7. Ingeniero de Caminos.

Palabras clave: Piedra Montjuic, *trencadís*, cemento natural, nanopartículas, nube de puntos

Keywords: *Montjuic sandstone, trencadís, natural cement, nanoparticles, point cloud*

De acuerdo con el plan director, el proyecto inicial de restauración de la fachada de la casa Batlló del arquitecto Antoni Gaudí, contemplaba una mínima intervención de mantenimiento y conservación. Previamente al inicio de la restauración, se realizaron estudios y ensayos para conocer, testar y determinar las diferentes metodologías y materiales que se iban a utilizar. Desvelaron procesos patológicos y hallazgos hasta la fecha no documentados sobre las técnicas constructivas. El estudio organoléptico y los resultados de estos ensayos permitieron consensuar los procedimientos y materiales a emplear.

In accordance with Casa Batlló's Conservation Plan, the initial project contemplated a minimal intervention of maintenance and conservation. Prior to the start of the intervention, studies and tests were carried out, to find out, check and determine the different methodologies and materials to be used. However, a careful inspection of the façade revealed pathological processes and undocumented findings about the construction techniques. These studies and the results of the tests allowed to agree upon the procedures and materials to be used.

*Texto original: castellano. Traducción al inglés: autores.

*Original text: Spanish. English translation: authors.

El proyecto de restauración de la fachada de Casa Batlló parte del análisis del proyecto que redactó Antoni Gaudí, que consistió en la rehabilitación y modificación del edificio que la familia Batlló-Godó había adquirido en pleno centro del Passeig de Gràcia de Barcelona. Junto a Casa Batlló y en la misma época, destacados arquitectos proyectaron otras casas que en su día compitieron por los premios urbanísticos convocados por el Ayuntamiento de Barcelona, de ahí que este tramo se conociera como la ‘Manzana de la Discordia’. El estilo modernista destaca entre ellas y conforman este grupo único la Casa Amatller (1818-1900) del arquitecto Josep Puig i Cadafalch, la Casa Mulleras (1898-1906) de Enric Sagnier y la Casa Lleó Morera (1902-1906) de Lluís Domènech i Montaner (fig. 3). La reforma que realizó Gaudí (1904-1906) supuso un cambio radical en la fachada mediante tres grandes actuaciones. En primer lugar en la parte baja se sustituyeron los dos primeros niveles del edificio preexistente por una tribuna en piedra de Montjuïc, que se comporta isostáticamente, diseñada con una doble solución. Mientras que en el plano interior una serie de arcos de piedra y columnas con juntas de plomo resuelven la transmisión directa de las cargas de los muros de la fachada original, en el plano exterior los sillares de piedra conforman un elemento autoportante. Esta fachada difiere de la posterior Casa Milá, también obra de Gaudí en el mismo Passeig de Gràcia, sustentada en una estructura metálica porticada interior.

The recent restoration project of the Casa Batlló façade was based on preliminary analysis of Antoni Gaudí’s project, which consisted of the rehabilitation and modification of the building owned by the Batlló-Godó Family that had been acquired in the heart of Barcelona’s Paseo de Gracia. Together with Casa Batlló and at the same time, prominent architects designed other houses that once competed for the urban awards organized by the Barcelona City Council, which is why this section was known as the ‘Manzana de la Discordia’ - the discordant block. The modernist style stands out, and among this unique group are found the Casa Amatller (1818-1900) by the architect Josep Puig i Cadafalch, Casa Mulleras (1898-1906) by Enric Sagnier and Casa Lleó Morera (1902-1906) by Lluís Domènech i Montaner (fig. 3).

At Casa Batlló, Gaudí carried out the reform of the facade (1904-1906) that consisted of a radical change through three major actions. In the lower part of the façade, the first two levels of the pre-existing building were replaced by a Montjuïc stone gallery, which acts like two isostatic structures in parallel. While in the interior plane a series of stone arches and columns with lead joints solve the direct transmission of the loads of the walls of the original front of the building, in the exterior plane, the stone blocks form a self-supporting element. Here the façade is not, as in the later Casa Milá (another work by Gaudí on the very same street), a façade supported by an interior porticoed metal structure.



1

2



3



1. La denominada “Manzana de la discordia”
 1. The so-called “Block of contention”
 Postal antigua / Old post card, Institut Amatller d’ Art Hispànic
2. Vista aérea actual de la denominada “Manzana de la discordia”
 2. Current aerial view of the so-called “Block of contention”
 Fuente / Source: Archivo Casa Batlló
3. Fachada: imagen de la fachada de la casa Batlló contextualizada en su entorno más inmediato
 3. Image of the facade of Casa Batlló contextualized in its immediate surroundings
 Autor / Author: Joan Olona



4

La configuración autoportante de la fachada se pone de manifiesto formalmente en cada cambio de planta, ya que la piedra fluye con pliegues sobrepuestos a cada uno de los niveles inferiores que resuelve¹. Estos no solo responden a criterios formales, sino que resuelven la evacuación de la escorrentía de los balcones, controlada mediante pliegues, surcos y aristas (fig. 4).

Josep Bayó afirmaba que no existe ningún elemento metálico en la composición constructiva de la fachada. Sin embargo, en el proceso de restauración se realizó una campaña de verificación con magnetómetro² y se pudo detectar un patrón de distribución que responde a la lógica constructiva: bajo cada una de las columnas que forman la tribuna se registró una estructura de hierro, excepto en las dos laterales (más gruesas), que disponen de una estructura doble con eje de la columna entre ellas. De forma sistemática, se han detectado lo que se ha interpretado como espigas de conexión entre elementos relativamente esbeltos. Los sillares de piedra presentan encajes visibles en las zonas de contacto que se resuelven con injertos, de piedra o de mortero, para solucionar la dificultad de la estereotomía de las formas blandas de los sillares. Las imágenes históricas muestran un rejuntado de tonalidad clara que delimita perfectamente los sillares a diferencia de lo que se observó a escasa distancia en la fase inicial de diagnóstico (fig. 5).

La segunda gran actuación tuvo lugar en el paramento vertical, donde Gaudí ordenó cincelar los muros de ladrillo para configurar la forma ondulante de la superficie a recubrir con la técnica del *trencadís* que, como ya identificó Carlos Flores, “combina fragmentos de vidrio y cerámica con discos de

The self-supporting configuration of the façade is formally revealed at each floor, since the stone flows with folds superimposed on each of the lower levels as they are resolved¹. These not only respond to formal criteria but also serve to throw off rainwater runoff from the balconies, with the flow controlled by folds, grooves and edges (fig. 4).

Josep Bayó affirms that there are no metal parts in the constructive make-up of the facade. However, in the restoration process, specific research was carried out to test this, using a magnetometer². It was possible to detect a distribution pattern that reflects a constructive logic: under each of the columns that make up the gallery an steel structure has been detected, except on the two slightly thicker sides which have a double structure with the axis of the column between them. In a systematic way, what has been interpreted as connecting rods between relatively slender elements have been detected. The stone blocks can be seen to be fitted snugly together in the contact areas and this is achieved with grafts, made of stone or mortar, which solve the difficulty of cutting the stone into organic forms. But the historical images show a grouting done in light tones, which perfectly outlines the blocks, unlike what was observed at short range during the initial diagnosis phase (fig. 5).

The second major action took place in the vertical surface, where Gaudí ordered the sculpting of the brick finish in order to set up the undulating shape of the wall that is covered with the “*trencadís*” technique which, as

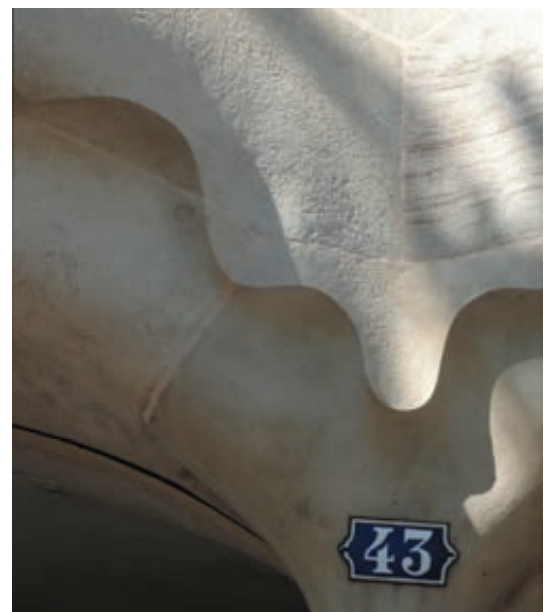
este último material, de cinco tamaños diferentes, que sirven como guía para ordenar la composición general desde el punto de vista cromático”³ (fig. 6). Sobre la fábrica cincelada hay una capa fina de regularización realizada con cemento natural, material empleado para moldear las nuevas ondulaciones de la fachada⁴. Sobre este estrato se extiende una mano de mortero que en tierno recibe las piezas de cristal que, al ser presionadas, provocan el rebose lateral del mortero de base configurando así directamente el rejuntado entre cristales y, a la vez, definen la huella exacta de la geometría del cristal original, hecho fundamental para el actual proceso de restauración⁵. No obstante, al empezar el proceso de limpieza se verificó la presencia de dos tipos de morteros de base de colocación del *trencadís* hasta el momento no documentados. Realizado el mapeado de estas bases, se ha podido constatar un patrón que compone la fachada en unas franjas en diagonal, alternando el mortero blanco y gris.

La tercera propuesta de Gaudí para reformar la fachada supone el aumento de dos plantas, la inferior destinada a viviendas y la superior para lavaderos generales de la casa. Esta última se soluciona mediante arcos catenarios de ladrillo macizo sencillo, y genera en fachada una mansarda revestida con tejas cerámicas de gran tamaño y diversos colores⁶ (fig. 7).

Otro punto singular se encuentra en el arranque del recrecido de las dos nuevas plantas. Aquí Gaudí propone una solución bajo el alféizar de la ventana que consiste en dejar un hueco, ya que en el caso que los asientos no sean similares a los dos lados de la ventana, se puede romper el alféizar.

Carlos Flores has already identified, combines glass and ceramic shards with discs of the latter material, in five different sizes, that serve as a guide to order the overall composition from the chromatic point of view”³ (fig. 6). On top of the cut brickwork, there is a thin levelling layer made of natural cement, a material used to mold the new undulations of the facade⁴. A layer of lime mortar can be found over this, which gently receives the glass pieces, which when pressed, cause the mortar underneath to rise up around it, thus directly configuring the grouting between the pieces and at the same time defining the exact trace of the geometry of the original glass, an important fact for the current restoration process⁵. However, at the beginning of the cleaning process, the presence of two types of mortar base for fixing the “*trencadís*” was verified, which until now had not been documented. Once these had been mapped, it was possible to make out a pattern of diagonal stripes across the façade, alternating white and gray mortar. Gaudí’s third proposal to reform the façade involves the increase of two floors, the first for apartments and the top floor for general laundry rooms for the building, the latter solved by simple solid brick catenary arches. This floor forms a mansard in the facade, finished with large ceramic tiles of a variety of colours⁶ (fig. 7). Another singular point is found at the start of the build-up of the two new floors. Here Gaudí proposes a solution under the window sill that consists of leaving a gap, since if the subsidences are not similar to the two sides

5



4. Detalle de fachada: el relieve en espiral de la parte superior reduce la velocidad de la escorrentía. Esta es conducida por los pliegues a la arista en la parte inferior, que funciona como un gran goterón de evacuación

4. Facade detail: the spiral relief of the upper part reduces the speed of the runoff that is led by the folds to the ridge in the lower part that works as a large rainwater spout

Autor / Author: Joan Olona

5.a. Detalle de los sillares de piedra acceso en la fachada principal (1906)

5.a. Detail of the stone ashlar of the entrance on the main façade (1906)

Fuente / Source: Archivo Casa Batlló

5.b. Estado final de los sillares y rejuntados tras la restauración

5.b. Ashlars and joints once restored

Autor / Author: Joan Olona



6

7



6. Detalle del *trencadís*: los discos cerámicos esmaltados generan el patrón compositivo de los vidrios de colores a su alrededor

6. Detail of "trencadís": image of the facade of Casa Batlló contextualized in its immediate surroundings

7. Mansarda: alzado fotogramétrico de la zona de pisos añadidos. Se observa la disposición de agujeros bajo ventana de transición entre la nueva construcción y el muro existente, así como de la mansarda revestida de cerámica

7. Mansard: rectified photograph of the added floors area. The arrangement of holes under the transition window between the new construction and the existing wall can be observed, as well as the ceramic-clad mansard

8. Ventana: arriba, ventana de la planta cuarta de Casa Batlló; abajo, ventana en San Francesco della Vigna, Venecia, de Carlo Lodoli

8. Window: up, fourth floor window Casa Batlló; down, window in San Francesco della Vigna by Carlo Lodoli

Fotogrametría / Photogrammetry: Jaime Salguero

Esta idea recuerda a las lecciones de Lodoli sobre el problema mecánico que resuelve la acción del peso transmitido por las jambas sobre el antepecho de la ventana, que tienden a romper el alféizar por su mitad⁷. Igualmente, el balcón rehundido para resolver el encuentro con la fachada de Puig i Cadafalch, presenta dos peldaños para adecuarse a la junta constructiva entre el muro original desde donde arranca el recreado de Gaudí (fig. 8). En enero de 2019 empezaron los trabajos de restauración de la fachada principal. Se buscaba un control exhaustivo en la ejecución, por lo que se dividió en paquetes el conjunto de las tareas sin la concurrencia de una constructora general. Se deslindaron dos ámbitos de actuación: de la planta baja hasta la cuarta (material predominante piedra y *trencadís*), por una parte, y el nivel bajo cubierta y mansarda, por la otra (*trencadís* y revestimiento cerámico), a fin de adecuar los equipos en función del material predominante. Paralelamente, otros equipos se centraron en las tareas de carpintería, vitrales y ayudas de albañilería.

La fachada presentaba un estado medio de conservación gracias principalmente a las intervenciones de la década de 1980, y en el 2000, esta última de la mano del arquitecto Xavier Villanueva y la constructora Sapic. En la propuesta actual, previamente se establecieron criterios generales y específicos para el conjunto de los trabajos, como la reintegración y sustitución de piezas perdidas, a partir del umbral de una pérdida matérica superior al 70%.

of the window, the window sill can break. That's recalls the lessons of Lodoli, according the mechanical problem that to solve the loads carried by the jambs to the stone sill, which could break this stone sill by the middle⁷. Likewise, the recessed balcony to resolve the encounter with the neighbouring façade by Puig i Cadafalch, has two steps to adapt to the horizontal joint of the original bearing wall from where Gaudí's build-up starts (fig. 8).

In January 2019, the restoration work began on the main facade. The need for complete control over the works meant that all the tasks were divided into specialist packages, without the need for a general contractor. It was divided into two areas of action: from the ground floor to the fourth (predominantly stone material and "trencadís"), and the lower level roof and mansard on the other hand ("trencadís" and ceramic cladding), in order to ensure the expertise of the teams based on the predominant material. At the same time, the other teams focused on tasks involving windows, stained glass and providing assistance.

The façade was in a middling state of conservation mainly thanks to the interventions of the 1980s and in 2000, this last one by the architect Xavier Villanueva, and the contractor Sapic. For the current proposal, general and specific criteria were previously established for all the works, such as the reintegration and replacement of lost parts, from the threshold of a material loss greater than 70%.

Pero estos criterios debieron que adecuarse a dos grandes retos: el desconocimiento de las técnicas utilizadas en las restauraciones anteriores y, por otro lado, la detección de una serie de hallazgos sobre los sistemas constructivos usados por Gaudí en la fachada de Casa Batlló hasta la fecha no documentados (fig. 10).

De las restauraciones anteriores, solo se disponía de información verbal sobre los sistemas de intervención, que indicaba que se habían centrado en la consolidación del revestimiento de *trencadís* a la hoja principal de fachada mediante la inyección de resina bicomponente, así como en la reposición de fragmentos de vidrio y reintegración de lagunas relacionadas con instalaciones eléctricas en desuso. La limpieza de la piedra se había realizado mediante proyección de microesferas de vidrio y agua caliente, y se había aplicado un producto protector, sin tener datos más concretos de ambos tratamientos. En las carpinterías de madera y al hierro de los balcones, se había realizado una intervención de restitución del acabado de pintura.

Respecto a la segunda cuestión, fueron tres los descubrimientos que determinaron el replantamiento de los criterios generales de intervención, debido a la importancia que representan para el conocimiento de la obra gaudiniana. El primero, la aparición al inicio de los procesos de limpieza de dos rejuntados históricos diferentes en los sillares de piedra. El segundo fue el hallazgo de dos morteros de base del *trencadís*, que obligó a su mapeado previo en la totalidad de la fachada, a la caracterización del material y a la determinación de los criterios de intervención. Finalmente, las estratigrafías iniciales de las carpinterías no



But these criteria had to be adapted to two major problems: the lack of knowledge about the techniques used in the previous restorations and, on the other hand, some previously undocumented findings regarding the construction systems used by Gaudí on the facade of Casa Batlló (fig. 10).

Regarding the first point, only verbal information was available on the types of intervention that had been done, which indicated that they had focused on the consolidation of the “*trencadís*” cladding to the main facade by injecting epoxy resin, as well as the replacement of glass fragments and reintegration of gaps around disused electrical wiring. The stone cleaning had been carried out by projection of glass microspheres and hot water, and a protective product had been applied, but no more specific data was available on either treatment. With respect to the wooden window carpentry and the ironwork of the balconies, an intervention had been carried out to restore the paint finish.

Regarding the second, three discoveries determined the re-examination of the general intervention criteria, due to their importance in understanding Gaudí's work. Firstly, the appearance at the beginning of the cleaning processes of two different historical grouts in the stone blocks. The second was the discovery of two “*trencadís*” base mortars, which first forced the mapping of the entire facade, characterization of the materials and establishment of intervention criteria. Finally, the initial stratigraphies were not able to verify the original finishes of the window



8



9

permitían concluir acerca de los acabados originales, circunstancia que provocó la realización de una segunda tanda de ensayos hasta la verificación de un doble acabado: verde oscuro para las persianas de librillo y verde claro para las hojas, así como el recubrimiento dorado del emplomado de los vitrales de la tribuna.

Para atender estas cuestiones se estimó necesario realizar un estudio y seguimiento de los trabajos de intervención centrado en la limpieza y protección de la piedra y en los morteros de rejuntado de los sillares y del *trencadís*, adaptando a la situación de ensayos *in situ* las normas UNE de Conservación de Edificios y de Conservación del Patrimonio Cultural referidas en la bibliografía, y teniendo en cuenta otros trabajos sobre el tema (Iglesias Campos 2014a).

MATERIAL PÉTREO

El material pétreo de la fachada es la arenisca de Montjuic. Presenta un buen estado de conservación, sin disgregaciones significativas. En la planta baja, los depósitos de suciedad compactada eran de escaso grosor con diferentes grados de adherencia, mientras que en el resto del paramento estaban más localizados y tenían menor coherencia, con mayor acumulación en zonas protegidas del lavado de la lluvia. También se apreciaban en los planos horizontales crecimientos puntuales de hongos y pequeños líquenes que colonizaban algunas cavidades texturales de la piedra. Además, cuando se iluminaba

carpentry, which led to a second round of tests until a double finish was verified: dark green for the Persian blinds and light green for the leaves, and a golden finish on the leadwork of the stained glass windows of the gallery. To help meet these challenges, it was considered necessary to carry out a study and follow-up of the new intervention works related to both the cleaning and protecting the stone and grouting of the blocks, and the “*trencadís*”, adapting the UNE standards for Conservation of Buildings and Conservation of Cultural Heritage to the situation on site. These standards are referred to in the bibliography, and the studies took into account other works on the subject (Iglesias Campos 2014a).

STONE WORK

The stone material of the façade is Montjuic sandstone in a good state of conservation and without significant deterioration. On the ground floor, the compacted dirt deposits were of low thickness with different degrees of adherence, while in the rest of the surface they were more localized and were less marked, accumulating more in areas protected from the washing effect of rain. In the horizontal planes, sporadic growths of fungi and small lichens that had colonized some textural cavities in the stone were also found. In addition, when the surface of the stone was illuminated with artificial light, a certain brightness could be observed due to the presence of a water repellent agent applied in the last intervention, mainly on the lower floor.

la superficie de la piedra con luz artificial se podía observar un cierto brillo debido a la presencia del hidrorrepelente aplicado en la última intervención, principalmente en la planta inferior.

También se utilizó mármol en las balastradas de los balcones situados sobre la galería. Su estado de conservación general era relativamente bueno, con depósitos de suciedad con diferentes grados de adherencia y costras negras de poco grosor. El pasamanos y la cara frontal de los balaustres, superficies más afectadas por el agua de lluvia, tenían cierta disolución diferencial y ligera arenización. La presencia de biodeterioro era escasa, aunque microscópicamente se observaban pequeños crecimientos fúngicos que se habían desarrollado entre los cristales del mármol. En este material, a diferencia de la arenisca, no se observó una presencia significativa de hidrorrepelente.

Los tratamientos principales que se llevaron a cabo en los materiales pétreos fueron la limpieza y la protección, y se determinaron a partir de pruebas y evaluaciones *in situ* durante la intervención.

En la planta baja se realizaron diversas catas de limpieza, sobre capitel, basa y fuste, al tratarse de zonas que presentaban diferentes grados de suciedad, menor en el capitel y mayor en la basa, pero representativas de la problemática general. Las primeras pruebas consistieron en una limpieza general en seco de la zona de ensayo con cepillo suave y aspiración para retirar el polvo superficial. Posteriormente se delimitaron áreas para realizar tratamientos con agua y cepillo suave, agua y esponja, y vapor y cepillo de dureza

Marble was also used in the balustrades of the balconies located above the gallery. Its general state of conservation was relatively good, with dirt deposits of different degrees of adherence forming thin black crusts. The handrail and the front face of the balusters, surfaces most affected by rainwater, had a certain uneven dissolution and slight erosion. The presence of biodeterioration was scarce, although microscopically small fungal growths that had developed between the crystals of the material were observed. In this material, unlike the sandstone, no significant traces of water repellent were found.

The main treatments that had been carried out on the stone materials were cleaning and protection, which were determined from tests and evaluations *in situ* during the intervention.

On the ground floor, various cleaning tests were carried out, on the capital, base and shafts of columns, as these were areas that had different degrees of dirt, less on the capital and to a greater extent on the base, but representative of the general problem.

The first tests consisted of a general dry cleaning of the test area with a soft brush and vacuum to remove surface dust. Later, areas were marked out for treatments with water and a soft brush, water and sponge, and steam and a soft brush, as references for cleaning surfaces with little dirt such as the capital; and others with steam and a brush of medium hardness, for cases where the thickness of the deposits was greater, such as the base.



10

9. Detalles fachada principal restaurada
 9. Some details of main façade once restored

10. Estado de conservación: erosión de los rejuntados y descamación de los elementos cerámicos; pérdida y sobreposición de rejuntados; desprendimientos puntuales de vidrio

10. State of conservation. Erosion of grouts and flaking of ceramic elements. Loss and overlapping of grouts, sporadic detachment of glass)

Autores / Authors: Joan Olona, Mireia Bosch



11

11. Columna de piedra de Montjuich tras la limpieza y el vitral con dorados recuperados

11. Montjuich stone column after cleaning and stained glass once restored

Autores / Authors: Joan Olna, Mireia Bosch

12. El sol naciente acentúa las ondulaciones de la fachada

12. The rising sun emphasizes the undulations of the façade

Autor / Author: Joan Olna

13. Detalle de la mansarda y la cruz de remate

13. Detail of the mansard and crowning cross

Autores / Authors: Joan Olna, Mireia Bosch

14. Detalle del *trencadís*

14. *Trencadís* detail

Autores / Authors: Joan Olna, Mireia Bosch

suave, como referencia de la limpieza para superficies con poca suciedad como el capitel; y otras con vapor y cepillo de dureza media, en los casos donde los depósitos tenían un mayor grosor como la base.

Tras los ensayos en el capitel no se apreció visualmente un efecto diferenciado entre las tres técnicas utilizadas y solo parecía haberse retirado la escasa suciedad acumulada en la piedra que, tras la limpieza, seguía mostrando cierto brillo del hidrorrepelente. En la base, en cambio, el efecto de limpieza era más visible. Aunque microscópicamente se observaban residuos puntuales de coloración negruzca, principalmente en las fases de unión de la arenisca, lo más destacable era la presencia de lo que parecían ser restos del protector. En este caso, al igual que en el capitel, se había limpiado la superficie conservando el protector de la intervención anterior.

Previendo la necesidad de retirar también el hidrorrepelente para poder eliminar pátinas cromáticas aplicadas sobre la piedra en intervenciones anteriores, se optó por probar una proyección de abrasivos en los fustes. A partir de experiencias anteriores en arenisca de Montjuic, se utilizó silicato de aluminio de granulometría de 80-160 µm, a 2,5-3 bar de presión mediante pistola de succión y boquilla recta de 3 mm, con una distancia aproximada de 40 cm, y un ángulo cercano a 70° (Iglesias Campos 2014b; Iglesias Campos et al. 2014). Visualmente la limpieza era más efectiva, y microscópicamente no se observó afectación en el material ni restos de suciedad o hidrorrepelente superficial. Se tomaron, además, medidas

After the tests on the capital, no difference could be observed visually between the three techniques used and only a scant amount dirt accumulated on the stone appeared to have been removed, which, after the tests, still showed a certain shine of the water repellent. At the base, however, the cleaning effect was more visible. Although sporadic blackish residues could be observed microscopically, mainly in joints of the sandstone, the most notable thing was the presence of what appeared to be remains of the protector. In this case, as in the capital, the surface had been cleaned but the protector from the previous intervention remained.

Anticipating the need to also remove the water repellent in order to eliminate chromatic patina applied on the stone in previous interventions, it was decided to test a projection of abrasives on the shafts of the columns. Based on previous experiences with Montjuic sandstone, aluminum silicate with a granule size of 80-160µm was used, at 2.5-3 bars of pressure using a suction gun and a 3mm straight nozzle, with an approximate distance of 40cm, and an angle close to 70° (Iglesias Campos 2014b; Iglesias Campos et al. 2014). Visually, the cleaning was more effective, and microscopically no damage to the material or traces of dirt or water repellent was observed on the surface. In addition, colorimetric measurements were taken of the treated and untreated areas that were contrasted with those of freshly cut gray

colorimétricas de las zonas tratadas y no tratadas que se confrontaron con las de Montjuic gris en fractura fresca; aunque, evidentemente, estos valores se considerarían como una limpieza excesiva (Iglesias Campos et al. 2014). En todas las catas del capitel, y partiendo de la superficie sin limpiar, siempre se incrementaba la luminosidad, indicando un determinado grado de limpieza. En los parámetros relacionados con el color, no se producían cambios relevantes salvo en las catas realizadas con agua y esponja, y vapor y cepillo suave, donde aumentaba ligeramente la coloración rojiza y disminuía la amarillenta. Estos cambios estaban relacionados con las pátinas aplicadas en otras intervenciones que se conservaban bajo el hidrorrepelente que no se había visto afectado con estas limpiezas. En el resto de las pruebas efectuadas en la basa y en el fuste también se incrementaba la luminosidad sin observar variaciones significativas de los parámetros de tonalidad. Pero además de la suciedad, y como microscópicamente la única superficie donde no se observaban restos del hidrorrepelente de intervenciones anteriores era la tratada con proyección, se decidió hacer una comparativa de absorción de agua mediante pipeta Karsten en las catas donde las técnicas de limpieza habían sido más efectivas (proyección, y vapor y cepillo suave), buscando zonas con una relativa uniformidad textural en el material y teniendo en cuenta que los datos obtenidos serían orientativos por las diferencias naturales que podían existir en esta arenisca.

Los resultados permitieron concluir que en las superficies tratadas con proyección y con vapor y cepillo suave aumentaba la absorción de agua en comparación a los no tratadas, y principalmente con la proyección.

Montjuic sandstone; although, obviously, these values would be considered as excessive cleaning (Iglesias Campos et al. 2014). In all trials on the capital, and starting from the uncleaned surface, the luminosity always increased, indicating a specific degree of cleanliness. In the parameters related to color, there were no relevant changes except in the trials carried out with water and sponge, and steam and soft brush, where the reddish coloration slightly increased and the yellowish decreased. These changes were related to the patinas applied in other interventions that were preserved under the hydro-repellent that had not been affected by these cleanings. In the rest of the tests on the base and on the shaft, the luminosity was also increased without observing significant variations in the tonality parameters. Microscopically the only surface where no traces of the hydro-repellent from previous interventions were observed was the one treated with projection. For this reason a decision was taken to make a comparison of water absorption using a Karsten pipette on the trials where cleaning techniques had been more effective (projection, and steam and soft brush) looking for areas in the material where the texture was relatively uniform, and taking into account that the data obtained would be indicative due to the natural differences that could exist in this sandstone.

From the results it was possible to conclude that the surfaces treated with projection and with steam and a soft brush increased the absorption



12



13



14

Como microscópicamente en la comparativa entre ambos tratamientos no se apreciaban residuos significativos de suciedad tras la limpieza, el incremento de la absorción parecía relacionarse con una mayor eliminación del producto hidrorrepelente al emplear esta técnica (fig. 15).

Se decidió realizar la limpieza de la piedra de la planta baja mediante una proyección de abrasivos con los parámetros empleados en los ensayos, y para el resto de la fachada utilizar una combinación de las otras técnicas (agua y cepillo suave, agua y esponja, y vapor y cepillo de dureza suave) según los requerimientos de cada zona concreta. El tratamiento no resultó efectivo en las zonas protegidas del lavado natural del agua de lluvia, donde la acumulación de suciedad era mayor y donde tampoco tenían un efecto de limpieza significativo ensayos realizados con apósitos de celulosa micronizada y carbonato de amonio a diferentes concentraciones, por lo que se determinó en estas zonas la limpieza con proyección de abrasivos y aspiración directa y continua de la zona de trabajo. También se hicieron catas de limpieza en el mármol de las balaustradas de los balcones ubicados sobre la galería, tras un primer cepillado en seco con aspiración y la aplicación de biocida (Biotin T al 3% en agua desmineralizada) para actuar sobre los pequeños crecimientos biogénicos que existían. Con este procedimiento se eliminaron gran parte de los depósitos adheridos al pasamanos y a los balaustres, pero no resultó efectivo para retirar las costras negras de las caras interiores de estos soportes. Como el mármol no presentaba problemas de arenización en estas zonas se planteó una limpieza con proyección. A partir

of water compared to the untreated ones, especially those treated with projection. As no significant dirt residues were appreciated under the microscope after either cleaning treatment, the increase in absorption seemed to be related to a greater removal of the water repellent product when using this technique (fig. 15).

It was decided to clean the stone on the ground floor, by spraying abrasives with the parameters used in the tests and for the rest of the facade to use a combination of the other techniques (water and soft brush, water and sponge, and steam and soft brush) according to the requirements of each specific area. The treatment was not effective in areas protected from the natural washing effect of rainwater and where the accumulation of dirt was greater. In such cases, or where the treatment simply did not have a significant cleaning effect, tests were carried out with micronized cellulose and ammonium carbonate dressings at different concentrations. It was determined that these areas should be cleaned with abrasive projection and with direct and continuous suction of the work area.

Cleaning trials were also done on the marble of the balustrades of the balconies located above the gallery. Firstly a dry brushing was carried out with suction, and then a biocide (Biotin T 3% in demineralized water) was applied to act on the small biogenic growths that existed. This procedure removed a large part of the deposits sticking to the handrails and balusters, but it was not effective

15. Limpieza: macrofotografía de limpieza en columna (arriba) y microfotografía *in situ* ×30 de la zona limpia, donde se aprecian restos de hidrorrepelente aplicado en intervenciones anteriores en los espacios intergranulares (abajo). (Fotografía: M.A. Iglesias Campos)

15. Cleaning: Column cleaning macrophotography (up) and *in situ* photomicrograph × 30 of the cleaned area showing traces of hydro-repellent applied in previous interventions in the intergranular spaces (down). Photography M.A. Iglesias Campos

de experiencias anteriores en mármoles similares y de pruebas evaluadas microscópicamente *in situ*, se utilizó piedra pómez de granulometría 151-188 µm, proyectada a 2 bar de presión con pistola de succión con boquilla recta de 3 mm, distancia aproximada de 30-40 cm, y un ángulo cercano a los 70°.

Para la protección-hidrofugación final de los elementos pétreos se hicieron pruebas con las que disponer de una comparativa de posibles modificaciones: primero en el disolvente, para comprobar los efectos sobre los residuos de hidrorrepelente que pudieran quedar; y posteriormente, para el producto de protección.

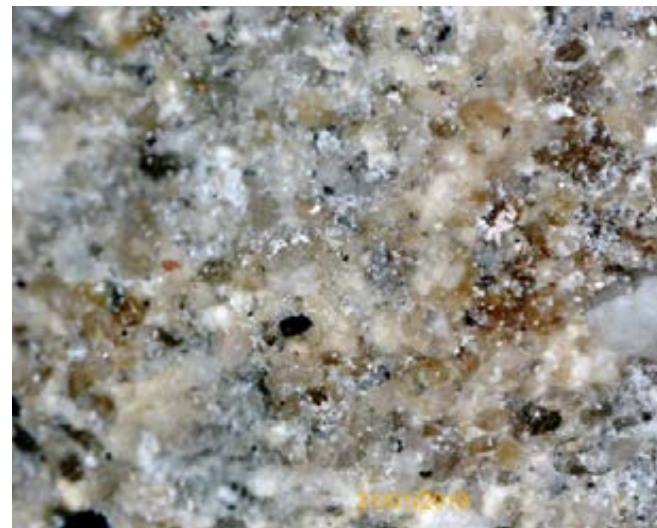
Se aplicó agua, alcohol isopropílico, acetona y *white spirit* en una basa y en un fuste donde se había utilizado la variedad gris y la ocre de la arenisca de Montjuïc. Una vez aplicados, y pasados tres días, las variaciones que cada disolvente había provocado eran más o menos evidentes visualmente. Aun así, los cambios se documentaron mediante medidas colorimétricas de las zonas tratadas y no tratadas, y resultó que las modificaciones de color menores en los casos en los que se había utilizado agua. El resto de los disolventes provocaban una reducción de la luminosidad y un incremento de la coloración amarilla, cambios relacionados con los residuos del producto hidrorrepelente remanente en los poros de material y que se solubilizan por la acción de los disolventes, especialmente la acetona.

Se decidió la utilización de hidrorrepelentes con compuestos activos de nanopartículas cerámicas. En la planta baja, al estar más expuesta a los agentes antrópicos, se optó por testar hidrofugante y oleofugante; y para el resto de la fachada, hidrofugante. Ambos productos se aplicaron a diferentes proporciones

at removing the black crusts from the inner faces of these supports. Based on previous experiences with similar marble and tests evaluated microscopically *in situ*, a pumice stone with a grain size of 151-188µm was used, projected at 2 bars of pressure with a suction gun with a 3mm straight nozzle, an approximate distance of 30-40cm, and at an angle close to 70°.

For the final protection and waterproofing of the stone elements, tests were carried out in order to have available a comparison of possible modifications: first of the solvent, to check the effects on any remaining residues of the hydro-repellent; and later for the protection product.

Water, isopropyl alcohol, acetone and white spirit were applied to a base and shaft of a column built using the gray and ocher variety of the Montjuïc sandstone. Once applied, and after three days, the variations that each solvent had caused were more or less visually evident. Even so, the changes were documented by colorimetric measurements of the treated and untreated areas, with minor changes in color in cases where water had been used. The rest of the solvents caused a reduction in luminosity and an increase in the yellow coloration, changes related to the residues of the water-repellent product that remained in the pores of the material and that are dissolved by the action of the solvents, being especially pronounced with acetone. A decision was taken to use water repellants with active compounds of ceramic nanoparticles. As the ground floor was more exposed to the effects



15



16

para comprobar su hidrorrepelencia y las nuevas escorrentías que se pudieran generar, además de los posibles cambios de color (los nanoprotectores contienen una muy pequeña cantidad de alcohol isopropílico que, en las pruebas con disolventes, apenas había modificado la tonalidad). Visualmente, en ninguno de los ensayos se observó cambio de color y tampoco se documentó numéricamente con medidas colorimétricas. Por tanto, según el criterio que había guiado las catas, se aplicó una disolución mayor del producto en los dinteles y jambas de las ventanas y en las losas de los balcones para reducir la velocidad de la escorrentía que se pudiese generar, y evitar así la erosión hacia el *trencadís*.

MORTEROS DE JUNTA

Al inicio de la obra, se hicieron análisis visuales *in situ* de los morteros de juntas para determinar sus principales características, contrastando la información empírica con las fotografías del momento de finalización de la fachada que indicaban que se habían concebido como un tratamiento superficial destacado. Los primeros exámenes visuales confirmaron que estos morteros tenían dos capas con propiedades y características diferentes. El interior, muy coherente y rehundido como si se hubiese vaciado, correspondía a un conglomerante de tonalidad marrón con áridos de coloraciones variadas de tamaño fino y grueso, y su aspecto visual y forma de fractura parecían sugerir que podría tratarse de un mortero con conglomerante hidráulico (posiblemente cemento natural). El exterior, también muy coherente y de

of pedestrians, it was decided to test both water repellent and oil repellent; and for the rest of the facade, water repellent. Both products were applied in different proportions to check their waterproofing properties and how much runoff would be generated; in addition to possible color changes (the nano-protectants contain a very small amount of isopropyl alcohol that in tests with solvents had barely changed the tone). Visually, in none of the tests was color change observed and it was not documented numerically with colorimetric measurements. Therefore, according to the criteria that had guided the trials, a more diluted solution of the product was applied to the lintels and jambs of the windows and on the slabs of the balconies to reduce the speed of the runoff that would be generated and thus avoid erosion towards the “trencadís”.

MORTAR JOINTS

At the beginning of the work, visual analyses were made of the joint mortars *in situ* in order to determine their main characteristics, contrasting the empirical information with the photographs taken at the moment when the façade was completed, which showed them as having formed an outstanding surface treatment. The first visual examinations confirmed that these mortars had two layers with different properties and characteristics. The interior, very coherent and recessed as if it had been poured, corresponded

muy poco grosor, tenía un conglomerante de tonalidad blanquecina con áridos de coloraciones variadas de tamaño fino. Los resultados conjuntos de la observación *in situ* y de los análisis, siguiendo la metodología habitual de observación con lupa binocular, extracción mecánica de conglomerantes y finos (<63 mm, ATG/dTG, DRX y microscopia fina), indican que el mortero interior está hecho con cemento natural, por la presencia de gehlenita; y el exterior, con un conglomerante que tanto podría ser cemento blanco como cal hidráulica, por la presencia de larnita (Navarro Ezquerro, Rosell i Amigó 2019).

De manera general, todos los morteros considerados originales estaban en muy buen estado de conservación, aunque se deben diferenciar entre los de la planta baja, que mantenían la capa superficial blanca, y los del resto de la fachada, en los que esta capa solo se conservaba de manera puntual en zonas protegidas del lavado de la lluvia. Esta pérdida provoca que, en la mayoría de los casos, los morteros interiores de la junta, realizados con cemento natural, fueran los que quedaban a la vista. Al mismo tiempo, en algunas zonas donde por el diseño de la fachada se generaban más escorrentías, estos morteros interiores presentaban un cierto retroceso superficial sin problemas de arenización.

A partir de los resultados de las observaciones y de los análisis, se decidió retirar mecánicamente los morteros de junta de cemento Portland de intervenciones anteriores para dejar los originales limpios y preparados para recibir el nuevo que, por compatibilidad de materiales, se realizó con cemento natural y áridos de diferente

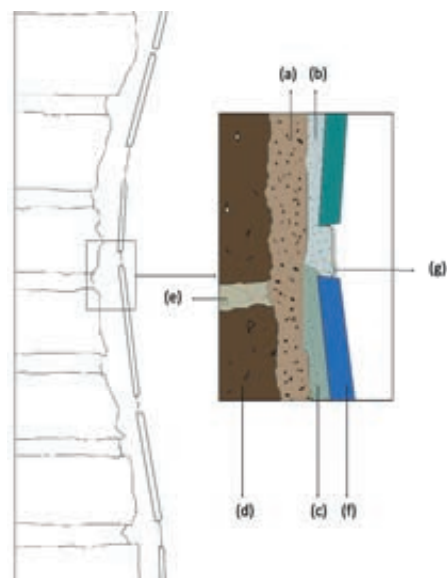
to a conglomerate of brown tonality with aggregates of various colors of fine and coarse size, and its visual appearance and fracture shape seemed to suggest that it could be a mortar with hydraulic binder (possibly natural cement). The exterior layer, also very coherent and very thin, formed a mortar of a whitish hue with fine aggregates of various colorations. The joint results of the *in situ* observation and the analyzes, following the usual observation methodology with a binocular magnifying glass, mechanical extraction of binders and aggregates (<63mm, ATG / dTG, XRD and fine microscopy), indicate that the interior mortar is made with natural cement, due to the presence of gehlenite; and the exterior with a binder that could be either white cement or hydraulic lime, due to the presence of larnite (Navarro Ezquerro, Rosell i Amigó 2019).

In general, all of the mortars considered original were in a very good state of preservation, although it is necessary to differentiate between those on the ground floor, which maintained the white surface layer, and those on the rest of the façade, in which this layer was only conserved sporadically in areas protected from rain washing. This loss meant that, in most cases, the interior mortars of the joint, made with natural cement, were the ones that were seen. At the same time, in some areas where more runoff is generated by the design of the façade, these interior mortars show a certain surface setback without erosion problems.

16. Junta: macrofotografías de morteros de junta. Tratamiento de juntas original (izquierda) y tratamiento de junta de restauración, en la que se aprecia la tonalidad más clara del nuevo mortero (derecha). (Fotografía: M.A. Iglesias Campos)

16. Joint: Macrophotography of the mortar joints. Original joint treatment (left) and restoration joint treatment in which the paler tonality of the new mortar can be appreciated (right). Photography M.A. Iglesias Campos

17



- (a) Enfoscado (5 a 20 mm)
Base Mortar (5 - 20 mm)
- (b) Mortero "blanco" fijación vidrio (3 a 7 mm)
White mortar fixing "trencadís" (3-7 mm)
- (c) Mortero "gris" fijación vidrio (3 a 7 mm)
Grey mortar fixing "trencadís" (3-7 mm)
- (d) Ladrillo macizo rebajado mecánicamente
Brick wall sculpted
- (e) Mortero original de la fábrica
Original brick mortar
- (f) Vidrio de color o transparente
"Trencadís" glass pieces
- (g) Diferentes capas de lechadas (no originales)
Non original mortar joints

tamaño y color para conseguir una tonalidad similar a la de los originales (fig. 16). Afortunadamente, en la actualidad se dispone en Catalunya de cuatro de los cinco o seis fabricantes de cemento natural que perduran en Europa. Dado que no se puede garantizar que el original sea uno de los que actualmente se fabrican, se optó por emplear el cemento natural Collet. Aplicando un criterio de diferenciación con el original, se decidió añadir un porcentaje de cal hidráulica y disminuir el tamaño de los áridos, dando un acabado superficial mediante esponjado para resaltar visualmente los áridos y mantener la humedad del mortero durante el inicio del fraguado. Por cuestiones de durabilidad, se optó por no rehacer la capa blanca, que en la mayoría de las juntas no se conserva, porque por su escaso grosor podría presentar problemas de adherencia a corto plazo.

MORTEROS DEL TRENCADÍS

El estado de conservación del *trencadís* era aceptable. El realizado con vidrio presentaba suciedad superficial de escasa adherencia, fisuración de algunas piezas y pérdidas de fragmentos, pero, además, en las zonas en contacto con jambas, dinteles y losas de balcón, se observaba una erosión que por su textura parecía provocada por la proyección agresiva realizada en la piedra durante la intervención de los años 80. El *trencadís* cerámico, además, presentaba la descamación del vidriado con diversa consideración, vinculado principalmente a problemas entre la pasta cerámica y el esmaltado. En ambos casos existía

Based on the results of the observations and analyzes, it was decided to mechanically remove the mortars from previous interventions (portland cement) to leave the originals clean and ready to receive the new one, which, for material compatibility, will be made with natural cement and aggregates of different sizes and colours to achieve a tonality similar to that of the originals (fig. 16) Fortunately, there are located in Catalonia four of the five or six manufacturers of natural cement that still operate today in Europe. Since it cannot be guaranteed that the original is one of those currently manufactured, it was decided to use that produced by Ciments Collet. Applying a criterion for visual differentiation with the original, it was decided to add a percentage of hydraulic lime and reduce the size of the aggregates, creating a surface finish by using a sponge to visually highlight the aggregates and maintain the humidity of the mortar during the beginning of the setting. For durability reasons, it was decided not to redo the white layer, which in most joints is not preserved, because its low thickness could present adhesion problems in the short term.

"TRENCADÍS" MORTARS

The state of conservation of the "trencadís" was fair. The examples made with glass showed superficial dirt with little adherence, cracking of some pieces and loss of fragments, but also, in the areas in contact with jambas, lintels and balcony slabs, erosion was observed that, due to its texture, seemed to be caused by aggressive projection cleaning of the stone work during the intervention of the 80s. The ceramic "trencadís" also

también un retroceso superficial de morteros de unión y lechadas. En general, el revestimiento parecía estar bien adherido, aunque se detectan zonas separadas del soporte que afectaban a muy poca superficie.

Inicialmente se estudió la estratigrafía del revestimiento y las diferentes lechadas. Se pudo observar que el enfoscado se realizó con un mortero de tonalidad marrón (a), visualmente similar al empleado en las juntas de la piedra, y otros dos diferentes para fijar los fragmentos de vidrio que configuraban una alternancia cromática en franjas diagonales: unas de color blanco (b), y otras de color gris (c) (fig. 17).

El análisis visual indica que el enfoscado es muy coherente, tiene un conglomerante de tonalidad marrón y áridos de color variado con granulometría fina y gruesa. Su aspecto visual y forma de fractura sugieren que podría tratarse de un conglomerante hidráulico, posiblemente cemento natural (este material se corresponde también con el utilizado para el agarre de todo el *trencadís* cerámico de la buhardilla, así como en la fijación de las escamas de fachada).

Para la fijación del *trencadís* de vidrio originalmente se emplearon dos morteros muy coherentes. El primero tiene un conglomerante de tonalidad gris y áridos de color oscuro, principalmente silíceos, con granulometría que oscila entre fina y muy fina (su aspecto visual y forma de fractura sugieren que podría tratarse de un mortero con conglomerante hidráulico, posiblemente cemento Portland blanco). El segundo, con un conglomerante de tonalidad blanquecina y áridos

showed flaking of the glaze of various degrees, mainly linked to problems between the ceramic paste and the glazing. In both cases there was also a superficial recessing of bonding mortars and grouts. In general, the "trencadís" appears to be well adhered, although areas separated from the wall have been detected but that affect a very small area.

Initially, the finish stratigraphy and the different grouts were studied. It was observed that the rendering was carried out with a mortar of brown tonality (a), visually similar to that used in the joints of the stone work, and two different ones to fix the glass fragments that configured a chromatic alternation in diagonal stripes: some of a white colour (b), and others gray (c) (fig. 17).

The visual analysis indicates that the base mortar is very compact, it has a binder of brown tonality and aggregates of varied color with fine and coarse grain size, and its visual appearance and fracture shape suggest that it could have been built using a hydraulic binder, possibly natural cement (this typology also corresponds to the one used to grip the entire ceramic "trencadís" of the attic, as well as in the fixing of the facade scales).

Two very compact mortars were originally used to fix the glass "trencadís". The former has a gray-toned binder and dark-colored aggregates, mainly siliceous, with grain size ranging from fine to very fine (its visual appearance and fracture shape suggest that it could be a mortar with a hydraulic binder, possibly white portland cement). The second with a whitish binder and mostly siliceous aggregates of light color (light ochre and white



18

17. Detalle: croquis solución constructiva fachada
 17. Detail: Sketch of the facade construction
 Autores del artículo / Article's authors

18. *Trencadís*: zona en la que se observa la unión de los dos morteros de fijación (izquierda) y macrofotografía de detalle de la misma zona (derecha). (Fotografía: M. A. Iglesias Campos)

18. "Trencadís" photography: Area in which the union of the two fixing mortars can be observed (left) and macro photography of detail from the same area (right). Photography M.A. Iglesias Campos



19
20



mayoritariamente silíceos de color claro (predominan ocres claros y blancos), con granulometría que oscila entre fina y muy fina (su aspecto visual y forma de fractura sugieren que podría tratarse de un mortero con conglomerante hidráulico, posiblemente cemento Portland gris)⁸ (fig. 18).

La erosión de estos morteros mantuvo los rejuntados y lechadas de las actuaciones anteriores que presentaban un estado friable y poco coherente. Se pudieron distinguir hasta cuatro capas de exterior a interior: una de tonalidad ocre, dos de coloración blanca, y un mortero de fijación gris con el que estaba colocado el fragmento de vidrio, que se interpretó como de unión y lechada porque estaba al mismo nivel.

A partir de pruebas previas *in situ*, se determinó que el *trencadís* se limpiaría con agua y esponja y con vapor y cepillo suave, se sanearían o retirarían mecánicamente los rejuntados y lechadas de intervenciones anteriores que están en mal estado de conservación, y se fijarían los fragmentos de vidrio que presentaban grietas o fisuras con puntos de adhesivo bicomponente epoxi transparente como sistema de sujeción y por seguridad. Con relación al tratamiento, también se decidió reponer los fragmentos faltantes con vidrio nuevo, extraer y colocar los originales desprendidos, y rectificar o rehacer reparaciones anteriores que cubrían tubos de corrugado de instalaciones eléctricas y reintegraciones anteriores que no se consideraron adecuadas por la combinación de colores o por las formas de los fragmentos (previa presentación de un mapa de la zona para su verificación y aprobación).

predominate) with a grain size that ranges between fine and very fine, (its visual appearance and fracture shape suggest that it could be a mortar with hydraulic binder, possibly gray portland cement⁸ (fig. 18).

Where the mortars had become eroded, inconsistent and friable joints and grouts had been applied to fix them during previous interventions. Up to four layers could be distinguished from exterior to interior: one ocher in color, two white in color, and the gray fixing mortar into which the glass fragment was placed, which is interpreted as bonding and grouting because it was found to be at the same level.

From previous tests *in situ*, it was determined that the “*trencadís*” would be cleaned with water and sponge and with steam and a soft brush, the joints and grouts from previous interventions that are in poor condition would be cleaned or mechanically removed. The glass fragments that present cracks or fissures would be fixed with small amounts of transparent two-component epoxy adhesive as a fastening system and for safety. It was also decided to replace the missing fragments with new glass, extract and replace the loose originals, and rectify or redo previous repairs that covered corrugated pipes of electrical installations and previous interventions that were not considered adequate due to the combination of colors, or because of the shapes of the fragments (a map of the area was presented beforehand for verification and approval).

En aquellas zonas del *trencadís* donde los enfoscados presentaban separaciones con el sustrato, se realizó la inyección de un mortero tradicional de fijación con dosificación 1:1 en volumen (1 de cal hidráulica NHL3.5 Saint-Astier / ½ de puzolana + ½ de piedra pómez, donde la utilización de la puzolana facilita y aumenta la formación de compuestos hidráulicos a partir de la fracción de cal aérea que está presente en las hidráulicas). Previamente, se comprobó que estas zonas no habían sido inyectadas en intervenciones anteriores, ya que, como se ha comentado, de haberse utilizado resina bicomponente hubiese dificultado el empleo de un mortero tradicional de fijación. A partir de pruebas previas de color, textura, retracción y adherencia en las que se modifican proporciones de conglomerantes y áridos para adecuar a las zonas grises y blancas del *trencadís* de cristal y terroso en el cerámico se colmatan mediante estos morteros las zonas entre el vidrio. Antes de aplicarlas, y para asegurar una buena adherencia, se limpiaron o retiraron las lechadas de las intervenciones anteriores que tenían un mal estado de conservación. Después de siete días se comprobó que no se habían producido retracciones o fisuras significativas en las zonas de contacto con el vidrio o en la misma lechada (fig. 21).

MANTENIMIENTO

Al finalizar la intervención se prescribieron unas recomendaciones periódicas de seguimiento y mantenimiento. Siempre resulta difícil determinar *a priori*

In those areas of the “*trencadís*” where the renders were separating from the layer below, the injection of a traditional fixing mortar was carried out with a dosage of 1: 1 in volume (1 hydraulic lime NHL3.5 Saint Aister: ½ pozzolana + ½ pumice stone where the use of pozzolana facilitates and increases the formation of hydraulic compounds from the fraction of non-hydraulic lime that is present in hydraulic systems). During the research phase, it was found that these areas had not been injected during previous interventions since, as mentioned, bicomponent resin had been used and it would have made the use of a traditional fixing mortar difficult. From previous tests of color, texture, shrinkage and adherence in which the proportions of binders and aggregates were modified, to adapt to the gray and white areas of the glass “*trencadís*”, and earthy tones of the ceramic one, the areas between glass were filled with these mortars. Before applying them, and to ensure good adhesion, the grouts from previous interventions that had a poor state of conservation were cleaned or removed. After 7 days the area was checked to ensure that there had been no significant shrinkage or cracks in the areas of contact with the glass or in the grout itself (fig. 21).

MAINTENANCE

At the end of the intervention, periodic follow-up and maintenance recommendations were prescribed. It is always difficult to determine *a priori*



21

19. Abertura de ventilación de la planta cuarta
 19. Ventilation opening of the fourth floor
 Autor / Author: Joan Olona


20. Detalle de los morteros de base gris -Portland- y blancos -posiblemente cal-, una vez restaurados
 20. Detail of the base mortars: grey -Portland- and white -probably lime-, once restored
 Autores / Authors: Joan Olona, Mireia Bosch

21. Comparativa estado previo vs. estado restaurado: se observa la limpieza y rejuntados en sillares de piedra; franjas de mortero gris-blanco en *trencadís*; y cambio en acabados de carpinterías de madera y cerrajería balcones
 21. Previous state - restored state. The cleaning and grouting of stone blocks are observed; gray-white mortar stripes in the “*trencadís*” and change in finishes of window carpentry and balcony metalwork
 Fotogrametría / Photogrammetry: Jaime Salguero




22

la temporalidad de estas actuaciones, por lo que se determinó realizar un examen inicial documentado en zonas fácilmente accesibles que permita concretar los trabajos, los sistemas y la periodicidad según las necesidades concretas del monumento. Para esta tarea también serán de gran utilidad el levantamiento fotogramétrico realizado en esta fachada, previo y a la finalización de los trabajos, y el levantamiento con nube de puntos y el modelo 3D realizado de la fachada y de sus elementos escultóricos, porque documentan con gran precisión toda su geometría. Además, todas las intervenciones se han registrado con seguimiento puntual de mapeados gráficos en soporte informático donde se detallan los trabajos y su ejecución (fig. 22).

Finalmente, es necesario indicar que esta intervención representaba un momento único e irreplicable para la Casa Batlló, por lo que se llevó a cabo una campaña de información general y específica para las visitas a fin de explicar y detallar las novedades que iban surgiendo. Se crearon una serie de recorridos en la zona del andamio que permitieran compatibilizar los trabajos de restauración con la visita, acercándola al contacto con la fachada. Esto incrementó el interés por los valores de esta obra arquitectónica: el hecho de vivir la delicadeza y el cuidado que supone la restauración y de ver la experiencia de las manos de los técnicos y artesanos termina poniendo en valor la enorme cantidad de tiempo que supone devolver cada centímetro de superficie a su estado original. 

the time period between these actions, so it was decided to carry out a documented initial examination in easily accessible areas where the works, the systems and the time frame according to the specific needs of the monument were specified. The photogrammetric survey carried out on this façade, prior to the completion of the work, and the point cloud survey and the 3D model made of the façade and its sculptural elements will also be very useful for this task, because they document with great precision all its geometry. In addition, all the interventions have been recorded with monitoring of computerized graphic maps where the works are detailed (fig. 22).

Finally, it is necessary to indicate that this intervention represented a unique and unrepeatably moment for Casa Batlló, so a general and specific information campaign was carried out for the visits in order to explain and detail the new developments that were emerging. A series of routes were created in the area of the scaffolding that made it possible to make the restoration work compatible with the visit, bringing it into closer contact with the facade. This increased interest in the values of this architectural work: the fact of living the delicacy and care that restoration supposes and seeing the experience of the hands of technicians and artisans, ends up making it clear the enormous amount of time it takes to return every centimeter of surface to its original state. 

23

22. Mapeado de la intervención en zona de *trencadís* (RèCOP) y detalle de nube de puntos y modelo 3D de grupo escultórico (Marcos Jiménez)

22. Relievo. Intervention mapping in the *trencadís* area (Rècop) and detail of the cloud points and 3D model sculptural group (Marcos Jiménez)

23. Fotogrametría: estado inicial (izquierda) y tras la restauración (derecha)

23. Photogrammetric image. Before restoration (left) and once restored (right)

Autor / Author: Jaime Salguero



17/01/2019 - 08:00 h



21/05/2019 - 15:00 h

EQUIPO DIRECTOR / MANAGEMENT TEAM:

Xavier Villanueva, arquitecto / architect
Joan Olona - Mireia Bosch, arquitectos técnicos /
quantity surveyors
Ignasi Villanueva, ingeniero de caminos / civil engineer
Ana Atance, coordinación propiedad / coordination
with the owner

COLABORADORES / COLLABORATORS:

Joan Escanelles, Bastià Bravo, ingenieros de
instalaciones / installations engineer
Ignacio Eskubi, arquitecto / architect, consultor de
estructuras / structural consultant
Anna Morilla, arquitecto / architect
Ramon Espelt, arquitecto técnico y estudiante de
arquitectura / quantity surveyor and student of
architecture
Marcos Jiménez Amo, arquitecto técnico Revit /
quantity surveyor Revit
Manuel Ángel Iglesias Campos, conservador-
restaurador / conservator
Gabinet del Color, Joan Casadevall, Àgueda Serra
Laboratorio de Materiales UPC, Joan Ramon Rossell,
Antonia Navarro, Marc Tous
Patrimoni 2.0, Màrius Vendrell, Pilar Giráldez
Fotogrametría / Photogrammetry Jaime Salguero

EQUIPO DE RESTAURACIÓN / RESTORATION TEAM:

ECRA
RèCOP
Fusteria Llorens
Fusteria Fitó i fills
Parquets Nadal
Estucs: Simón i Claret, Joan Campreciós, Sonia Luna
Ceràmiques SOT
Vidres Collado
Vitralls Bonet
Iberplata, cerrajería y metales
Constructora d'ARO, palettería
Instal·lacions Galí, instalaciones
SADES, aire condicionado

NOTAS / NOTES

1. Por este motivo fue necesario apelear la antigua fachada desde el techo del segundo piso y demoler hasta la parte baja, quedando totalmente apuntalada y al aire durante cuatro días hasta que pudieron ser colocadas las nuevas estructuras pétreas. Estas dificultades eran explicadas por Josep Bayó, el constructor, en la entrevista que concedió a Juan Bassegoda a finales de los años 70: 'La fachada de la planta baja es la que tuvimos que apuntalar en cuatro días. Cuando tuvimos todas las piedras a punto, por obra del cantero "Barceló & Hermanos" entonces no dejaron apuntalar la fachada: ¡eran tantos días! Yo estuve 3 o 4 días sin poder dormir de pensar en toda la fachada colgada. Sin embargo, la tuvimos apuntalada cuatro días, poniendo las columnas aquellas, aquellos arcos de frente; todas las "aguja" de la fachada, hechas de piedra, las sustituimos por aquellas estrechas que hacen de columna y de cartela. Las figuras y aquellos arcos trabajan como arcos. Son unas columnas y unos arcos de piedra, no hay vigas de hierro por debajo, o sea que el trabajo verdaderamente es la piedra. Y aquellas piedras son las que hacen de dovela del arco que daba hacia el otro lado'. (Bassegoda, 2003, p.10) /

For this reason, the old facade had to be propped up all the way to the ceiling of the second floor and the lower part demolished, remaining fully propped up and exposed for four days until the new stone structures could be fitted. These difficulties were justified according to the builder Josep Bayó, in an interview with Juan Bassegoda at the end of the 70s, "The facade of the ground floor is the one that we had to shore up in four days. When we had all the stones ready, made by the stonemason "Barceló & Hermanos" back then they did not allow propping up of facades: it was so many days! I spent 3 or 4 days without being able to sleep thinking about the whole hanging facade. However, we had it propped up for four days, putting those columns, those arches in front; All the "needles" of the facade, made of stone, we substitute for those narrow ones that act as column and capital."

The shapes and those arcs work like arches. They are columns and stone arches, there are no iron beams underneath, so it is truly the stone doing the work. And those stones are the ones that act like parts of an arch that transfer load to the side" (Bassegoda, 2003, p.10).

2. Giráldez, P.; Vendrell, M. (2019): *Casa Batlló. Inspecció de la tribuna profunda amb magnetòmetre i anàlisi armadures ferro*. Marzo 2019. / Giraldez, P. Vendrell, M. *Casa Batlló. Inspecció de la tribuna profunda amb magnetòmetre i anàlisi armadures ferro*. Març 2019.

3. Flores, C. (1982): *Gaudí, Jujol y el Modernismo Catalán*. Barcelona, Aguilar / Flores, C. *Gaudí, Jujol y el Modernismo Catalán*. Ed. Aguilar.

4. «- Aquellas ondulaciones que tiene la fachada, ¿cómo estaban conseguidas?

- Repicamos la fachada.

- ¿Repicar? ¿No es un regueso?

- No, vaciamos la zona ondulada honda de la fachada de 30 cm de ladrillo de Málaga.

- Una vez repicada, ¿la revocaron? ¿Cómo colocaban los cristales?

- Él nos decía: "Esa aguja la hacéis con un trozo en verde; esa punta acabada en verde, aquí en azul". Y cuando ya teníamos la pared remolineada, entonces con cemento griffi extendíamos el trozo que pensábamos hacer durante esas dos horas o cuatro de trabajo. Siempre nos decía "no acabéis redondeado, acabad en punta, para que ligen unos con los otros"».

(Bassegoda Nonell, J. (2003): *Josep Bayó Font, Contratista de Gaudí*. Barcelona: UPC, p.17).

Those undulations on the facade, how were they achieved?

- We cut away at the facade.
- Cut away? It's not a build-up?
- No, we cut away the deep wavy area from the 30cm Malaga brick facade
- Once it was cut away, was it rendered?
- How were the glass pieces fixed?
- He told us "You make that shard with a piece in green; that tip finished in green, here in blue" and when we had the wall swirled, then with griff cement we worked over the area that we planned to do during those two or four hours of work. He kept saying to us "do not finish rounding it off, end in a point so that they link with each other" (Bassegoda Nonell, Joan, Josep Bayó Font, Gaudí's Builder 2003, p.17).

5. La técnica del trencadís ya ha sido documentada en otras obras de Gaudí, aunque la novedad está en la caracterización de las capas y su disposición formal / The trencadís technique has already been documented in other works by Gaudí. Although the novelty is in the characterization of the layers and their formal arrangement.

Megías, L.; Torrents, A.; Giráldez, P.; Merino, L.; Vendrell, M. (2004) "Materials de construcció de l'església de la Colònia Güell". En *Quaderns científics i tècnics de restauració monumental 14. Gaudí i l'SPAL*. Treballs de recerca i restauració del Servei de Patrimoni Arquitectònic Local relacionats amb l'obra de l'arquitecte Antoni Gaudí i Cornet. Barcelona: Diputació, p. 113-122

6. Bassegoda Nonell, J. (1988): *Gaudí*. Biblioteca Salvat de Grandes Biografías. Barcelona: Salvat, p. 118.

7. 'Lodoli creía que la fuerza hacia abajo en cada borde de los alféizares empujaba la parte central del alféizar hacia arriba y, por lo tanto, hacía que la piedra se agrietara en el medio. Para resolver esto, volvió a hacer los alféizares de las ventanas del pasillo con tres piezas. La pieza del medio, más ancha en el centro y más estrecha hacia los bordes exteriores, tomó la forma de una curva catenaria. Esta pieza intermedia se unió a las dos piezas laterales debajo de las jambas con una mortaja y espiga. Memmo afirmó que se trataba de un invento completamente nuevo y totalmente de Lodoli. Llamó a la solución una sustitución.' / "Lodoli believed that the downward force on either edge of the sills pushed the middle portion of the sill upward and thus caused the stone to crack in the middle. To resolve this, he re-made the hallway windowsills out of three pieces. The middle piece, wider in the centre and narrowed towards the outside edges, took the form of a catenary curve. This middle piece was joined to the two sidepieces underneath the jambs with a mortise and tennon. Memmo claimed this was a completely new and totally Lodolian invention. He called the solution a substitution." Neveu, M.J. School of Architecture McGill University, Montréal. *Architectural Lessons of Carlo Lodoli (1690-1761): Indole of Material and of Self*, p. 78.

8. Al tratarse de unos datos sensibles, al ser un descubrimiento que modificaba sustancialmente el conocimiento sobre la obra de Gaudí, para la caracterización de estos dos morteros se contrastaron los informes iniciales realizados por Gabinet de Color (Casadevall Serra, J., 2019) con los del Laboratorio de Materiales de la UPC (Navarro Ezquerria, A., Rosell i Amigó, J.R., 2019) / Being sensitive data, relating to a discovery that substantially modified the knowledge about Gaudí's work, for the characterization of these two mortars the initial reports made by Gabinet de Color (Casadevall Serra, J., 2019) were contrasted with those from the Materials Laboratory of the UPC (Navarro Ezquerria, A. ; Rosell i Amigó, JR, 2019).

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES

CASADEVALL SERRA, J. (2019): *Estudi cromàtic de la Façana de Casa Batlló*. Gabinet del Color. Informe inédito.

IGLESIAS CAMPOS, M. A.; GARCÍA-FORTES, S.; PRADA-PÉREZ, J. L. (2014): "Influence of projection angle in sandblasting cleaning on detritive stone materials in Architectural Heritage", *Materiales de Construcción*, vol. 64, nº 314, p. e021. doi: 10.3989/mc.2014.02113.

IGLESIAS CAMPOS, M. A. (2014a): "Limpieza ideal y limpieza real en Patrimonio Arquitectónico", *Ge-Conservación*, vol. 6, nº 6, p. 57-67. doi: 10.37558/gec.v6i0.208.

IGLESIAS CAMPOS, M. A. (2014b): "Effects of mechanical cleaning by manual brushing and abrasive blasting on lime render coatings on Architectural Heritage", *Materiales de Construcción*, vol. 64, nº 316, p. e039. doi: 10.3989/mc.2014.08313.

NAVARRO EZQUERRA, A.; ROSELL I AMIGÓ, J. R. (2019): *Estudi de les mostres de morter de la Façana de Casa Batlló*. Informe inédito.

UNE 41806-2:2009 IN Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 2: Técnicas de limpieza con agua.

UNE 41806-3:2009 IN Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 3: Técnicas de limpieza mecánica.

UNE 41810:2017 Conservación del patrimonio cultural. Criterios de intervención en materiales pétreos.

UNE-EN 15802:2010 Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático.

UNE-EN 15886:2011 Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de superficies.

UNE-EN 16302:2016 Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición de la absorción de agua por el método de la pipeta.

UNE-EN 17138:2019 Conservación del patrimonio cultural. Métodos y materiales para la limpieza de materiales inorgánicos porosos.