

RESTAURACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE LA SINAGOGA DE LORCA.
REALIZACIÓN DE UN MONTAJE EXPOSITIVO
DE VIDRIO ARQUEOLÓGICO SOBRE RESINA.

María Quiñones López
Tutora: Elvira Aura Castro

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	5
II. GENERALIDADES DEL MATERIAL VÍTREO.....	7
A. CORROSIÓN DE VIDRIOS ARQUEOLÓGICOS.....	8
B. CAUSAS DE ALTERACIÓN DE LOS VIDRIOS ARQUEOLÓGICOS.....	9
C. PAUTAS PARA LA CONSERVACIÓN DE VIDRIO ARQUEOLÓGICO.....	10
III. VIDRIOS DE LA SINAGOGA DE LORCA.....	13
A. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS FRAGMENTOS.....	14
1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	14
a. MICROSCOPIA ÓPTICA CON LUZ INCIDENTE Y TRANSMITIDA.....	15
b. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO - MICROANÁLISIS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA POR DISPERSIÓN DE ENERGÍAS DE RAYOS X (SEM - EDXS)	15
2. RESULTADO Y ESTUDIO DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS	15
a. MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN DE LOS VIDRIOS.....	15
b. PATOLOGÍA DE LOS VIDRIOS.....	17
FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS A TRAVÉS DEL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO	18
B. PROCESOS DE RESTAURACIÓN	22
1. TRASLADO Y SECADO DE LOS FRAGMENTOS DE VIDRIO.....	22
2. LIMPIEZA.....	23
3. CONSOLIDACIÓN.....	24
4. CLASIFICACIÓN Y PEGADO DE FRAGMENTOS.....	25
5. RECONSTRUCCIÓN Y REINTEGRACIÓN	27
a. FASE PRIMERA. RECONSTRUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS 2878, 2764 y 289.....	28
b. FASE SEGUNDA. RECONSTRUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS 2890, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2945, 2946, 2947, 2948 y 2949	31
IMÁGENES DE LAS LÁMPARAS ANTES Y DESPUÉS DE LA RECONSTRUCCIÓN.....	41
IV. CONCLUSIÓN	47
V. PUBLICACIONES RELACIONADAS.....	49
VI. BIBLIOGRAFÍA	51

I. INTRODUCCIÓN.

El trabajo que a continuación se expondrá se ha desarrollado durante los años 2005 a 2008, como parte de las actividades contempladas en el proyecto de la exposición "*Lorca, Luces de Sefarad*", a celebrar en el Museo Arqueológico de Murcia durante los primeros meses de 2009. Su origen inmediato hay que situarlo cinco años atrás, en el 2003, con el hallazgo de un importante conjunto de lámparas en la sinagoga durante las excavaciones realizadas en la judería encastillada de Lorca, de cuyos resultados se presentará una buena muestra en la exposición mencionada.

No entraremos aquí a considerar otros aspectos de ese hallazgo, de los que sin duda el catálogo de esa exposición y otras publicaciones actualmente en preparación sabrán dar cumplidas explicaciones; así por ejemplo, de su importancia como testimonio histórico y cultural a la hora de reconstruir las "historias vividas" o la "pequeña historia", como la de una judería en un rincón de Sefarad, de que al cabo se compone la Historia con mayúscula, la del Judaísmo en España o la de España en el Judaísmo, el Islam o el Cristianismo, como se prefiera. Aquí nos atenderemos estrictamente a los aspectos técnicos de la restauración, concebida y llevada a cabo por la autora de este trabajo.

Restaurar ese importante conjunto de lámparas ha ofrecido la oportunidad de hacer un estudio analítico sobre vidrio arqueológico bajomedieval con el que se han podido identificar los materiales constitutivos y sus patologías de alteración. Limpiar, consolidar, clasificar y pegar los fragmentos de vidrio han sido los procesos necesarios en vistas a garantizar su futura conservación. Además se han reconstruido aquellas lámparas que se han considerado más significativas, y en razón de la escasez de material original en la mayoría de ellas ha sido necesario ingeniar un sistema de exposición alternativo a la reconstrucción formal, que consideramos lo más significativo de este trabajo desde el punto de vista de las técnicas de restauración.

Como se expondrá por extenso más adelante, con el objetivo de devolver la unidad estética y estructural a las piezas sin efectuar una reintegración directa de los faltantes, se ha desarrollado un planteamiento de montaje respetuoso y muy poco invasivo. Consiste en exponer los fragmentos sobre soportes que imiten las características ópticas del vidrio soplado, y a los que aquéllos se adapten lo más exactamente posible. Para ello ha habido que ingeniar un complejo sistema de modelado y moldeo, elegir los materiales más adecuados para cada paso del proceso, y solucionar los problemas que iban surgiendo a medida que se realizaba cada una de las piezas. Todo lo cual ha llevado varios años de trabajo y ha podido conseguirse con imaginación, constancia y sobre todo paciencia, mucha paciencia.

Y también, claro está, gracias a la ayuda de una serie de personas e instituciones a las que creo obligado expresar aquí mi agradecimiento. Ante todo, tanto las excavaciones en la judería de Lorca como la exposición "*Lorca. Luces de Sefarad*" no habrían sido posibles sin el respaldo económico de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales de la Consejería de Cultura y Turismo de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, como tampoco sin la colaboración de otras instituciones y profesionales: Carlos García Cano, Arqueólogo Territorial de la Comunidad Autónoma de Murcia y Jefe de Servicio Patrimonio Histórico de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales; Museo Arqueológico Municipal de Lorca, y en particular su director Andrés Martínez Rodríguez y su conservadora, Juana Ponce García; Concejalía de Empleo del Ayuntamiento de Lorca; GEA, empresa de interpretación del patrimonio; ARTE-LAB, S.L., especialistas en análisis de obras de arte con fines de documentación

y restauración; y sobre todo, mi agradecimiento a Juan García Sandoval, miembro del Cuerpo Facultativo de Conservadores de Museos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y coordinador del proyecto, por su insistencia y ayuda incondicional, y por confiar en mi capacidad y habilidad mucho más que yo misma.

II. GENERALIDADES DEL MATERIAL VÍTREO.

El vidrio es una sustancia rígida y quebradiza de aspecto transparente y composición química muy estable. Su estructura no cristalina resulta del enfriamiento relativamente rápido de una mezcla de materiales en fusión, y hace que se lo considere un líquido solidificado, que mantiene la estructura interna amorfa de un líquido adquiriendo a la vez algunas propiedades de los sólidos, como dureza y estabilidad, sin llegar a cristalizar (Newton y Davison, 1989), (Davison y Newton, 2003), (López Ballester, 1999).

Se obtiene fundiendo y enfriando a continuación una mezcla de sílice con ciertos aditivos. Se trata de óxidos alcalinos que modifican las propiedades de la sílice transformándola en silicato doble de sodio y calcio ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO}$). Al fundirse pierde la sílice su estructura cristalina, que en presencia de estos óxidos y con un enfriamiento rápido de la mezcla se fragmenta convirtiéndose en una estructura amorfa que confiere al vidrio sus características particulares de transparencia, brillo y resistencia mecánica y química (San Andrés Moya y de la Viña Ferrer, 2004).

El *formador* o *vitrificante* principal del vidrio, responsable de su estructura interna, es la sílice (SiO_2), cuyo punto de fusión demasiado elevado ($1600^\circ - 1713^\circ\text{C}$) hace casi imposible su manipulación. Para poder trabajarlo se le añaden *fundentes*, que rebajan la temperatura de fusión a unos 800°C y reducen la viscosidad. Los materiales más utilizados a tal fin son sales alcalinas, como la sosa o carbonato de sodio (Na_2CO_3) y la potasa o carbonato potásico (K_2CO_3). Pero esto no es suficiente, pues transforma la sílice en silicatos (Na_2SiO_3 y K_2SiO_3) solubles en agua, resultando un material extremadamente sensible a medios húmedos. Se hace necesario añadir un *estabilizador* que disminuya la solubilidad de la mezcla. Los más utilizados a esos efectos son las sales alcalinotérreas, principalmente carbonatos de calcio (CaCO_3), o incluso cal viva (CaO) o apagada (Ca(OH)_2). La proporción más habitual entre estos componentes oscila en torno a un 70% de sílice, un 20% de fundentes y un 10% de estabilizadores (Koop, 2006). Estos porcentajes pueden variar, y por lo general incorporan aún otros *modificadores*, procedentes de impurezas, colorantes o decolorantes, que si bien están presentes en cantidades mucho menores resultan sin embargo determinantes de las propiedades finales del material (Fernández Navarro J. , 1999).

Los orígenes del proceso de fabricación del vidrio se sitúan a finales del tercer milenio a. C. A lo largo de la historia se ha elaborado vidrio a partir de sílice obtenida de arena, guijarros de río triturados o pepitas de cuarzo como materia vitrificante; como estabilizante, cal obtenida de pizarras, limos o conchas calcinadas; y como fundentes, la sosa o la potasa, obtenidas de cenizas de plantas y maderas calcinadas por su alto contenido en carbonatos alcalinos, o bien el natrón¹.

¹ "... el natrón es una sal compleja que se encuentra en el lecho de los lagos secos de Egipto y está constituida por una mezcla de sales sódicas (carbonato, bicarbonato, cloruro y sulfato de sodio); se trata de un material que era muy apreciado en la Antigüedad y que se utilizaba, además de en la elaboración del vidrio, como agente desengrasante y para lavar." (San Andrés Moya y de la Viña Ferrer, 2004, pág. 430)

A lo que hay que añadir otros muchos componentes secundarios que proporcionaban características específicas de color o transparencia. (Davison y Newton, 2003), (López y Martínez, 1995), (Carreras Rossell, 2007).

Dependiendo de épocas y áreas geográficas se han utilizado como fundentes carbonatos sódicos o potásicos, asociados los primeros principalmente a la zona mediterránea, Mesopotamia y Egipto, y los segundos, a la Edad Media y a regiones boscosas (López y Martínez, 1995), (López Ballester, 1999). Estos últimos vidrios de tipo potásico son mucho más inestables que los llamados sódico-cálcicos, razón por la que se los encuentra casi siempre en estados avanzados de corrosión y es preciso extremar las precauciones para su conservación.

A. CORROSIÓN DE VIDRIOS ARQUEOLÓGICOS.

La estabilidad del vidrio arqueológico depende en gran medida de su composición. El constituyente fundamental, dióxido de silicio (SiO_2), lleva añadidos una serie de elementos que modifican sus propiedades: óxidos alcalinos (Na_2O y K_2O) como fundentes, óxidos alcalinotérreos (CaO) como estabilizantes, y variedad de óxidos metálicos como colorantes y decolorantes.

La proporción de todos estos componentes determina en gran medida propiedades y comportamiento del material con el paso del tiempo, y por lo general oscila alrededor de un 70% de vitrificante, un 20% de fundentes y un 10% de estabilizantes. Los vidrios con mayor cantidad de sílice son los más estables, mientras que la inestabilidad se hace más acusada cuanto más aumenta la proporción de óxidos alcalinos. (Koop, 2006).

En condiciones de elevada humedad relativa del aire (por encima del 40%) estos vidrios más inestables por su fabricación defectuosa sufren un proceso llamado *exudación o transpiración del vidrio*. El exceso de fundentes (Na_2O ó K_2O) que traen de origen no se incorpora a la estructura vítrea, y combinado con la humedad ambiental se convierte en hidróxidos (NaOH ó KOH) que absorben fácilmente la humedad y se licúan. Tales disoluciones reaccionan con el CO_2 atmosférico dando lugar a los correspondientes carbonatos sódico (Na_2CO_3) o potásico (K_2CO_3), que forman *incrustaciones* y producen una *superficie blanca opalescente* que va degradando al vidrio, aumenta su fragilidad y acelera su descomposición. (San Andrés Moya y de la Viña Ferrer, 2004), (Koop, 2006), (Ling, 1999).

Los procesos de deterioro del vidrio no son únicamente consecuencia de la incorrecta proporción de los componentes a la hora de la fabricación. Aun siendo el vidrio un material química y físicamente muy estable, como todo compuesto tiende a degradarse y descomponerse en sus elementos constituyentes. Para que se produzca corrosión son determinantes, además de la composición química del vidrio, la presencia de humedad, la exposición a otras condiciones medioambientales no menos importantes y el tiempo que ésta se prolongue, la existencia de microorganismos, e incluso tratamientos anteriores de restauración (Fernández Navarro J. , 1999), (Newton y Davison, 1989).

En presencia de humedad los iones alcalinos provenientes de los fundentes pueden llegar a separarse de la masa vítrea y disolverse en el agua que penetra en su estructura interna. Este proceso es conocido como *lixiviación o desalcalinización*, y se produce sobre todo en soluciones ácidas como pueden ser ambientes con atmósferas contaminadas y humedad relativa elevada. Durante este proceso la red estructural de la sílice no se ve alterada, pero en la superficie del vidrio se producen microporos que son ocupados por iones de hidrógeno (H^+) provenientes del agua, formando así una capa

superficial hidratada rica en sílice que se denomina *capa gel*. A través de ella se produce entre los iones alcalinos y los iones de hidrógeno del agua un intercambio a resultas del cual se liberan grupos hidroxilos (OH^-), lo que produce a su vez una solución con un pH muy elevado², capaz de atacar a otros compuestos más estables del conjunto hasta llegar a la *desvitrificación* o *descomposición de la red de sílice* al romperse los enlaces del material vitrificante que formaba la estructura. (Davison y Newton, 2003), (López Ballester, 1999).

Esta desvitrificación es la responsable del aspecto *opaco e iridiscente* de muchos vidrios arqueológicos deteriorados. Las irisaciones se producen por la difracción de la luz al atravesar una serie de capas superficiales laminadas en microscópicas películas, síntoma del deterioro producido, que pueden desprenderse del objeto hasta provocar incluso su total desintegración.

Otras patologías que se observan a menudo en los objetos deteriorados son *alteraciones cromáticas y concreciones*, debidas a la precipitación de otros componentes de la masa vítrea o la incorporación de otros materiales presentes en el medio en que se encuentren, y *fisuras, craquelados y picados* ocasionados por la pérdida de material vítreo.

B. CAUSAS DE ALTERACIÓN DE LOS VIDRIOS ARQUEOLÓGICOS.

Existen tres fases a las que habitualmente es sometido cualquier objeto arqueológico: vida útil del objeto antes de quedar sepultado, periodo de enterramiento, y exhumación y adaptación a un nuevo medio. Según hayan ido variando las condiciones medioambientales a lo largo de su historia se habrán modificado los agentes de degradación causantes del deterioro y en consecuencia los daños producidos. (Price, 1984).

Para entender y evaluar las causas de alteración hay que tener en cuenta en primer lugar que los objetos pueden haber sufrido antes de quedar sepultados alteraciones o agresiones propias de su naturaleza, función y uso cotidiano. La conservación de cualquier material enterrado dependerá así en gran medida de su fabricación, materiales utilizados, proporciones, forma de elaboración, etc. En el caso de los vidrios ya se ha señalado que éste es uno de los factores más importantes para la buena conservación de la masa vítrea, siendo más resistentes los vidrios ricos en sílice y muy inestables los que contienen óxidos de potasio como fundentes. Será también determinante la calidad de su manufactura, y hay tener en cuenta como factores de riesgo la presencia de impurezas, burbujas, fisuras u otras alteraciones que pueden debilitar el material y facilitar su posterior degradación.

En el momento de su abandono los objetos arqueológicos pueden sufrir graves deterioros debidos a caídas y desplomes de estructuras sobre ellos. Al tratarse de un material muy frágil y quebradizo, es frecuente encontrar los objetos de vidrio muy fracturados y por lo general incompletos.

² Con un pH por debajo de 7 la cantidad de sílice que se desprende arrastrada junto con los iones alcalinos es muy pequeña, pero si el pH aumenta por encima de 9 la disolución tiene capacidad para descomponer la estructura interna de la sílice (Koop, 2006)

Durante el periodo de enterramiento son varios los factores que intervienen en el proceso de degradación. Cualquier material enterrado permanece periodos prolongados de tiempo en un medio diferente a aquél para el que fue concebido y en que fue utilizado, e inicia un proceso de transformación para adaptarse al nuevo medio y llegar a un equilibrio con el ambiente del enterramiento. El entorno subterráneo presenta unas características bien definidas y relativamente constantes cuya modificación natural ocurre de forma lenta y gradual: humedad relativa alta, ausencia de luz, escasez de oxígeno, temperaturas templadas, presión por sedimentación, raíces vegetales, presencia de microorganismos y animales, etc. De entre estos factores destacan la presencia de agua, fundamental para los procesos de corrosión del vidrio, el grado de pH³, y la composición química del terreno.

Exhumar y extraer los restos arqueológicos supone generalmente un fuerte trauma para las piezas. Se inicia con ello una serie de cambios que rompen el equilibrio mantenido durante un largo periodo de tiempo en su enterramiento. Bruscamente se somete a los objetos a un medio aéreo cuyas condiciones de humedad relativa, presencia de oxígeno, contaminación atmosférica, temperatura y radiaciones espectrales son radicalmente diferentes a aquéllas a que los materiales se habían adaptado. Por si todo esto no fuese suficiente, este nuevo medio resulta no ser tan invariable como el subterráneo, y los materiales comienzan a sufrir las oscilaciones periódicas de estos parámetros. Así, de no tomarse las precauciones necesarias para que su adaptación sea lenta y constante, realizando realizan tratamientos de conservación en caso necesario, es posible que los materiales más delicados lleguen a desaparecer.

Curiosamente, aunque la presencia de humedad sea el factor fundamental en los procesos de exudación, lixiviación y desvitrificación de vidrios arqueológicos, tan pronto son extraídos de su ambiente de enterramiento comienza un rápido proceso de deshidratación que los vuelve extremadamente frágiles, y es entonces cuando empiezan a aparecer la mayoría de síntomas de los procesos de deterioro.

Aunque más resistentes a cambios físicos y químicos que otros materiales arqueológicos, los vidrios, son sumamente susceptibles de sufrir nuevas fracturas al ser manipulados, sobre todo si se trata de un vidrio debilitado que ha comenzado a sufrir los procesos de desalcalinización o descomposición de la red de sílice. Por su parte, una disminución de las condiciones de humedad puede provocar un rápido debilitamiento, la aparición del aspecto iridiscente que presentan muchos vidrios procedentes de yacimientos arqueológicos, y la delaminación de las capas más superficiales.

C. PAUTAS PARA LA CONSERVACIÓN DE VIDRIO ARQUEOLÓGICO

Preservar el vidrio arqueológico de su deterioro supone conocer su naturaleza y entender los procesos de alteración que sufre, para poder así controlar las condiciones en que debe conservarse.

El vidrio arqueológico generalmente presenta estados muy avanzados de degradación, y es extremadamente sensible a las condiciones atmosféricas. La humedad

³ En suelos ácidos, cuyo pH sea menor de 7, probablemente sólo se producirá la lixiviación de los compuestos alcalinos, siendo necesario un pH básico para que se produzca la descomposición de la red de sílice (Koop, 2006).

obra como catalizador de la mayoría de los procesos de alteración, y para hacerlos más lentos es imprescindible controlar no sólo la humedad relativa del aire, sino también la posibilidad de condensaciones localizadas a resultas de cambios de temperatura, la ventilación o la presencia de contaminantes que pudieran acelerarlos.

Estabilizar los procesos de corrosión controlando las condiciones a que van a estar sometidas las piezas durante su exposición y almacenaje es fundamental para su conservación. La mayoría de los procesos de alteración del vidrio requieren la presencia de humedad, por lo que resulta de la mayor importancia regularla manteniendo las piezas en atmósferas con una humedad relativa constante situada entre un 40% y un 45%. Valores más altos favorecerían la continuación del proceso de desalcalinización, y ambientes muy secos, por debajo de un 30%, producirían pérdida del vapor de agua contenido en el material, con los consecuentes craquelados irreversibles en la capa de corrosión (Koop, 2006), (Fernández Navarro J. , 1999).

Aunque la temperatura no es en principio un factor determinante para la conservación de vidrio arqueológico, sus cambios pueden llevar a condensaciones de humedad en la superficie que favorezcan la continuidad de los procesos de corrosión. Y si estas oscilaciones son muy bruscas pueden llegar a producir tensiones en el material que deriven en futuras fracturas.

Sumados a una elevada humedad relativa, los contaminantes atmosféricos procedentes de un ambiente externo contaminado o del interior del propio museo contribuyen a acelerar los procesos de corrosión del vidrio. A la hora de colocar los objetos en exposición habrá que tener en cuenta que las vitrinas estén realizadas con materiales adecuados, evitando aquéllos que sean sospechosos de emitir contaminantes; tales, algunas fibras, pinturas, resinas y barnices, ciertas maderas y algunas siliconas de sellado. No se debe mantener los objetos expuestos en microclimas estancos, pues donde ya haya comenzado la desalcalinización pueden crearse ambientes con un pH muy elevado que favorezcan la descomposición del vidrio. Ha de facilitarse la renovación del aire, a ser posible filtrado para evitar la incorporación de nuevos contaminantes (Fernández Navarro J. , 1999), (Cano Díaz, 2006).

El vidrio no es especialmente sensible al efecto de la luz directa, aunque las oscilaciones de temperatura provocadas por una mala iluminación pueden producir condensaciones y variaciones de humedad relativa. La proximidad de una fuente de luz con emisión de calor puede crear fuertes tensiones en los objetos de vidrio, provocando graves fracturas e incluso la rotura de las piezas. Es importante que los objetos se sitúen como mínimo a unos 60 cm. de las fuentes de luz, sobre todo si se trata de luces incandescentes, e iluminar preferiblemente con luces externas a las vitrinas. En general, para observar correctamente las piezas no será necesario sobrepasar los 300 lux.

Otro factor a tener en cuenta son las restauraciones, habitualmente ejecutadas con materiales de naturaleza muy diferente a la propia del vidrio, a menudo resinas sintéticas, acrílicas, epoxídicas, de poliéster o de poliuretano extremadamente sensibles a los rayos U.V. Éstos potencian la acción corrosiva de los procesos de oxidación de las resinas, provocando cambios en sus condiciones físicas que pueden manifestarse como amarilleamiento, opacidad y pérdidas de elasticidad o adhesividad. La iluminación de los objetos expuestos ha de contar con filtros que retengan este tipo de radiación. También el calor emitido por las fuentes de luz puede afectar a las resinas produciendo deformaciones y pérdida de adhesividad.

Las condiciones en que se ha de conservar las piezas almacenadas son básicamente las mismas que para las expuestas: mantener la humedad relativa en torno

a un 40% y evitar que se formen microclimas estancos dentro de los embalajes facilitando la renovación de aire filtrado. Además, hay que poner especial cuidado en que los componentes utilizados para los embalajes sean apropiados para la conservación y no emitan contaminantes. Nunca se debe colocar la superficie de los vidrios en contacto con materiales higroscópicos, como el papel, que puedan crear zonas localizadas donde la humedad sea más elevada. El principal problema de las piezas almacenadas es que no están generalmente tan controladas como las piezas expuestas. Si las condiciones ambientales no son las más adecuadas, pueden estar sufriendo persistentemente daños muy graves de los que no seremos conscientes hasta el momento de su desembalaje. Una pieza mal almacenada puede sufrir graves deterioros en cuestión de muy pocos años.

III. VIDRIOS DE LA SINAGOGA DE LORCA.

A resultas del proyecto del Parador de Turismo de Lorca se llevó cabo con carácter de urgencia entre Febrero y Junio de 2.003 la segunda fase de las excavaciones arqueológicas, dirigida por Juan Gallardo Carrillo y Ana Pujante Martínez⁴. Durante los trabajos se exhumaron parte de la judería bajo medieval, ubicada en el interior del castillo de Lorca, y la sinagoga del siglo XV, localizada muy cerca de la iglesia de San Clemente, actualmente en ruinas. El estudio de este conjunto arqueológico aporta datos importantes para el conocimiento de los asentamientos sefardíes en la Región de Murcia y en la Península, y sobre todo de su edificio más emblemático, la sinagoga (Pujante Martínez, 2005), (Fernández Mula, Hernández Martínez, Martínez Ríos y Pujante Martínez, 2004), (Gallardo Carrillo y González Ballesteros, 2006).

Las estructuras de este edificio se han mantenido en muy buen estado de conservación, y se distinguen claramente la sala de oración, la galería de las mujeres, el vestíbulo y, en el interior del oratorio, el *hejal* o '*Arón Ha-Qódes* donde se guardaba el Rollo de la Toráh y la *bimáh* o estrado de madera, cuyas improntas todavía se conservan en la base, ocupando un lugar destacado en el centro de la sala (*fig. 1*).

En el entorno de la *bimáh* se produjo un hallazgo excepcional, una serie de objetos de vidrio que correspondían a las lámparas pertenecientes al ajuar sinagoga, localizadas en el nivel de abandono de la sinagoga formado por un derrumbe de tejas y molduras. Se han documentado alrededor de 2600 fragmentos de vidrio entre los que destacan algunas asas que conservan pequeñas cadenitas de cobre engarzadas utilizadas para colgar del techo las lámparas de aceite. Junto con otros recientemente realizados en el sur de la Península, este hallazgo descubre una de las épocas más brillantes y productivas del vidrio de tradición medieval.



Fig. 1. Imagen de las estructuras de la sinagoga del castillo de Lorca.

La extracción y recuperación de los vidrios resultó dificultosa, fundamentalmente por lo frágil del material, la gran cantidad de fragmentos, y la diseminación en que se encontraban. Por ello se planteó un sistema de excavación por zonas mediante una cuidadosa labor de exhumación que evitara mayores deterioros y permitiera restaurarlos y asociarlos más tarde en el laboratorio.

⁴ La intervención arqueológica vinculada al hallazgo de la judería y la sinagoga corresponde a las Excavaciones Arqueológicas en el Castillo de Lorca (zona Parador) que fue dirigida por D^a. Ana Pujante Martínez y por D. Juan Gallardo Carrillo. Las intervenciones arqueológicas siguientes han sido continuadas bajo la dirección de D. José Ángel González Ballesteros y D. Juan Gallardo Carrillo.

Las investigaciones arqueológicas⁵ realizadas sobre los vidrios han llevado a poder reconstruir veinte perfiles, que desarrollan variaciones de ocho formas o tipos distintos de lámpara, aunque la variedad de fragmentos conservados permite distinguir alrededor de cincuenta piezas diferentes.

A. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS FRAGMENTOS.

Tras haber estado expuestas más de 500 años a ambientes de enterramiento, las piezas se encontraban muy incompletas. Los fragmentos presentaban un estado de conservación bastante malo, con muchas de las patologías características del vidrio arqueológico: alta fragmentación, fisuras, grietas, picados, delaminación y disgregación del material vítreo, incrustaciones, superficies iridiscentes⁶, falta de cohesión de la capa gel, manchas y oscurecimiento.

Se llevó a cabo un diagnóstico de las veinte piezas seleccionadas para su restauración mediante el estudio analítico de 26 muestras muy pequeñas, tomadas de puntos poco relevantes en cada una de las lámparas pero muy significativos por la información que podían aportar⁷. Sabiendo de antemano que se trata de un método de análisis destructivo, las muestras se limitaron al tamaño mínimo teniendo en cuenta que debían presentar el vidrio en todo su grosor y las distintas capas de alteración.

Estos análisis sirvieron para caracterizar con bastante exactitud composición del vidrio, alteraciones y microestructuras. Los análisis se concentraron en problemas de deterioro, composición original del vidrio y detección de productos químicamente alterados o capa de gel, incluyendo materiales procedentes del medio subterráneo en el que se encontraban los fragmentos. Gracias a estos análisis se pudo comprobar que la mayoría de las patologías de deterioro estaban localizadas en la llamada capa gel, mientras que el núcleo del vidrio se mantenía translúcido y en buen estado de conservación.

1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.

La microscopía óptica y la microscopía electrónica de barrido, combinada con microanálisis mediante espectrometría por dispersión de energías de rayos X (SEM-EDXS), proporcionaron valiosa información para diferenciar con exactitud las capas de corrosión del vidrio alterado, identificando en una imagen las zonas que correspondían a cada una de ellas y la proporción de cada uno de los componentes en puntos seleccionados.

⁵ Con motivo de las *Jornadas Nacionales de Vidrio de la Alta Edad Media y andalusí* celebradas en la Real Fábrica de Cristales de La Granja de San Ildefonso (Segovia) entre el 2 y el 4 de noviembre del 2006, se presentó un primer estudio de seis lámparas de vidrio aparecidas en las excavaciones llevadas a cabo en el año 2003 (Gallardo Carrillo, González Ballesteros y García Sandoval, 2006).

⁶ Curiosamente en el conjunto de vidrios de la sinagoga de Lorca, las iridiscencias solamente están presentes en algunas de las piezas, mientras que la mayoría, aunque también presenta la capa gel, no padece tal alteración

⁷ Todas las analíticas han sido realizadas por ARTE-LAB, S.L., especialistas en el análisis para la documentación y restauración de obras de arte.

a. MICROSCOPIA ÓPTICA CON LUZ INCIDENTE Y TRANSMITIDA.

Esta técnica proporciona un aumento de la imagen entre 10X y 500X, muy útil para obtener información general sobre el estado de conservación del vidrio arqueológico y posibles defectos de factura como burbujas o impurezas en la masa vítrea. La medida del espesor de las diferentes capas se realiza en la zona más ancha del estrato mediante una lente micrométrica con el objetivo de 10X/0,25.

b. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO - MICROANÁLISIS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA POR DISPERSIÓN DE ENERGÍAS DE RAYOS X (SEM - EDXS).

La microscopía electrónica de barrido (SEM) supone una técnica fundamental para el estudio morfológico del vidrio arqueológico y sus alteraciones. Proporciona una imagen con muy buena resolución y muchos más aumentos que el microscopio óptico (hasta X300000), que permite apreciar con suficiente claridad la presencia de microdefectos como fisuras o punteados en la superficie de la muestra.

El microanálisis mediante espectrometría por dispersión de energías de rayos X (EDXS) proporciona información cualitativa y cuantitativa muy concreta sobre la composición química en pequeñas zonas bien definidas de la muestra.

2. RESULTADO Y ESTUDIO DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

Gracias a los análisis realizados sobre las micromuestras tomadas se ha podido hacer un estudio general de las patologías que se observaban en los vidrios, así como de los componentes presentes tanto en el núcleo del vidrio sano como en las capas alteradas. Se ha comprobado que la mayoría de las alteraciones físicas, como craquelados de las capas superficiales, iridiscencias o manchas, tienen a menudo su origen en los procesos químicos de desalcalinización y desvitrificación, así como en la contaminación procedente del ambiente prolongado de enterramiento.

a. MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN DE LOS VIDRIOS

En la mayoría de las micromuestras analizadas se ha podido detectar parecida estructura, con tres capas bien diferenciadas: núcleo del vidrio, capa de gel, y costra o posible capa de corrosión.

El núcleo comprende generalmente la zona central de la muestra. Está constituido por vidrio inalterado en que los compuestos modificadores de red se encuentran en proporciones elevadas. Su espesor oscila entre 350 y 1200 μm , aunque la mayoría de las muestras presentan una media de entre 600 a 1000 μm .

Los espectros obtenidos mediante los análisis SEM-EDX dan como resultado una composición muy parecida en todas las muestras que corresponde a la del vidrio generalmente llamado sódico-cálcico, en que los valores más elevados corresponden a dióxido de silicio (SiO_2), óxido de sodio (Na_2O) y óxido de Calcio (CaO). Todas las muestras presentan también pequeñas cantidades de los óxidos de potasio (K_2O), magnesio (MgO) y férrico (Fe_2O_3); en la mayoría hay otros compuestos como óxido de aluminio (Al_2O_3) y de manganeso (MnO) en proporciones variables, y sólo en algunas, pequeños porcentajes de óxido de

titanio (TiO_2) y de fósforo (P_2O_5). Se considera a estos últimos óxidos, TiO_2 y P_2O_5 , en combinación con SiO_2 , como formadores de red, mientras que se usaban como estabilizadores, además del CaO , MgO , Fe_2O_3 y Al_2O_3 (López Ballester, 1999). También es conocida la utilización de MnO para decolorar la masa vítrea (López y Martínez, 1995).

Se puede clasificar la gran mayoría de las muestras analizadas en dos grupos: por un lado las que presentan valores de SiO_2 en torno al 55%, y por otro, aquellas cuyos valores rondan el 66%; tan sólo cuatro muestras ofrecen valores intermedios. Como se trata de una cuestión de proporción, lógicamente los valores de los modificadores de red son más elevados en aquellas con menor cantidad de SiO_2 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ alrededor del 20% y CaO alrededor del 15%), mientras que a la inversa son las muestras con valores más elevados en SiO_2 las que contienen menor proporción de modificadores ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ alrededor del 17% y CaO alrededor del 8%).⁸

Aproximación a los valores de los diferentes óxidos en el núcleo del vidrio de las muestras analizadas. % (peso)	
ÓXIDOS	RANGO DE VALORES
SiO_2	51,48 - 66,93
Na_2O	13,51 - 21,70
CaO	5,53 - 20,17
K_2O	1,68 - 6,28
MgO	0,14 - 5,08
Fe_2O_3	0,58 - 2,15
Al_2O_3	0,00 - 5,25
MnO	0,00 - 1,60
TiO_2	0,00 - 0,96
P_2O_5	0,00 - 1,36

En las muestras que contenían fragmentos de vidrio azul, procedente de las decoraciones aplicadas en los bordes de la boca de algunas lámparas, se ha detectado la presencia de cobalto, lo que sugiere que se empleara óxido de cobalto como agente colorante.⁹

Aproximación a los valores de los diferentes óxidos en la capa gel de las muestras analizadas. % (peso)	
ÓXIDOS	RANGO DE VALORES
Na_2O	0,00 - 3,16
CaO	0,00 - 5,15
K_2O	1,17 - 11,77
MgO	1,26 - 16,78
Fe_2O_3	0,76 - 3,80
Al_2O_3	1,14 - 13,18
MnO	0,00 - 1,36
TiO_2	0,00 - 1,21
P_2O_5	0,00 - 1,71

⁸ el detalle de las analíticas será incluido en su totalidad en otra publicación relacionada con el estudio arqueológico de las lámparas, en el que se estudiará con detenimiento cada uno de sus componentes del vidrio.

⁹ La proporción de óxido de cobalto es tan pequeña que no se ha podido cuantificar.

En cuanto a la capa gel, alteración causada por la pérdida de los modificadores de red o por desalcalinización e hidratación de la sílice formadora de red, a consecuencia del contacto prolongado con el medio húmedo subterráneo, se compone principalmente de SiO_2 . Se ha podido documentar un grosor de entre 20 μm y 600 μm .

Diferencias entre la composición media del núcleo del vidrio y la capa gel. % (peso)		
ÓXIDO	NÚCLEO DEL VIDRIO	CAPA DE GEL
SiO_2	58,93	80,63
Na_2O	16,58	0,77
CaO	12,22	2,72
K_2O	3,94	5,04
MgO	3,46	4,62
Fe_2O_3	1,26	18,46
Al_2O_3	2,18	5,26
MnO	0,65	0,30
TiO_2	0,10	0,38
P_2O_5	0,19	0,10

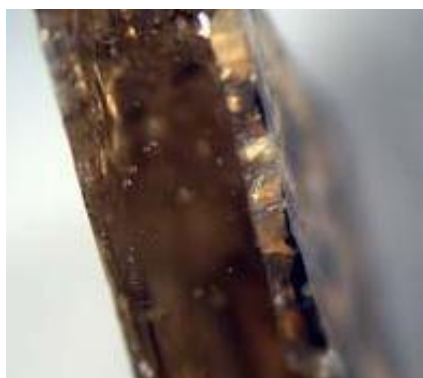
Todas las muestras analizadas contienen en esta capa unos valores de Na_2O , CaO y MnO muy por debajo de los del núcleo, mientras que las proporciones de Fe_2O y Al_2O_3 aumentan y el resto de los componentes parece variar sin seguir ninguna pauta. La pérdida de fundentes es consecuencia directa del proceso de desalcalinización, pero el resto de intercambio de compuestos entre el medio subterráneo y el vidrio puede ser debido a múltiples factores, solubilización de los óxidos en el agua, precipitación, migración, contaminación de materiales presentes en el terreno, etc.

Por último, la costra de corrosión no está constituida por material vítreo, y se puede asociar directamente con la contaminación del medio subterráneo. Tiene un espesor de entre 0 μm y 50 μm , y en ella se han detectado silicatos, sulfatos, carbonato cálcico y distintos óxidos además de indicios de materiales orgánicos.

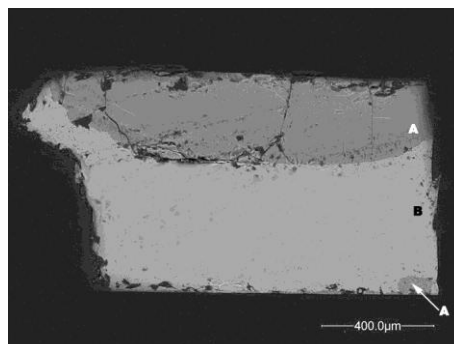
b. PATOLOGÍA DE LOS VIDRIOS.

En los numerosos fragmentos de vidrio de la sinagoga de Lorca se encuentran la mayoría de las alteraciones físicas que generalmente presentan los vidrios arqueológicos. Concreciones terrosas, fisuras, delaminación de las capas superficiales, oscurecimiento, opacidad, iridiscencias, punteados y pérdida de material vítreo son algunas de las patologías que se pueden percibir a simple vista sin necesidad de técnicas de análisis específicas. Pero gracias a la microscopía óptica, y sobre todo al microscopio electrónico de barrido (SEM), se ha podido apreciar con precisión hasta que punto estas alteraciones, localizadas en su mayoría en la capa gel, son producto del deterioro intrínseco del vidrio como consecuencia directa de desalcalinización y desvitrificación durante los procesos de corrosión.

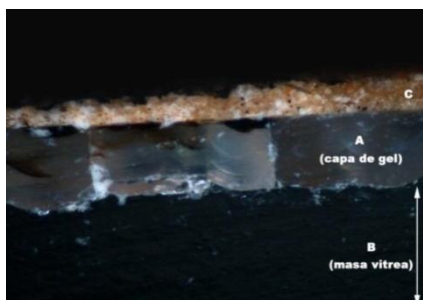
FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS A TRAVÉS DEL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO
Y EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO¹⁰.



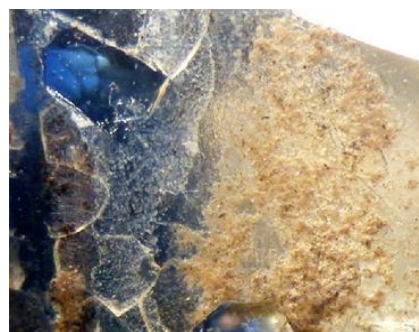
1. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (15X) del perfil de una micromuestra de la lámpara 2878. Se distingue claramente la capa gel del núcleo de vidrio inalterado.



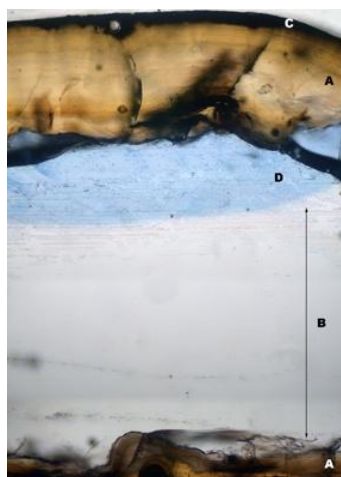
2. Imagen obtenida al microscopio estereoscópico (10X). El color azul del vidrio corresponde con el borde de la lámpara 2947. La capa gel presenta fisuras, está ligeramente opaca, y superficialmente aparecen concreciones terrosas.



4. Imagen obtenida al microscopio óptico (objetivo Mplan 20x/40) de la zona superior de la sección transversal de una micromuestra de la lámpara 2927. Encima de la capa gel se encuentra la costra de corrosión formada por concreciones terrosas.

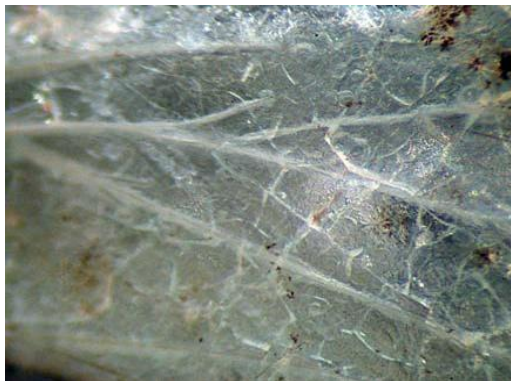


3. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (150X) de la sección transversal de una micromuestra tomada de la lámpara 2891. Se aprecia una diferencia de contraste entre la capa gel y el núcleo debido a un cambio en la composición. En la zona superior se pueden ver grietas originadas por la delaminación de la capa gel.

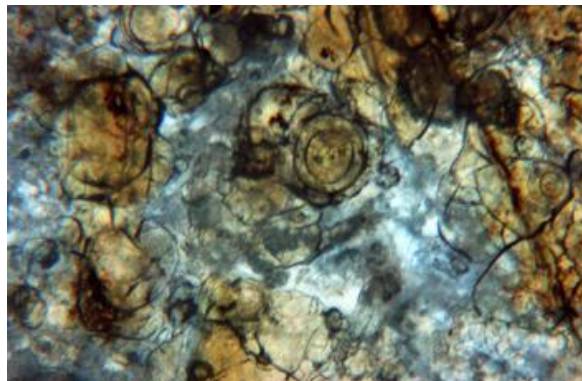


5. Imagen obtenida con el microscopio óptico (objetivo Mplan 10X/0,25) de la sección transversal de una micromuestra de la lámpara 2929. Lámina delgada observada con luz transmitida. Se distinguen las siguientes zonas: Capa gel A), masa vítrea incolora (B), posible capa de corrosión (C), y masa vítrea azulada (D). Se observa también el oscurecimiento de la capa gel así como las fisuras entre esta capa y el núcleo del vidrio.

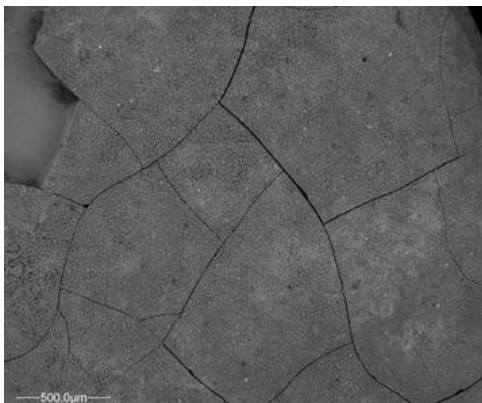
¹⁰ La numeración de las lámparas se corresponde con la del registro del Museo Arqueológico Municipal de Lorca.



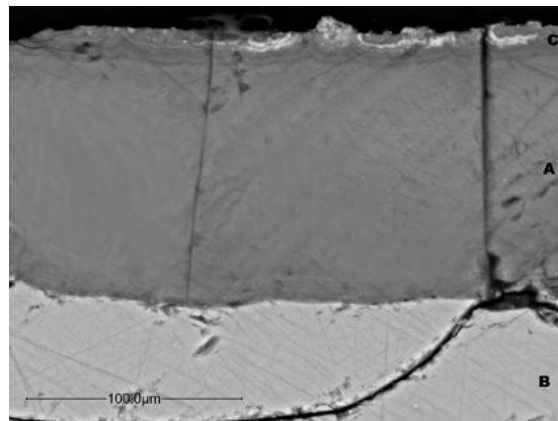
6. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico(30X) de una muestra de la lámpara 2908. Detalle en el que se aprecian claramente fisuras en la superficie del vidrio.



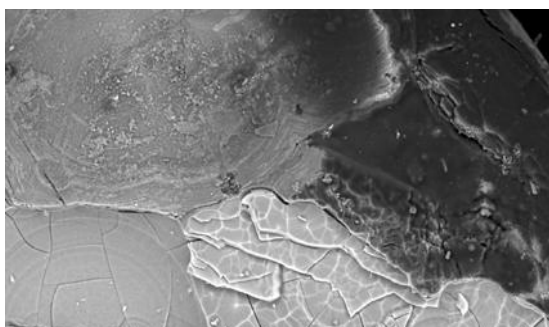
7. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (50X) iluminando la muestra con luz transmitida. Detalle de una muestra de la 2945. Se aprecian las craqueladuras en forma de círculos concéntricos que están adquiriendo coloración.



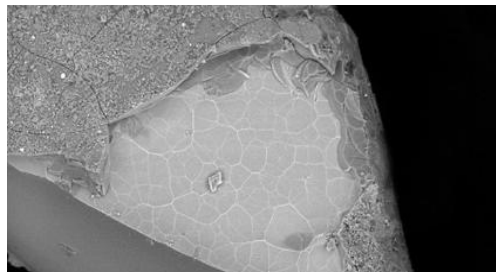
8. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (250X) de la superficie de una muestra de la 2878. Se observan microfisuras en la capa gel.



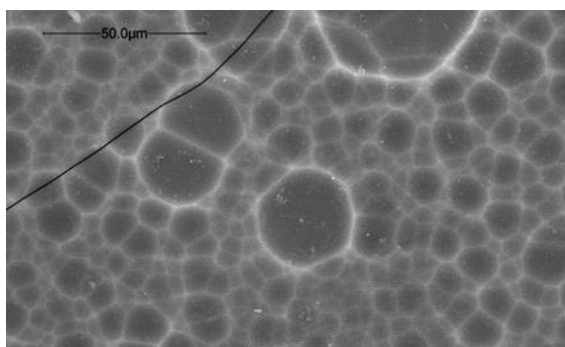
9. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (600X). Detalle de una micromuestra de la lámpara 2974 en el que se aprecian fracturas horizontales y verticales que afectan a la capa de gel(A) y a la masa vítrea (B).



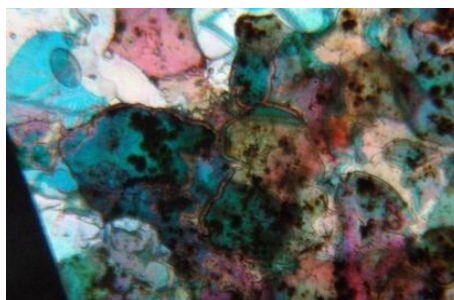
10. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (250X). Detalle de la superficie de una muestra de la lámpara 2948 en la que se observan múltiples fisuras y exfoliaciones de material vítreo.



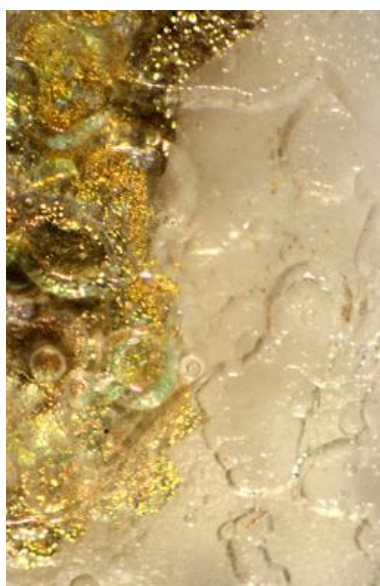
11. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (200X). Detalle de una zona de una micromuestra de la lámpara 2946 donde se ha fracturado y perdido la capa gel. pueden apreciarse microfisuras en forma de red que afectan al núcleo del vidrio.



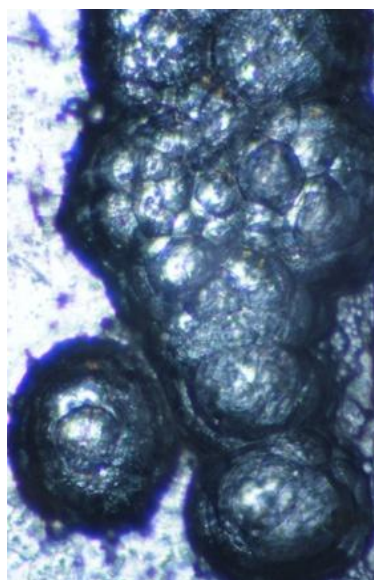
12. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (1500X). de una muestra de la lámpara 2911. Esta lámpara no presentaba capa gel, pero se puede apreciar una red de microfisuras superficiales producidas por el deterioro conocido como exudación o transpiración del vidrio.



13. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (50X) iluminando con luz transmitida. tomada de una muestra de la lámpara 2945. Se observan las iridiscencias típicas del vidrio arqueológico, producidas por la difracción de la luz al atravesar las capas alteradas.



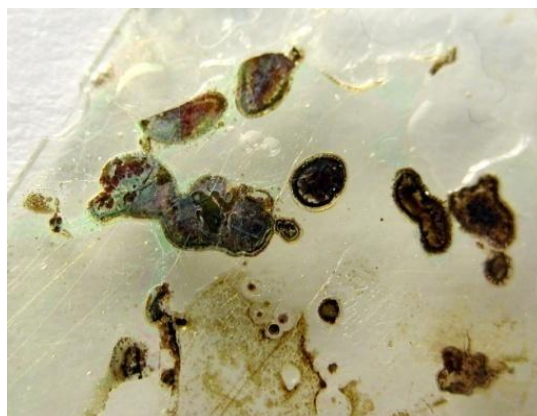
14. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (50X) de un detalle de una muestra de la lámpara 2945. Se aprecia la pérdida de la capa gel, y la desvitrificación de la masa vítrea en forma de cráteres.



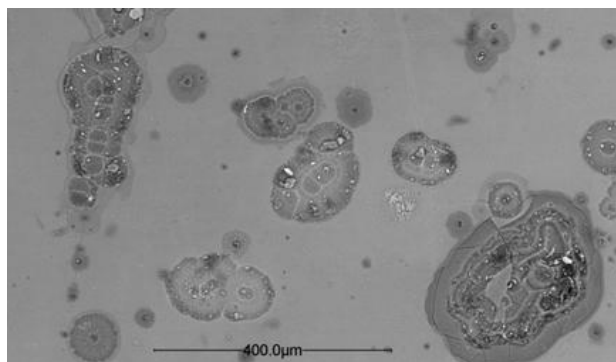
15. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (100X) iluminando con luz transmitida. Detalle de burbujas producidas por la desvitrificación en una muestra de la lámpara 2928.



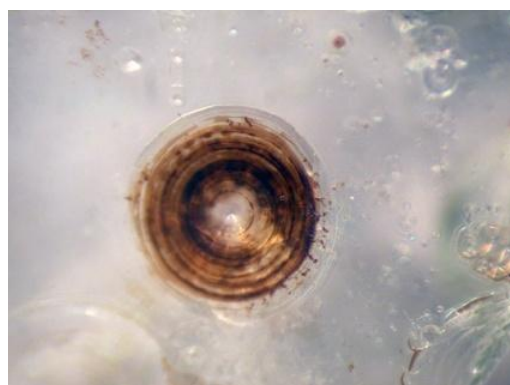
16. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (20X) Detalle de la superficie de una muestra de la lámpara 2945 en la que se aprecia el oscurecimiento de la superficie.



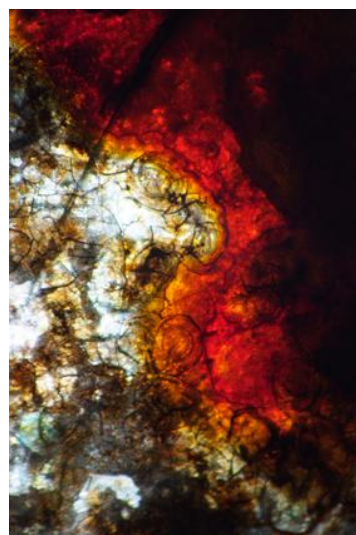
17. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (10X). Detalle de la superficie de una muestra de la lámpara 2911. Se aprecian mancha localizadas.



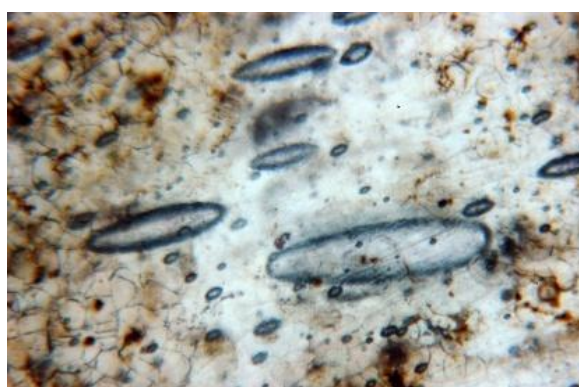
18. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (250X). Detalle de la superficie de una muestra de la lámpara 2911. Se aprecia la alteración en forma de manchas localizadas.



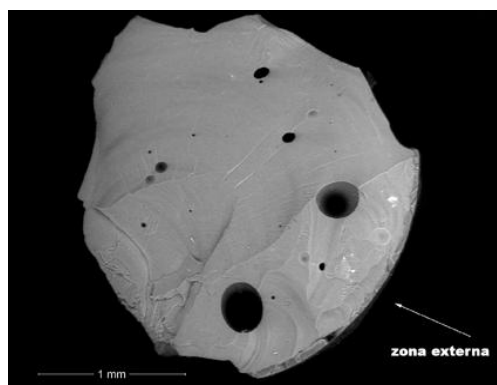
19. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (30X). Detalle de una micromuestra de la lámpara 2928. Alteración en forma de círculos concéntricos debido al proceso de desvitrificación.



20. Imágenes obtenidas con el microscopio estereoscópico (20X). Iluminación con luz directa (A) y luz transmitida (B). Detalle de una muestra sin contextualizar que presenta tinción por contaminación.



21. Imagen obtenida con el microscopio estereoscópico (20X). Detalle de una muestra descontextualizada en el que se aprecian defectos de factura en forma de burbujas.



22. Imagen obtenida con el microscopio electrónico de barrido (96X) de una muestra perteneciente a una asita de la lámpara 2930. Se observan defectos de factura en forma de burbujas en el interior de la masa vítrea.

B. PROCESOS DE RESTAURACIÓN.

Como en todo tratamiento de restauración, conservar los contenidos originales de un objeto arqueológico ha de ser el fundamento primordial a la hora de decidir el planteamiento metodológico. Las pautas a seguir deben estar siempre supeditadas a la conservación tanto de los materiales como de la composición, estructura, forma, pátinas, valores estéticos, históricos, etc. Y los procesos de restauración han de llevarse a cabo con el máximo respeto hacia las piezas y su contexto, intentando alterar lo mínimo posible todos aquellos datos que puedan ser de utilidad para un estudio futuro.

Todos los tratamientos efectuados sobre los vidrios de la sinagoga de Lorca se han realizado ateniéndose a esas premisas, documentando exhaustivamente los procesos realizados, y manteniendo una colaboración entre los equipos de las distintas disciplinas involucradas, como arqueología, conservación y restauración, y estudio analítico de los materiales constituyentes.

Sometidos directamente al peso de las estructuras de la sinagoga derrumbadas, así como a unas condiciones de enterramiento con elevadas tasas de humedad y un terreno que propiciaba la migración y contaminación de productos ajenos a los materiales constituyentes, los vidrios presentaban una mermada estabilidad que los hacía muy susceptibles de nuevas fracturas ante manipulaciones incorrectas. Durante todo el proceso de excavación se tuvo en cuenta el posible comportamiento de los vidrios frente al nuevo medio con que entraban en contacto así como los cambios y alteraciones que podían presentar una vez extraídos por completo.

La elección de procedimientos a seguir y de materiales nuevos a emplear se hizo siguiendo los criterios imperantes en el campo de la conservación y la restauración, teniendo en cuenta su eficacia en intervenciones similares, su comportamiento mecánico y químico, el envejecimiento, las características de secado y curado, la reversibilidad, y sobre todo, la compatibilidad con el estado de conservación de los vidrios exhumados.

1. TRASLADO Y SECADO DE LOS FRAGMENTOS DE VIDRIO.

No se realizó ningún tipo de limpieza en el momento de la exhumación de los vidrios para evitar provocar deterioros difíciles de controlar dentro del yacimiento, al carecerse allí de los medios y la tranquilidad necesarios para procedimientos tan delicados. Los tratamientos de conservación se aplazaron hasta la llegada de los fragmentos al laboratorio de restauración. Conforme se fueron extrayendo se trasladaron en cajas y bandejas, sujetos y apoyados sobre papel tisú para evitar movimientos indeseados, al Museo Arqueológico Municipal de Lorca, en cuyos fondos quedaron almacenados durante aproximadamente año y medio.

Se pudo así frenar la pérdida de la humedad con que se habían mantenido durante el periodo de enterramiento, intentando producir una desecación controlada que evitara cambios bruscos de que pudieran resultar nuevas fracturas, pérdidas de material superficial u otros daños. Se situaron en una zona con humedad relativa baja y constante, y se pospuso cualquier otro tipo de operación hasta que los fragmentos se equilibraran con las condiciones ambientales del museo.

Pasado ese periodo de tiempo todos los fragmentos fueron trasladados al laboratorio de restauración, donde se comenzó a manipularlos en una complicada tarea de limpieza, identificación y clasificación. Las piezas de las

distintas lámparas se encontraban tan fragmentadas y mezcladas que en un principio no se alcanzaba a saber con exactitud de cuántas lámparas podía tratarse, aunque podían distinguirse partes significativas, tales como diferentes bordes, muchas asitas y numerosas bases, que llevaban a pensar que se trataba de un conjunto realmente importante.

2. LIMPIEZA.

Eliminar los restos de tierra e incrustaciones que ocultaban características de los vidrios tales como color, grosor, textura, decoraciones, e incluso tipos de alteraciones, era el primer paso necesario para una correcta lectura de los fragmentos que permitiera ir separándolos, clasificándolos y agrupándolos, para resolver a continuación ese gran rompecabezas esparcido sobre las mesas de trabajo.

La limpieza es uno de los procesos más delicados de la restauración y debe llevarse a cabo con extrema precaución, ya que pueden ponerse en peligro las capas más superficiales de los vidrios y provocar el desprendimiento de pequeñas láminas, e incluso de la totalidad de la capa gel (Newton y Davison, 1989).¹¹

Para la limpieza de los vidrios de la sinagoga de Lorca, fue de mucha utilidad haber realizado previamente algunas de las analíticas, que ayudaron a determinar si los materiales que ocultaban la apariencia del vidrio eran capas de suciedad o se trataba de materia vítrea alterada. De esta manera, se planteó únicamente la eliminación de la tierra adherida, manteniendo en la medida de lo posible todo tipo de manchas en la superficie de los vidrios, procedentes en su mayoría de la contaminación con óxidos del terreno del yacimiento o de la precipitación de otros compuestos minoritarios.

El tratamiento de limpieza se fue intercalando con la consolidación para evitar el desprendimiento de capas superficiales de material vítreo.

Se combinaron dos tipos de limpieza, una mecánica y otra química. Esta última se efectuó aplicando con empacos de celulosa e hisopos de algodón una mezcla a partes iguales de alcohol, acetona y agua desmineralizada. La principal función del agua era reblandecer los depósitos de tierra, mientras que alcohol y acetona facilitaban la rápida evaporación de la humedad, además de disolver la resina aplicada para la consolidación. La limpieza mecánica se realizaba mientras las concreciones de tierra se encontraban reblandecidas por la acción del agua. Fue necesario utilizar una lupa binocular de X10, debido al riesgo que suponía

¹¹ La capa gel, así como las capas de corrosión más superficiales han de ser conservadas siempre, pues forman parte de la superficie del vidrio, y en ellas se encontrará gran parte de la decoración y los detalles de la manufactura del vidrio. Era una práctica habitual, hasta no hace tanto tiempo, eliminar estas capas alteradas para poder así apreciar el color original del vidrio (Koop, 2006), pero es totalmente contraria a los criterios actuales de conservación de vidrio arqueológico. Aunque algunos autores plantean cuestiones tales como si alguna de estas capas deberían ser consideradas como pátinas y por tanto ser conservadas, o como productos de alteración y ser en ese caso eliminadas (Barrio Martín, 2003).

usar bisturí, pues en algunos puntos no era fácil distinguir la suciedad superficial de las capas de corrosión.

Como complemento a la limpieza, los fragmentos se desalaron de forma controlada mediante empacos de celulosa con agua desmineralizada, a fin de eliminar las sales que pudieran alojarse en fisuras, craquelados y otras imperfecciones de la superficie.

3. CONSOLIDACIÓN.

Teniendo en cuenta el estado de fragilidad en que se encontraban los vidrios, fue necesaria la consolidación de las superficies deterioradas para poder manipular los fragmentos sin que se desprendiesen las capas superficiales más inestables. Este tratamiento se realizó intercalándolo con el proceso de limpieza, ya que por una parte resultaba difícil consolidar sin eliminar previamente las concreciones terrosas, y por otra, se hacía imposible manipular las superficies más deterioradas sin que se desprendiesen pequeños fragmentos superficiales.

A la hora de elegir un adhesivo adecuado para la consolidación de vidrio arqueológico hubo que tener en cuenta ciertos requisitos previos para conseguir una óptima conservación de los materiales originales. Así, el consolidante elegido debería

- No dañar en ningún momento al material vítreo, ni durante su aplicación y curado, ni con el paso del tiempo.
- Tener buena adhesividad y penetración en todos los sustratos del material a consolidar.
- Ser reversible.
- Mantenerse transparente y sin alterar la apariencia del vidrio.
- Permanecer estable con el paso del tiempo.

Un problema añadido que puede plantear el proceso de consolidación es consecuencia de la impermeabilización que se produce al cubrir la superficie del vidrio con resinas sintéticas. En caso de que los vidrios contengan algo de humedad en su interior, ésta quedará atrapada favoreciendo así los procesos de descalcificación y desvitrificación que lo descomponen (Flos, 2007). Siempre es muy importante que los vidrios estén completamente secos antes de consolidar. Para facilitar la pérdida de vapor de agua contenida en la estructura de la materia vítrea, los trabajos de restauración se procuraron efectuar con una humedad relativa por debajo del 55%.

En base a numerosos estudios realizados sobre materiales sintéticos aplicados a la restauración (Horie, 1987), (Borgioli, 2002), y más concretamente a la del vidrio (Newton y Davison, 1989), (Koop, 2006), (Fernández Navarro J. , 1999), (Ling, 1999), (López Ballester, 1999), se eligió como consolidante de los vidrios de la sinagoga de Lorca el copolímero acrílico Paraloid B-72¹². Las

¹² Actuales investigaciones están dando buenos resultados con materiales elaborados a base de silicio como consolidantes para material pétreo, y por extensión a vidrios y cerámicas (Newton y Davison, 1989), (Fernández Navarro J. , 1999), pero dada la dudosa reversibilidad que puedan presentar al cabo de

características comprobadas de esta resina, buena transparencia, estabilidad y reversibilidad, y capacidad de adhesión y penetración¹³, la presentaban como una buena opción, además de ser más permeable al vapor de agua que otras resinas utilizadas, como las epoxídicas (Koop, 2006).

Se procedió a la consolidación de los vidrios aplicando con pincel Paraloid B-72 en una disolución en tolueno al 4%, a la que se añadió Tinuvin 292 en proporción de un 2% del peso de la resina¹⁴. La resina se adaptó muy bien a la superficie y favoreció la recuperación de parte de la transparencia de los vidrios.

4. CLASIFICACIÓN Y PEGADO DE FRAGMENTOS.



Fig. 2. Proceso de clasificación y pegado de los fragmentos.

Clasificar cerca de 2600 fragmentos de vidrio extraídos del yacimiento resultó ser una tarea tremendamente laboriosa y complicada. Todos los vidrios de las distintas lámparas estaban mezclados, y siendo la mayoría vidrio liso sin más decoración que algún borde con vidrio azul aplicado o el pinzamiento de la masa vítrea en las asitas, resultaba realmente complicado distinguir las sutiles diferencias entre ellos. Hubo que ir separándolos guiándose por leves cambios de color del núcleo de vidrio, diferencias de grosor, e incluso tipos de alteración. Pero tratándose de vidrio soplado esas características son variables y dentro de una misma pieza pueden darse diferencias sustanciales.

Una vez separado un grupo de fragmentos con características semejantes, se buscaban los posibles puntos de unión seleccionando fracturas que aparentemente pudieran casar y realizando continuas pruebas hasta dar con piezas cuya unión fuera tan perfecta que no dejara ya lugar a dudas. Entonces se mantenían sujetas provisionalmente con cinta adhesiva¹⁵, a la espera de encontrar el resto de los fragmentos con que formasen un conjunto (*fig.2*).

Pegar estos fragmentos era un paso fundamental para la correcta lectura de las piezas, pues era la única manera de ir recuperando poco a poco la forma

un tiempo han sido descartados en la restauración de los vidrios de la sinagoga de Lorca, prefiriendo la elección de otro tipo de consolidantes como son las resinas acrílicas.

¹³ La capacidad de penetración de la resina dependerá en gran medida de el método de aplicación, los disolventes utilizados y la proporción de resina disuelta.

¹⁴ El Tinuvin 292 es un estabilizador que retiene los radicales libres resultantes de los procesos de oxidación de las resinas. Su uso con las resinas más frecuentes en restauración está recomendado por investigadores como Rene de la Rie, que hablo de ello en el curso "*Barnices para pinturas: resultados de últimas investigaciones y aplicaciones prácticas*", impartido en Valencia en junio de 2005.

¹⁵ La cinta adhesiva se pudo utilizar sobre aquellos fragmentos que se encontraban bien consolidados, y las capas de alteración eran consistentes y estaban bien adheridas al núcleo.

original de cada lámpara, devolverles así su integridad como objeto, y facilitar su interpretación para otro tipo de estudios posteriores.

Antes de proceder al pegado de cada grupo de fragmentos había que tener previsto el orden adecuado para evitar producir tensiones innecesarias que pudiesen partir las piezas. Una vez pegadas las uniones, las piezas se sujetaban de nuevo con cinta adhesiva y se colocaban sobre una cama de arena protegida con film de plástico para evitar deformaciones (fig. 3)



Fig. 3. Fragmentos pegados y sujetos con cinta adhesiva sobre una cama de arena. Se puede apreciar el perfil casi completo de la pieza.

La elección del adhesivo más adecuado se llevó a cabo atendiendo a ciertos requisitos muy parecidos a los expuestos anteriormente en referencia a la resina utilizada como consolidante. En este caso, el adhesivo debería

- No ocasionar daños al material vítreo en ningún momento, ni durante su aplicación y curado¹⁶, ni con el paso del tiempo.
- Tener buena adhesividad, elasticidad y resistencia suficiente para mantener unidas las juntas de unión sin dañar al material original.
- No producirse durante el curado una disminución significativa del volumen que pudiese dañar al material original.
- Ser reversible.
- Mantenerse transparente¹⁷.
- Permanecer estable con el paso del tiempo.
- Secar con relativa rapidez.
- Ofrecer la adecuada viscosidad.

Se escogió la misma resina Paraloid B-72, frecuentemente recomendada para el pegado de vidrio arqueológico (Koop, 2006), (Fernández Berengué, Schönherr, & Pugès Dorca, 2007), (Ling, 1999). Para conseguir una rápida evaporación, y la viscosidad adecuada se preparó una disolución de la resina en acetona en una proporción aproximada del 35%, añadiendo de nuevo Tinuvin 292.

¹⁶ El uso de algunas resinas como las de poliéster pone en peligro la estabilidad del vidrio arqueológico por las reacciones exotérmicas tan fuertes que se producen en el proceso de curado, además se produce en ellas un encogimiento significativo que puede llegar a fracturar los bordes de los vidrios originales (Koop, 2006).

¹⁷ En ocasiones en que el estado de conservación del vidrio es bueno, y presenta un aspecto transparente, habrá que tener en cuenta que el índice de refracción de la resina elegida sea lo más cercano al del vidrio (1,48 a 1,59) para obtener una unión discreta (Flos, 2007). En el caso de los vidrios de la sinagoga de Lorca, la mayoría presentaban una superficie muy opaca y oscurecida, por lo que no fue un factor a tener en cuenta a la hora de elegir el adhesivo.

La resolución de este enorme rompecabezas llevó tres años de trabajo a un grupo de cuatro personas que fueron variando. Finalmente se logró identificar unas cincuenta y dos lámparas diferentes, de las cuales se seleccionaron aquéllas que ofrecieran información suficiente para completar la forma original.

5. RECONSTRUCCIÓN Y REINTEGRACIÓN.

Presentar objetos arqueológicos fragmentados o incompletos es hoy en día práctica plenamente aceptada, siempre que las faltas de materia original no superen una cantidad tal que la estabilidad estructural de la pieza se vea amenazada, y la lectura global del objeto claramente dificultada (Bergeron, 2007).

En el caso de las lámparas de la sinagoga de Lorca, el frágil estado de conservación de los vidrios así como la gran cantidad de materia faltante en cada una de ellas, hacía necesario reconstruir para garantizar una mejor conservación.

De entre todas las piezas de vidrio se seleccionaron para su reconstrucción las veinte lámparas más completas, que resumían en un conjunto representativo la totalidad de las halladas. En principio estas piezas están destinadas a la exposición temporal "*Lorca, Luces de Sefarad*" que se inaugurará en el Museo Arqueológico de Murcia en el mes de enero del 2009, previstas después una serie de exposiciones itinerantes, para pasar por último a formar parte de la exposición permanente del Museo Arqueológico Municipal de Lorca.

Devolverles una lectura comprensible y completar la unidad de las piezas para facilitar la interpretación del público que contemplase los objetos ha sido la principal finalidad de las adiciones o reintegraciones realizadas. Por otra parte, éstas han servido para dar consistencia física al conjunto de vidrios colaborando así a su vez en la labor de conservación del material. Tras la reconstrucción, las piezas presentan un aspecto completo y estable, y puesto que están destinadas a permanecer expuestas tendrán garantizada su conservación, pues obtendrán más atención que aquellas que serán almacenadas y destinadas solamente al estudio especializado.

La reintegración y montaje de las lámparas se realizó en dos fases y de dos maneras bien diferenciadas. En un principio se dio prioridad a aquellas piezas que presentaban gran cantidad de vidrio original, reconstruyendo las faltas con una resina epoxídica para dar más consistencia física y unidad estética a las piezas. Hasta aquí no supuso más complicación que la inherente a los procesos de ejecución del trabajo, pero con el resto de las lámparas se presentaba un dilema más complejo: plantear una manera de exponer una serie de piezas cuyo porcentaje de materia original era muy escaso, aunque proporcionaba información suficiente para conocer de manera bastante certera la forma original.

Estas piezas suponen un conjunto muy significativo para ampliar el conocimiento del vidrio bajomedieval en la zona mediterránea de la Península Ibérica, del que existen pocos estudios realizados, además de aportar información relevante sobre los sistemas de iluminación de los recintos de culto, por lo que era importante conseguir plantear un sistema expositivo para ellas.

Dado que no era justificable hacer una reconstrucción formal de piezas tal y como se suelen hacer generalmente cuando la cantidad de materia original

es mayor, se empezó a barajar la posibilidad de fabricar un soporte que diese consistencia estructural, y que al mismo tiempo aportara la información contenida en los fragmentos y la obtenida por el equipo de arqueología en la búsqueda de piezas paralelas existentes. De esta manera se respetarían las premisas de máximo respeto al material original, limitando la restauración prácticamente a meros fines conservativos, facilitando una clara exposición al público, y minimizando la futura manipulación de los fragmentos.

En un principio se buscó la manera de realizar este soporte en vidrio, por ser un material ampliamente experimentado, muy estable, y semejante a las piezas originales estética y estructuralmente¹⁸. Pero después de buscar entre los maestros vidrieros que trabajan actualmente, no se encontró ninguno que garantizara que las piezas nuevas iban a adaptarse a la forma exacta de los originales arqueológicos, además se presentaba el problema añadido que suponía la diferencia de los coeficientes de dilatación y contracción de los dos materiales, el vidrio nuevo y el antiguo, que podían producir tensiones que pusieran en peligro las piezas originales.

Finalmente se optó por realizar estos soportes en resina, intentando imitar en ella las propiedades ópticas del vidrio soplado. Es decir, tendrían que ser objetos transparentes y huecos, y adaptarse lo mejor que se pudiese a la forma dada por los fragmentos de vidrio original. Esto suponía un reto importante, pues había que ingeniar la manera de realizar estas piezas con los materiales y conocimientos que estaban a nuestra disposición.

a. FASE PRIMERA. RECONSTRUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS 2878, 2764 y 2891¹⁹.

Limitando las adiciones a fines meramente estructurales y con la finalidad de buscar la lectura comprensible del objeto, se planteó una reconstrucción rellenando los faltantes con materiales nuevos. Este proceso se consideró necesario para conservar los objetos originales, ya que una vez pegados todos los fragmentos de una misma pieza no ofrecían estabilidad estructural suficiente para mantenerse expuestos, y la interpretación de la forma resultaba complicada.

Para llevar a cabo este proceso fue necesario elegir un material de relleno que cumpliera una serie de requisitos previos, mirando a garantizar el éxito de la reintegración y la seguridad de la pieza. Ese material debería

- No ocasionar daños al material vítreo en ningún momento, ni durante su aplicación y curado, ni con el paso del tiempo.
- Tener buena adhesividad, elasticidad y resistencia suficiente para mantener unidos los fragmentos sin dañar el material original.
- No producirse durante el curado una disminución significativa del volumen que pudiese dañar al material original.
- Ser reversible.

¹⁸ Experiencias de este tipo fueron presentadas por en las Jornadas Nacionales sobre Restauración y Conservación de Vidrios de 1999 (Ortiz Palomar y Paz Peralta, 1999).

¹⁹ Numeración asignada según el registro del Museo Arqueológico Municipal de Lorca.

- Permanecer estable con el paso del tiempo.
- Secar con relativa rapidez.
- Ofrecer la adecuada viscosidad y una fácil manipulación.

Los materiales más frecuentemente utilizados para el relleno de faltantes de vidrio son resinas de poliéster, acrílicas y epoxídicas (Fernández Berengué, Schönherr y Pugès Dorca, 2007), (Koop, 2006). Actualmente se están llevando a cabo varias investigaciones sobre estos tipos de resina, en las que se busca que las características de transparencia e índice de refracción se asemejen a las del vidrio sin alteraciones²⁰. En ésta primera reconstrucción de los vidrios de la sinagoga de Loca no se consideró pertinentes esos criterios, ya que los vidrios originales presentaban superficies muy opacas y oscurecidas, que podían ser reintegrados sin problemas con resinas opacas y coloreadas.

Se realizaron una serie de pruebas con algunas resinas de poliéster y epoxídicas, incluyendo Araldit 2020, especialmente formulada para el pegado de vidrio. Resultando la mayoría de ellas demasiado fluidas, y con tiempos de trabajo excesivamente prolongados que complicaban la intervención. Se descartó la resina de poliéster por producir una reacción exotérmica muy fuerte, y un ligero encogimiento al curar que puede poner en peligro la integridad de los vidrios originales. Una de las resinas que mejores resultados ofrecía en cuestión de transparencia, la Araldit 2020, presentó sin embargo un inconveniente insalvable al aplicarla en capas cuyo grosor no podía exceder el de el vidrio original, a saber, que formaba capas ligeramente blandas, sin resistencia suficiente para soportar la estructura de los vidrios originales hasta pasados 10 días del curado inicial. Finalmente se eligió la resina Araldite AW 106/endurecedor HV953, pues mientras su falta de transparencia no suponía un inconveniente por otra parte resultaba idónea para ser manipulada, por su corto tiempo de curado y alta viscosidad, que facilitaban todo el proceso de intervención. También se tuvo en cuenta la posibilidad de reversibilidad: al aplicar calor sobre la resina una vez catalizada, se ablanda y reduce significativamente su poder adhesivo, facilitando considerablemente su eliminación. Será necesario que la aplicación de calor sea muy localizada en la superficie de la resina, para evitar el calentamiento del vidrio original y sus consecuentes daños.

Previamente a la aplicación de la resina se fabricaron con cera de modelar unos moldes rígidos que copiaban la forma interior de los vidrios originales ya pegados. Estos moldes se colocaban en las zonas donde había faltantes de materia vítrea, para ajustarlos luego perfectamente a los bordes con una capa de plastilina. Aislada con plástico de los vidrios, la plastilina quedaba perfectamente ajustada a los bordes internos de las piezas originales con cinta adhesiva transparente. Además de obtenerse con ellos la forma adecuada, el

²⁰ En el congreso Glassac-08, Glass Science in Art and Conservation celebrado en Valencia en marzo de 2008 se presentaron dos estudios relacionados con materiales para reintegración de vidrio. Uno de ellos, presentado por Betlem Martínez Pla, se está llevando a cabo en el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

propósito de estos moldes era evitar pequeños escurrimientos de resina en el interior de la pieza, y conseguir al mismo tiempo que quedara registrada la impronta lisa del plástico, ahorrándose así difíciles retoques posteriores en el interior de la pieza (fig. 4 y 5).

Se aplicó a los bordes de las piezas originales una capa de intervención de Paraloid B-72 al 25% en acetona, para facilitar la reversibilidad de la resina epoxídica, además de evitar posibles alteraciones por contacto directo de la resina con el vidrio.

Puesto que se trata de una resina muy viscosa, se pudo ir aplicando con espátula muy cuidadosamente, controlando que no quedaran restos sobre la superficie original de los vidrios. Ya que el tiempo de trabajo de la resina es de pocos minutos, hubo que ir delimitando el trabajo, aplicando la resina por capas y ajustándose a pequeñas zonas, hasta cubrir los huecos con un grosor aproximado al del vidrio original.



Fig. 6. Reproducción de las asitas con moldes sencillos de silicona y resina epoxi.



Fig. 4 y 5. Proceso de reconstrucción con resina epoxi EC131 UV sobre moldes rígidos realizados con cera de modelar y ajustados con plastilina.

Los pequeños apliques que hubo que reproducir, como algunas asitas o bases, se copiaron de los originales existentes a través de sencillos moldes de silicona tipo RTV 3481, aplicando siempre una capa gruesa de vaselina como desmoldeante para evitar que la silicona quedara pegada a la materia vítrea²¹.

²¹ Existen otro tipo de materiales de moldeo diseñados para odontología que no se adhieren al vidrio ni a las superficies pétreas como son las siliconas PANASIL Contact, o Coltène PRESIDENT JET Bite, con los que en principio se puede prescindir del desmoldeante, garantizando un registro mucho más exacto de la superficie a reproducir. El mayor inconveniente es el precio elevado (Fernández Berengué, Schönherr, & Pugès Dorca, 2007). Para la reproducción de estas pequeñas piezas no era necesario una reproducción muy exacta al original, ya que posteriormente iban a ser torneadas, lijadas y trabajadas para adaptarlas al resto de la reconstrucción realizada.

De estos moldes se sacaron positivos con la misma resina con que se estaba trabajando, adheridos luego al resto de las reintegraciones también con esta misma resina (*fig. 6*).

Una vez endurecida se procedió a su lijado con la ayuda de un microtorno para corregir pequeñas desviaciones y conseguir una superficie lisa y homogénea (*fig. 7*). Sobre la resina ya trabajada, se ajustó cromáticamente



Fig. 7 y 8. Reintegración volumétrica y cromática de la lámpara 2891.

tanto el interior como el exterior de la pieza mediante pigmentos aglutinados con una solución de Paraloid B-72 al 5% en acetona, buscando siempre el valor unitario, con el objetivo de que a una distancia de 50 cm. se pueda discernir con claridad el material añadido. (*fig. 8, 9 y 10*).



Fig. 9 y 10. Lámparas 2764 y 2878 después de la restauración.

b. FASE SEGUNDA. RECONSTRUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS 2890, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2945, 2946, 2947, 2948 y 2949²².

La segunda forma de reintegración pretendía recuperar para su exposición y disfrute público aquellos fragmentos de lámparas que no superaban el 30% de material original, pero que por otra parte eran de enorme importancia para el conocimiento del vidrio bajomedieval y de la iluminación de recintos de culto, ya que en otro caso, por escasez de material original, estaban condenados

²² Numeración asignada según el registro del Museo Arqueológico Municipal de Lorca.

a quedarse fuera de exposición permanente del Museo Arqueológico Municipal de Lorca.

El poco material vítreo conservado de estas piezas, junto con ejemplos paralelos obtenidos en las investigaciones arqueológicas en curso, proporcionaban información suficiente para poder reconstruir las lámparas, ya que se podía hacer una aproximación bastante exacta de cómo serían su perfil, altura, diámetro de la boca, número de asas, etc.

El sistema de reconstrucción pretendía realizar piezas exentas, a modo de soporte sobre el que se apoyarían los fragmentos de vidrio original. Como procedimiento sería muy poco invasivo, ya que el vidrio estaría pegado a las lámparas-soporte solamente con unos pequeños puntos de adhesivo, lo que haría la reconstrucción completamente discernible, reversible con facilidad, y muy respetuosa con el material original.

Las piezas nuevas que sirvieran de soporte tendrían que adaptarse perfectamente a las irregularidades de los originales, y asemejarse al aspecto de vidrio soplado que tuvieron las lámparas en el momento de su uso, es decir, deberían ser huecas, transparentes y brillantes.

Para conseguir piezas cuyas paredes fuesen casi tan finas como las del vidrio, y que se adaptasen a los vidrios originales, hubo que idear un complejo sistema de modelado y moldeo, buscar materiales cuyas prestaciones se adecuaran a lo requerido, y llevar a cabo un complicado proceso que exigía mucha paciencia y meticulosidad.

Aunque la idea última era realizar piezas cuyas paredes tuviesen pocos milímetros de grosor, había que empezar por modelar una pieza maciza a la que se adaptasen las irregularidades de los vidrios lo más ajustadamente posible. Lo ideal habría sido poder modelar de una sola vez una pieza hueca de paredes finas, pero precisamente las características de plasticidad de los materiales modelables los hacen poco resistentes.

Comparando los materiales de moldeo más comunes: arcillas, plastilinas y ceras, se llegó a la decisión de que el más adecuado era la cera de fundición. La arcilla quedó descartada por la posibilidad de que aportara humedad a los vidrios originales, a lo que se sumaban problemas de contracción en caso de secarse y la necesidad de utilizar un desmoldeante a la hora de fabricar sobre ella moldes de silicona. Y entre las plastilinas y la cera, esta última presentaba unas cualidades muy interesantes ante los cambios de temperatura. Podía ser fundida con calor sin presentar cambios significativos de tamaño ni otras propiedades, y endurecida con frío hasta el extremo de poder crear una superficie casi pulida.



Fig. 12. Realización de una pieza maciza de cera con la ayuda de los dibujos arqueológicos.

Elegido el material de moldeo, se procedió a realizar una primera pieza maciza de cera por cada lámpara. Esta serviría como modelo de lo que sería la cara exterior de la futura pieza soporte, sobre la que posteriormente se pegarían los vidrios originales. Para esbozar el tamaño y la forma que debían tener cada una de estas piezas fueron de gran ayuda los dibujos facilitados por el equipo de arqueólogos, en los que se hacía una estimación de como debió ser el aspecto de cada lámpara basándose en la información obtenida de los fragmentos originales de vidrio (*fig. 11*).

A pesar de estos dibujos, hubo que hacer muchos ensayos de ajuste para comprobar que los vidrios se acoplaban perfectamente sobre la pieza de cera. Aunque por precaución no se apoyaron en ningún momento directamente sobre la cera, sino que se interpuso siempre una película de plástico intermedio. De todos modos y a fin de protegerlos de la manipulación a que iban a ser sometidos se les aplicó previamente una gruesa capa de Paraloid B-72 disuelto al 20% en acetona, con idea de retirarlos en una limpieza posterior. Para asegurar la adhesión de los fragmentos, se mantuvieron sujetos con pequeñas tiras de cinta adhesiva hasta el final del proceso, como sistema de refuerzo de las uniones (*fig. 12*).



Fig. 12. Adaptación de la cera a la forma exacta de los fragmentos de vidrio.



Fig. 13. La superficie de la cera queda completamente lisa, y bajo la boca está diseñado el sistema de ensamblaje del futuro molde.

La superficie final de esta pieza de cera debía quedar lo más lisa posible, y estar libre de las irregularidades propias del modelado que dificultarían la semejanza final con el vidrio soplado que se buscaba. También debían quedar reflejados en ella el grosor final que se pretendía dar a la futura pieza de resina, los puntos donde iban a ser pegadas las asitas faltantes, y las zonas donde encajarían los fragmentos de vidrio original (*fig.13*).

Terminada esta pieza maciza de cera se le sacó un molde compuesto de una piel de silicona RTV 3481 y un contramolde rígido hecho de varias piezas de escayola que encajaban entre sí con exactitud.

Antes de proceder a la realización del molde debían estar previstos y diseñados con cera o plastilina los huecos de entrada de resina y salida de aire, además de todo un sistema de llaves que unirían la piel de silicona con las piezas de escayola del contramolde rígido y otras piezas de silicona a realizar en los pasos siguientes. Todo esto tenía que quedar preparado en la boca de la lámpara antes de realizar el molde de silicona, para garantizar que todos los elementos que iban a formar parte del mismo quedaran bien ensamblados entre sí (*fig. 13 y 14*).

La piel de silicona debía tener el grosor adecuado para que no se rompiese en el proceso de desmoldeo, y elasticidad suficiente para poder sacarla de una sola pieza. Se realizó aplicando una primera mano de silicona fluida,

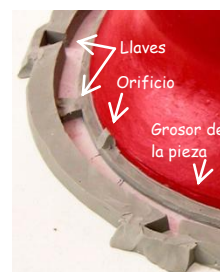


Fig. 14. Detalle del sistema para realizar las llaves y los orificios de entrada de la resina.

para evitar la aparición de burbujas en la superficie de la pieza, y varias capas posteriores con aditivo tixotrópico (fig. 15). Una vez catalizada esta capa elástica se preparó un contramolde rígido de escayola, hecho de varias piezas para poder abrirlo que ensamblaban entre sí por medio de pequeños botones (fig. 16).

Con todos los componentes del molde endurecidos, se procedió a desmoldear. Para poder extraer de su interior la pieza maciza de cera, a pesar de la elasticidad de la piel de silicona fue necesario un corte limpio, longitudinal, que permitiera volver a colocar la piel sobre el contramolde sin que quedaran marcas de unión (fig. 17).



Fig. 15. Aplicación de varias capas para formar



Fig. 16. Las piezas del contramolde rígido se acoplan perfectamente a la piel de silicona.

En este punto del proceso se había conseguido obtener un molde de la cara externa de lo que sería la pieza-soporte (fig. 18). A continuación había que proceder por pasos muy parecidos a fabricar la otra cara del molde, la que permitiría que el interior de la pieza fuese

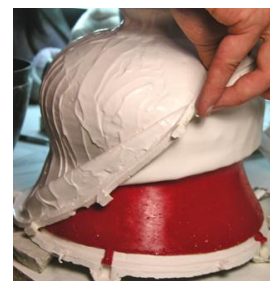


Fig. 17. Desmoldeo de la piel de silicona.

huevo y las paredes tan finas como las del vidrio original.

Desmoldeada la pieza de cera maciza, y apoyándose en el molde de silicona que registraba la cara exterior, se aplicó una fina capa de cera caliente fluida, extendida y modelada para que crease el registro de la parte interior de la pieza. El grosor de esta capa sería determinante para el grosor final de la resina (fig. 19-21).



Fig. 18. Pieza de cera maciza y molde.



Fig. 19, 20 y 21. Aplicación de una capa fina de cera líquida sobre el interior del molde.

Igual que antes, se aplicó una piel de silicona a base de capas que quedaba sujeta por un contramolde rígido de escayola hecho de piezas. La complicación de estas piezas residía en que la base de las lámparas es más ancha que el cuello, lo que dificultaba su extracción del interior del molde (*fig. 22*).

Todas las piezas, tanto las de silicona como las de escayola, estaban ensambladas entre sí por medio del sistema de llaves previsto desde un principio, de manera que al sacar esta última pieza de cera del interior del molde quedara entre las pieles de silicona que registraban el exterior y el interior un pequeño espacio destinado a recibir la resina con que se formaría la pieza final (*fig.23-25*).



Fig. 22. Se aplica de nuevo una piel de silicona en el interior y se vuelve a realizar un contramolde rígido dividido en piezas para poder ser extraído del interior.



Fig. 23 y 24. Despiece del interior y el exterior del molde.

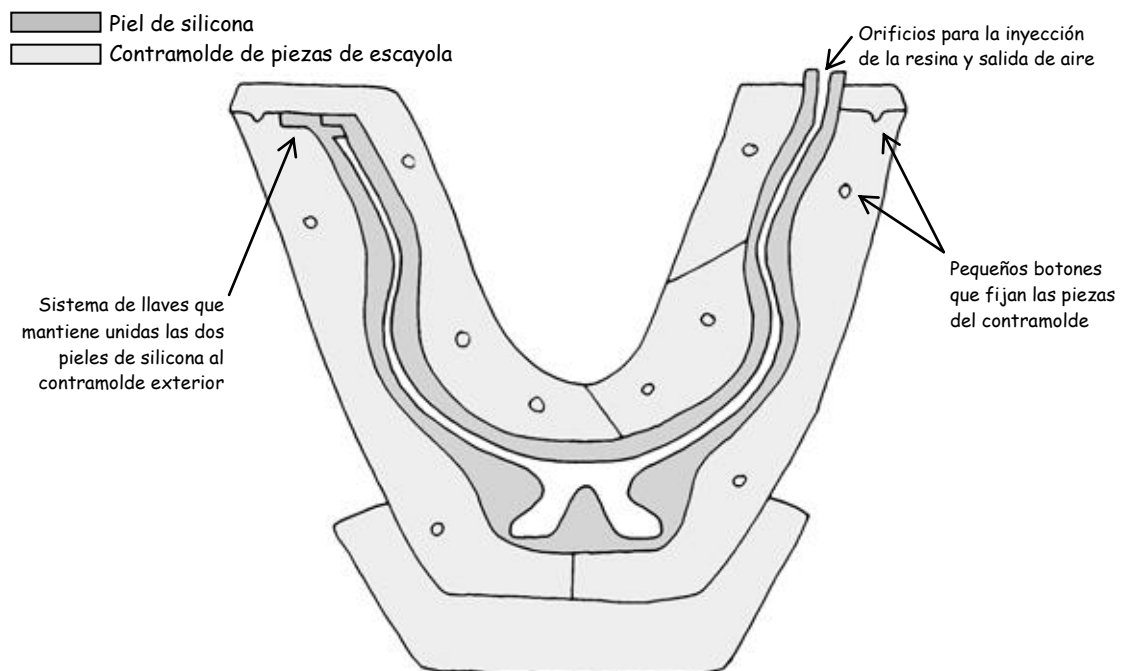


Fig. 25. Dibujo esquemático del sistema de moldeo.

Para elegir la resina más adecuada se barajaron varias posibilidades de entre las resinas habitualmente utilizadas para colada²³ y se hicieron pequeños experimentos para determinar la estabilidad de los materiales.

Los requisitos que debían cumplir estas resinas eran sobre todo

- Transparencia
- Fluided suficiente para poder ser inyectada en el interior del molde
- Resistencia al amarilleamiento
- Tiempo de trabajo suficiente para facilitar la eliminación de burbujas en el interior del molde
- Dureza para que un grosor fino tenga resistencia suficiente para soportar el peso de los vidrios

Algunos ensayos realizados con Araldit 2020, demostraron que la resina no ofrecía resistencia suficiente en capas tan delgadas hasta pasados los 10 días después de su catalización, lo que dificultaba bastante los procesos.

Se hicieron experimentos de envejecimiento sometiendo las resinas durante una semana al sol de agosto. Algunas resinas epoxídicas como EPOFER EX 401 + E 432 o de poliéster como FERPOL 3501, se volvían amarillas al cabo de tres días.

El poliéster fue además descartado por su alta toxicidad.

Finalmente, se seleccionó una epoxídica, EC131 UV, fabricada industrialmente para gel-coat²⁴, que contiene un filtro para las radiaciones ultravioletas. Resistió con éxito la semana de exposición al sol, y presentaba características de transparencia, fluidez, tiempo de trabajo, dureza y estabilidad aceptables.

Inyectar la resina por los pequeños orificios preparados para ello resultó una tarea lenta y pesada, que había que realizar con paciencia para evitar posibles burbujas de aire en el interior. En previsión de que la resina desbordase y manchase las piezas del molde dejándolo inservible se aplicó vaselina en todas las superficies del contramolde de escayola (*fig. 27*).



Fig. 27. Inyección de la resina por los orificios hechos entre las dos capas de silicona.



Fig. 26. Diferentes muestras para evaluar el comportamiento de los materiales al someterlos a sencillos test de envejecimiento.

²³ Se denominan resinas para colada a aquellas diseñadas para ser introducidas dentro de un molde, son por lo general muy fluidas y con tiempos de trabajo largos.

²⁴ Un gel-coat es un material que se utiliza como acabado para trabajos realizados con fibra de vidrio reforzada, muy utilizado para la fabricación de embarcaciones ligeras, deportes náuticos, etc. y Generalmente se trata de resinas epoxídicas o de poliéster.

Para evitar que la resina empezase a catalizar durante el proceso de inyección no se mezcló de una vez toda la cantidad necesaria para la pieza, sino que se fue mezclando en pequeñas cantidades de 20 ml. según se iban utilizando. Como las piezas originales estaban ligeramente coloreadas en tonos verdes o azules, se preparó para cada lámpara una base de resina sutilmente pigmentada de donde se obtenían las cantidades a las que se añadía el catalizador.



Fig. 28. Detalle de burbujas de aire en el interior del molde. Será necesario añadir más resina antes del desmoldeo completo.

Una vez endurecida la resina, se separó del conjunto el molde interior, lo que permitió observar los puntos donde habían quedado pequeñas burbujas de aire, que se retocaron de nuevo con la misma resina pigmentada con que se había realizado la pieza (fig. 28).



Fig. 29. Desmoldeo de la pieza de resina transparente.

Desmoldeadas completamente las lámparas era necesario retocarles con un microtorno las bocas, donde quedaban una serie de restos que debían ser eliminados, correspondientes a los sistemas de inyección de la resina, las llaves de ajuste del molde y otras imperfecciones (fig. 31).

Igual que en las reintegraciones anteriores se hicieron moldes y réplicas sencillos de las asitas que había que reproducir, posteriormente pegadas al conjunto (fig. 30).



Fig. 30. Moldeo y reproducción de las asitas.

La apariencia superficial de la pieza de resina, una vez desmoldeada, todavía no presentaba la textura satinada y uniforme que se buscaba, por lo que hubo que ejecutar una serie de pruebas para conseguir el aspecto vítreo deseado (fig. 33-35).



Fig. 31 y 32. Será necesario el retoque de la boca y el lijado de la superficie para eliminar irregularidades.

Primeramente se probó a lijar y pulir la superficie de la resina, y aunque se obtenía un resultado aceptable, resultaba un proceso demasiado costoso para llegar a conseguir el brillo necesario.

Luego se intentó aplicar un Barniz Cerámico Quilosa Sintex S-19²⁵ sobre la superficie finamente lijada, que una vez seco daba a la resina un perfecto aspecto vítreo

²⁵ Barniz utilizado en ocasiones para conferir brillo a las reintegraciones de esmalte vidriado sobre cerámica, y que resistió muy bien el improvisado test de envejecimiento de ser sometido a los rayos del sol.



Fig. 33 y 34. Diferentes pruebas de brillo sobre las lámparas-soporte.



Fig. 36, 37 y 38. Se intentaron hacer piezas exentas también a base de moldes para acoplarlas a los bordes de los vidrios originales. Sistema utilizado en las lámparas 2926 y 2927.

Fig. 39, 40 y 41. Se intentaron hacer moldes internos efímeros, pero no dieron buen resultado por la dificultad de controlar el grosor adecuado de la resina.



Fig. 42 y 43. A base de dar vueltas al molde se distribuía la resina uniformemente, aunque algunas de estas piezas salieron defectuosas y hubo que repetir las.

brillante. El problema de esta opción se presentó al situar sobre una superficie tan brillante los vidrios originales, que estaban muy alterados. Resultaba mucho más llamativa la superficie restaurada que el material original.

Finalmente se encontró una solución intermedia, consistente en aplicar sobre la superficie lijada una última capa a muñequilla de la misma resina con la que se había hecho la pieza, de manera que quedaba una superficie satinada muy en consonancia con el aspecto de los vidrios originales (*fig. 34*).



Fig. 35. Finalmente se aplica una última capa de resina con muñequilla.

Este sistema funcionó bien para la reconstrucción de las lámparas 2890, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2928, 2947, 2948 y 2949, pero a la hora de intentar el mismo sistema de moldeo con las piezas 2926, 2927, 2929, 2930 y 2945, se presentó un serio problema de método. El arranque del cuello de las lámparas era demasiado pequeño para poder trabajar en el interior de la pieza. Esto imposibilitaba todo el proceso a partir de cual se realizaba un molde interno. Después de buscar

procedimientos complejos, intentando realizar piezas exentas del material faltante, y moldes internos que pudiesen ser destruidos en el interior de la pieza, la solución más sencilla fue la que mejor resultado dio (*fig. 36-41*).

Para la parte externa de la pieza, sobre la que tendrían que apoyar los vidrios originales, se trabajó exactamente igual que con las otras lámparas. Se hizo una pieza maciza de cera, sobre la que se

realizó un molde de piel de silicona y contramolde rígido. En el interior de este molde, allí donde antes se había aplicado una capa de cera caliente fluida, ahora se vertía una pequeña cantidad de resina (entre 10 ml. y 30 ml. dependiendo del tamaño de la pieza). Esta resina tiene un tiempo de trabajo de aproximadamente 1 ó 2 horas, dependiendo de la temperatura ambiental. Durante ese tiempo, se mantenía el molde en continuo movimiento, de manera que la resina se fuese extendiendo por las paredes de éste, creando así una fina película uniforme. Se repetía el proceso unas cinco o seis veces, hasta que el grosor de la resina era lo suficientemente resistente como para soportar sin problemas el peso de los vidrios originales (*fig.42*).

Una vez desmoldeada la pieza de resina, se retocaba con un microtorno toda la zona de la boca, se lijaba ligeramente la superficie externa, y se aplicaba una última capa con muñequilla, al igual que se había hecho con las piezas anteriores. El único inconveniente con estas reconstrucciones, es que cualquier defecto o imperfección que hubiese quedado en el interior del cuerpo de la lámpara no podía ser repasado de ninguna manera. De hecho hubo que repetir más de una cuyos defectos eran demasiado evidentes para ser expuestos (*fig. 43*).



Fig. 44. Pegado de las asitas de manera equidistante a las originales.

Con la pieza-soporte ya terminada, solo quedaba acoplar y adherir sobre ella los fragmentos originales. Hubo que realizar una segunda limpieza con acetona para eliminar todos los restos de cera que había sobre los vidrios, debidos a la manipulación sufrida durante el modelado de la pieza maciza, y volver a pegar alguna de las uniones que se habían despegado.

Las piezas de vidrio original, que acoplaban bastante bien sobre las lámparas nuevas de resina, fueron adheridas con pequeños puntos de silicona neutra Quilosa Orbasil N-32 translúcida, no sin antes haber protegido la cara interna de los vidrios con una gruesa capa de Paraloid B-72 que aislara completamente el material vítreo del adhesivo de silicona para evitar alteraciones en el material original²⁶. La silicona es bastante elástica, y puede amortiguar en cierta medida las diferencias de dilatación y contracción entre los vidrios originales y la resina de la pieza soporte (*fig. 44 y 45*).



Fig. 45. Pegado de los vidrios originales sobre la pieza de resina con silicona neutra. Los seguros adhesivos no serán eliminados hasta el final del proceso.

²⁶ Aunque la silicona endurecida es neutra, todas las siliconas emiten contaminantes en el proceso de curado que pueden alterar la superficie del vidrio o crear atmósferas contaminantes si no se dejan secar apropiadamente.

En conclusión, esta forma de reintegración y montaje supone una alternativa al modo tradicional de reintegrar vidrio, con la cual se ha podido sacar a la luz objetos de gran interés pero con escaso material original. Ha servido al mismo tiempo para sustentar los fragmentos de vidrio y para devolver una correcta lectura a las piezas, reconstruyendo una aproximación de cómo pudieron ser estos objetos originalmente en su momento de uso.

IMÁGENES DE LAS LÁMPARAS ANTES Y DESPUÉS DE LA RECONSTRUCCIÓN.



Fig. 48 y 49. Lámpara 2907.



Fig. 50 y 51. Lámpara 2908.



Fig. 52 y 53 . Lámpara 2910.



Fig. 54 y 55. Lámpara 2911.



Fig. 55 y 56. Lámpara 2948.

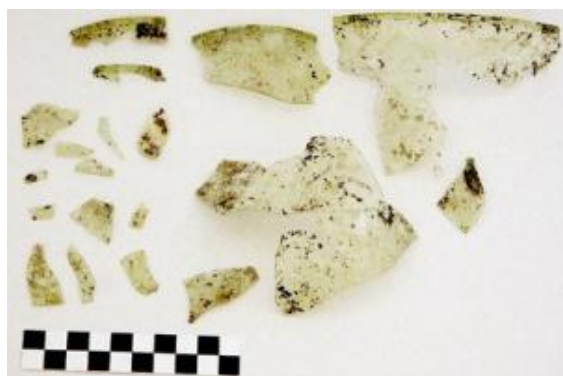


Fig. 57 y 58. Lámpara 2928.



Fig. 59 y 60. Lámpara 2912.

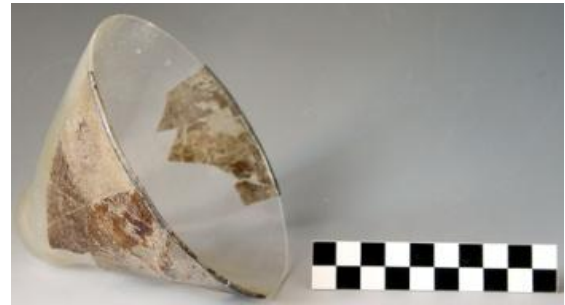


Fig. 61 y 62. Lámpara 2949.

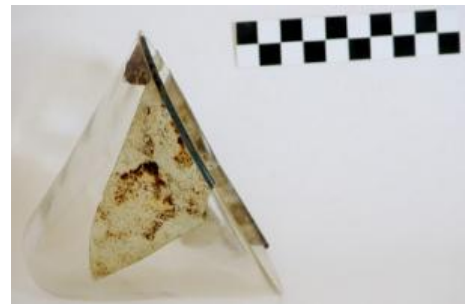


Fig. 63 y 64. Lámpara 2947.



Fig. 65 y 66. Lámpara 2910.

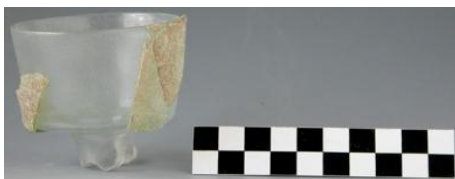


Fig. 67 y 68. Lámpara 2890.





Fig. 69 y 70. Lámpara 2945.



Fig. 71, 72 y 73. Lámparas 2930 y 2928.
En la imagen inicial aparecen mezclados los fragmentos de ambas piezas.



Fig. 74 y 75. Lámpara 2926.

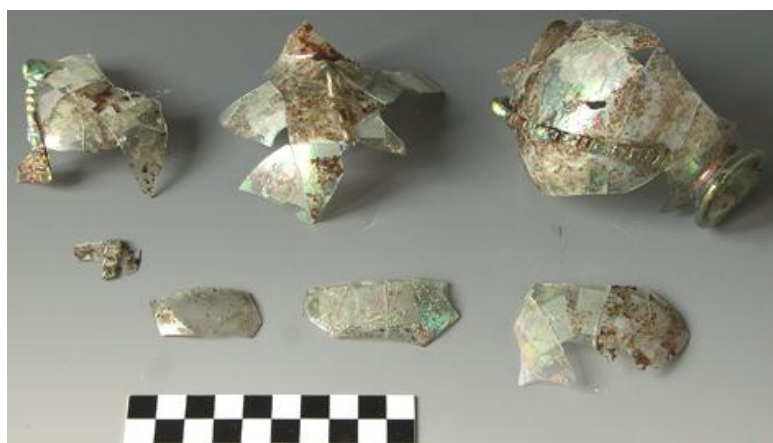


Fig. 76 y 77. Lámpara 2927.



Fig. 78 y 79. Lámpara 2946.

IV. CONCLUSIÓN.

Aprovechando la oportunidad que nos ofrecía la restauración de las lámparas de la sinagoga del castillo de Lorca, se pudieron llevar a cabo tanto el estudio de los materiales constituyentes de los fragmentos de vidrio y sus patologías de alteración, como la posibilidad de reconstruir y utilizar un sistema expositivo poco habitual.

Del estudio del material vítreo se concluye que todas las lámparas se pueden agrupar dentro del vidrio comúnmente llamado sódico-cálcico, material frecuentemente utilizado, y que presenta características comunes frente a los problemas de alteración. Se han podido obtener imágenes microscópicas en las que se ven con precisión las patologías que sufren, localizadas la mayoría en la capa gel.

Se han realizado tratamientos meramente conservativos, que han consistido en los procesos necesarios para preservar las piezas frente a futuros deterioros, y facilitar su estudio posterior.

Además se han reconstruido aquellas lámparas que se han considerado más significativas y por la escasez de material original en la mayoría de ellas ha sido necesario ingeniar un sistema expositivo alternativo a la reconstrucción formal. Con el objetivo de devolver la unidad estética y estructural a las piezas sin efectuar una reintegración directa de los faltantes, se ha desarrollado un planteamiento de montaje respetuoso y muy poco invasivo. Consiste en exponer los fragmentos sobre soportes que imiten las características ópticas del vidrio soplado, y a los que se adapten lo más exactamente posible. Para ello ha habido que ingeniar un complejo sistema de modelado y moldeo, elegir los materiales más adecuados para ejecutar cada paso del proceso, y solucionar los problemas que han ido surgiendo a medida que se iban realizando cada una de las piezas.

Este sistema propone una alternativa a la manera habitual de reconstruir vidrio arqueológico, heredada del concepto de exponer piezas arqueológicas muy incompletas y sin reintegrar sobre soportes nuevos, consiguiendo que los fragmentos originales se adapten con precisión a la pieza-soporte, que a su vez aporta información documental sobre la forma original de los vidrios reconstruidos.

V. PUBLICACIONES RELACIONADAS.

- Fernández Mula, L. R., Hernández Martínez, J., Martínez Ríos, C., y Pujante Martínez, A. (2004). "La sinagoga y los restos arqueológicos sefardíes del castillo de Lorca", *Actas del XV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Murcia, CARM. Consejería de Educación y Cultura. Dirección General de Cultura, pp. 907-928.
- Gallardo Carrillo, J. y González Ballesteros, J. A. (2006). "El urbanismo de la judería medieval de Lorca a la luz de las últimas excavaciones (2004-2006)", *Alberca. Revista de la Asociación de Amigos del Museo Arqueológico de Lorca*, No. 4, Lorca, pp. 129-152.
- Gallardo Carrillo, J., González Ballesteros, J. A. y García Sandoval, J. (2006). "Análisis de las lámparas de vidrio de la sinagoga de Lorca (Murcia). Proceso de restauración y puesta en valor", *Actas de las Jornadas Nacionales de Vidrio de la Alta Edad Media y Andalucía*, La Granja de San Ildefonso, Fundación Centro Nacional del Vidrio, (en prensa).
- García Sandoval, J. y Quiñones López, M. (2008). "Las lámparas de vidrio del s. XV procedentes de la sinagoga de Lorca (Murcia). Análisis de patologías, conservación, restauración y montaje", *ARPA. Actas del VI Congreso Internacional Restaurar la Memoria*, Valladolid, Consejería de Cultura y Turismo. Junta de Castilla León, (en prensa).
- García Sandoval, J. y Quiñones López, M. (2008). "Los vidrios de la sinagoga de Lorca «desde su excavación hasta su presentación al público». Análisis de patologías, conservación y restauración de las lámparas de vidrio del s. XV", *XVII Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Castellón, Fundación de la Comunidad Valenciana La Llum de les Imatges. Conselleria de Cultura i Esport. Generalitat Valenciana. pp. 497-500.
- García Sandoval, J., Quiñones López, M., Gallardo Carrillo, J. y González Ballesteros, J. A. (2007). "Conservación y restauración de las lámparas de vidrio del s. XV procedentes de la Sinagoga de Lorca (Murcia)", *Memorias de Patrimonio. Intervenciones en el Patrimonio Cultural de la Región de Murcia*, Murcia, Conserjería de Educación y Cultura, Dirección General de Cultura. Servicio de Patrimonio Histórico, pp. 234-246.
- Pujante Martínez, A. (2005). "La sinagoga del castillo de Lorca (Murcia)", *Verdolay*, No. 9, Murcia, 293-320.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Aura, E., Doménech Carbó, M. T., Osere Cortina, L. y Saurí Pons, M. C. (2004). "Estudio de caracterización morfológica de deterioro en vidrio arqueológico mediante microscopía óptica sometida a análisis de imagen", *XV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Murcia, Consejería de Educación y Cultura de la Región de Murcia, pp. 1097-1106.
- Bailly, M. (1990). "Le verre", en M. C Berducou (coord.), *La Conservation en Archéologie*, París, Masson, pp. 120-162.
- Barrio Martín, J. (2002). "Aspectos de la investigación analítica sobre el deterioro y los criterios de intervención en los vidrios romanos de la villa de el Saucedo", *I Congreso GEIIC*, Valencia, Grupo Español IIC, pp. 343-349
- Barrio Martín, J. (2003). "Evaluación crítica de los principios en arqueometría, conservación y restauración de los vidrios arqueológicos", *Pátina. Escuela superior de conservación y restauración de bienes culturales de Madrid*, No.12, Madrid, pp. 53-64.
- V.V.A.A (2007). *La restauration des céramiques archéologiques: quelques exemples de cheminement d'une pratique*. A. Bergeron (Ed.). Québec, Centre de conservation du Québec.
- Bergeron, A. y Rémillard, F. (1991). *L'archéologue et la conservation*. Québec, Centre de conservation du Québec.
- Borgioli, L. (2002). *Polimeri de sintesi per la conservazione della pietra*, Col. i Talente. Metodologie, tecniche e formazione nel mondo del restauro, Vol. 13, Saonara, Il prato.
- Cabrera Orti, M. A. (1994). *Los métodos de análisis físico-químicos y la historia del arte*, Granada, Universidad de Granada.
- Cano Díaz, E. (2006). "Corrosión en museos y vitrinas. Cuando el enemigo está dentro de casa", *Santuola XII. Instituto de Prehistoria y Arqueología Santuola*, Santander, pp. 441-449.
- Carreras Rossell, T. (2007). "El vidrio antiguo. Técnicas de fabricación y decoración", en T. Carreras Rossell (Ed.), *La fragilidad del tiempo. El vidrio en la antigüedad*, Alicante, MARQ. Museo Arqueológico de Alicante. pp. 15-22.
- Davison, S. y Newton, R. (2003). *Conservation and restoration of glass*, Londres, Butterwoth-Heinemann.
- Fernández Berengué, L., Schönherr, L. y Pugès Dorca, M. (2007). "Productes i tècniques per la reconstrucció de vidre arqueològic", *Quaderns tècnics de l'MHCB. Conservació i restauració*, No. 2, pp. 60-79.
- Fernández Navarro, J. (1999). "Causas del deterioro físico y químico de los vidrios históricos", en J. M. Fernández Navarro y P. Pastor Rey de Viñas (Ed.), *Jornadas Nacionales sobre Restauración y Conservación de Vidrios*, La Granja de San Ildefonso, Fundación Centro Nacional del Vidrio, pp. 17-37.
- Fernández Navarro, J. M. (1985). *El Vidrio*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Fundación Centro Nacional del Vidrio.
- Flos, N. (2007). "Conservación y restauración del vidrio", en T. Carreras Rossell (Ed.), *La fragilidad en el tiempo. El vidrio en la antigüedad*. Alicante, MARQ. Museo Arqueológico de Alicante.
- García Fernández, I. M. (1999). *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*, Murcia, KR.

- Gidye, I. (1969). "Cerámica y vidrio". *La conservación de los bienes culturales*, Tournai, UNESCO, pp. 121-122, 1979
- Gómez, M. L. (1998). *La restauración. Exame científico aplicado a la conservación de obras de arte*, Madrid, Cátedra.
- Horie, C. (1987). *Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings*, Londres, Butterworths.
- Koop, S. P. (2006). *Conservation and care of glass objects*, Londres, Archetype Publications.
- Ling, D. (1999). "Conservación de vidrio hueco en el British Museum de Londres", en J. Fernández Navarro y P. Pastor Rey de Viñas (Ed.), *Jornadas Nacionales sobre Restauración y Conservación de Vidrios*, La Granja de San Ildefonso, Fundación Centro Nacional del Vidrio, pp. 135-143.
- López Ballester, E. (1999). *Estudio analítico y desarrollo de métodos de intervención conservativa de vidrio arqueológico (siglos XV-XVII) de la Comunidad Valenciana*, Tesis doctoral, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- López, T. y Martínez, A. (1995). *El Mundo mágico del vidrio*, Mexico, D. F., Fondo de Cultura Económica.
- Macarrón Miguel, A. M. (2002 1995). *Historia de la conservación y la restauración desde la antigüedad hasta el siglo XX* (Segunda edición ed.). Madrid: Tecnos.
- Matteini, M. y Moles, A. (2001). *Ciencia y restauración*, Nerea.
- Muñoz Viñas, S. (2003). *Teoría Contemporánea de la Restauración*, Madrid, Síntesis.
- Newton, R. y Davison, S. (1989). *Conservation fo glass*, London, Buttterworth-Heinemann.
- Nimmo, B. A. y Prescott, A. G. (1969). "Moldeo, vaciado y galvanoplastia", *La conservación de los bbienes culturales*, Tournai, UNESCO, pp. 103-116, 1979
- Ortiz Palomar, E. y Paz Peralta, J. (1999). "Propuesta para la conservación y exposición de vidrio arqueológico. Proyecto experimental promovido desde el museo de Zaragoza". en J. Fernández Navarro y P. Pastor Rey Viñas (Ed.), *Jornadas Nacionales sobre Restauración y Conservación de Vidrios*, La Granja de San Ildefonso, Fundación Centro Nacional del Vidrio, pp. 177-190.
- Pardo Juez, A. (1991). *Técnicas de replicado para piezas paleontológicas*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza.
- Pedeli, C. y Pulga, S. (2002). *Pratiche conservative sullo scavo archeologico, principi e metodi*, Firenze, Allínsegna del giglio s.a.s.
- Plenderleith, H. (1967). *La conservación de antigüedades y obras de arte*, (A. Díaz Martos, Trad.), Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología, MEC. Dirección General de Bellas Artes.
- Price, S. (Ed.). (1984). *Conservation on Archaeological Excavations*, Roma, ICCROM.
- San Andrés Moya, M. y de la Viña Ferrer, S. (2004). *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*, Madrid, Síntesis.
- Vaillant Callol, M., Doménech Carbó, M. T. y Valentín Rodrigo, N. (2003). *Una mirada hacia la conservación preventiva del patrimonio cultural*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.

