

INFORME TÉCNICO Y PROCESO DE CONSOLIDACIÓN DE UNA ESCULTURA TALLADA EN ESPUMA FENÓLICA

Mas i Barberà, Xavier*; Grafiá Sales, José Vicente; Del Hoyo Meléndez, Julio;
Llamas Pacheco, Rosario y María Teresa Doménech Carbó.

Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Instituto
de Restauración del Patrimonio, Universidad Politécnica de Valencia. Camino
de Vera, 14. 46022. Valencia.

*E-mail: jamabar@upvnet.upv.es

INTRODUCCIÓN

Con las nuevas tecnologías surgen nuevos materiales que se incorporan al arte, y con éstos diferentes formas de sentir y expresarse. Debido a ello, los artistas de nuestro tiempo, se ven inspirados y, en cierta manera, obligados a experimentar con materiales desconocidos, obtenidos por el incesante desarrollo tecnológico. El resultado es un sinfín ecléctico de trabajos: “Arte Contemporáneo”, donde se entremezclan procedimientos, técnicas y materiales de características muy variopintas. Todo ello hace que se desconozcan las respuestas de éstos nuevos materiales con el transcurso de los años, y sus posibles alteraciones provocadas por los distintos tipos de agentes de deterioro: físicos, químicos, humanos...

Ante tales circunstancias, la disciplina de Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, dirigida a conservar cualquier obra de arte, fuere de las características que fuere, debe actualizarse con nuevos criterios de intervención que garanticen la perdurabilidad de las piezas. Es fundamental antes de acometer cualquier intervención establecer un diálogo con el artista para definir unos criterios y premisas de actuación. El artista en cuestión, José Romero, nos cuenta:

“...creo que es muy interesante acometer una intervención de conservación preventiva en este tipo de obra para conseguir ciertas características de estabilidad y resistencia por deberse a un material tan peculiar”.

La vinculación del artista con el proceso de intervención debe ser constante, y es garantía de acierto en aquellos aspectos que incumben al lenguaje plástico de la obra.

El presente trabajo, pretende dar una visión coherente y precisa sobre la propuesta de intervención y proceso conservativo-preventivo, llevado a cabo sobre una pieza escultórica de un artista vivo, contemporáneo y claro admirador de las técnicas más avanzadas. La obra escultórica en cuestión, fue realizada por el artista valenciano José Romero en Nueva York entre los años 1998-99. Titulada “Voces Cautivas”, está formada por 150 esculturas de pequeño tamaño, oscilan entre 25-30 cm de alto por 8-10 cm de ancho por 4-6 cm de profundidad. Todas ellas talladas a partir de cubos de espuma fenólica “green foam”(Figura 1).

El estado de conservación de todas las piezas derivaba tanto de las características intrínsecas del propio material, como de la manipulación durante la exposición y el transporte de las mismas. Las piezas se encontraban muy pulverulentas llegando incluso a pérdidas volumétricas del material.

El presente trabajo resume los resultados más relevantes de un estudio sobre la eficacia de diversos productos consolidantes y protectivos utilizados como método preventivo en un material hasta ahora poco conocido en el mundo de la Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diversas técnicas de impregnación han sido, asimismo, sometidas a estudio con el propósito de seleccionar el método que proporcionara las mayores garantías de conservación del material alterado.

MATERIALES Y MÉTODOS

A.- Materiales de espuma fenólica.-

Las resinas fenólicas (baquelitas) son los primeros polímeros de los cuales se tiene conocimiento. Las mismas fueron sintetizadas por L.M. Baekeland en el año 1909, a partir de la reacción entre formaldehído y fenol (1). En la actualidad, continúan siendo un polímero de gran importancia debido a su capacidad como aislante eléctrico, baja inflamabilidad, alta retención de humedad y bajo costo. Las espumas fenólicas han sido utilizadas en embalajes nucleares, estructuras acústicas para edificios, paneles para retardar el fuego en aviones y bases de arreglos florales. No obstante, los artistas también han utilizado espumas fenólicas como material para escultura. Por lo tanto, no debe ser motivo de sorpresa encontrar obras en los museos de arte moderno y contemporáneo, en las cuales se haya empleado algún tipo de espuma fenólica. Sin embargo, la reacción del oxígeno atmosférico con la espuma acelera el deterioro de la misma convirtiéndola en un material más quebradizo.

El **esquema 1** muestra las reacciones de síntesis a nivel industrial de este tipo de resinas fenólicas. La resina fenólica utilizada en la obra objeto de estudio ha sido de tipo *resol* (2). Dos de éste tipo de espuma han sido analizadas en este trabajo, una suministrada por el artista, a partir de la cual se ejecutó el conjunto escultórico y, otra suministrada por la casa SMITHERS-OASIS® GERMANY GMBH.

Los productos consolidantes utilizados han sido: *Paraloid B-82*® (resina acrílica de metil-metacrilato), *Plextol B-500*® (resina acrílica pura termoplástica) y *Mowilith SDM-5*® (copolímero de acetato de vinilo y éster acrílico) suministrados por la casa CTS. Se aplicaron a concentraciones de 5 y 10%, *Plextol B-500*® y *Mowilith SDM-5*® en agua destilada y el *Paraloid B-82*® en alcohol etílico y agua destilada (9:1vol.) y, mediante el método de inmersión parcial y de impregnación a vacío.

B.- Instrumentación.-

-Cámara de impregnación a vacío marca Struers modelo Epovac equipada con compresor de aire Aero-pro Classic 20 operando a 4.5-6 bar y pudiendo alcanzar un vacío de 660 mm de Hg.

-Balanza de laboratorio Precisa Instruments BJ 410 C, ISO 9001.

-Microscopio estereoscópico Leica modelo GZ6, con sistema de iluminación incidente por anillo de fibra óptica Leica CLS 100.

-Microscopio Electrónico de Barrido Jeol JSM 3600 con sistema de microanálisis de rayos x Link-Oxford-Isis, operando con voltaje de 20 kV, una corriente de haz de $2 \cdot 10^{-9}$ A y una distancia de trabajo de 15 mm. Las muestras examinadas son recubiertas previamente con oro.

-Espectroscopio IR Bruker Vertex 70 Sample Compartment RT-DLaTGS, con sistema de reflexión ATR (Attenuated Total Reflection) MKII Golden Gate. Sistema Software OPUS/IR para el control automático de la instrumentación y el procesado de datos y espectros. Las condiciones experimentales han sido acumulación espectral de 32 barridos a una resolución de 4 cm^{-1} .

-Las coordenadas cromáticas obtenidas sobre la superficie uniforme de las probetas han sido obtenidas mediante un espectrofotómetro Minolta CM-2600d, eligiendo como condiciones de medidas el iluminante estándar CIE tipo D₆₅ (luz día, temperatura de color 6500° K) y el observador estándar 10°. Los datos se han tomado con componente especular incluida (SCI), que minimiza la influencia de las condiciones de la superficie de medida y con componente especular excluida (SCE), que corresponde más cercanamente a la evaluación visual profesional. En dicho medidor, hemos elegido el área de medida de 3 mm Ø, siendo su geometría de medida difusa ocho (d/8). La fuente de luz está formada por tres lámparas de xenón pulsante, estando su esfera integradora (de 52 mm de Ø) recubierta de BaSO₄. Su rango de longitud de onda está comprendido entre 360 y 740 nm, cada 10 nm, siendo su rango fotométrico de 0 al 175 % de reflectancia, con resolución 0,01 %. En cuanto a su repetibilidad presenta una desviación estándar de 0,1 %, en reflectancia espectral, y, 0,04 para los valores colorimétricos de ΔE^*_{ab} (CIE 76). En cuanto al espacio de color, se ha adoptado el CIELAB, por ser un sistema indicado para la medida de fuentes secundarias, así como por su uniformidad, lo que facilita enormemente la comparación de resultados.

C.- Procedimientos.-

1.- Preparación de probetas y métodos de consolidación:

Se han preparado 24 probetas de forma cúbica de dimensiones (4x4x4) cm., 12 de ellas con espuma fenólica nueva y 12 con la espuma fenólica original, utilizada por el artista, las cuales se han utilizado del siguiente modo:

-12 probetas se han utilizado para realizar el ensayo de consolidación por inmersión parcial.

-12 probetas se han utilizado para realizar el ensayo de consolidación por impregnación a vacío.

La **tabla 1** resume todo el conjunto de métodos de aplicación y productos consolidantes ensayados en el presente estudio. Para los dos tipos de espuma fenólica utilizados se ensayaron tres tipos de consolidantes preparados a diferentes concentraciones y aplicados por inmersión parcial y por impregnación a vacío.

La aplicación por inmersión parcial se efectuó siguiendo la siguiente secuencia: 5 min. de inmersión parcial a 1/4 de la altura seguida de 10 min. de inmersión total.

Finalmente el procedimiento de aplicación por impregnación a vacío se determinó tras efectuar una serie de ensayos preliminares. Este método constituyó cuatro fases:

-Extracción a vacío del aire de la red porosa durante 5 min.

-Impregnación por percolación del producto consolidante durante 40 min a 200 mm Hg de presión.

-Impregnación por inmersión parcial (1/4) a 200 mm Hg de presión durante 15 min.

2.- Preparación de muestras para análisis instrumental:

Se extrajeron muestras sólidas en forma de cubos de 1 cm² de arista del centro de las probetas ensayadas para ser examinadas con la instrumentación SEM/EDX, espectroscopía FT-IR, microscopía óptica y espectrofotometría (**Figura 2**).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

-Examen mediante microscopía óptica.-

El examen mediante el microscopio estereoscópico nos ha permitido observar la estructura reticulada, característica de este tipo de material, de las muestras ensayadas antes y después de la consolidación y compararlas dependiendo de si son de espuma nueva u original, utilizada por el artista. Se puede discernir claramente las diferencias de color y tamaño de celdillas que repercutirá en la mayor o menor absorción del consolidante, siendo ésta superior en las muestras de espuma original. Un hecho importante a destacar, y que sólo ha afectado a las muestras tratadas con Paraloid B-82[®], es la acumulación de éste consolidante en forma de nódulos blancos a lo largo de toda la superficie de la probeta y más profusamente a 2 mm de profundidad de la misma (**Figura 3**). Ésta acumulación confiere a la muestra una resistencia en superficie superior a las restantes probetas pero la priva de cierta firmeza interna. Queda por determinar hasta qué punto esta región consolidada de aproximadamente 2 mm de espesor es del todo impermeable.

-Examen mediante microscopía electrónica.-

El tratamiento efectuado con los tres consolidantes se hace visible tras comparar las probetas consolidadas con las probetas nueva y original –no tratadas- y permite observar la aparición de una película delgada y homogénea, de varias micras, que llega a tupidar la estructura reticulada de la muestra sin alcanzar la completa obturación del poro (**Figura 4**). Las muestras tratadas con Paraloid B-82[®] no muestran capa alguna de

consolidación. En los nódulos de las muestras tratadas con Paraloid B-82[®] se ha podido detectar, mediante los espectros de RX, pequeñas trazas de carbonato cálcico. Por otro lado, no se han encontrado diferencias significativas entre los diferentes métodos de consolidación ensayados. Se observa como el consolidante penetra cómodamente por toda la cavidad porosa colmatándola por completo. Tras la evaporación del diluyente, la retícula porosa adquiere cierta consistencia.

-Estudio del aumento de masa.-

En la **tabla 2** se resumen los valores de consolidante retenidos en cada una de las probetas ensayadas tras una semana de secado a temperatura ambiente. Estos valores se han obtenido mediante la pesada, antes y después del proceso de consolidación. Se aprecia un aumento considerable en las muestras de espuma original utilizada por el artista debido a la estructura interna alterada. Cabe reseñar que, el conjunto de probetas ensayadas con los consolidantes Plextol B-500[®] y Mowilith SDM-5[®] completaron el proceso de consolidación en un tiempo superior a 4 días, mientras que para el Paraloid B-82[®] la consolidación se completó a partir de 36 h.

-Análisis mediante espectroscopía IR.-

Se ha ensayado la utilización de la técnica de espectroscopía IR para detectar la presencia de consolidante en el material en cuestión, de espuma fenólica. Se han comparado tres consolidantes, a diferentes concentraciones y el método de aplicación sobre la espuma nueva y la original. En todos los casos se ha podido apreciar la existencia de trazas significativas de consolidante. La **Figura 5** compara, a título de ejemplo, los espectros IR de la espuma fenólica original antes y después de la consolidación mediante Mowilith SDM-5[®] observándose las bandas correspondientes a vibraciones de los enlaces O-H terminales, C-H (metoxilo), anillos aromáticos y grupos O-H fenólicos, las cuales aparecen a 3306, 2857, 1601, y 1440 cm⁻¹ respectivamente, en ambos casos. El espectro de la muestra consolidada presenta, además, bandas intensas cerca de 1730 y 1400 cm⁻¹ las cuales están asociadas a los enlaces C=O y C-O del acetato de polivinilo, componente principal del Mowilith (3).

-Estudio colorimétrico.-

El objetivo principal era observar y determinar la variación cromática que sufrían las probetas antes y después de someterlas a la fase de consolidación. La **tabla 3** resume los valores de incremento de las coordenadas cromáticas (L*, a*, b*) correspondientes a los dos tipos de espumas después de ser tratadas con el respectivo consolidante. Los resultados obtenidos permiten establecer que las probetas nuevas consolidadas con Plextol B 500[®] y Paraloid B-82[®] sufren, en general, un aumento de la luminosidad, mientras que las tratadas con Mowilith SDM-5[®] experimentan una reducción. Por otro lado, las probetas preparadas con espuma fenólica original tratadas con Plextol B 500[®] sufren un aumento de luminosidad que es ligeramente superior en las

tratadas con Paraloid B-82[®]. Las probetas tratadas con el Mowilith SDM-5[®] se mantienen estables. Los valores de las coordenadas a^* y b^* para la espuma nueva, tras la consolidación, experimentan una deriva hacia el verde y para la espuma original hacia el amarillo. Con la excepción de las muestras de espuma original 10 y 11 tratadas con Mowilith SDM-5[®], las cuales exhiben valores de coordenadas L^* , a^* y b^* similares a la muestra sin tratar.

CONCLUSIONES

La utilización simultánea, tanto de muestras nuevas como de muestras de material original combinadas con los tres tipos de consolidantes acuosos y a diferentes proporciones, nos han permitido establecer una primera aproximación al proceso de intervención de la obra real en cuestión. Los dos tipos de espuma estudiados poseen una estructura reticular de finas paredes y poros abiertos intercomunicados, observándose alterada en la espuma original. El consolidante Plextol B-500[®] y, especialmente, Mowilith SDM-5[®] han exhibido en las muestras originales distribución más homogénea y una adecuada fijación, evidenciado por los mayores incrementos en la masa de las probetas tras la consolidación, mientras que el Paraloid B-82[®] ha mostrado una acumulación localizada del residuo mediante nódulos blancos a 2 mm de profundidad de la muestra. En todos los casos se observa la formación de una película fina de producto consolidante que aumenta la cohesión interna de la retícula de material alterado. Es de destacar el efecto uniforme de no obturación de la red porosa que se obtiene con cualquiera de los productos y métodos de aplicación ensayados, a excepción del consolidante Paraloid B-82[®]. Por otro lado, el período de consolidación se observa que es superior en las probetas tratadas con Plextol B-500[®] y Mowilith SDM-5[®] que para el Paraloid B-82[®]. En relación a los cambios cromáticos observados señalaremos que no han sido significativos y las variaciones de las coordenadas L^* , a^* , b^* se han mantenido por debajo del límite de discernibilidad del ojo humano. Finalmente, cabría señalar que las probetas después de la fase de consolidación, e independientemente del consolidante empleado, manifestaban una estabilidad táctil y de textura idóneas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a D^a Marisa Martínez Bazán por la ayuda prestada en los trabajos de colorimetría. Este estudio ha sido financiado a través del proyecto CTQ2004-06754-C03-01 correspondiente a los Programas del Plan Nacional de I+D del MEC. Dicho proyecto está co-financiado con fondos FEDER.

NOTAS

- (1) Para mayor información se puede consultar Areizaga *et al.*, 2002, p.371.
- (2) Las resinas fenólicas pueden ser clasificadas en dos tipos: novalac y resol, siendo más común el tipo resol en espumas debido a la facilidad con la cual es sintetizada.

Se utilizan agentes catalizadores de reacción ácido y básico para novalac y resol respectivamente (Gnauck y Fründt P, 1991. p.169).

(3) Los espectros de infrarrojo utilizados como referencia han sido tomados de: Rout *et al.*, 2003 y Alonso *et al.*, 2005.

BIBLIOGRAFÍA

AREIZAGA J M, CORTÁZAR M M, ELORZA J M, IRVIN J J Polímeros, Departamento de Ciencia y Tecnología de Polímeros, Universidad del País Vasco San Sebastián, Síntesis, Madrid, 2002.

BUSTINDUY, P. Proyecto de restauración del Bosque de Oma de Agustín Ibarrola. Comunicación presentada en la Reunión del Grupo de Contemporáneo del GE-IIC. Madrid, febrero de 2001.

DOWN, JANE L., MACDONALD, MAUREEN A. Y WILIAMS, R. SCOTT.: “Pruebas de adhesivos en el Canadian Conservation Institute- una evaluación de una selección de adhesivos acrílicos y de acetato de polivinilo”. Studies in Conservation. Vol. 41, nº1. London: IIC, 1996.

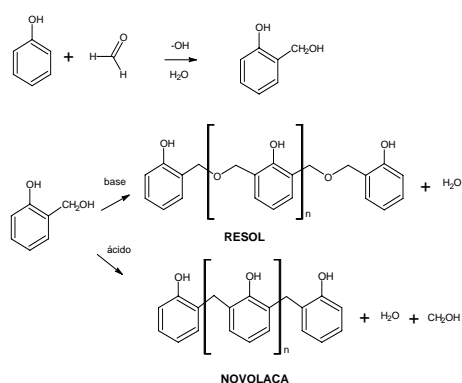
GNAUCK B, FRÜNDT P Iniciación a la química de los plásticos, Hanser, Barcelona, 1991

LLAMAS P. R., Técnicas Especiales de Conservación y Restauración. Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, Edita la Universidad Politécnica de Valencia, ref. libro: 2004.223, Valencia, 2004.

ROUT R K, JENA S N, DAS S C Biomass and Bioenergy, 2003, 25:329-334.

RUIZ DE ARCAUTE, E. Base de Datos sobre las técnicas de los artistas contemporáneos y sus criterios en materia de Conservación y Restauración Boletín Informativo del IAPH, nº 3. Sevilla, junio de 1993. p. 5-6.

ANEXO



Esquema 1.- Reacciones de formación de la resina fenólica a partir de formaldehído y fenol, seguido por las dos posibles reacciones para formar los tipos *novalac* y *resol* en medio ácido y básico respectivamente. Adaptado de Gnauck B y Fründt P, 1991, p.169.

Tabla 1.- Productos consolidantes y métodos de aplicación empleados en este estudio.

Métodos de aplicación	Inmersión parcial		Impregnación a vacío.		Diluyente
	Espuma nueva/original		Espuma nueva/original		
Tipo de consolidante	Concentración %		Concentración %		
Mowilith SDM-5®	5	10	5	10	H ₂ O destilada
Plextol B-500®	5	10	5	10	
Paraloid B-82®	5	10	5	10	H ₂ O/Alcohol etílico (1:9)

Tabla 2.- Valores relativos al incremento de masa (%) de las probetas ensayadas con los distintos consolidantes y métodos de aplicación.

Tipo de consolidante/ concentración %	Ref.	% Aumento de masa	% consolidante
PLEXTOL B-500® 5% H ₂ O.	1 C	506,15	83,50
	5 P	128,33	56,20
	6 P	433,33	81,25
	7 C	531,57	84,16
PLEXTOL B-500® 10% H ₂ O.	2 P	413,69	80,53
	9 P	488,40	83
	17 C	263,51	72,49
	18 C	407,27	80,28
MOWILITH SDM-5® 5% H ₂ O.	3 P	448,38	81,76
	11 P	882,69	89,82
	13 C	122,38	55,03
	16 C	436,92	81,37
MOWILITH SDM-5® 10% H ₂ O.	4 C	592,95	85,56
	8 P	973,52	90,68
	10 C	1187,5	92,23
	12 P	1030	91,15
PARALOID B-82® 10% Agua + Alcohol.	20 P	461,4	82,19
	22 P	295,3	74,7
	23 C	323,07	76,36
	24 C	529,16	84,10
PARALOID B-82® 5% Agua + Alcohol.	14 P	97,05	49,25
	15 P	138,80	57,05
	19 C	323,07	76,36
	21 C	80,28	44,53

Referencia: espuma envejecida
Referencia: espuma nueva

C: método por inmersión
P: método por impregnación a vacío

Tabla 3.- Incremento de las coordenadas cromáticas (L^* , a^* , b^*) de las muestras después de la consolidación.

Referencia	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Muestra 1	-0.14	-8.41	-3.01
Muestra 2	1.19	-8.11	-1.48
Muestra 3	-1.75	-4.72	-2.29
Muestra 4	2.65	-5.40	-2.55
Muestra 5	4.32	-3.38	-1.75
Muestra 8	4.48	-5.97	-3.16
Muestra 12	-2.72	3.53	7.40
Muestra 13	-0.92	-2.66	-0.94
Muestra 14	4.08	0.78	-2.13
Muestra 17	5.10	-7.51	-2.74
Muestra 21	4.79	-0.64	-2.01
Muestra 22	0.02	-0.72	-2.34
Muestra 23	5.02	-0.04	-1.80
Muestra 6	2.95	-5.83	-1.67
Muestra 7	2.62	-8.73	-2.25
Muestra 9	2.19	-6.81	-1.90
Muestra 10	0.03	-5.20	-0.13
Muestra 11	-0.50	-5.86	-0.99
Muestra 15	5.26	-6.45	-1.65
Muestra 16	1.93	-3.00	-0.42
Muestra 18	-1.32	-5.12	-0.46
Muestra 19	2.57	-4.30	-2.48
Muestra 20	2.51	-3.93	22.11
Muestra 24	7.14	-3.64	-2.70

Muestra: método inmersión.

Muestra: método impregnación a vacío.

Figura 1.- A/B/C.- Detalles del conjunto escultórico “Voces cautivas” del artista valenciano José Romero, Nueva York, 1998-1999.

Figura 2.- Esquema de la metodología empleada tras la consolidación para la obtención de las muestras destinadas a los estudios analíticos. Corte transversal de una probeta cuadrada. Sección diametral de la muestra obtenida. Fragmento obtenido de la fase anterior.

Figura 3.- A/B.- A. Microfotografía de la muestra de espuma fenólica nueva consolidada mediante Paraloid B-82[®]. Se puede observar la acumulación del consolidante fijado a la estructura interna en forma de nódulos blancos. B. Microfotografía de la muestra de espuma fenólica envejecida, utilizada por el artista, consolidada mediante Mowilith DM-5[®]. Se aprecia una capa uniforme a lo largo de toda la superficie de la muestra.

Figura 4.- A/B.- A. Microfotografía en electrones secundarios (x400). Muestra de la estructura interna de la espuma utilizada por el artista. B. Microfotografía en electrones secundarios (x400). Muestra de la estructura interna de la espuma utilizada por el artista después de la consolidación mediante Mowilith DM-5[®] al 10% en agua destilada.

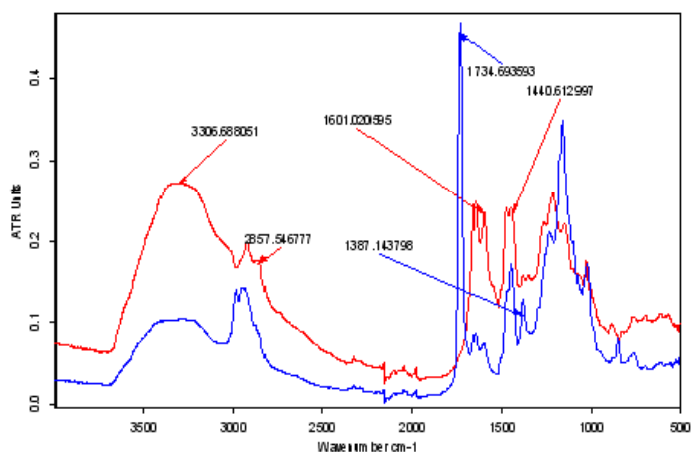


Figura 5.- Espectros FTIR/ATR de una muestra de resina fenólica antes (rojo-superior) y después de la consolidación con Mowilith SDM-5[®] al 10% en agua destilada (azul-inferior).

CURRICULUM VITAE

Xavier Mas i Barberà, Profesor de Conservación y Restauración de escultura.

José Vicente Grafia Sales, Profesor de Conservación y Restauración de escultura.

Julio del Hoyo Meléndez, Becario de especialización de tercer ciclo. Químico.

Rosario Llamas Pacheco, Profesora de Conservación y Restauración de Obra Contemporánea.

María Teresa Doménech Carbó, Profesora de Principios Físico Químicos de Obras de Arte.

Adscritos al Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Universidad Politécnica de Valencia, España, Tel. 963877310, Fax 963877319.