

Caracterización de los materiales que conforman la cúpula de la Sacristía Mayor de la Santa Iglesia Catedral de Sevilla

Characterization of the materials of the ceiling that covers the Mayor Sacristhi of Seville's Cathedral

J. BARRIOS ^(*), Á. BARRIOS ^(*), C. RODRÍGUEZ ^(**)^(*)Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla^(**) Conservador-Restaurador

ESPAÑA

Fecha de recepción: 17-VI-02

Fecha de aceptación: 7-II-03

RESUMEN

En este artículo se da cuenta de los estudios realizados y técnicas empleadas para determinar las características de los materiales (que se han seleccionado) de la cúpula de la Sacristía Mayor de la Santa Iglesia Catedral de Sevilla, así como de las causas que han producido el desprendimiento de fragmentos de mortero y piedras. Por último, se proponen una serie de medidas para solucionar este problema.

SUMMARY

In this article we expose the technics used to characterize the materials of the ceiling that covers the Mayor sacristy of Seville's Cathedral and the causes of the loosening of mortar and stone fragments. we also expose some ways to overcome this fact.

PALABRAS CLAVE: sacristía, cúpula, pátina, textura, desprendimientos.

KEYWORDS: sacristy, dome, patina, texture, detachment.

1. INTRODUCCIÓN

Con relativa frecuencia se producen desprendimientos de partículas procedentes de las piedras y morteros que conforman las cubiertas de nuestros monumentos. En esta investigación realizada en la Cúpula de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla, se desarrolla una metodología para caracterizar los materiales constituyentes, así como las causas que han propiciado estos daños.

Dentro del conjunto monumental de la Santa Iglesia Catedral de Sevilla, destaca por su composición y belleza la Sacristía Mayor, ubicada en el lateral de la nave derecha que desemboca en la Puerta de Campanillas, y próxima a ésta. Es una construcción que tiene planta aproximada de cruz griega, cuya cubierta corresponde a una cúpula sobre pechinas, coronada por una linterna.

El diseño fué realizado por el Maestro Mayor, Diego de Riaño, en 1528, iniciándose las obras en 1530. Murió en el año 1534, sustituyéndolo Martín de Gainza, quien finalizó las obras en el año 1543. (4, 8, 9, 10 y 12).

En el comienzo de la década de los 90 comenzaron a desprenderse fragmentos de mortero y piedra, por lo que se

tomó la decisión de establecer un sistema de seguridad que recogiese los materiales caídos desde la cúpula. En años posteriores se realizó una investigación para determinar el origen de estos desprendimientos de material, así como de las humedades y pátinas existentes en diferentes zonas. Este artículo es un resumen de los trabajos realizados (3, 5 y 14).

2. COMPOSICIÓN DE LA CÚPULA Y TOMA DE MUESTRAS

Con el fin de determinar la composición de la cúpula se ha procedido a la extracción de dos testigos, uno de ellos en el anillo central, y el otro en la zona externa del tercer anillo, realizados desde el exterior. Se ha elegido este procedimiento por la necesidad de obtener muestras representativas de los materiales para su caracterización (1 y 11). Los resultados obtenidos permiten deducir la siguiente composición de la cúpula.

Los espesores totales detectados oscilan entre 110-114 cm, con la siguiente estratigrafía:

- Desde la superficie a 4 cm de profundidad aparece la solería de la cubierta, formada por piezas cerámicas de 30x10x4 cm.

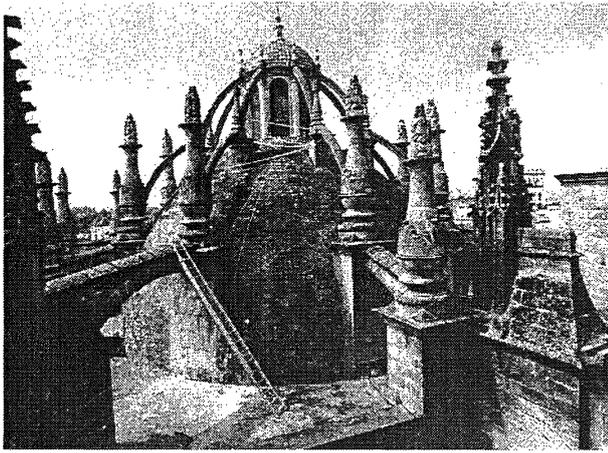


Foto 1.- Cimborio, exterior de la cúpula de la Sacristía Mayor. Sector norte.

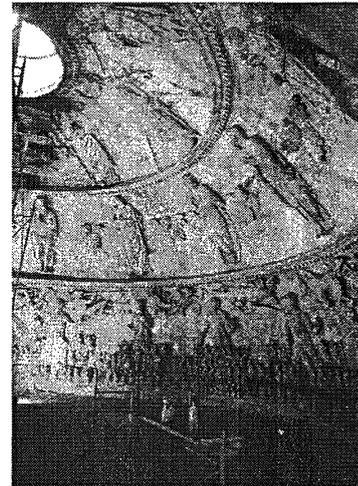


Foto 2.- Relieves en el interior de la cúpula, dispuesto en tres anillos, representando escenas del Juicio Final.

- De 4 a 5-10 cm aparece mortero de cal. El menor espesor corresponde a la zona inferior.

- De 5-10 a 35 cm, piedra de alta porosidad de tonalidad amarillenta.

- De 35 a 48 cm, aparece en la zona inferior, un relleno de mortero de cal.

- De 35-48 cm a 110-114 cm piedra blanca, de buena compactidad y resistencia.

De estos materiales y para el estudio objeto de este artículo, en consideración de las características organolépticas de las muestras extraídas, se han seleccionado cuatro muestras que se han incluido en la Tabla 1, así como su clasificación

3. ANÁLISIS Y ENSAYOS A LAS MUESTRAS DE PIEDRA

Se han realizado a las muestras extraídas en las perforaciones efectuadas en la cúpula, los siguientes ensayos (6 y 13):

3.1. Características físicas, hídricas y mecánicas

3.1.1. Densidad y porosidad

Los valores correspondientes a la densidad y a la porosidad, determinadas según UNE-EN 1936-1999 son los que se incluyen en la Tabla 2.

3.1.2. Absorción y desorción

Los resultados de los ensayos de absorción y desorción efectuados a los tiempos siguientes: 1-2-5-10-15-60-360-

TABLA 1
Muestras seleccionadas y clasificación

Muestra	Clasificación
M-1	Piedra porosa amarillenta. Testigo de 1 a 20 cm, perforación 1
M-2	Piedra porosa amarillenta. Testigo de 2 a 20 cm, perforación 2
M-3	Piedra compacta blanca. Testigo de 1 a 70 cm, perforación 1
M-4	Piedra compacta blanca. Testigo de 2 a 70 cm, perforación 2

TABLA 2
Densidad y porosidad

Muestra	Densidad gr/cm ³	Porosidad %
M-1	1.76	23.7
M-2	1.79	19.4
M-3	2.19	11.6
M-4	2.17	13.7

720-1.440 minutos y determinados de acuerdo con UNE-127002-90 se han representado en las Figuras 1 y 2 respectivamente. Para cada muestra se ha representado el tanto por ciento de absorción y desorción y el incremento del contenido de agua en función del tiempo mencionado.

3.1.3. Ascensión capilar

En la Figura 3 se representan los valores correspondientes a la absorción capilar (%), así como la altura alcanzada por el agua (mm) en función de los tiempos

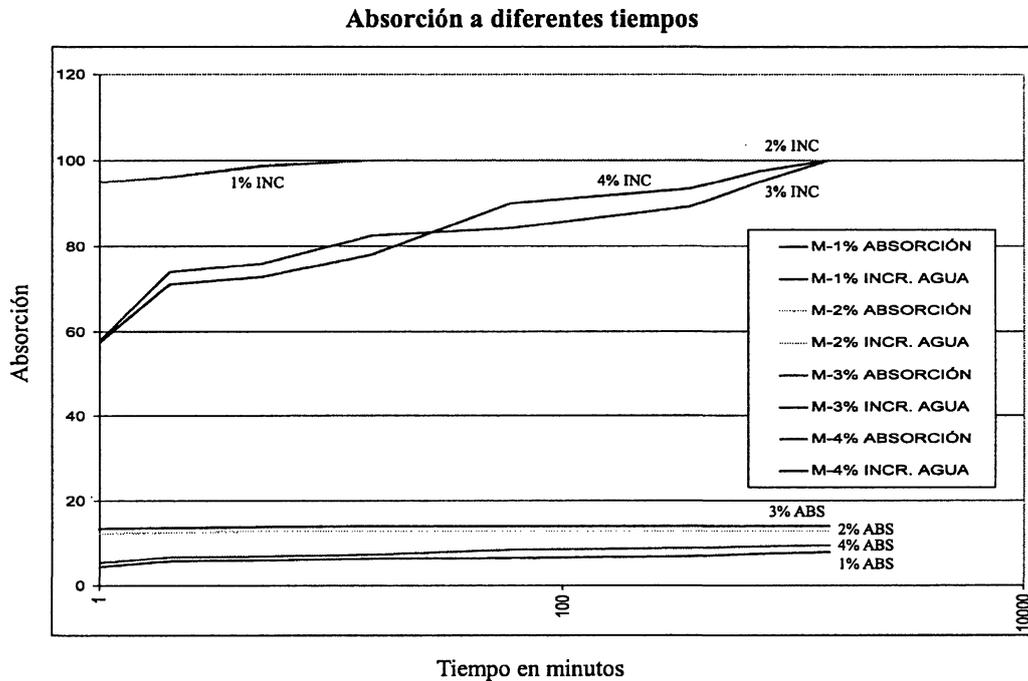


Figura 1.- Absorción, % incremento del contenido de agua, % en función del tiempo.

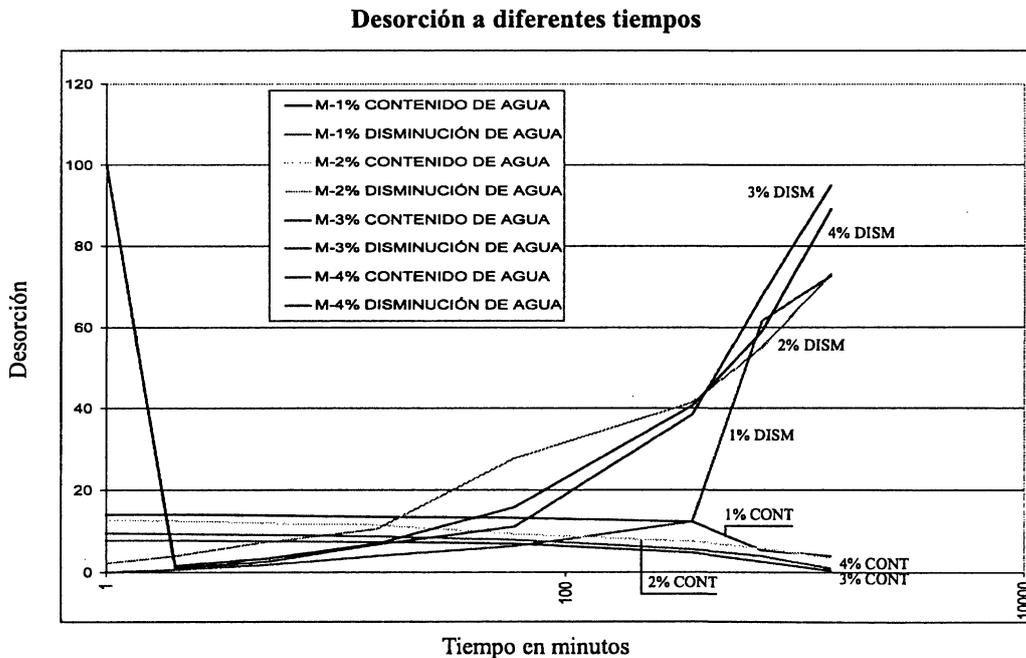


Figura 2.- Contenido de agua, % disminución del contenido de agua, % en función del tiempo.

Ascensión capilar a diferentes tiempos

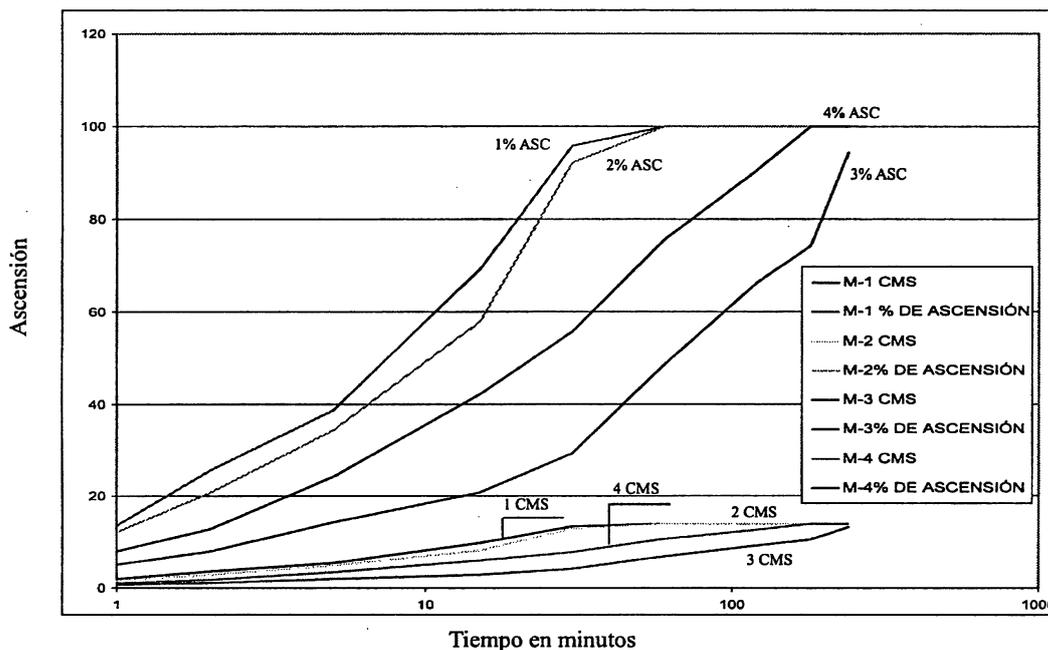


Figura 3.- Ascensión capilar, % de la altura alcanzada, en función del tiempo.

empleados en esta determinación (1, 2, 5, 15, 30 etc...) minutos, determinada de acuerdo con UNE-EN-772-11.

3.1.4. Resistencias mecánicas

En la Tabla 3 se han incluido los valores de las resistencias a compresión de las probetas testigo cilíndricas de 10 cm ϕ en estado seco (Mpa), saturadas de agua (Mpa), así como el tanto por ciento de disminución de dicha resistencia, de acuerdo con la norma UNE-7068.

3.2. Composición química

Las determinaciones efectuadas según las normas UNE de análisis químico de los diferentes componentes principales. Además se expresan los relativos a componentes minoritarios que pueden afectar a la durabilidad de las piedras y que figuran en la Tabla 4.

Como se puede apreciar:

a.- En las muestras M-1 y M-2, la fracción silícea (suma de cuarzo y silicatos) es del 36,5% y la de la fracción caliza (carbonato de calcio) del 63%. No hay presencia de sulfatos, y la de cloruros, nitratos y nitritos puede considerarse inapreciable.

b.- En las muestras M-3 y M-4, la fracción caliza (carbonato de calcio) es del 98,4% y la fracción silícea del 1,4%. No hay presencia de sulfatos, siendo la proporción de cloruros, nitratos y nitritos insignificante.

3.3. Análisis petrográfico

Se trata de estudiar las características texturales y mineralógicas que permitan definir petrográficamente las dos muestras de piedra. Ambas se engloban dentro del grupo de las rocas sedimentarias detríticas, y por el tamaño de grano dentro de las arenitas, con cementante calcáreo.

Características texturales de la piedra compacta de tonalidad blanca:

*Tamaño de grano. Se trata de una roca de grano fino con tamaño entre 0,6 y 2 mm, con concentración de la mayor parte de las partículas en el tramo inferior a 1mm.

*Distribución de tamaños. No existe una gran dispersión entre los tamaños de grano, sino que más bien existe un sorting < 0,5.

*Morfología de los clastos. Se trata de cantos bien redondeados, de grano muy fino, con frecuentes recristalizaciones.

*Madurez textural. Tanto el porcentaje de matriz, sorting, como la redondez de los clastos, indican un grado de madurez muy elevado.

*Empaquetamiento. El porcentaje de matriz detrítica (tamaño inferior a 30 micras) y el cemento calcáreo ocupan gran parte de los huecos por lo que el índice de

TABLA 3
Resistencias a compresión

Muestra	En estado seco, Mpa	Saturada de agua, MPa	Pérdida de resistencia, %
M-1	3.86	2.04	47.2
M-2	4.72	2.83	40.0
M-3	35.41	26.42	25.4
M-4	31.65	24.73	28.0

TABLA 4
Materiales pétreos. Composición química

Determinación %	Muestras			
	M-1	M-2	M-3	M-4
Dióxido de silicio (SiO ₂) %	36.9	34.7	1.3	1.0
Alúmina (Al ₂ O ₃) %	0.2	0.3	0.1	0.1
Óxido férrico (Fe ₂ O ₃) %	0.3	0.5	0.1	0.1
Cal (CaO) %	34.8	35.6	54.9	55.1
Magnesia (MgO) %	0.0	0.0	0.0	0.0
Anhídrido carbónico (CO ₂) %	27.3	28.3	43.4	43.3
Sulfatos (SO ₃) %	0.0	0.0	0.0	0.0
Carbonato cálcico %	62.1	63.9	98.3	98.4
Fracción silíceo %	37.4	35.5	1.5	1.2
Cloruros (Cl ⁻) %	0.012	0.012	0.004	0.007
Nitritos (NO ₂ ⁻) %	0	0	0	0
Nitratos (NO ₃ ⁻) %	0	0	0	0

empaquetamiento es elevado (favorecido por el diámetro máximo de canto) lo que explica la baja porosidad.

Tanto los procesos de karstificación como los de arenización son muy escasos, confiriendo a la roca un aspecto compacto y una elevada resistencia.

Con los datos anteriores se define esta piedra como una arenisca calcárea de grano fino. Sin embargo el bajo contenido en terrígenos permite considerar esta muestra como transición a una roca carbonática intraesparítica o roca calcárea, de acuerdo con la clasificación de Folk, al tener más del 10% de aloquímicos, más del 25% de intraclastos y más esparita que micrita.

Características texturales de la piedra porosa amarillenta:

*Tamaño de grano. Se trata de una roca de grano grueso con tamaño entre 1 y 3 mm, con concentración de la mayor parte de las partículas en el tramo de 1 a 2 mm.

*Distribución de tamaños. El grado de dispersión es elevado con un sorting entre 0,5 y 1.

*Morfología de los clastos. Se trata de cantos subredondeados a subangulosos, de grano medio a grueso (dentro de la fracción arena).

*Madurez textural. Tanto el porcentaje de matriz, sorting, como la redondez de los clastos indican un grado de madurez bajo.

*Empaquetamiento. El elevado contenido en terrígenos, en relación a la matriz y al cemento, confieren a esta muestra un índice de empaquetamiento bajo.

El grado de arenización es importante, lo que combinado con procesos incipientes de karstificación, confieren a la roca un marcado aspecto oqueroso, incluso deleznable con los dedos.

Probablemente esta arenisca ha sufrido un proceso de diagénesis de grado muy bajo.

Se han reconocido cristales de calcita ocupando parte de estos huecos por recristalización.

Con estos antecedentes se define como una arenisca del grupo 6-7: Litarenitas y litarenitas feldespática.

3.4. Interpretación de resultados

Con estos resultados de caracterización físico-mecánica, se deduce que la piedra arenisca tiene una densidad baja y una porosidad medio-alta. La absorción y la cinética de retención de agua son altas, así la cantidad absorbida os-

cila entre 13 y 14%, resultando que, a los cinco minutos se ha retenido el 99% del total de agua. La desorción es más lenta, quedando casi un 30% de agua a las 24 horas de haberse iniciado el proceso. La ascensión capilar es igualmente elevada, produciéndose con una alta velocidad, como lo demuestra el hecho de que a la hora de iniciado el proceso se alcanza el 100% de la altura de la probeta (14 cm). La resistencia a compresión de estas piedras en estado seco es de 4,29 N/mm². Al saturarse de agua pierde hasta un 44% de esa resistencia situándose en 2,4 N/mm².

La piedra definida como roca carbonática se caracteriza por tener una densidad y porosidad media. La absorción y retención de agua es de tipo medio. La cantidad de agua acumulada es del 8,8% a las 24 horas. La desorción es rápida y prácticamente total, ya que a las 24 horas se ha eliminado el 92% del agua retenida en la absorción. La ascensión capilar es más lenta, ya que hasta las 3-4 horas no se alcanza el 100%. La resistencia a compresión es de 33 N/mm². Cuando se satura de agua, la pérdida de resistencia es del orden del 26%.

4. ESTUDIO DE LOS MORTEROS

Del mismo modo que en el caso de los materiales pétreos, se han seleccionado dos muestras por sus características organolépticas, que se ha designado M-5 y M-6, de las que se han determinado la densidad, la porosidad y su composición química, con objeto de poder definirlos.

4.1. Densidad y porosidad

En la Tabla 5 figuran los valores correspondientes a la densidad y a la porosidad. Determinadas según UNE 83820/94 Ex

4.2. Composición química

En la Tabla 6 se incluyen los resultados obtenidos de las determinaciones químicas realizadas a los componentes mayoritarios, y a los minoritarios que puedan ser agresivos.

- La fracción de carbonato cálcico oscila entre 53,1 y 57,7%, y la sílicea entre 46,5 y 41,8%. No hay presencia de sulfatos ni de magnesia. La fracción de cloruros, nitratos y nitritos es insignificante.

Se ha separado manualmente la fracción conglomerante de la fracción arena, sobre la que se ha hecho el estudio microscópico, obteniendo las siguientes conclusiones:

- La arena pertenece al grupo de árido rodado de naturaleza cuarcítica, de perfil anguloso las de mayor tamaño, y redondeado las más pequeñas. Hay presencia de micas y feldespatos.

- La fracción caliza envuelve a los granos de arena, presentando una elevada porosidad.

5. ESTUDIO DE LAS ZONAS CON DESPRENDIMIENTOS

Una vez conocida la composición de la Cúpula y caracterizados los materiales que la componen, se procedió al estudio de las zonas en las que se originaban los desprendimientos, para lo que se realizaron los siguientes trabajos (6, 7 y 15).

5.1. Humedad y salinidad

- Se tomaron una serie de muestras de la superficie interior de la Cúpula con el fin de determinar el grado de humedad y la salinidad. Para ello se dividió el casquete esférico en cuatro zonas: Norte, Sur, Este y Oeste. Cada una de ellas, a su vez, en otras cinco, denominadas A, B, C, D y E, y en altura se dividió en 17 niveles o zonas de 30 cm de altura (Figuras 4 y 5). La toma de muestras se realizó en los niveles o zonas de cada una de ellas: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17, a las que se determinó la humedad y la salinidad, obteniéndose un total de 164 resultados, lográndose así un mapa de humedades (Figura 6), del que cabe destacar:

Zona inferior

- Los alzados norte y este, tienen un grado de humedad comprendido entre el 2 y 5%, entre la cota 5 y 9. En los alzados oeste y suroeste, la humedad es variable oscilando entre el 2 y el 8% hasta la cota 12. En el alzado sureste, hay una zona localizada con valores superiores al 8% y un tramo entre el 2 y 5% que llega a la cota 12.

Zona media

- En el alzado norte, la concentración de humedad oscila entre 0 y 2%, desde el nivel 6 al más superior.

- En el alzado este, la parte comprendida entre los sectores A, B, C y D, tiene porcentajes de humedad superiores al 8%, en la parte media superior (entre las cotas 14 y la zona central).

- En los sectores D y E del alzado este, y A y B del alzado Sur, los porcentajes son superiores al 5% en el tramo medio superior (entre la cota 15 y el centro superior).

Zona superior

- En la zona A del alzado oeste, hay un sector alargado con un porcentaje de humedad superior al 8%, desde la cota 11 al centro.

- Los sectores A, B, C, D y E del alzado Este, A y B del Sur, presentan concentraciones de humedad superiores al 5% en la parte superior.

TABLA 5
Morteros. Densidad y porosidad

Muestra	Densidad gr/cm ³	Porosidad %
M-5	1.21	46.6
M-6	1.49	31.9

TABLA 6
Morteros. Composición química

Determinación	Muestras	
	M-5	M-6
Sílice (SiO ₂) %	43.9	39.5
Alúmina (Al ₂ O ₃) %	1.1	1.0
Óxido férrico (Fe ₂ O ₃) %	1.5	1.3
Cal (CaO) %	28.0	31.9
Magnesia (MgO) %	0.0	0.0
Anhídrido carbónico (CO ₂) %	25.1	25.8
Sulfatos (SO ₃) %	0.0	0.0
Cloruros (Cl ⁻) %	0.004	0.003
Nitritos (NO ₂) %	0.001	0.001
Nitratos (NO ₃) %	0.002	0.003

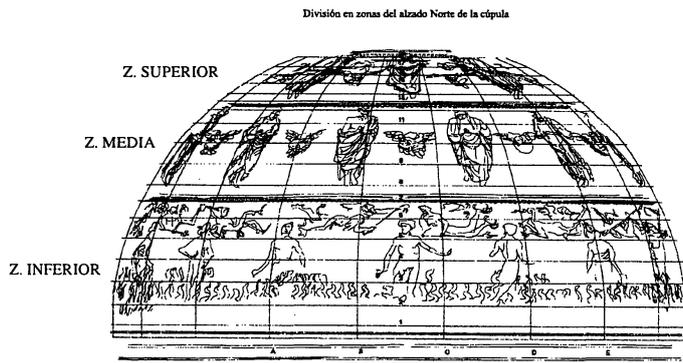


Figura 4.- Cúpula. Zonas objeto de estudio (2).

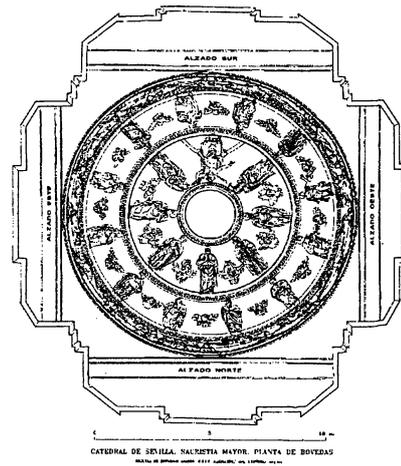


Figura 5.- Sacristía Mayor.. Planta de bóvedas (2).

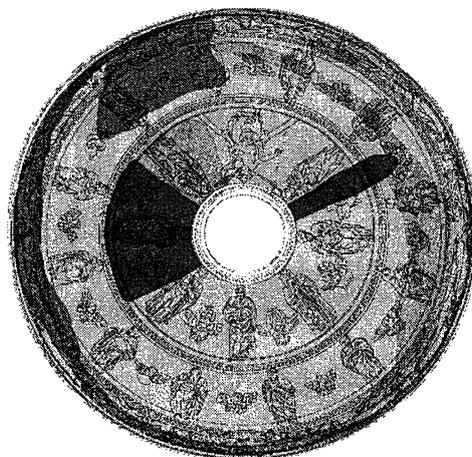


Figura 6.- Mapa de humedades y salinidad.

Del estudio de los datos obtenidos, se deduce que hay zonas de una mayor concentración de humedad que pueden asociarse a puntos de filtración de agua debido a fallos en el sellado de las ventanas de la linterna, así como encuentros deteriorados en los faldones y diferentes elementos constructivos. Toda este agua se difunde a partir de estos puntos de entrada al conjunto de la Cúpula.

- La determinación de compuestos potencialmente agresivos (cloruros, sulfatos y nitratos), ponen en evidencia, de forma genérica, la existencia de concentraciones altas de estos compuestos en determinadas zonas de la superficie del interior de la Cúpula, en las que aparece una diferente tonalidad superficial, a modo de pátina. Las zonas más afectadas son las siguientes:

- C-3 del alzado norte con valores de cloruros 0,59%; de sulfatos 0,72% y de nitratos 0,14%.

- C-15 y C-17 del alzado este, con valores de sulfatos de 2,04 y 1,98%.

La media de concentración de cloruros en las zonas con presencia de pátina es del orden del 0,35%; la de sulfatos 0,60% y la de nitratos 0,15%. Sin embargo, los morteros y las piedras no tienen una presencia significativa de estos compuestos como se manifiesta en el apartado 3.4.

5.2. Ensayos de permeabilidad "in situ"

La localización de las zonas con un contenido de humedad y sales muy superior a la media, puede lograrse a través de ensayos de permeabilidad por el método Edward B. Grunau (15), ya que las zonas sin pátina y sin sales suelen ser más permeables que las que las tienen.

Los resultados de los ensayos efectuados han puesto de manifiesto que las zonas con mayor concentración de sales tienen una permeabilidad de media a baja, esto es, son prácticamente impermeables. Las zonas que no tienen sales, como es la zona inferior de la Cúpula correspondiente a la piedra lisa, la permeabilidad es absoluta, ya que a los treinta segundos de haber cargado el tubo, ha penetrado la totalidad del agua en la roca.

Las zonas sin indicio de sales tienen un bajo grado de humedad, inferior al 2%, no contiene sales, son muy permeables, por lo que el agua no queda retenida, esto es, la piedra transpira. Todo ello motiva que no presente alteraciones.

Por contra, las zonas en las que hay salinidad superficial tienen una baja o media permeabilidad, por lo que el agua procedente de filtraciones queda retenida, con valores entre 3 y 8%.

5.3. Estudio de la pátina

Con este estudio se pretende elucidar el origen de la concentración de sales, que origina la retención de humedad y de los desprendimientos. De los estudios realizados por el profesor Parra (16), que ha utilizado las técnicas habituales en el análisis de pintura artística, que permiten, por su variedad, tener una visión bastante completa de los materiales presentes, trabajando con muestras de tamaño reducido. Se enumeran a continuación:

- Microscopía óptica por reflexión y transmisión, con luz polarizada. Ésta es una técnica básica que permite el estudio de la superposición de capas de diferentes materiales, así como el análisis preliminar de pigmentos, aglutinantes y barnices, empleando ensayos microquímicos y de coloración selectiva de capas de temple y óleo.

- Espectroscopía IR por transformada de Fourier. Se empleó principalmente para determinar la composición de las capas de la costra.

- Cromatografía en fase gaseosa/espectrometría de masas, para la determinación de sustancias lipófilas, como aceites secantes, resinas y ceras; y de sustancias hidrófilas, como la goma arábiga y productos afines.

- Cromatografía en fase líquida, para el análisis de aminoácidos procedentes de las capas de pintura al temple de proteína.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto:

La existencia de calcita, como componente mayoritario, y de yeso en la capa blanca inferior de la pátina, como puede apreciarse en el espectro IR de la Figura 7. La presencia del yeso está producida por la difusión de la capa de pintura, correspondiendo a la superficie alterada de la piedra caliza. La Figura 8 corresponde al espectro IR de la capa de pintura. Se identifican los componentes inorgánicos principales: yeso, tierras (que incluyen cuarzo y silicatos) y nitrato sódico.

Por otra parte, el cromatograma de líquidos (Figura 9) de un fragmento de capa pictórica, se aprecia la existencia de aminoácidos con proporciones asimilables a la albúmina de sangre de bovino o de huevo de gallina, en muy pequeña proporción (C.A.15 ppm).

En la Tabla 7 se han incluido los compuestos detectados por IR, ordenados de mayoritarios a minoritarios, así como el espesor, el color y el aglutinante utilizado.

La lista de materiales en cada casilla de la tabla se ordenan de mayoritarios a minoritarios.

El análisis químico indica la presencia de nitrato sódico, que es un producto normalmente asociado al biodeterioro de capas de pintura con aglutinante proteico, entre otras posibles fuentes. Igualmente se ha detectado la presencia de proteína filmógena, arcillas coloreadas y negro carbón. Por todo ello es probable que se trate de una pintura o revoco fino. Por los datos obtenidos este revoco puede definirse como un yeso coloreado impermeabilizado con albúmina (de huevo o sangre de bovino). La textura de la muestra observada al microscopio, junto con el hecho de

que la porosidad determinada por análisis microscópico es muy baja, confirma la impermeabilidad de esta capa.

6. CONCLUSIONES

Primera:

Con estos antecedentes puede concluirse que: los tratamientos dados a la piedra en diferentes zonas de la Cúpu-

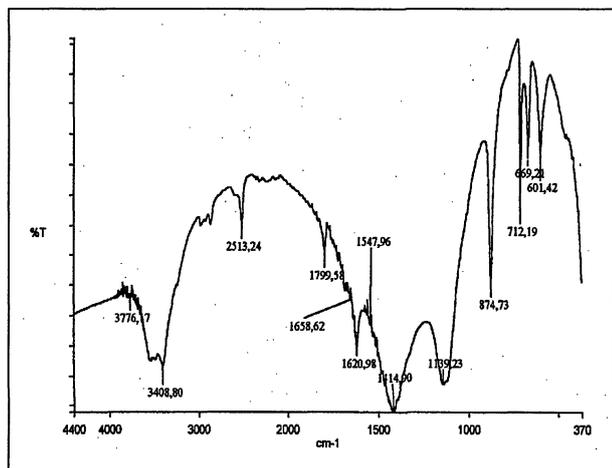


Figura 7.- Espectro IR de un fragmento de la capa inferior, de color blanco.

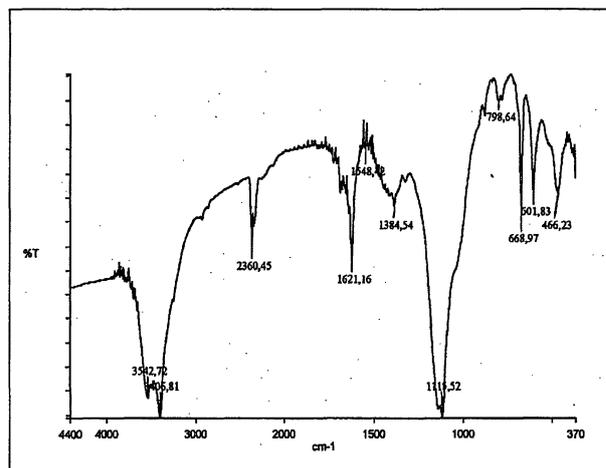


Figura 8.- Espectro IR de la capa de pintura.

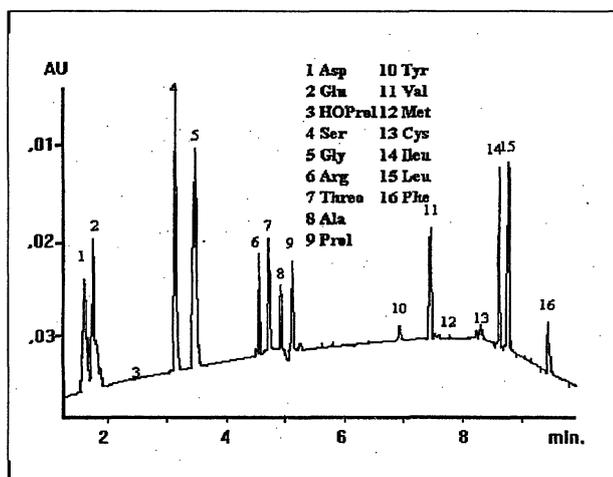


Figura 9.- Cromatograma de líquidos de un fragmento de capa pictórica.

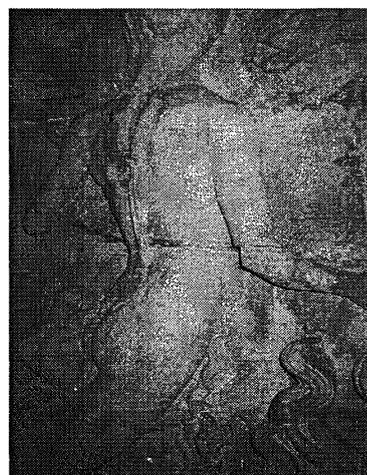


Foto 3.- Zonas con pátina en el anillo medio.

TABLA 7
Compuestos detectados por IR

Capa	Color	Espesor	Pigmento	Agglutinante
Inferior	Blanca	>1mm	Calcita, yeso	--
Pintura	Pardo rojizo	15-35	Yeso, calcita, tierras, negro carbón, nitrato de sodio	Albúmina

la de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla, a base de yeso y albúmina de huevo, han provocado la impermeabilización superficial de la piedra caliza así como una elevada concentración de sales que impide la transpiración de las humedades procedentes de filtraciones de la cubierta, lo que ha motivado los desprendimientos enunciados.

Segunda:

La solución para este tipo de lesiones consiste en eliminar la pátina y la concentración de sales superficiales como consecuencia de tratamientos inadecuados realizados posiblemente a comienzos del siglo XX, para que la piedra recupere las características hídricas de la piedra original, al eliminarse la capa impermeable.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) M. Alcalde Moreno. "Síntomatología de las catedrales de Sevilla, Cádiz y Almería". p. 376 Tesis doctoral en la Universidad de Sevilla. 1989.
- (2) A. Almagro y A. Jiménez. "Planos generales y de detalle de la Sacristía Mayor". 1993.
- (3) M. Álvarez de Buergo Ballester. "Caracterización, alteración medio-ambiental y restauración en paramentos del patrimonio arquitectónico". p.299. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 1994.
- (4) Autores varios. Joaquín Hazañas y La Rúa. "Historia de Sevilla", Ed. Colegio Oficial de Aparejadores y arquitectos Técnicos de Sevilla. Sevilla. 1974.
- (5) Autores varios. "Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos". p 160. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. 1996.
- (6) Autores varios. "Tratamiento y conservación de la piedra en los monumentos" p. 187. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid. 1994.
- (7) J. Coscallano. "Tratamiento de las humedades en edificios" p. 327. 2000 International Thomson Editores Spain Paraninfo. Madrid. 2000.
- (8) T. Falcón Márquez. "La Catedral de Sevilla" Estudio arquitectónico. p. 130. Sevilla. 1990.
- (9) J. Gestoso y Pérez. "Guía artística de Sevilla, Historia y descripción de sus principales monumentos religiosos y civiles". p. 180. Sevilla 1884.
- (10) A. Jiménez Martín, M. Gómez de Terreros Guardiola, "El espíritu de las Antiguas Fábricas". Ed. Fidas. Sevilla. 1999.
- (11) A. Martín. "Ensayos y experiencias de alteración en la conservación de obras de piedra de interés histórico artístico". p. 609. Ed. Ramón Areces. Madrid.
- (12) A. J. Morales. "La Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla". p. 160. Sevilla. 1984.
- (13) Normas UNE de ensayos.
- (14) M. Oñorbe Umeneta. "Valoración del deterioro y conservación en la piedra monumental". p. 269. Cedex. Madrid. 1984.
- (15) Ortega Andrade F. "Patología de la Construcción. Humedades en la edificación". Editan S. A. Sevilla 1989.
- (16) E. Parra. "Técnicas analíticas". Apuntes de la Universidad Alfonso X El Sabio.

* * *