

Nota Técnica:

## Aspectos constructivos del aplacado de piedra artificial (arcosita "Butsems") de la fachada sur del Palacio del Senado de España

*Technical Note:*

### *Constructive Aspects of the Artificial Stone Veneer (arcosita "Butsems") of the South Façade of the Spanish Senate Palace*

R. Bustamante<sup>(\*)</sup>, J. Monjo<sup>(\*)</sup>, M. I. Sánchez de Rojas<sup>(\*\*)</sup>

Recepción/Received: 27-VII-10  
Aceptación/Accepted: 18-XI-10

#### RESUMEN

La fachada sur del Senado de España (Plaza de la Marina de Madrid) ha sufrido transformaciones desde que fuera el antiguo convento-colegio de Agustinos (1581-1601). Según la documentación fotográfica e histórica, hacia 1951 se saneó completamente el revestimiento y se desmontaron todos sus elementos compositivos y ornamentales. La reconstrucción se llevó a cabo mediante un chapado de piedra artificial ("arcosita Butsems" pulida), hecha con baja presencia de portlandita según los ensayos XRD y FTIR realizados. En el trabajo se presenta la toma de muestras, la caracterización de los materiales y una breve descripción de los procesos patológicos sufridos a causa de la fabricación y colocación del aplacado.

**Palabras clave:** aplacado amortizado, arenisca artificial, Palacio del Senado, Butsems.

#### SUMMARY

*The South façade of the Senate of Spain (Marina Square, Madrid) has undergone transformations since it was the old Convent-College of the Augustinians (1581-1601). According to photographic and historical documentation, by 1951 the coating was fully repaired and all its compositional and ornamental elements were dismantled. The reconstruction was carried out using cladding with an artificial stone (polished "arcosita Butsems") made with a low content of portlandite, according to the XRD and FTIR tests performed. This paper covers the taking of samples, the testing and analysis of the materials, and a brief description of the pathological processes suffered as a result of the manufacture and installation of the cladding.*

**Key words:** mortar-fixed cladding, artificial sandstone, Senate Palace, Butsems.

#### 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Como consecuencia del desprendimiento de un módulo de cornisa en la fachada principal Sur en otoño de 2009, se llevó a cabo un estudio-diagnóstico de las fachadas del

Palacio del Senado. Al analizar las reformas de las mismas a lo largo del tiempo (1), se ha podido analizar que el revestimiento actual de la fachada Sur procede de una actuación realizada a partir de 1951, en que se inician las obras de un importante proyecto de restauración general.

<sup>(\*)</sup> Universidad Politécnica de Madrid (Madrid, España).

<sup>(\*\*)</sup> Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja de Madrid (IETcc-CSIC) (Madrid, España).

En la memoria descriptiva se propone el repicado completo de esta fachada así como también la de la calle del Reloj (fachada Este), y el desmontaje de todos sus elementos compositivos y ornamentales (Figura 1). La nueva fachada, según el proyecto del arquitecto conservador Ambrós Escanellas, sería levantada desde la segunda planta hasta el tejado con una piedra artificial (se indica "arcosita pulimentada Butsems") y caliza blanca de Colmenar desde la acera hasta la segunda planta en dinteles y jambas.

Sin embargo, después del examen visual y de realizar los ensayos en laboratorio de las muestras extraídas, se ha verificado que solamente el zócalo es de piedra natural (granito) mientras que el resto de la fachada y todas sus molduras y elementos decorativos, se realizaron con la citada piedra artificial. Es de suponer, pues, que las piezas



Figura 1. Fachada principal durante las obras de remoción de los revestimientos, frontis en pie de la fachada de A. Ortiz Villajos de fines del siglo XIX (fotografía 1951, Archivo del Senado de España).

se encargaron a la fábrica catalana de mosaicos Butsems y Cía., que incursionó en la fabricación de piedra artificial desde 1873 para revestir muchas fachadas de Madrid y Barcelona en las primeras décadas del siglo XX.

## 2. TOMA DE MUESTRAS

Para caracterizar el aplacado de piedra se planificó una toma de muestras (Figura 2) que consistió en la realización de once catas cilíndricas de 70 mm de diámetro (Figuras 3 y 4, muestra 5, planta 2ª.), acompañadas simultáneamente de trabajos de reposición de masas (abril 2009) para no alterar la apariencia de las superficies. También se realizaron dos calas de observación para conocer el sistema constructivo y de sujeción de cornisas y aplacados.

La altura de la fachada desde el pavimento de la Plaza de la Marina hasta el frontis del Salón de Plenos es de 21,38 m a 21,89 m dada la pendiente hacia el lado Este. Por lo tanto, aprovechando el espacio disponible en la plaza, desde una plataforma con cesta se facilitó el acceso a las plantas baja, primera y segunda.

Los criterios para la elección de los puntos en los que se obtendrían las muestras fueron los siguientes:

- En la cornisa afectada por el desprendimiento de una pieza en la esquina suroeste.
- En los lugares que presentaban diferencias de acabados por color, material y textura.
- En las áreas donde se detectaban lesiones diferenciadas.

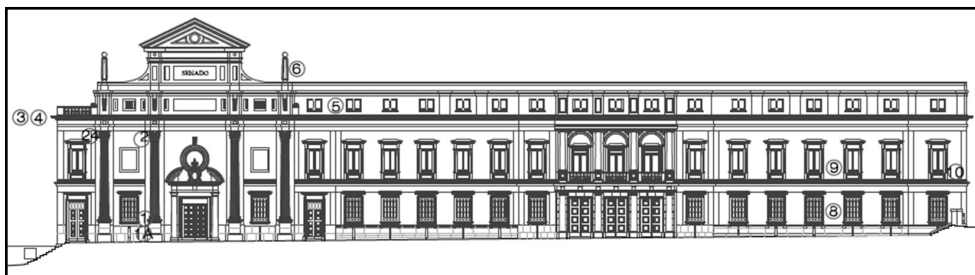


Figura 2. Situación de las muestras extraídas en la fachada Sur.

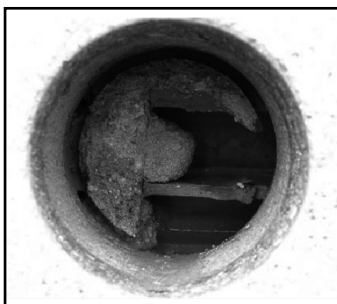


Figura 3. Cala después de la extracción de la muestra.



Figura 4. Aspecto completo de la muestra: capa vista, capa base o revés de la piedra artificial, amorterado y tabiquillo de ladrillo hueco.

### 3. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ENCONTRADAS

En este apartado se describe la fabricación y colocación del sistema constructivo del aplacado, basado en las muestras obtenidas, y de acuerdo con la aplicación en fachada:

- de elementos planos: zócalos, chapados o aplacados de muros, jambas, guardapolvos y otros, de piedra natural y artificial, y
- de elementos en voladizo: salientes que han sido anclados al soporte o fachada, especialmente las molduras y cornisas de piedra artificial.

#### 3.1. Fabricación de las placas

Se desconoce si se fabricaron las piezas a pie de obra o en taller. Están conformadas por dos capas: una vista de acabado liso de 3 mm a 5 mm de espesor, hecha con cemento blanco, cal, áridos finos seleccionados. Y por una capa de base o revés de 35 mm a 40 mm, hecha con mortero de cemento gris y arena, en la que se ha insertado la armadura de refuerzo (Figuras 4 y 11). Esta técnica se denominó, en su momento, de "porlandista", porque caracterizaba el oficio que hacía uso del cemento Pórtland para la conformación de la piedra artificial. El jornal era un poco más alto para este operario respecto a los jornales de los demás oficios (2), que se consolidaría en el segundo cuarto del siglo XX, y desaparecería hacia los años '60', por la incursión de las empresas de prefabricados.

Las placas están armadas con unos alambres de acero de 3 mm a 3,6 mm de diámetro en el sentido de las diagonales del formato e insertados al centro del espesor de la masa. Se han colocado con unos anclajes (alambres doblados) en las esquinas superiores, que se insertarán en el mortero de adherencia al soporte, en el dorso.

#### 3.2. Ejecución del chapado o aplacado amorterado

Una vez prefabricadas las placas, se procedía a su colocación según las fases que se indican en la Figura 5. Primero se realizó una regularización del muro de fábrica

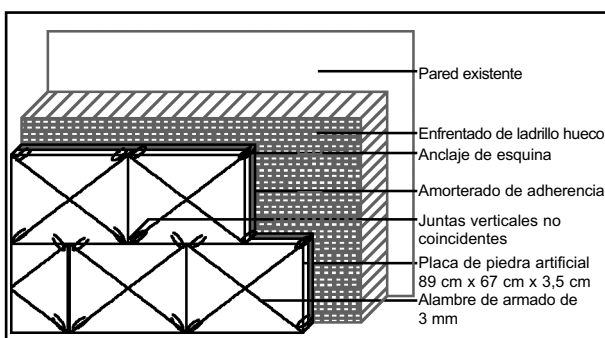


Figura 5. Fases del chapado amorterado.

existente, mediante una "piel" intermedia o emparchado de ladrillo cerámico hueco. Luego se colocaron las placas por hiladas, dejando una cámara de espesor de 4 cm que se iba rellenando con mortero, quedando insertados los alambres de anclaje de las esquinas, consiguiendo una masa muy compacta, gracias al mortero en el espacio de separación. Esta técnica de "amorterado" es similar a la de la colocación de chapados de piedra autoportantes rellenos por su dorso.

El espesor de las placas, liberaba a la masa de mortero de la responsabilidad de la adherencia total y la resistencia al descuelgue, al mantenerse apoyadas las placas unas sobre otras por la estabilidad que les confiere su propio peso (chapado autoportante) por lo que los ganchos de anclaje tienen solamente una misión de "retención", pero no de "cuelgue" (Figura 6). Teniendo en cuenta la densidad obtenida y la dimensión de la placa tipo de 89 cm x 67 cm x 3,5 cm, el peso medio de cada una de ellas es de aproximadamente 43,82 kg.

#### 3.3. Fingido de la monteada de la piedra

La fabricación de las placas fue hecha a medida, simulando la técnica de la monteada de la piedra natural. Se puede concluir que fue un trabajo complejo para las piezas singulares pues se fabricaron moldes únicos para las mismas. Por otro lado, se observa que se intentaba conseguir una armonía en la coordinación dimensional de los elementos. En efecto, dos hiladas de placas se corresponden con la altura del tambor de las columnas estriadas del Salón de Sesiones, y en la planta alta del ingreso a las dependencias, cada hilada corresponde a un tambor del fuste de las columnas conformado por cinco tambores.

Se distinguen los siguientes formatos de placas:

- placas de superficies planas de 73 cm de ancho (medida de los espacios o calles entre pilastras) por 67 cm de alto, de lados regulares e irregulares;



Figura 6. Anclaje de esquina de placa.

- placas en esquina o en "L";
- placas de superficies escalonadas con unión a 30°, entablamento; y
- placas poligonales con encuentros en ángulos diferentes en dovelas.

Los pináculos del Salón de Sesiones (Figura 7) no son huecos; el aplacado está aplicado sobre una fábrica maciza de ladrillo.

### 3.4. Molduras y elementos decorativos

También de mortero o piedra artificial son los elementos decorativos ejecutados con algún tipo de armado de refuerzo (Figura 8), de diversa índole, que podemos resumir en las siguientes:

- tambores de columnas, lisas y estriadas;
- capiteles, basas, volutas, modillones, etc.;
- embocaduras de ventanas, incluyendo guardapolvos, jambas, antepechos y platabandas, y
- balaustres y albardillas, en base a dobles moldes.

### 3.5. Cornisas y técnica de ejecución

Las cornisas existentes son prefabricadas en base a piezas huecas cuyas paredes tienen espesores variables. Las de la fachada de la plaza de la Marina se han fabricado

con mortero gris de cemento Pórtland, excepto en la capa vista. Tienen 80 mm de espesor en el lado vertical o friso y en el resto 40 mm. El módulo de prefabricación es variable de 90 cm a 120 cm de largo y el vuelo es de 51 cm respecto al plano de fachada.

Como se aprecia en las Figuras 9 y 10, la ejecución de estas cornisas, propias del segundo cuarto del siglo XX, consiste en el empotramiento de su base en la fachada y su sujeción a la fábrica por la parte superior mediante unos anclajes formados por alambres trenzados que se unen en obra, a otro anclaje también de acero que ha sido embutido en la cornisa en taller previamente, todo lo cual se cubre con un tablero de rasillas o rasillones, que se protege por su parte superior con mortero, complementado en ocasiones con chapas de zinc (solución óptima) o posteriormente con láminas impermeables (solución poco apropiada). Los alambres de los anclajes son de acero de 3 mm a 3,6 mm, y presentaban principios de corrosión los de las muestras obtenidas, lo que facilita los procesos patológicos de las molduras.

En todos esos elementos salientes que ofrecen planos horizontales a las inclemencias exteriores, se llevó a cabo una protección con chapa de zinc engatillada y convenientemente sellada, en una intervención relativamente reciente.



Figura 7. Ingreso al Salón de Sesiones.



Figura 8. Detalle de cornisas y molduras.



Figura 9. Interior de la cornisa: anclaje de sujeción.

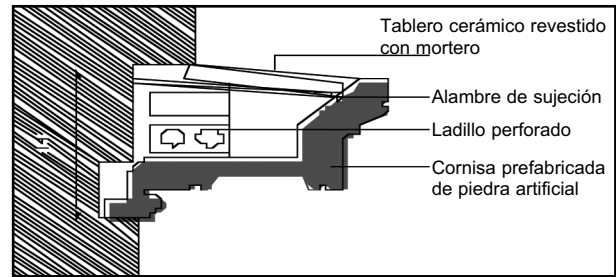


Figura 10. Sección esquemática de la cornisa principal de la fachada de la Plaza de la Marina.

### 3.6. Zócalo

El zócalo de la fachada sur es de granito (Figura 7), a diferencia de las peanas y demás molduras del recerchado de ventanas y puertas de esta misma fachada, que son de piedra artificial y no de piedra caliza como se podría pensar a la luz de la memoria constructiva de Ambrós Escanellas (3).

### 3.7. Revoco

Parte del tramo central de la primera planta de la fachada sur no está aplacada con piedra artificial, sino que tiene un revoco de cal de 5 mm de espesor, una capa pigmentada en color amarillo, sobre un enfoscado aplicado en dos capas de cemento de 20 mm de espesor. Presenta una capa de pintura del mismo color del revoco, aplicada posiblemente dentro de las actividades de mantenimiento, que correspondería a la intervención del arquitecto conservador García Tolosana (1990-2000). El revoco reproduce también el despiece del resto de la fachada mediante un llagueado fino.

## 4. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

### 4.1. Ensayos físicos, hídricos y mecánicos

#### a) Ensayos físicos e hídricos

Se han determinado la densidad aparente ( $\rho$ ), el coeficiente de absorción por inmersión ( $C_a$ ) y el índice de succión. Se han comparado los resultados con los recomendados

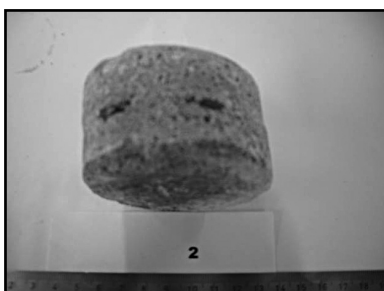


Figura 11. Muestra de placa armada con alambre de 3,6 mm de diámetro en la capa base.



Figura 12. Estado después del ensayo a compresión.

por el DB-HS del Código Técnico de la Edificación, absorción  $\leq 2\%$  para piedra natural, y con los de succión capilar especificados en la EN 998-1:2010, que da valores entre  $0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$  y  $0,4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$  (4).

#### b) Ultrasonidos

La velocidad de ultrasonidos en m/s se midió con un equipo calibrado Tico, operando a 0,5 kV y ha aportado información sobre la compacidad del material y la resistencia mecánica mediante la obtención del módulo de elasticidad dinámico  $E_{\text{din}} = \gamma \cdot v^2$  (densidad aparente por el cuadrado de la velocidad).

Esta medición también confirma las diferencias de los morteros y piedras. Para los prefabricados de la fachada sur la media es de 3.015 m/s; para el aplacado del pináculo es de 3.163 m/s, pero para su amorterado es de 2.473 m/s. Así mismo, en la medición ultrasónica realizada in situ se han obtenido estos resultados:

- Peana de piedra artificial de ventana: 2.787 m/s;
- Repisa de zócalo de granito: 3.342 m/s.

#### c) Ensayos mecánicos

Aprovechando la geometría regular de las muestras se han realizado ensayos a compresión (Figuras 11 y 12), y a tracción indirecta (ensayo brasileño) para determinar la relación entre ambos. La resistencia media a compresión obtenida es de 15,38 MPa y a tracción indirecta, de 2,6 MPa.

#### d) Granulometría

En este análisis se ha determinado la relación entre la fracción fina (conglomerante) y la fracción gruesa (arena) de las muestras. Los resultados obtenidos en peso aportan la dosificación aproximada. Se han observado esquistos de pizarra (mayor cantidad en el mortero del pináculo), variedad de arenas rojas o naranjas procedentes de piedras machacadas, vidrio molido (muestra 8 planta baja), inclusive un grano de leña de 10 mm (muestra 8 de la C/del Reloj).

#### e) Resultados

En la Tabla 1 se indican los resultados físicos, hídricos, de ultrasonido y mecánicos según su localización en fachada, estableciendo una correlación con la antigüedad de las muestras que no ha aportado diferencias significativas, y la relación entre la fracción fina y la fracción gruesa. Estos últimos resultados dan indicios de la composición del mortero de las placas en peso, 1:5 a 1:6. Los resultados con más presencia de árido, por ejemplo en la cornisa 1:8 y en el pináculo 1:10 son referenciales, porque al estar más expuestos, el agua de filtración ha podido ocasionar una lixiviación de la pasta. Por otro lado, en los amorterados se registra una relación de 1:6 a 1:8.

La densidad media de los elementos prefabricados es de 2,08 gr/cm<sup>3</sup>, ligeramente mayor a la del amortero, 1,98 gr/cm<sup>3</sup>. La resistencia media a compresión es de 15,38 MPa y el módulo de elasticidad dinámico de 18,82 GPa.

Teniendo en cuenta la antigüedad del aplacado, el Ca = 4,36% de la piedra artificial "arcosita Butsems", es óptimo, así como el índice de succión capilar de 0,37 kg/m<sup>2</sup>.min<sup>0,5</sup>.

#### 4.2. Análisis de DRX, FTIR y de color

La denominación alusiva a su composición se ha verificado en los análisis siguientes, teniendo en cuenta que la roca natural es una arenisca cuarcítica de grano poco redondeado, rica en feldespatos y en menor cantidad de matriz cementante de cuarzo o de calcita.

##### a) Aspecto de las muestras analizadas

Antes de efectuar los análisis pertinentes, se ha procedido a fotografiar la muestra y a su estudio por estereomicroscopía (Figuras 13 y 14).

**Tabla 1**  
**Resultados de los ensayos físicos, hídricos y mecánicos de las muestras de la fachada Sur.**

Muestra	Antigüedad	Sistema constructivo	Dosificación	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	C <sub>a</sub> (%)	Succión kg/m <sup>2</sup> .min <sup>-0.5</sup>	Ultrasonido Velocidad m/s	Resistencia a compresión MPa	Resistencia a tracción indirecta MPa	E <sub>din</sub> GPa
1	Obras inicio 1951	Placa pl. baja lado O	1:5	2.06	6.02	0.47	3453	15	-	24.56
1-A		Placa pl. baja lado O	-	2.08	4.92	0.30	2910*	-	2.90	17.61
2-A		Placa pl. 1ra. lado O	-	2.10	3.61	0.217	2517*	21.20	-	13.30
2-B		Amortero pl. 1ra. lado O	-	-	3.12	0.69	-	-	1.10	-
3		Cornisa	1:8	2.07	2.18	0.43	3147	-	5.20	19.47
8		Placa pl. baja lado E	-	2.07	5.66	0.32	2430	16.20	-	12.69
10-A		Placa pl. 1ra. Lado E	1:6	2.11	5.52	0.27	3477	9.10	-	25.51
10-B		Amortero de placa	1:8	1.98	5.75	0.54	3217	5.20	-	20.49
5	1969-74	Placa pl. 2da. lado O	-	2.06	5.71	0.43	3025	-	1.60	16.33
6-A		Pináculo (**)	1:10	2.11	2.53	0.24	3163	-	2.20	21.06
6-B		Amortero pináculo	1:6	1.98	3.87	0.37	2473	4.90	-	12.09
9	s/f	Amortero+ revoco	1:10	2.01	6.57	0.47	1680	2.40	-	5.67

(\*) Muestras que tienen un hueco en el centro por el tipo de extracción, que explica un resultado más bajo.

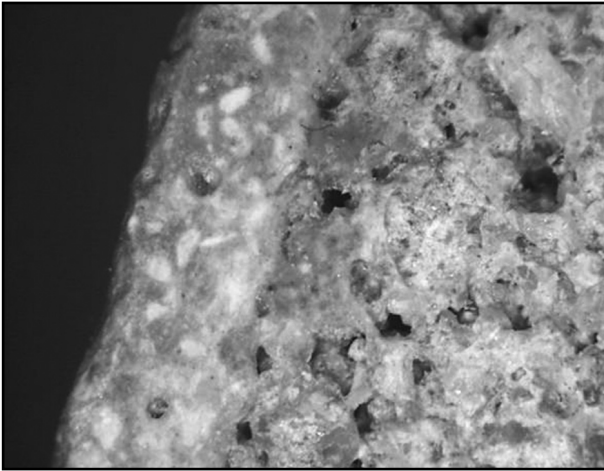


Figura 13. Aspecto de la interfase en la muestra 3 (cornisa), capa vista y capa base.

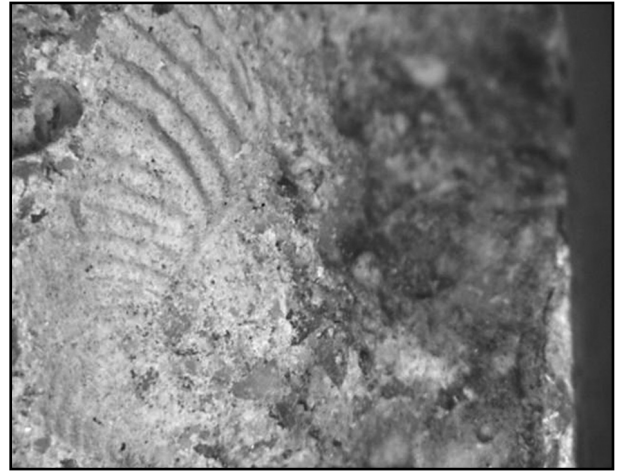


Figura 14. Aspecto de la muestra 1 (planta baja) con huella de fósil (lente de 0,45 x-1 aumento).

### b) Estudio mediante Difracción de Rayos X (DRX)

El estudio por DRX se efectúa en la fracción gruesa, procedente del árido, en la fracción fina, correspondiente a la pasta cementante, y en la zona más externa, en la que existe un acabado superficial.

La existencia de cemento Pórtland, se establece por la presencia de portlandita, compuesto que se distingue fácilmente por la alta intensidad de pico en el difractograma, y aluminatos (aluminatos cálcicos hidratados y sulfoaluminatos cálcicos hidratados), que suelen presentar picos de baja intensidad. Los silicatos cálcicos hidratados son difíciles de identificar por esta técnica debido a su baja cristalinidad y, por tanto, por no presentar picos definidos. Las muestras en las que existen evidencias de la utilización de cemento Pórtland como aglomerante son: muestra 3, muestra 5 (capa vista) y muestra 6, cuya procedencia se indica en la Tabla 1. Sin embargo, la presencia de portlandita es insignificante, ya que ésta podría estar parcialmente carbonatada, dando lugar a la calcita, aunque esta calcita también podría proceder de la mezcla de cemento y cal como conglomerantes del mortero.

El árido está formado por cuarzo, calcita y feldespatos/micas. Posiblemente se ha utilizado un árido silíceo (con pequeños contenido de feldespatos y micas) aunque la presencia de calcita puede indicar que en el árido existía una parte de caliza (posiblemente de la piedra machacada), o que ésta procede de la parte cementante, que ha quedado adherida a los granos de árido.

En la superficie se distingue como compuesto principal la calcita, con un insignificante contenido de cuarzo. En algunos casos también se distingue portlandita, lo que indicaría la presencia de cemento portland, como en las muestras 3 y 5. En cualquier caso se ha utilizado un cemento blanco, o más cal, en la capa vista y cemento gris en la capa base de la placa. En la muestra 5 también se ha detectado la presencia de yeso, pero por su bajo contenido, puede proceder de una reacción de la calcita debido a la contaminación y a la presencia de SO<sub>2</sub> en el ambiente. A continuación se incluyen los difractogramas correspondientes a los ensayos de algunas muestras (Figuras 15 a 19).

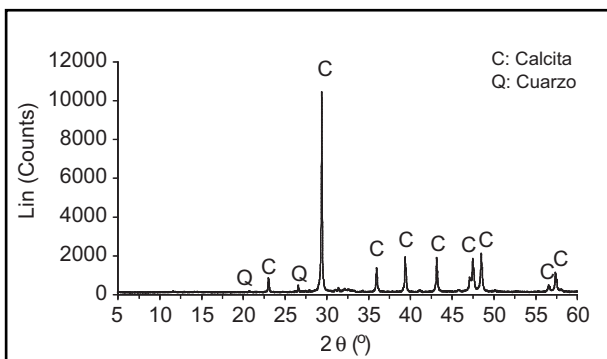


Figura 15. Muestra 1: DRX-superficie (capa vista de la placa).

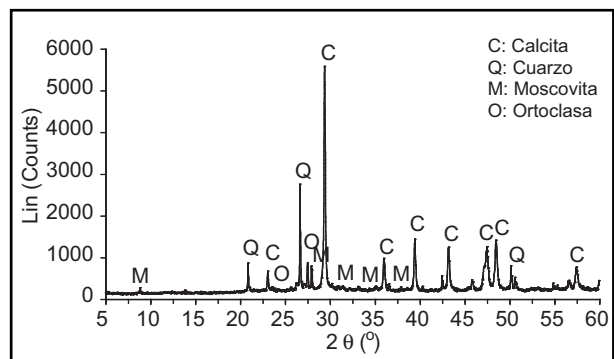


Figura 16. Muestra 1: DRX-cementante.

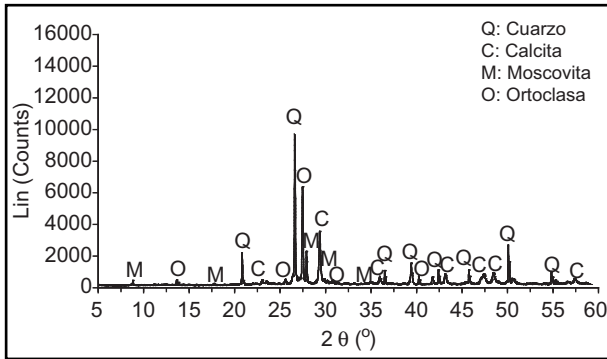


Figura 17. Muestra 1: árido.

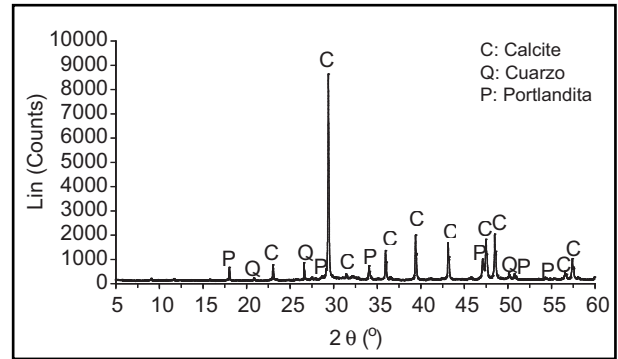


Figura 18. Muestra 3: superficie (cornisa)

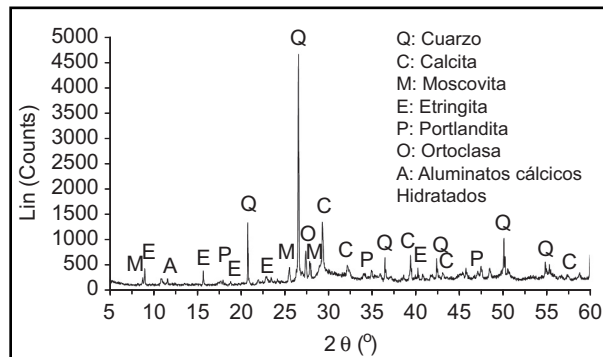


Figura 19. Muestra 3: cementante (cornisa).

**c) Espectroscopía de absorción infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)**

En estas muestras se pone en evidencia la presencia de calcita gracias a las bandas de absorción infrarroja a 1.800  $\text{cm}^{-1}$ , 1.423  $\text{cm}^{-1}$ , 875  $\text{cm}^{-1}$ , 847  $\text{cm}^{-1}$  y 712  $\text{cm}^{-1}$ .

Existen bandas entre 500 y 800  $\text{cm}^{-1}$ , indicativas de vibraciones Al-O, que podrían proceder de los feldespatos y micas que acompañan al cuarzo, cuyas bandas características están entre 800-400  $\text{cm}^{-1}$ .

Las bandas de 3.000  $\text{cm}^{-1}$  a 2.500  $\text{cm}^{-1}$  suelen ser debidas a la presencia de materia orgánica. En la muestra 1,

estas bandas son muy evidentes, pero pueden proceder de la contaminación de la muestra en su manipulación.

A continuación se incorporan los espectros IR de las zonas superficiales de las muestras 1y 3 (Figuras 20 y 21).

**d) Estudio del color**

El estudio de color se ha realizado en las superficies externas de las muestras, especialmente en aquellas en las que se aprecia acabados superficiales. En este estudio se han tenido en cuenta los valores de reflectancia, luminosidad y coordenadas cromáticas.

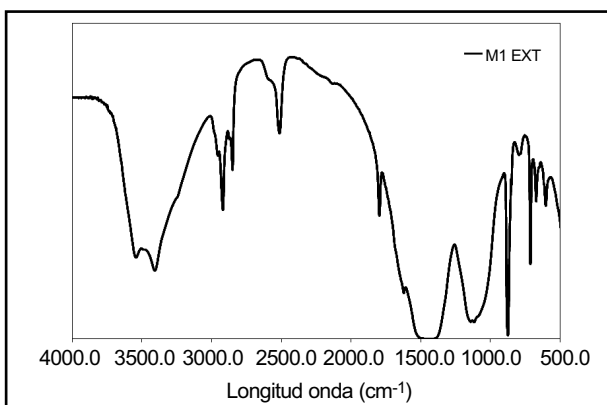


Figura 20. Muestra 1: superficie (placa).

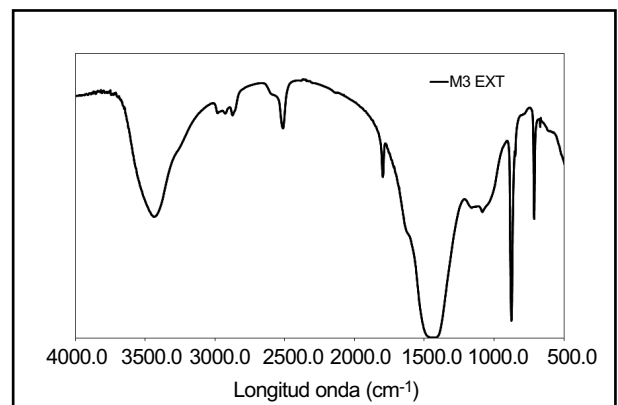


Figura 21. Muestra 3: superficie (cornisa).



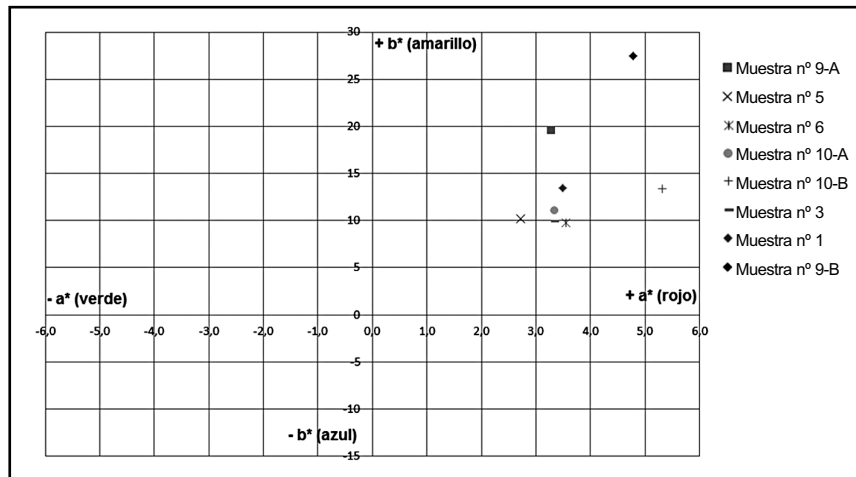


Figura 22. Situación de las muestras entre las coordenadas cromáticas ocre y amarillos.

Las muestras se encuentran entre las coordenadas cromáticas rojo y amarillo (Figura 22), que confirman una mayor intensidad del mismo en la superficie, incluyendo la muestra 9, tanto la pintura como la masa del revoco. Los valores en general son altos en la zona de los amarillos.

## 5. LESIONES CONSTRUCTIVAS

Las principales lesiones que presentan las placas están relacionadas con la aplicación de las piezas de piedra artificial que se resumen a continuación:

### 5.1. Humedades

Los planos horizontales superiores de las cornisas, han propiciado la filtración de agua de lluvia por la propia estructura porosa de la "tapa" superior de la moldura durante el tiempo en que ha estado sin la actual protección de zinc. Asimismo puede haber tenido lugar esta filtración por las juntas constructivas entre fachada y moldura.

### 5.2. Fisuras de aplacados

Se producen por procesos patológicos que se rigen por leyes mecánicas, tanto en forma de acciones directas, como debidas a variaciones dimensionales por cambios de humedad y temperatura. Las primeras, suelen ser movimientos en el soporte que rompen el acabado debido a los esfuerzos de tracción o cortante. Las segundas, son las tensiones de tracción o compresión superficial que se generan como consecuencia de las variaciones dimensionales.

### 5.3. Desprendimientos por corrosión de anclajes

Este tipo de cornisas basan su estabilidad en el empotramiento de su parte inferior en el muro de fachada, y su

cuelgue complementario con un alambre trenzado por la parte superior, que queda embutido en la tapa de la cornisa que se ejecuta "in situ". Debido a la filtración del agua por esa "tapa", los anclajes de alambre trenzado acaban corroyéndose y facilitan el desprendimiento de la pieza.

## 6. CONCLUSIONES

1. Se ha comprobado que la piedra "arcosita pulida Butsems" es una piedra artificial utilizada en la fabricación de las placas, una arenisca artificial con gran presencia de cuarzo y feldspatos potásicos, en una matriz cementante de calcita, con baja proporción de portlandita, confeccionada con una capa vista con áridos seleccionados y una capa base con cemento gris.
2. La actual fachada principal, o sur, del Palacio del Senado de España es uno de los ejemplos de fachadas en las que se adoptó piezas de piedra artificial armada con alambres de acero de 3 mm a 3,6 mm. En una época de limitaciones económicas pero que constituía una alternativa a una composición en piedra natural. Han participado dos oficios: el de la albañilería propiamente, y el del "porlandista" para la ejecución de las piezas prefabricadas.
3. La piedra artificial de la fachada ha dado una buena prestación constructiva a lo largo de estos últimos 60 años, manteniendo un buen aspecto y unas condiciones adecuadas de acuerdo a los resultados obtenidos: densidad aparente de 2,08 g/cm<sup>3</sup>, coeficiente de absorción por inmersión de 4,36%, índice de succión capilar 0,37 kg/m<sup>2</sup> · min<sup>0,5</sup>, resistencia a compresión de 15,38 MPa y módulo de elasticidad dinámico de 19 GPa. Las fisuras que presenta se deben más a la solución de armado que al propio material.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Bustamante, R.; Monjo J.; Alonso de la Calle, M. (2010): *The Modifications of the Main Façade of the Spanish Senate Palace*, Proceedings XXXVII IAHS World congress on Housing, p. 334. Santander.
- (2) Revista *Arquitectura* (1918): "Los oficios de la construcción", *Jornales de los obreros y condiciones de trabajo*, nº 2, pp. 35-36.
- (3) Ambrós Escanellas, M. (junio 1951): "Proyecto de consolidación, saneamiento y reforma; restauración y decoración del palacio del Senado, hoy Consejo Nacional de FET y de las JONS", Archivo Documental del Palacio del Senado, Madrid.
- (4) UNE-EN 998-1:2010 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido.

\* \* \*