

Trabajo Final de Máster

ESTUDIO DE *FILMS* ADHESIVOS APLICADOS
EN TRATAMIENTOS DE IMPREGNACIÓN DEL
SOPORTE TEXTIL, COMO ALTERNATIVA AL
EMPLEO DE MATERIALES CONSOLIDANTES
EN FASE LÍQUIDA

ESTEFANÍA MORENO PORCAL

Tutora: Susana Martín Rey

Universidad Politécnica de Valencia, Curso 2012-2013



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Trabajo Final de Máster

ESTUDIO DE *FILMS* ADHESIVOS APLICADOS EN TRATAMIENTOS DE IMPREGNACIÓN DEL SOPORTE TEXTIL, COMO ALTERNATIVA AL EMPLEO DE MATERIALES CONSOLIDANTES EN FASE LÍQUIDA

AUTOR: ESTEFANÍA MORENO PORCAL

Tutora: Susana Martín Rey

Universidad Politécnica de Valencia, Curso 2012-2013





RESUMEN

La impregnación, fue uno de los primeros tratamientos empleados como protección del soporte textil frente al ataque de la humedad y, como consolidación del soporte y de los estratos pictóricos de pinturas sobre tela. Con el paso del tiempo, se pudo comprobar como la penetración de diferentes materiales adhesivos directamente sobre el reverso de los lienzos generaba otro tipo de deterioros al conjunto de la obra como deformaciones, manchas en el estrato pictórico y ataque biológico, entre otros.

Las causas principales fueron los materiales adhesivos empleados y la metodología de aplicación, siendo muy complicado tener un control del grado de penetración del material adhesivo.

Partiendo de este problema, y teniendo en cuenta que los criterios de intervención tienden a ir enfocados a realizar tratamientos más respetuosos hacia la obra, este estudio ha perseguido la búsqueda de una alternativa menos intervencionista y más respetuosa al tratamiento de impregnación por el reverso de soporte textil.

Para ello, se ha planteado una nueva metodología de aplicación de los materiales consolidantes mediante el empleo de *films* adhesivos, que han sido estudiados y analizados en profundidad con el fin de conocer sus propiedades mecánicas a corto y a largo plazo, para valorar posteriormente, los resultados obtenidos.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	11
II.	OBJETIVOS	13
III.	METODOLOGÍA	15
IV.	APROXIMACIÓN HISTÓRICA AL TRATAMIENTO DE IMPREGNACIÓN	17
	4.1 ¿Qué es una impregnación?	19
	4.1.1 Tratamientos de consolidación de soporte textil a lo largo de la historia.	22
	4.2 La práctica de impregnación por el reverso.	25
	4.2.1 Origen del tratamiento.	25
	4.3 Materiales empleados y sus efectos en el lienzo.	29
	4.3.1 Adhesivos de tipo natural utilizados entre los siglos XVI-XIX.	29
	4.3.2 Adhesivos de tipo sintético utilizados desde el siglo XIX hasta la actualidad.	33
	4.4 ¿Impregnar o reentelar una obra?	37
V.	DESARROLLO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	39
	5.1 Estudio y caracterización de los materiales testados	41
	5.1.1 Adhesivos de base solvente: Acetato de Polivinilo K40® (PVA K40), Beva 371® y Plexisol P550®.	43
	5.1.2 Adhesivo de base acuosa: Acetato de Polivinilo (PVA) Hewit® M218.	48
	5.1.3 Tejido: Lino 100% natural.	49
	5.2 Fase I de muestreo: Elaboración de <i>films</i> adhesivos y estudio de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas.	50
	5.2.1 Pruebas previas.	50
	5.2.2 Preparación de muestras y metodología de ensayo.	52
	5.2.3 Medición de pH.	55
	5.2.4 Ensayo de dureza.	59
	5.2.5 Ensayo de cohesión o “shear”.	65
	5.3 Fase II de estudio: Remuestro y realización de ensayos de tracción.	73
	5.3.1 Preparación de muestras y metodología de ensayo.	73
	5.3.2 Ensayo de tracción.	79
VI.	CONCLUSIONES	87
VII.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA	91
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	93
IX.	AGRADECIMIENTOS	101



I. INTRODUCCIÓN

A partir del siglo XVI, la tela obtuvo su reconocimiento como soporte independiente.¹ Fue utilizada de forma más habitual por los artistas debido a dos razones principales: mejora de la técnica y por causas económicas, ya que la tela tenía un coste inferior a otros materiales.² Si bien, este cambio de material como soporte pictórico, además de beneficios, trajo consigo algunos problemas de conservación, tal y como se verá a continuación.

La fibra textil, con el paso del tiempo y su envejecimiento natural, va sufriendo una serie de deterioros, como oxidación o pérdida de la flexibilidad. Esto supone un debilitamiento generalizado del tejido que afecta no sólo al soporte, sino al resto de los estratos pictóricos que conforman la obra, provocando descohesión pictórica e incluso pérdida de material. La causa principal es la degradación de la celulosa y el carácter higroscópico del material, al entrar en contacto con el oxígeno, la luz, el calor y sobre todo, la humedad.³ El tejido va absorbiendo y cediendo agua del ambiente que le rodea de forma que va generándose un estrés propio en la tela. A consecuencia de ello, ésta va perdiendo sus propiedades iniciales y su función de soporte de los estratos pictóricos. Además, si a esto se le añade el ataque biológico, la degradación es más drástica.⁴

Los artistas⁵ de esta época, tras conocer los efectos de la humedad en el tejido, buscaron medios para proteger el reverso de las obras ante las condiciones termohigrométricas. Así, a raíz de este objetivo nació uno de los primeros métodos de protección-consolidación general del soporte textil: **la impregnación**. Este tratamiento consiste en la penetración de materiales de diferente naturaleza con cierto poder adhesivo y cohesivo por el reverso del lienzo, pero con el tiempo fue sustituido por la técnica del reentelado.

¹ Hasta ese momento el soporte por excelencia era la madera. CALVO, A. (2002): *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*, p.89.

² MARTÍN, S. (2005): *Introducción a la conservación y restauración de pinturas: pintura sobre lienzo*, p.41.

³ FINCH, K. y PUTNAM, G. (1985): *The care & preservation of textiles*, pp.14-15.

⁴ CANEVA, G.; NUGARI, M.P. y SALVADORI, O. (1994): *La biología en la restauración*, p.108.

⁵ Antiguamente eran los propios artistas los que realizaban las "restauraciones" de las obras aplicando sus conocimientos sobre pintura y materiales pictóricos. La figura de restaurador, sobre todo en España, aparecerá más adelante consolidándose a principios del siglo XVIII. RUIZ DE LACANAL, M^a.D. (1999): *El conservador-restaurador de bienes culturales: Historia de la profesión*, p.55.



II. OBJETIVOS

Actualmente, el tratamiento de impregnación se sigue realizando pero de forma más controlada y específicamente, sólo en aquellas obras donde el soporte requiere de una consolidación sin necesidad del aporte de un nuevo tejido. Pero uno de los inconvenientes que posee es una impregnación excesiva de las fibras textiles y por tanto una reversibilidad nula.

Con el paso de los años, se ha podido demostrar como la metodología de aplicación de un adhesivo en tratamientos de consolidación de soporte textil, puede suponer en gran medida el fracaso o el éxito del tratamiento.

Partiendo de este problema, el trabajo realizado ha consistido en la búsqueda de un método alternativo al tratamiento de impregnación, proponiendo una nueva forma de aplicación mediante el diseño, elaboración y aplicación de adhesivos tipo *film* por el reverso del lienzo.

Para poder elaborar esta fase experimental es de gran importancia conocer el contexto histórico en el que se ha ido desarrollando esta práctica y conocer las ventajas e inconvenientes de los materiales empleados a lo largo de la historia. Por ello, la primera parte de este estudio se ha centrado en valorar estos aspectos para poder tener una base teórica de la cual partir en esta fase.

Y la última parte de este trabajo ha consistido en el diseño de una nueva metodología de aplicación mediante la elaboración de *films* adhesivos con la finalidad de controlar la penetración del material, pero con las mismas exigencias en cuanto a resultados adhesivos. Para valorar los resultados obtenidos, se han realizado una serie de ensayos químicos, físicos y mecánicos para conocer las propiedades de los materiales empleados y valorar así el grado de adhesión logrado y la resistencia aportada al lienzo, tanto a corto como a largo plazo.

Este trabajo ha perseguido en todo momento como objetivo principal, aportar alternativas al tratamiento de impregnación empleado en la actualidad por los restauradores, con la finalidad de buscar una metodología más reversible y respetuosa con la obra y el medio ambiente. De igual forma, se ha perseguido valorar la resistencia físico-mecánica de los materiales adhesivos y el grado de adhesión logrado.

Para ello, se han tenido en cuenta una serie de objetivos específicos, tal y como se indica a continuación:

- Valorar y estudiar la práctica de impregnación sobre soporte textil como método de consolidación de tipo general y búsqueda de alternativas más respetuosas con la obra desde el punto de vista de mínima intervención.
- Realizar una revisión bibliográfica de los diferentes tratamientos de consolidación del soporte textil desde el inicio de la práctica hasta la actualidad, identificando la metodología y los materiales utilizados.
- Definir los principales requisitos que debe tener un buen adhesivo en un proceso de consolidación de fibra textil.
- Estudiar y analizar las propiedades físico-mecánicas de los distintos sistemas adhesivos, analizando valores de dureza y cohesión interna.
- Observar y examinar los resultados obtenidos y las propiedades analizadas en los métodos científicos de análisis, valorando el nivel de resistencia de los materiales seleccionados, y finalmente el éxito de la unión adhesiva.

III. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo dicho estudio, en primer lugar, ha sido necesaria la realización de una búsqueda bibliográfica (a través de diferentes fuentes de información primarias y secundarias) sobre la práctica de consolidación de tipo general de soporte textil. Específicamente centrado en el tratamiento de impregnación por el reverso para conocer con detalle la metodología realizada a lo largo de la historia y su evolución tanto en la práctica como en los materiales empleados.

Para ello, ha sido de gran ayuda la aportación de datos técnicos, artísticos como históricos de diferentes manuales de restauración. Del mismo modo, ha sido de interés la consulta de estudios e investigaciones de tipo científico, realizados a nivel nacional e internacional por las distintas escuelas de restauración, talleres e instituciones. Para poder obtener dicha información se ha partido de la base de datos y catálogo de bibliotecas nacionales e internacionales.

Finalmente, por lo que se refiere a la parte práctica, se ha llevado a cabo una metodología experimental mediante la elaboración de *films* adhesivos y probetas siguiendo la normativa de calidad vigente. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de las propiedades químicas, mecánicas y adhesivas de los materiales seleccionados mediante diferentes ensayos de tipo científicos (pH, dureza, cohesión o *shear* y tracción) donde se valoró la flexibilidad, cohesión y la resistencia de los diferentes materiales empleados para poder determinar el grado de adhesión logrado.

Esta fase experimental se ha realizado con equipos de testado pertenecientes al Instituto de Restauración de Patrimonio (IRP) de la Universidad Politécnica de Valencia (Taller de Conservación y Restauración de Pintura de Caballete).



IV. APROXIMACIÓN HISTÓRICA AL TRATAMIENTO DE IMPREGNACIÓN

4.1 ¿QUÉ ES UNA IMPREGNACIÓN?

La impregnación (Fig.1), es un tratamiento cuyo origen se conoce a partir del siglo XVII. Consiste en la aplicación de una mezcla adhesiva en el reverso de la pintura y directamente sobre la tela, con el fin de impregnar el soporte textil en toda su superficie.⁶ Los materiales han ido variando a lo largo de la historia, desde sustancias oleosas hasta sustancias de origen sintético, al igual que la metodología de aplicación. Ésta ha ido evolucionando progresivamente, empleando adhesivos en fase líquida aplicados a brocha, o mediante pulverización entre otros.⁷

El objetivo principal del tratamiento es la consolidación de las fibras textiles y los estratos pictóricos, aunque también se ha realizado con otras finalidades como la impermeabilización, protección/estabilización del soporte y recuperación de la flexibilidad perdida.



Fig. 1: Detalle de una impregnación por el reverso de un lienzo con presencia de un parche no académico.

Knut Nicolaus, en *Manual de Restauración de Cuadros*, explica el proceso de impregnación como un tratamiento de protección directa del reverso mediante el cual se estabiliza el soporte, lo protege de la humedad (aislamiento) y constituye una capa protectora para evitar la penetración del adhesivo de reentelado y estabilizar la capa pictórica (consolidación).⁸

Una de las primeras referencias escritas sobre este tratamiento fue la realizada por Theodore Turquet de Mayerne⁹ en su tratado *Pictoria, sculptoria, tinctoria et quae subalternarium artium* (1620). En dicho tratado, De Mayerne recomendaba esta práctica como solución a diversas problemáticas, como la descohesión de la película pictórica o para evitar la pudrición de la tela al entrar en contacto directo con la humedad del muro. Los materiales también variaban dependiendo del tipo de problemática al cual se enfrentaba.

A continuación se muestra los diferentes objetivos que presenta el citado tratamiento:

Protección e impermeabilización del soporte textil.

Uno de los objetivos principales de una impregnación era crear una protección directa de la obra contra la humedad del ambiente, y específicamente del muro. La humedad era un problema importante para la conservación de las pinturas y lo sigue siendo en la actualidad debido a los graves efectos que genera.¹⁰ Por ello, se creía que la aplicación de una capa de adhesivo directamente sobre el tejido, permitía que éste quedara aislado y protegido frente a las variaciones de humedad del ambiente.

Además, posteriormente con la introducción de la técnica del reentelado, se pensaba que esta impermeabilización previa evitaría la penetración del adhesivo y facilitaría la reversibilidad del tratamiento.

⁶ Puede existir un desfase entre las dos caras del cuadro ya que la obra está desprotegida por el reverso. Por este motivo se pensó en la posibilidad de protegerlo con una capa aislante que lo hiciese comportarse de manera análoga al anverso. Este aspecto también ocurría con las tablas, las cuales se ha demostrado que aquellas que eran bifaces, presentaban un mejor estado de conservación.

⁷ TOMÁS, A.; CASTELL, M. y FUSTER, L. (2006): "Revisión de los sistemas de consolidación de pinturas sobre lienzo mediante la impregnación del soporte textil.", pp. 1407-1413.

⁸ NICOLAUS, K. (1988): *Manual de Restauración de Cuadros*, p 114.

⁹ Médico ginebrino, conocido como Ms Sloane y cuyo manuscrito original se encuentra actualmente en el British Museum de Londres. El tratado está escrito entre 1620 y 1646.

¹⁰ SANCHEZ, A. (2012): *Restauración de obras de arte. Pintura de caballete*, p.126.



A principios de siglo XVII, se empleaban tablas de madera como método de protección (Fig. 2) con la finalidad de crear una barrera climática ventilada. A parte de la humedad, protegía de la temperatura y los efectos mecánicos y vibración. Pero con el tiempo, generaba condensaciones de humedad y ataque biológico como presencia de moho e insectos xilófagos.¹¹

Fig. 2: Protección del reverso de un lienzo mediante tablas de madera.

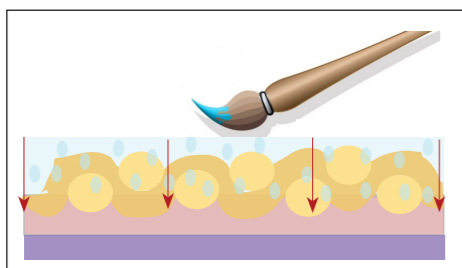


A partir de finales del siglo XIX y principios del XX, se realizaron otros tratamientos de protección del tejido con otros materiales. Por ejemplo, era común la impermeabilización del soporte con láminas metálicas y sintéticas o la aplicación de cartones, tableros contrachapados (Fig. 3), tableros de fibras aglomeradas y planchas de poliuretano.¹²

Fig. 3: Protección del reverso de un lienzo mediante una lámina de madera contrachapada.

Recuperación de la flexibilidad y elasticidad.

Otro de los problemas que requería solución era la degradación de la celulosa del tejido. Ésta sufre un proceso de oxidación al entrar en contacto con el oxígeno del aire provocando la pérdida de elasticidad del lienzo y volviéndose un tejido totalmente quebradizo y friable. Además, el carácter higroscópico del material, la absorción de energía de las radiaciones ultravioletas y el ataque de ácidos que se encuentran en la atmósfera hacen que el deterioro de la fibra textil se acentúe aún más.¹³



Por ello, una de las soluciones que se planteaba era la impregnación de las fibras textiles con sustancias adhesivas de origen natural, que facilitarían la recuperación de las características iniciales de elasticidad y flexibilidad. (Fig. 4)

Fig. 4: Consolidación fibra textil

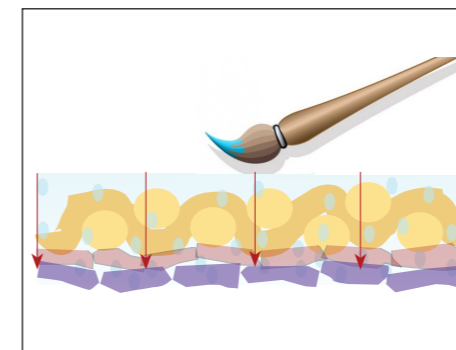
¹¹ NICOLAUS, K. (1988): Op. cit. p. 113.

¹² Actualmente hay varios sistemas alternativos para proteger el reverso como la aplicación de paneles de protección (de madera o de poliestireno expandido recubierto por ambos lados de cartón).

¹³ La impregnación con resinas generan nuevos puntos de contacto entre las fibras rotas. BERGER, G. y ZELIGER, H. (1973): "Effects of Consolidation Measures on Fibrous Materials", pp.43-65.

Acción consolidante.

En muchas ocasiones, el tratamiento de impregnación no solo tenía la finalidad de consolidar el soporte textil, sino que también era necesario realizarlo con el fin de consolidar el estrato pictórico. La pintura, debido a los continuos movimientos del soporte y de las propias tensiones de los materiales que la conforman, hace que tanto la película pictórica como la preparación puedan sufrir descohesión y pérdida de adhesión al soporte original.



La impregnación era un tratamiento que solucionaba este problema. Se aplicaba un material de forma homogénea por el reverso mediante brocha. Para ello era muy importante que el consolidante penetrara por capilaridad, atravesando las fibras textiles hasta introducirse en los estratos pictóricos (Fig. 5). En estos casos, era importante la penetración del adhesivo (de baja viscosidad) para conseguir mayor cohesión y adhesión de los diferentes estratos.¹⁴

Fig. 5: Consolidación estrato pictórico

Es importante remarcar que la consolidación de los estratos pictóricos a través del reverso aún se ejecuta en la actualidad cuando no se puede realizar por el anverso debido a las características técnicas de la obra o a su estado de conservación.

"Reavivamiento" de la pintura.

Como ya exponía De Mayerne, el tratamiento de impregnación también nació con la finalidad de recuperar o "reavivar" los colores de la pintura. Consistía en la impregnación de una sustancia por el reverso del cuadro, la cual aumentaba el índice de refracción de la capa pictórica. Esto provocaba saturación, modificando el cromatismo inicial.¹⁵

Secco-Suardo, en su tratado *L'arte del restauro* explicaba también este método con el fin de que los colores brillaran y para ello las telas de los cuadros se embebían de colas, aceites, resinas y el conocido *Beverone*.¹⁶

Durante el siglo XVII y la primera mitad del siglo XVIII, gracias al avance de la ciencia e investigación, aparecen nuevas soluciones ante los problemas estructurales de pinturas sobre lienzo. Partiendo del tratamiento de impregnación, nacen otras prácticas como *marouflage*, las transposiciones y los reentelados.

Los primeros materiales empleados para impregnar los lienzos fueron engrudos, barnices, aceites y mezclas de cera-resina. Con el paso del tiempo, se demostró que no eran los más adecuados debido a las consecuencias que causaban en las obras a medio y largo plazo. Entre otros efectos, aceleraban los procesos de oxidación y proporcionaban una rigidez al soporte que interfería en la estabilidad de los estratos superiores. Esto llevó a los restauradores a sustituir este tipo de materiales sin poder evitar seguir empleando este tratamiento.

¹⁴ DE MAYERNE, T.; FAIDUTTI, M. y VERSINI, C. (1977): *Le Manuscrit de Turquet de Mayerne. Pictoria. Sculptoria and Quae Subalternarum Artium.*(1620), p. 142.

¹⁵ TOMÁS, A.; CASTELL, M.; FUSTER, L (2006): Op. cit. p.1406.

¹⁶ Es una mezcla a base de sustancias oleosas. Más información en la pág. 27. PIVA, G. (1988): *L'arte del restauro. Il restauro dei dipinti. Nel sistema antico e moderno*, p. 113.

El objetivo principal que persiguen los procesos de impregnación por el reverso en la actualidad sigue siendo la consolidación de los estratos pictóricos y del soporte textil degradado, para así lograr su estabilización y refuerzo estructural. Aunque a pesar de ello, aún siguen habiendo problemas por resolver en esta técnica, como es el caso de una impregnación excesiva del lienzo.

4.1.1 Tratamientos de consolidación de soporte textil a lo largo de la historia

Una de las primeras operaciones que aparecen en el siglo XVIII es conocida como *marouflage*. Es una técnica que aparece en Francia y consiste en adherir la tela degradada a un soporte rígido a fin de dotar de estabilidad a la obra.¹⁷

Los soportes empleados en su origen eran de tipo leñoso, tablas de madera y sus variantes; y ya en el S.XX se introducirían soportes inertes como aerolam® de fibra de vidrio o aluminio o policarbonato celular, entre otros.¹⁸

Los adhesivos que se empleaban eran cola de glutina, colas blancas de madera e incluso colas de pasta o "gachas". Actualmente también se emplean adhesivos de tipo sintético.

Marouflage es un término francés derivado del verbo "maroufler" (encolar). Sin embargo, esta palabra ha tenido varios significados a lo largo de la historia.¹⁹ Con el tiempo se consideró un tratamiento negativo debido a los problemas que generaba, de ahí, que se volviera a adherir materiales semejantes como tela sobre tela, o papel sobre cartón.²⁰

Paralelamente a la técnica del *marouflage*, se realiza la práctica de la transposición,²¹ la gran innovación técnica de la época. Esta práctica tuvo tanta aceptación por la sociedad que la calidad y la valía de un restaurador dependía del número de transposiciones que realizaba. Esto supuso un problema ya que en muchas ocasiones no era necesario para la obra.

La transposición era una técnica muy polémica que consistía en el rebaje del soporte original (madera o tela) hasta llegar a la imprimación y capa pictórica. Posteriormente, se trasladaba a un soporte nuevo y para ello, era importante la protección de la pintura con papel o un tejido fino (Fig. 6). A continuación, se desprendía el soporte original de la imprimación hilo a hilo (en el caso de pintura sobre tela) con agua caliente y/o con ácidos. En algunos casos no solo se retiraba el tejido original, sino también la imprimación.²²

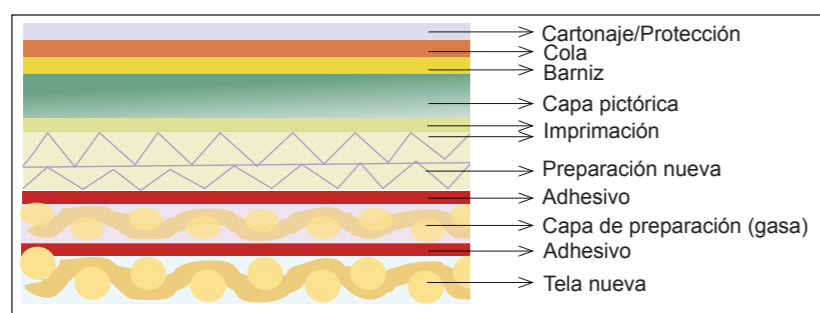


Fig. 6: Croquis estratigráfico de una transposición.

¹⁷ NICOLAUS, K. (1988): Op. cit. p.131

¹⁸ La selección de estos materiales es sobre todo a sus buenas propiedades, como su ligereza.

¹⁹ NICOLAUS, K. (1988): Op. cit. pp. 131-132.

²⁰ VILLARQUIDE, A. (2005): *La pintura sobre tela II: Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*, p. 329.

²¹ MACARRÓN, A. (1995): *Historia de la conservación y la restauración: desde la antigüedad hasta el siglo XX*, pp 112-114.

²² NICOLAUS, K. (1988): Op. cit. p. 134

Se practicó en Italia y Francia, pero es en Francia donde se constituye como una práctica corriente, atribuyéndose su descubrimiento a un renombrado restaurador francés, Robert Picault.²³ Entre otras, hizo las transposiciones de varias obras de Rafael, como *La Caridad de Andrea del Sarto*²⁴, *Santa Margarita*, *San Juan Bautista* y *San Miguel*.

Los métodos utilizados por Picault no siempre fueron los más idóneos, de ahí que con el tiempo, sus intervenciones no fueran tan buenas y necesitaran otra intervención para poder salvar la obra. Tuvo grandes competidores en esta práctica, como Hacquin (padre) y la viuda de Godefroid.²⁵

La transposición es un tratamiento que supone siempre muchos riesgos para la obra generando una gran estrés a todos los sustratos y llegando incluso a provocar pérdida de material original. En esta época, los partidarios del uso de la cera como consolidación, proponen la sustitución de dicha práctica mediante una impregnación de este material por el reverso.²⁶

Aunque muchos investigadores consideran que la práctica de la transposición era antecedente al reentelado²⁷, no es del todo cierto. El documento más antiguo que se conoce de la técnica de forración data de 1660 (Amberes) en una factura de *Lamorlet*²⁸. Fue en Italia y Francia donde empieza a realizarse con mayor asiduidad.

Esta práctica consistía en adherir un tejido (en ocasiones pueden ser varios) al soporte textil original, cuando éste ya no cumplía su función (Fig. 7 y 8). Se aplicaba un adhesivo natural y se realizaba una protección (cartonaje) a base de papel encolado, llamado *plastrom*; el secado se hacía bajo presión, hasta que el adhesivo secaba.²⁹

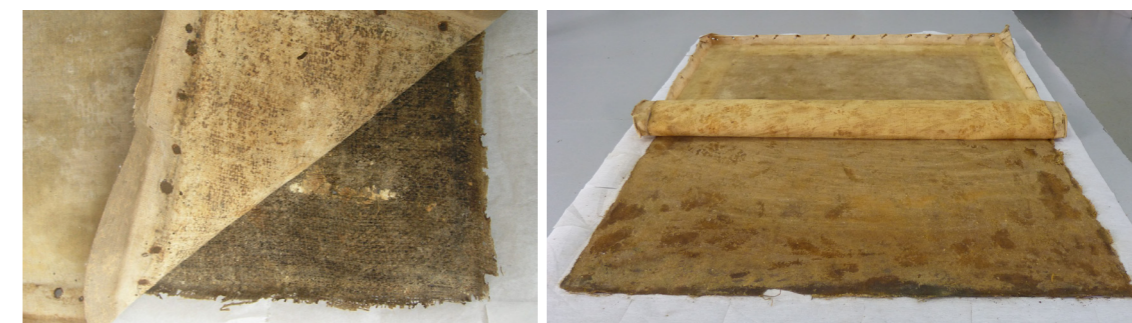


Fig. 7 y 8: Procesos de eliminación de un reentelado, donde se puede apreciar la superposición de un tejido sobre el original.

²³ Realmente no fue Picault el inventor de esta técnica. El procedimiento fue importado a Francia (1730-40). Fue en Italia durante el S.XVIII, donde se menciona las primeras prácticas de transposición realizada en Nápoles, por Alejandro Majillo entre otros. MARTÍNEZ, M.J. (2000): *Historia y teoría de la conservación y restauración artística*, p.148.

²⁴ La primera transposición realizada en Louvre (1750). Más información: EMILE-MALE, G (2008): *Pour une histoire de la restauration des peintures en France*, pp 231-247.

²⁵ CHEVALIER, A; VOLLE, N. (2006): "From the 20th. to the 21th. Century: fundamental evolutions in canvases treatment", pp. 41-51.

²⁶ EMILE-MALE, G. (1981): *Restauration des peintures de Chevalet*, p. 369

²⁷ También conocido como entelado, forración, laminados, etc. El entelado se empleaba haciendo referencia a tratamientos en los que se adhería una tela sobre el reverso, mientras que el reentelado hacía mención a la superposición de otro tejido tratándose de una "duplicación" (doublage). VILLARQUIDE, A (2005): Op. cit. p.197.

²⁸ El entelado no llegó a convertirse en una práctica habitual, por lo que no tuvo un uso extendido hasta comprobar los deterioros provocados en las obras por el método de la transposición. Es a partir de entonces cuando se desarrolla y difunde. MARIJNISSEN, R.H. (1967): *Degradation, Conservation et Restauration de L'Oeuvre D'art*, p. 33.

²⁹ MACARRÓN, A. (1995): Op. cit. p 111.

Había varios métodos, dependiendo de los materiales utilizados y también de la zona geográfica del taller de restauración. Por ejemplo, el procedimiento italiano utilizaba un método en frío, con una pasta más espesa, mientras que el sistema antiguo español aplicaba la pasta en caliente.³⁰

Este procedimiento fue tan frecuente que incluso había profesionales “reenteladores” como fue el caso de Hopman (Ámsterdam) y Morill (Leedham) en el siglo XVIII³¹ y en España, Juan García de Miranda, restaurador de la Corte en el siglo XVIII o también su sucesor, Andrés De Calleja.³²

Más adelante, a partir de los siglos XIX-XX aparecieron variantes como la introducción de una capa intermedia entre el tejido de refuerzo y el tejido original (método *sándwich*) o el entelado flotante, donde la tela de refuerzo actúa de apoyo sin estar adherida al original.

Actualmente, el tratamiento de reentelado se sigue empleando, aunque gracias al avance de la técnica y de los materiales se intenta buscar un criterio menos intervencionista.

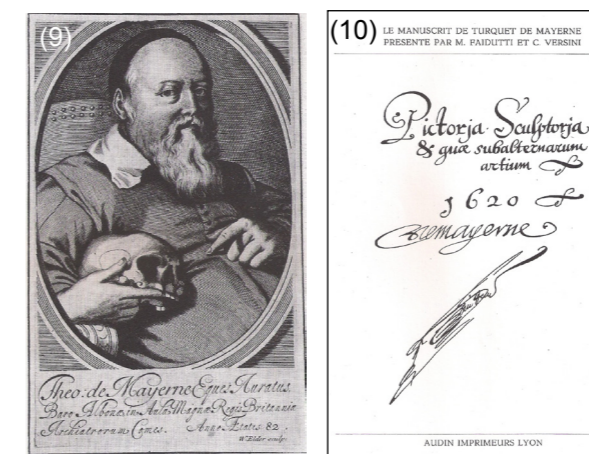
Otro aspecto que cabe destacar es la importancia, dentro de esta época, de las informaciones aportadas de tipo técnico por los diferentes talleres, ya que a pesar del secretismo que existía dentro del “oficio”, hicieron posible conocer algunos aspectos de las diferentes prácticas realizadas en aquella época. Pero sin duda, han sido los estudios científicos, los que han permitido conocer de primera mano los materiales empleados por los restauradores.

Todos estos tratamientos se pueden considerar muy drásticos y suponen ciertos riesgos para la obra debido al estrés general que la someten. Se crean una serie de tensiones, sobre todo si no se realiza el tratamiento de forma adecuada, que pueden llegar a causar la ruptura y el agrietamiento de la pintura, e incluso la deformación del conjunto provocando pérdida de valores estéticos e históricos. Por ello es importante valorar qué problema tiene la obra para seleccionar el tratamiento y materiales más adecuados para su futura conservación.

4.2 LA PRÁCTICA DE IMPREGNACIÓN POR EL REVERSO

4.2.1 Origen del tratamiento

Como ya se ha comentado previamente, uno de los primeros tratadistas en referenciar este tipo de práctica fue Theodore Turquet de Mayerne (Fig.9). En su tratado (Fig.10) explica de forma detallada el tratamiento de impregnación como método de protección-consolidación de la fibra textil y del estrato pictórico, aunque lo citaba por primera vez con la finalidad de reavivar los colores de la pintura. Se conoce esta práctica desde la primera mitad del siglo XVII, pero no será a partir de las últimas décadas de este siglo y principios del XVIII cuando empezará a realizarse, sobre todo en Europa, como tratamiento de soporte textil.³³



Los materiales empleados y las recetas variarán dependiendo del taller y la zona geográfica, aunque dentro de los diferentes materiales que se pueden encontrar, destacan la presencia de colas animales, aceites, barnices y ceras-resinas, entre otras variantes.

Fig. 9: Retrato de Theodore Turquet de Mayerne. Grabado realizado por W. Elder.

Fig. 10: Tratado de De Mayerne.

Uno de los primeros procedimientos que explicaba De Mayerne para consolidar los estratos pictóricos y la fibra textil consistía en la aplicación de varias capas de cola de pescado (en caliente) a diferentes proporciones sobre el reverso del cuadro. Se dejaba secar boca abajo y posteriormente, con la finalidad de saturar los colores, se le aplicaba una capa de barniz a la pintura por el anverso.³⁴

*Si los cuadros son viejos y están llenos de polvo, (...) con miga de pan bien seca se les quita la suciedad lo mejor que se pueda, sin llevarse nada, luego se les pone un borde con un bramante (...) y por la parte de atrás, con una brocha gruesa pero blanda y flexible, se les pasará cola de pescado muy líquida, pero medianamente fuerte de manera que la humedad pase a su través, por medio de la cual los colores (a los que el tiempo puede haber debilitado la cola) se adherirán de nuevo a ella y a la tela y se realzarán en cierto modo. Dejad secar esta capa sobre la que pondrás una segunda de la misma cola de pescado, pero bastante más fuerte y más consumida que la primera, la cual estando seca, teniendo una brocha ancha, larga y blanda y la mencionada cola líquida, pero bastante fuerte y que sea bien clara y bien blanca, y pasadla hábilmente sobre el color, sin volver más veces, y extendedla sobre todo el cuadro...*³⁵

³³ MARTÍN, S (2006): *Investigación en el campo de las técnicas de reentelado conducente a la obtención de forraciones transparentes en pintura sobre lienzo: historia, materiales y métodos*, p. 73.

³⁴ *Ibidem*, p. 74.

³⁵ Traducción extraída de: VILLARQUIDE, A (2005): *Op. cit.* p.505.

El texto original se encuentra en: DE MAYERNE, T; FAIDUTTI, M y VERSINI, C (1977): *Op.cit.* pp. 142-143

Artifice pour ranimer tableaux a destrempe, et les render equivalents a ceux qui sont a huyle. T. de Mayerne Inventor, 1632

“Si les tableaux sont vieux et pleins de opusiere, (...) avec de la mie de pain bien rassie les descraiser le Vieux que faire se pourra, sans rien emporte, après, seront ourlés avec une fisselle (...) et par le derrière avec une grosse bôrrese (molle pourtant et ployable) sera passée de la colle de poisson fort liquide, néanmoins mediocremente forte, de sorte que l’humidité passe tout à travers, par le moyen de laquelle les coleurs (dont le temps peut avoir énérvé la colle) s’attacheront de nouveau avec et la toile, se rehausseront en quelque façon. Laissés seicher ceste couche, sur laquelle en mettrés une seconde de la merme colle de poisson mais bien plus forte, et plus consumée que la première, laquelle estante seiche ayez une brosse large, longue, et douce, et et de ladite colle liquide, mais assés forte qui soit bien claire et bien blanche, laquelle en passant habilement sur la colear sans y retourner à plusieurs fois, vous couche-rés successivement sur tout vostre tableau.”

³⁰ Los materiales empleados era sobre todo engrudos a base de colas animales y harinas. SEDANO, P. (2001): “Desde los materiales tradicionales a los nuevos materiales y métodos aplicados en la conservación de obras de arte.”, p. 579.

³¹ MARIJNISSEN, R.H. (1967): *Op. cit.* p. 41.

³² RUIZ DE LACANAL, M^a.D. (1999): *Op. cit.* p. 94.

Posteriormente, a la cola se le irán añadiendo otra serie de aditivos como pigmentos³⁶ (con un peso molecular superior) con el fin de mejorar las propiedades de la mezcla (Fig. 11).



Para extender el material sobre el reverso era común el uso de espátula o cuchillo, aunque también se aplicaba a brocha.³⁷

Hay varios ejemplos de pinturas sobre lienzo que han sido tratados previamente con una impregnación de cola. Este es el caso de un autorretrato de Francisco de Goya ubicado en el Museo provincial de Bellas Artes en Zaragoza.³⁸ Otro ejemplo se puede encontrar en el Museo de Santa Cruz (Toledo), en una obra realizada por El Greco, *Sto. Domingo de Guzmán*. El lienzo había sido impregnado con cola, pero con el tiempo ha presentado problemas de deformación y pérdida de elasticidad.³⁹

Fig. 11: Detalle de una impregnación con engrudo.

Otra opción que planteaba De Mayerne en su tratado era la introducción de harina de trigo o almidón a la cola de pescado como consolidación, y posteriormente, la aplicación de varias capas de aceite de linaza como impermeabilización y protección frente a la humedad del muro:

Para hacer muy duradero el cuadro, sobre el reverso bien encolado, incluso con una tercera capa si hace falta, haced una cola compuesta de cola de pescado medianamente líquida y sin embargo bastante fuerte, y de flor de harina de trigo o de almidón, poned la mezcla siguiente. Moled tierra de sombra y aceite de linaza, en una consistencia tan líquida como el aceite, después haced hervir la mezcla al fuego lento, removiendo siempre, hasta una consistencia de jarabe y utilizadlo con un pincel. Seca pronto e impide que la tela, aunque estuviera puesta contra un muro húmedo, se pudra.⁴⁰

Pero no solo aconsejaba la aplicación de aceites con el fin de impermeabilizar el reverso, sino también como mecanismo para la consolidación. En su tratado tiene numerosas citas, recetas y tratamientos dependiendo del tipo de daño que pueda existir.

³⁶ DE MAYERNE, T; FAIDUTTI, M y VERSINI, C. (1977): Op. cit. p 37.

³⁷ Íbidem, p. 136.

³⁸ Tenía una impregnación con cola que generaba mucha rigidez. A.A.V.V. (1989): *Catálogo de obras restauradas 1982-1986*, p.58.

³⁹ Se realizó una limpieza mecánica y se consolidó con colletta italiana en la mesa caliente. Íbidem, p. 24.

⁴⁰ Traducción extraída de : VILLARQUIDE, A (2005): Op. cit. 311

El texto original se encuentra en: DE MAYERNE, T; FAIDUTTI, M y VERSINI, C (1977): Op. cit. p 143.

"Pour rendre le tableau très durable, sur le revers bien collé, voire avec une troisième couche si besoin est, faites une colle composée de colle de poisson médiocrement liquide, toutesfois assés forte et de Fleury de farine de froment ou d'amidon mettés la mixtion suivante. Broyés de la terre d'ombre ou de l'huile de lin, en consistence presque aussi liquide que l'huile, puis faites bouillir ceste mixtion à lent feu remuant toujours jusques à consistente de syrop, et vous en servés avec la brosse. Cela se seiche incontinent et empesche que la toile mise mesmement contre une muraille humide ne se pourrisse."

Uno de los restauradores que también realizaba esta práctica de forma más usual era Johann Gottfried Riedel (1690-1755) en sus trabajos realizados en Viena a partir de 1739. Tanto él como su hijo, Johann Anton Riedel⁴¹, realizaban impregnaciones a base de aceite en el reverso de los cuadros. En cambio, De Burtin desaprobó esta práctica categóricamente, ya que conocía los riesgos de este material.⁴²

En esta ocasión también se han encontrado varias impregnaciones a base de aceite en obras del pintor barroco Francisco Rizi, *La imposición de la casulla a San Ildelfonso* y *El premio Lácteo a San Bernardo*. Éstas, son grisallas al temple y están ubicadas en la Iglesia conventual de las Benedictinas de San Plácido. (Madrid).⁴³

Más adelante, a finales del S.XVII y principios del XVIII, a las mezclas de engrudo se les iría añadiendo otros materiales con función desinfectante, como zumo de ajos, o con función plastificante, melaza. Y a mitad del siglo XVIII se introduciría espíritu de ajos y hiel de animal, mientras que al aceite se le añadiría diferentes tierras y pigmentos.⁴⁴

A partir del siglo XVIII, en los talleres europeos se empezó a utilizar otro tipo de mezcla oleosa, conocida como *Beverone*, que tenía la misma finalidad de protección y consolidación del reverso. Consistía en la aplicación de sustancias oleosas que pertenecían de grasas animales y aceites secantes⁴⁵; a los cuales posteriormente irían añadiendo aditivos, en algunas ocasiones para evitar el agrietamiento. Algunos de estos aditivos son vinagre, pigmentos, miel, azúcar e incluso en ocasiones huevo.

El término *Beverone* proviene etimológicamente del latín vulgar, *biberativum* y fue empleada por los italianos a partir del término francés *bevrage*. Fue empleado en Italia a finales de 1700 con la finalidad de "reavivar" el color. De Mayerne no fue el único en escribir sobre este tipo de intervenciones sino que también existe la descrita por D'Arclais De Montany en su tratado de 1765 y Bonanini en su *Trattamento sulle vernici ed altre materie utili*.

En él describe los materiales necesarios para realizar una impregnación y De Montany especifica el proceso de elaboración, donde primero se fundirá la grasa en un recipiente, se añadirá aceite de nueces, posteriormente cerusa molida y finalmente la tierra amarilla.⁴⁶

Secco-Suardo también explicaba este tratamiento en su tratado e incluso aconsejaba la aplicación de *colletta* (sin aceite) como impregnación, aunque especificaba que para cuadros al óleo se podría añadir al aceite ámbar diluido con esencia de trementina.⁴⁷

⁴¹ Fue pintor en Viena y pintor de la corte del príncipe Federico Augusto II de Polonia. A partir de 1730 trabajó como restaurador en Böhmen y en 1742 fue nombrado inspector en la Royal Picture Gallery.

⁴² MARIJNISSEN, R.H. (1967): Op. cit. p 39.

⁴³ A.A.V.V. (1989): Op. cit, pp. 44-45.

⁴⁴ Juan García de Miranda en las colecciones reales del Alcázar y de Aranjuez, ponía la tela boca abajo, la pintura sobre la mesa, y limpiaba con piedra pómez. El adhesivo era harina, cola y miel. MACARRÓN, A. (1995): Op. cit. p. 112

⁴⁵ El restaurador siempre empleaba materiales adhesivos que cohesionara todos los estratos de la obra, siendo muy común el empleo de aceite de nueces cocido como vehículo penetrante.

⁴⁶ TOMÁS, A; CASTELL, M. y FUSTER, L. (2006): Op. cit. p. 1407.

⁴⁷ VILLARQUIDE, A. (2005): Op. cit. p. 507.

Con el tiempo, sobre todo en Inglaterra, se empezó a introducir otros materiales como cera mezclada con resinas naturales (Fig. 12).

Este tipo de impregnaciones se pueden encontrar en obras realizadas en 1780 por el pintor americano, Charles Wilson Peale (1741-1827) ya que era partidario de esta técnica como consolidación y protección de sus obras.⁴⁸ Durante los siglos XVII y XVIII fueron comunes las impregnaciones a base de aceite con ceras mezclada con resina de colofonia⁴⁹ o dammar.⁵⁰



Fig. 12: Impregnación a base de cera-resina.

Junto a las impregnaciones de cola animal, aceites y cera-resina, se emplearon otro tipo de materiales como caseinato cálcico o goma-laca. En este último caso, se han encontrado recetas donde se realizaba una impregnación de goma-laca y sobre esta varias capas de aceite con diversos pigmentos. También se puede encontrar hojas de papel de estaño con goma laca sobre capas de cera, lo cual se pudo demostrar que generaba condensación de humedad.⁵¹



Fig. 13: Impregnación con presencia de blanco de plomo.

Otro de tipo de impregnación no tan usual, fue la realizada por Joubert de L'Hiberderie (1779) que consistía en un método de regeneración: recomendaba el lavado de vino tinto en caliente y una vez seco, impregnar por el reverso de la tela una mezcla tibia de aceite de nuez y trementina.⁵²

Como curiosidad, también se ha podido observar la realización de una impregnación como protección tras realizar un reentelado. Este ejemplo se puede ver en una Escena pastoril de Mateo Orozco, un óleo sobre lienzo de mediados del siglo XVIII ubicado en el Museo de Bellas Artes de Valencia. El soporte era de lino y sobre un reentelado a la gacha, se le aplicó una capa imprimación almagra a modo de protección, ya no sólo del tejido original, sino del tejido de refuerzo.⁵³

⁴⁸ MUSEUM INTERNATIONAL (1960): "The care of paintings: the fabric paint supports", p.143.

⁴⁹ EMILE-MÁLE, G. (1981): Op.cit. p. 33

⁵⁰ MARIJNISSEN, R.H. (1967): Op. cit. p. 332.

⁵¹ VILLARQUIDE, A. (2005): Op cit., p.525

⁵² MARIJNISSEN, R.H. (1967): Op. cit. p 70.

⁵³ A.A.V.V (2007): *Obras restauradas, 2005-2006*, pp. 161-162.

4.3 MATERIALES EMPLEADOS Y SUS EFECTOS EN EL LIENZO

Toda la información que se posee en la actualidad, sobre todo en lo que se refiere a materiales y tratamientos realizados a partir del siglo XVI, ha sido gracias a la ayuda de los numerosos tratadistas, que en su día se encargaban de recopilar toda la información con todo tipo de detalles. En el S. XV, Cenninno Cennini y su tratado *Il libro dell'Arte* ayudará a conocer cómo se preparaban estos materiales, aunque no aplicados a tratamientos de consolidación de tejidos, ya que en esta época aún era muy común el uso de la tabla como soporte de obras pictóricas.

Por otro lado, en la actualidad, recopilar información de materiales y metodología ha sido más fácil y accesible gracias a los métodos científicos de análisis, mediante ensayos que dejan al descubierto los materiales y la técnica de restauración empleados por los restauradores a lo largo de la historia. También las numerosas publicaciones, congresos y jornadas de carácter científico-divulgativo se puede conocer qué materiales y qué tratamientos se están llevando a cabo actualmente.

4.3.1 Adhesivos de tipo natural utilizados entre los siglos XVI y XIX

En este periodo se utilizaban aquellos materiales que eran más accesibles en ese momento, como las sustancias naturales. Las mezclas consistían sobre todo en adhesivos⁵⁴ básicos a los cuales se iban añadiendo aditivos (miel, harina, azúcar...) con la finalidad de mejorar sus propiedades.

Los efectos a largo plazo de estas impregnaciones no fueron del todo deseados. A pesar de ello, y aunque en la mayoría de los casos han sido reemplazados por polímeros sintéticos, las resinas naturales siguen utilizándose en la actualidad para otro tipo de tratamientos.

Colas animales y la *colleta* italiana

Las colas animales⁵⁵ se empleaban ya desde antes del S. XVI, pero con fines artísticos. Será más adelante cuando se empiece a utilizar para impregnaciones en el reverso del lienzo.

Dentro de este grupo nos podemos encontrar las colas de pescado, como la de esturión⁵⁶, (Fig. 14) adhesivo empleado sobre todo en Norte y centro Europa (Unión Soviética y Alemania) desde el siglo XVIII. Es una cola de muy buena calidad a la que en ocasiones se le añadía miel y agua. Últimamente se puede encontrar en el mercado lista para su uso en frío.



Fig. 14: Cola de esturión.

⁵⁴ En la práctica de la restauración es común el empleo de adhesivos con fines consolidantes y al contrario, consolidantes como adhesivos. O por ejemplo, utilizar un barniz como fijativo. MATTEINI, M; MOLES, A. (2001): *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico*, p.197.

⁵⁵ También se pueden encontrar tratamientos de consolidación de tejidos realizados con pasta de almidón o cola de arroz, sobre todo en países como Japón.

⁵⁶ Se ha empleado este adhesivo consolidando el estrato pictórico mediante impregnación por anverso como por reverso y también en pinturas sobre tabla. PETUKHOVA, T y BONADIES, S. (1993): "Sturgeon blue for painting consolidation in russia", pp. 23-31.

En el caso de la cola de conejo, (Fig. 15) ésta se obtiene de los restos de animales (piel, huesos y tejido muscular) y era muy común su empleo en el área mediterránea como Italia y España.



Fig. 15: Cola de conejo en pastilla.

A partir de 1670, en Italia, se introducirán nuevos elementos a la cola como melaza de caña, vinagre, hiel, etc. y a esta mezcla se conocerá como *colletta* italiana. Estos aditivos mejorarán las propiedades de la cola animal, funcionando como elastificante, tensoactivo y biocida.

Otras recetas incluyen la adición de alumbre, alcohol o trementina de Venecia para conseguir flexibilidad y humectación.

En general, la temperatura de fusión de las colas suele ser baja, con un máximo de 30° C. Sus inconvenientes son su higroscopicidad, posible crecimiento de microorganismos, sensibilidad a la humedad y riesgo de refracción.⁵⁷

En el caso de impregnaciones realizadas con cola animal, los efectos generados fueron rigidez y posterior deformación del lienzo, debido a los continuos movimientos de contracción y dilatación de la tela, provocando arrugas y pliegues (Fig. 16). Y, a consecuencia de ello, la descohesión de los diferentes estratos, aparición de craqueladuras e incluso hasta pérdida de material pictórico.⁵⁸

Además, junto a la condensación de humedad en el reverso de los lienzos, favorecía la aparición de agentes biológicos (microorganismos y bacterias) que se alimentaban del propio material afectando no sólo al tratamiento, sino también a todos los estratos que conforman la obra.

Colas de caseína o caseinato cálcico.

La cola de caseína es un derivado de la leche: queso fresco, leche, requesón, caseína... Es insoluble en agua aunque puede disolverse mediante la adición de álcalis, como amonio o potasio. Puede aplicarse en frío⁵⁹ y tras su secado, crea una sustancia más resistente al agua. Se puede mejorar la impermeabilidad de la mezcla añadiendo formalina o alumbre.⁶⁰

Se ha considerado uno de los adhesivos más fuertes, sobre todo si se mezclaba con cal, formando caseinato cálcico.⁶¹ Este fue uno de los motivos por el cual ya no se utiliza en tratamientos de consolidación de soporte textil, debido a la irreversibilidad de los materiales que la conforman y su adhesividad tan fuerte que generaba rigidez y friabilidad en los estratos.

⁵⁷ GÓMEZ, M.L (2008): La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte, p 388

⁵⁸ TOMÁS, A; CASTELL, M; FUSTER, L (2006) Op. cit. p 1409-1410.

⁵⁹ La aplicación en frío de la cola de caseína fue uno de los motivos por el cual se empleara con mayor frecuencia que las colas animales, ya que éstas requerían de cierta temperatura para mantener un estado líquido y poder emplearlas como adhesivo. MAYER, R. (1993): Materiales y técnica del arte, p.452.

⁶⁰ Las fórmulas de adhesivos en las que intervengan endurecedores tienen que estar muy cuidadosamente equilibradas para que no se produzcan cambios en las propiedades coloidales. Ibidem, p 358

⁶¹ HUERTAS, M (2010): Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas: Volumen I. Soporte, Materiales y útiles empleados en pintura de caballete, p 192-193

Engrudos, cola di pasta, gacha.

Los primeros engrudos⁶² estaban compuestos por la unión de harinas, colas, miel y aceite, aunque se pueden encontrar diferentes recetas dependiendo del taller y de la zona geográfica a la que perteneciera. Al igual que los aditivos y los desinfectantes, iban variando con el paso del tiempo tras observar los efectos que provocaban. Por ejemplo, se pueden encontrar los primeros desinfectantes como hiel de buey, zumo de ajos y orín, mientras que posteriormente (S.XX) se emplearía fenol, en forma de sales metálicas.⁶³

Se empleaban diferentes tipos de harina: lino, trigo, centeno.⁶⁴ El trigo proporcionaba adhesividad, el centeno era espesante y la semilla de lino aportaba elasticidad. Para evitar generar demasiada rigidez a la mezcla, se debía emplear colas o *colletas* suaves. Como humectante se podía emplear hiel de buey, mientras que la trementina de Venecia actuaba como plastificante.⁶⁵

Con el paso del tiempo se intentó mejorar las propiedades de la mezcla ya que su carácter higroscópico y su sensibilidad a la humedad, junto con un pH ácido, generaba encogimiento de la tela original y aparición de ataque biológico. Del mismo modo, se demostró que perdía sus propiedades adhesivas volviéndose frágil y rígida.⁶⁶

Aceites y soluciones oleosas

Fue muy común la impregnación a base de aceite cocido (de linaza sobre todo) por el reverso del lienzo con la finalidad de protegerlo de la humedad. Más adelante se le añadirían grasas animales y otros aditivos, mezcla conocida como *Beverone*.⁶⁷

En el caso de impregnaciones realizados con estos materiales, en un principio los resultados eran positivos pero con el tiempo polimerizaban, se volvían insolubles e irreversibles tornándose rígidos. Además, debido a una excesiva impregnación, la pintura sufría oscurecimiento.⁶⁸

Mezclas De cera-resina (Método Holandés)

Esta mezcla se podía encontrar en aquellas obras que no podían admitir humedad y donde el engrudo no era apropiado por su carácter higroscópico. Se utilizó de forma sistemática en el siglo XIX en países de clima más frío que en área Mediterránea como Holanda, Bélgica e Inglaterra.

Compuestas principalmente por ceras (de abejas, japonesa, carnauba...) que funcionan como adhesivo, a las cuales se añadía un porcentaje de resinas naturales como la colofonia, dammar, etc.⁶⁹ Para conseguir aumentar la adhesión y la cohesión se añadían plastificantes como elemí o trementina de Venecia.

⁶² La terminología varía según la zona, podemos encontrar referencias a engrudos o engrudados, cola de pasta o cola di pasta, gacha, pasta de almidón con cola, etc.

⁶³ MARTIN, S (2006) Op. cit. p.125.

⁶⁴ En el manual Los materiales de pintura y su empleo en el arte de Max Doerner. 1982 se puede encontrar el proceso de realización de un engrudo a base de harina de centeno: "...se amasa en frío con la menor cantidad posible de agua. A continuación se añade con agitación un poco de agua hirviendo y se bate la masa fuertemente hasta que resulta completamente uniforme. Debe estar exenta de grumos. Se deja hervir lentamente hasta que se tome aspecto vidrioso y mientras se enfría, se añade con agitación aprox. una quinta parte de trementina de Venecia. El engrudo no debe desprender agua sobre papel secante; cuanto menos agua contenga, tanto menos se contraerá. Igualmente se puede utilizar engrudo de almidón." DOERNER, M (1982): Los materiales de pintura y su empleo en el arte, p 368.

⁶⁵ VILLARQUIDE, A (2005) Op. cit. p. 224

⁶⁶ Actualmente, se siguen empleando este tipo de mezclas compuestas únicamente por almidón y cola animal, aplicadas en frío, pero sólo para el tratamiento de reentelado realizados en climas secos. GOMEZ, M.L (2008) Op. cit. p. 386.

⁶⁷ Para más información, véase p. 27

⁶⁸ STANFORTH, S. y BOMFORD, D. (1985): "Lining and colour change: further results", pp 65-69

⁶⁹ VILLARQUIDE, A (2005): Op. cit. p. 234

La ventaja principal que mostraba esta mezcla adhesiva con su empleo, era su resistencia al crecimiento de microorganismos y su insensibilidad a la presencia de humedad. Mientras que los inconvenientes son la necesidad de altas temperaturas para fundir la cera (60°C), oscurecimiento irreversible del estrato pictórico, acidez e incompatibilidad con otros materiales, como por ejemplo los de carácter acuoso, entre otros.⁷⁰



Tras observar los efectos provocados, el uso de impregnación como tratamiento de consolidación y protección fue disminuyendo poco a poco,⁷¹ realizándose de forma esporádica. Posteriormente, se sustituyó por la técnica del reentelado, aunque es importante tener en cuenta que la realización de esta práctica suponía también una consolidación mediante impregnación por la penetración de un adhesivo en una superficie porosa, que en muchas ocasiones no se controlaba de forma adecuada. (Fig. 16 y 17)

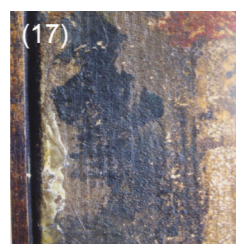


Fig. 16: Imagen del reverso de un lienzo tras la eliminación de un reentelado realizado con cera.

Fig. 17: Detalle del anverso donde se aprecia como el material adhesivo a penetrado y atravesado los diferentes estratos.

Durante el siglo XVIII, aumentó el número de reentelados siendo necesaria la eliminación previa de las impregnaciones realizadas con anterioridad (Fig. 18,10 y 20). Este proceso fue de gran complejidad ya que la extracción del material adhesivo suponía daños graves a la obra. En la mayoría de los casos se eliminaban de forma mecánica con espátulas, cepillos y con la ayuda de agua tibia. Por su parte, para eliminar sustancias cerosas y resinosas se empleaba en lugar de agua, una mezcla de esencia de trementina y alcohol y en ocasiones se añadía arena de grano fino o sulfuro de carbono.⁷²



Fig. 18: Detalle tejido.

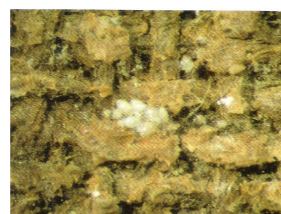


Fig. 19: Restos de cera



Fig. 20: Eliminación cera del reverso.

Vicente Poleró y Toledo, en su *Tratado Arte de la restauración* ya comentaba la dificultad que suponía la limpieza de aquellos tratamientos realizados con pigmentos molidos con aceite.⁷³

⁷⁰ GOMEZ, M.L (2008): Op. cit. pp. 385-386.

⁷¹ Como ejemplo de ello, Max Doerner detallaba los efectos del aceite y la cera como materiales de impregnación: *La destrucción de las pinturas, así como el enturbiamiento de los barnices, ocurre muy a menudo a través del reverso del cuadro (por ejemplo, por la humedad de las paredes). La aplicación al reverso de aceites grasos o mezclas de aceites grasos con cera; no es en modo alguno adecuado; el lienzo pardea, se vuelve duro y quebradizo y toma un aspecto como de chamuscado.* DOERNER, M (1982): Op. cit. p. 387.

⁷² Secco-Suardo recomendaba diferentes recetas para eliminar impregnaciones a base de materiales naturales e incluso para la eliminación de costras generadas en el anverso. Para más información: PIVA, G (1988): Op. cit. pp. 171-174.

⁷³ POLERO, V. (1853): *Arte de la restauración: observaciones relativas a la restauración de cuadros*, pp 29-30.

Debido a estos problemas, los restauradores decidieron buscar nuevas metodologías y materiales alternativos en procesos de consolidación por impregnación.

4.3.2 Adhesivos de tipo sintético utilizados desde el siglo XIX hasta la actualidad

Actualmente, el tratamiento de impregnación se sigue realizando como alternativa al reentelado (en aquellas obras que así lo requieran) y los materiales que se emplean son de carácter sintético. A diferencia de cómo se había planteado este tratamiento anteriormente, en la actualidad el objetivo principal es la consolidación de las fibras textiles y de los estratos pictóricos, dejando atrás el uso de este tratamiento como protección⁷⁴ o para "reavivar" los colores de la pintura.

A partir del siglo XIX y gracias a la Revolución Industrial, que permitió un gran desarrollo en materiales sintéticos, se pudo evolucionar dentro del campo de la restauración. Se empezó a introducir sustancias orgánicas de tipo sintético, de las cuales, muchas no pertenecían al ámbito de la restauración, pero resultaron ser muy útiles. Esto es debido en gran parte por la diversidad de polímeros disponibles, el carácter versátil que poseen y la variedad en sus propiedades.⁷⁵

En el caso de los adhesivos naturales, se ha podido observar los efectos que producen con el paso del tiempo, mientras que con los adhesivos sintéticos, ha sido más complicado comprobarlo por su falta de historicidad.



Fig. 21: Imagen mesa caliente.

El empleo de estas nuevas sustancias, sobre todo de tipo termoplástico, hizo que se desarrollaran nuevas formas de aplicación evitando el uso de calor y presión de forma excesiva. Un ejemplo de esto último es la creación de la mesa caliente (*Hot-table*)⁷⁶ (Fig. 21) o la mesa de succión (*Vacuum-table*).⁷⁷

En este periodo (S.XX) también empiezan a realizarse los primeros ensayos y testado de materiales para conocer su comportamiento al envejecimiento, tanto natural como artificial.⁷⁸

Resinas vinílicas y acrílicas

Las resinas vinílicas se han venido empleando de forma más profusa a partir de los años 50, prácticamente al mismo tiempo que las acrílicas. Posteriormente, se pudo comprobar que los buenos resultados que ofrecían en un primer momento no eran del todo seguros ya que se volvían más irreversibles y amarilleaban.⁷⁹

⁷⁴ En la primera mitad del siglo XX, cuando ya se conocía que la humedad suponía un problema para las obras y las impregnaciones con sustancias adhesivas no solucionaban el problema se empezó a experimentar con la interposición de tela no adheridas como protección del reverso. Hay dos tipos: el entelado en seco no adhesivo (*loose lining* o *dry backing*) y el entelado sobre el bastidor (*stretcher lining*). RIGHI, L (2006): *Conservar el arte contemporáneo: traducción de Ariadna Viñas*, pp. 62-63.

⁷⁵ PERIS, J. (2008): *Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos*, p 62.

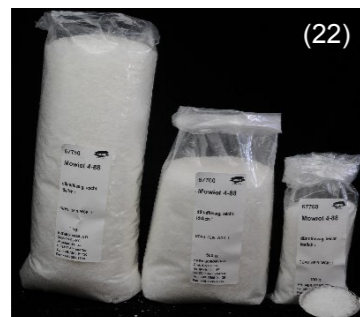
⁷⁶ Presentada en el Congreso ICOM de Madrid, (1930)

⁷⁷ Presentada en el Congreso de Greenwich en 1974 y en el del ICOM de Venecia en 1975.

⁷⁸ Como ejemplo de ello, en 1983, el Canadian Conservation Institute, realizó un proyecto donde se analizó el comportamiento físico y químico de un total de 52 adhesivos de tipo acrílico y vinílico. También en los Preprints del Congreso de la CCI de París sobre Adhesivos y Consolidantes (1984) se hizo hincapié en este tipo de estudios para conocer mejor el comportamiento futuro tanto de los adhesivos sintéticos como naturales.

⁷⁹ Los vinílicos amarillean dos veces más que los acrílicos, aunque los homopolímeros de PVAc presentan blanqueo frente al envejecimiento con luz. VERDU, J; BELLENGUE, V; KLEITZI, M.O (1984): "Adhésifs pour la consolidation des textiles" pp. 63-68.

Estas resinas están formadas por la polimerización de compuestos de tipo vinilo formando productos de tipo termoplástico, variando la viscosidad entre un compuesto u otro.⁸⁰ De ahí que se puedan encontrar emulsiones acuosas, soluciones en disolventes orgánicos y adhesivos termoplásticos de bajo punto de fusión.



Partiendo de un monómero se pueden obtener los ya conocidos acetato de polivinilo (PVA) como Mowilith®, Rodhopas®, etc.; y alcohol polivinílico (PVAL) como Mowiol® (Fig. 22), Gelvatol® entre otros.

Fig. 22: Mowiol.

Fig. 23: Plextol B500

Los polímeros acrílicos son un conjunto de resinas sintéticas compuestas por homopolímeros y copolímeros de ésteres de ácidos acrílico y metacrílico, principalmente metil, etil y butil derivados.⁸¹ Las más empleadas actualmente en tratamientos de consolidación y refuerzo del soporte son: Plexisol P 550®, Plextol B 500®... (Fig. 23)

Casi todas estas resinas se caracterizan por ser incoloras y transparentes, presentan poca tendencia al amarilleo y resultan muy estables. Se pueden encontrar en emulsión acuosa, como soluciones en disolvente orgánico y como sólido soluble en disolvente. Presentan una viscosidad baja y polimerizan con facilidad, lo que facilita su empleo como consolidante en impregnaciones sobre materiales porosos.⁸²

Dependiendo del material, la aplicación de calor puede ser nula o mínima. Estos aspectos fueron de gran importancia a partir de los años 70, cuando numerosos investigadores estudiaron la forma de conseguir tratamientos menos intervencionistas para consolidar el soporte textil. Uno de ellos fue Vishwa Ray Mehra, un investigador que a finales de los años 70 se centró en el estudio de este tipo de resinas con la finalidad de evitar el aporte de calor y facilitar la reversibilidad del tratamiento. Estudió el método de regeneración del adhesivo y creó un nuevo sistema de aplicación de material en frío, mediante pantallas perforadas (*nap bond system*) aunque con el paso del tiempo no resultó ser satisfactorio.

A mediados del siglo XX se empezaron a utilizar para tratamientos de impregnación de las fibras textiles los primeros acetatos de polivinilo (PVA) pero tuvieron problemas de reversibilidad. En el norte de Europa, por ejemplo, se impregnaba la fibra textil con PVA en tolueno tras la aplicación de cola de esturión al 2-5% como refuerzo textil. Mientras que en la zona de Italia es muy común en tratamientos de impregnar el reverso el uso de Plexisol P550® disuelto en hidrocarburos mediante pulverización y en concentraciones no muy altas, del 8-15%.

Ceras sintéticas y Beva 371®

Uno de los primeros materiales de tipo sintético en introducirse en tratamientos de soporte textil fue el cambio de cera de abejas y resinas naturales por la cera sintética hacia 1950.⁸³ Estas ceras, a diferencia de las naturales, requerían una temperatura inferior y disminuían el oscurecimiento de la película pictórica tras su impregnación. Además, se les podía añadir para aumentar la viscosidad de la mezcla un porcentaje de copolímeros EVA (etil vinil acetato) y EBA (etileno butil acrilato).⁸⁴

En el caso de las ceras microcristalinas y las parafinas, éstas son más adhesivas que las ceras naturales y por ello el aumento de peso es menor al requerirse menor cantidad de producto.⁸⁵



Dentro de este grupo se han incluido los productos de Gustav Berger, Beva 371®, (Fig. 24) un material de sellado térmico específicamente creado para consolidación de soporte textil. Está constituido fundamentalmente por una mezcla de policiclohexanonas, poliacetato de vinilo, parafinas y polietilenos.

Ha sido muy estudiado y hasta el momento ha presentado buenas propiedades adhesivas, aunque no es del agrado de todos los restauradores, seguramente por el desconocimiento de todos los elementos que conforman la mezcla. Poco a poco fueron apareciendo otras soluciones como respuesta a problemas de excesiva impregnación o aplicación de calor⁸⁶ como Beva gel® en frío, "Beva nieve®", etc.

Fig. 24: Imagen del reverso de un lienzo que ha sido impregnado con Beva 371.

En algunos países de la franja del Norte de Europa siguen empleando mezclas de cera-resina natural, mientras que en otros, como Dinamarca, han sustituido este material por la gelatina, cola de esturión y la resina acrílica Plexisol P550® para tratamientos de consolidación del tejido.⁸⁷

Éteres de celulosa

Materiales empleados para consolidación de tejidos friables y quebradizos, donde la aplicación del material varía desde impregnaciones, aplicación manual a brocha, gota a gota hasta en ciertos casos mediante la reactivación del adhesivo con acetona *free-films*.⁸⁸

Muestran propiedades satisfactorias de solubilidad, viscosidad alta, pH estable, resistencia al ataque biológico y no son tóxicos. Ejemplos: Tylose®, Klucel G® (Fig. 35)...

⁸⁰ SCICOLONE, G (2002): Op. cit. p. 211.

⁸¹ PERIS, J (2010): Op. cit. p. 67.

⁸² MATTEINI, M; MOLES, A. (2001): Op. cit. pp. 220-221.

⁸³ BRIA JR., C (1986): "The history of the use of synthetic consolidants and lining adhesives", pp. 7-11.

⁸⁴ SCICOLONE, G. (2002): Op. cit. , pp 85-90.

⁸⁵ GÓMEZ, M.L (2008): Op cit. p. 389.

⁸⁶ Para evitar la introducción de humedad y calor, y con ello una excesiva impregnación de las fibras textiles, se empieza a estudiar otro tipo de materiales como las colas autoadhesivas o de componente silicónico (Fabri-Sil). ROCHE, A (1996): "Colas auto-adhesivas para pegar lienzos de forración", pp. 22-27; FIEUX, R (1984): "Polymères de silicone dans le reintonlage des peintures", pp. 44-46.

⁸⁷ RIGHI, L (2006): Op. cit. p. 147.

⁸⁸ AA.VV (2008): "Aproximación al estudio de adhesivos para la consolidación y refuerzo de tejidos históricos: materiales y métodos", pp. 143-146.

Resinas de poliuretano

Las resinas de poliuretano empezaron a emplearse para consolidación de soporte textil y los resultados que están ofreciendo son positivos, aunque hay que seguir estudiándolos para conocer mejor su comportamiento.⁸⁹ El producto comercial empleado es Purbinder PA 711 y P531 (conocido como Akeogard AT 35/40®), en dispersión acuosa de poliuretano.

Con el paso del tiempo, todos estos materiales han sido estudiados, testados y analizados por numerosos investigadores en laboratorio pero a pesar de ello, no se conoce con exactitud los efectos que pueden generar a largo plazo. Por ello es importante tener precaución a la hora de emplearlos en obra real, y tener en cuenta no solo su comportamiento en laboratorio, donde las condiciones ambientales están controladas, sino también en la ubicación final de la obra, ya que el comportamiento del consolidante puede variar.⁹⁰

Dentro de la gran diversidad de materiales que existen en el mercado, los más empleados en tratamientos de impregnación son las emulsiones acrílicas y los derivados de PVA, aunque los derivados de poliuretano, como Purbinder y los polímeros EVA, como Beva 371®, (Fig.22) durante finales del XX y principios del XXI tuvieron muy buenos resultados en este tipo de práctica.

Otro tratamiento que se ha estudiado para evitar la degradación ácida de tejidos nuevos y está en fase de experimentación es la impregnación con un tampón alcalino, como por ejemplo el *pHizz* (carbonato de metilmagnesio en un disolvente de clorofluorocarburo que, al secarse, forma carbonato de magnesio). El problema que presenta es la excesiva penetración del producto.⁹¹

Actualmente, se está empezado a desarrollar Química Verde, que tiene el objetivo principal de evitar el uso de sustancias tóxicas en tratamientos de restauración.⁹² Al igual que cada vez se intenta buscar un criterio de mínima intervención, donde ésta sea la más respetuosa hacia la obra, evitando en el caso de consolidación de soporte textil por impregnación, el uso excesivo de calor y presión. Al mismo tiempo que, buscar una metodología donde el tratamiento sea lo más reversible posible.

⁸⁹ *Ibidem*, p. 218

⁹⁰ Cualquier material, ya sea natural o sintético, puede emplearse de forma equívoca y generar daños a la obra. Es importante conocer los materiales que empleamos y su metodología de aplicación. FUSTER, L y MECKLENBURG, M (2006): "Failure Mechanisms in canvas supported paintings: approaches for developing consolidation protocols", pp 49-58.

⁹¹ RIGHI, L (2006): Op. cit. p 64

⁹² MARTIN, S; ROBLES, C.; MARTIN J.M. (2010) "Adhesivos exentos de disolventes como alternativa a las formulaciones actuales: "green- adhesives" aplicados a tratamientos estructurales del soporte textil.", p. 96-102.

4.4 ¿IMPREGNAR O REENTELAR UNA OBRA?

Durante el siglo XVIII la práctica del reentelado fue muy común como tratamiento de consolidación, y en muchas ocasiones se realizó de forma indiscriminada, ya que no siempre era necesaria la adhesión de otro tejido para consolidar una pintura. También se ha podido estudiar cómo se realizaba una impregnación previamente a aplicar la tela de refuerzo⁹³. Esta impregnación suele realizarse con materiales a baja proporción y el objetivo de ello es facilitar la reversibilidad posterior de la tela de refuerzo⁹⁴, y evitar que el adhesivo empleado para el reentelado impregne de forma excesiva la tela original.

Es cierto que ambos tratamientos tienen la misma finalidad, la consolidación estructural del tejido y en ocasiones del estrato pictórico, pero tienen objetivos específicos muy diferentes, de ahí la importancia de diferenciar cuando es conveniente realizar uno u otro.

Por un lado, el reentelado pretende facilitar un apoyo para un soporte degradado de forma irreversible (debido a la despolimerización de la celulosa) y por tanto, ya no cumple su función de papel sustentante de los materiales pictóricos. En cambio, la impregnación tiene la finalidad de consolidar el propio tejido internamente devolviendo sus propiedades y la cohesión y adhesión del color.

Ya en el siglo XX, los restauradores se dieron cuenta de esta situación, de ahí que en el Congreso de *Greenwich* (1974) y en el de *Ottawa* (1976) se establecieran unas pautas diferenciando y separando ambos tratamientos.

Es importante realizar un estudio pormenorizado del estado de conservación de la obra y seleccionar aquel método que realmente cumpla sus necesidades, al mismo tiempo que seleccionar aquellos materiales más adecuados respetando en todo momento la obra pictórica.

Como ejemplo de ello, se encuentra esta pintura (Fig. 24), la cual se encontraba en muy mal estado de conservación (Fig. 25). Presentaba una antigua intervención de soporte (reentelado) (Fig. 27) derivando la causa principal de algunos deterioros que sufría la pintura a nivel estructural. Tras su estudio, se pudo comprobar como no era necesario el aporte de ese tejido (Fig. 28), sino que con una impregnación por el reverso era suficiente para su estabilización y consolidación tanto del soporte textil como del estrato pictórico (Fig. 29).

⁹³ STANIFORTH, S; BOMFORD, D (1985): Op. cit. pp. 65-69.

⁹⁴ BOISSONNAS, P; PERCIVAL-PRESCOTT, W: (1984): "Some alternatives to lining", pp 35-37; MEHRA, W.R. (1984): "Cold lining and its scope: some case histories", pp 31-34; KATZ, B. (1985): "The quantitative testing and comparisons of peel and lap/shear for Lascaux 360 h.v. and Beva 371", pp. 60-68.

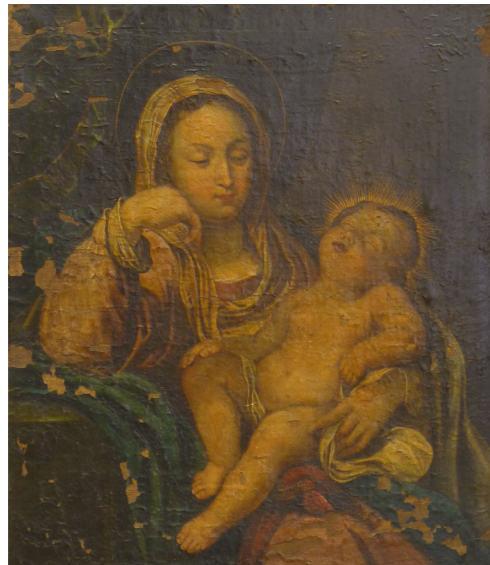


Fig. 25: Estado inicial de la obra pictórica.



Fig. 26: Imagen con luz rasante del anverso donde se puede apreciar su mal estado de conservación.



Fig. 27: Vista reentelado desde el reverso.



Fig. 28: Eliminación de reentelado



Fig. 29: Proceso de impregnación.



V. DESARROLLO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

5.1 ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Como ya se ha explicado, el tratamiento de impregnación sobre soporte textil se realiza actualmente con dos fines: consolidación del soporte o consolidación del estrato pictórico. En este último caso, la penetración del adhesivo hasta la preparación o a veces la película pictórica es esencial, ya que de ello dependerá una buena consolidación del color. Pero en el caso de la consolidación de las fibras textiles, el tratamiento es más complejo debido a la dificultad que se supone controlar el grado de penetración del adhesivo al aplicarse de forma líquida mediante pincel, brocha, rodillo o *spray*.

En este caso, la aplicación del adhesivo en estado líquido puede suponer una serie de problemas como por ejemplo, la imposibilidad de eliminar posteriormente el exceso adhesivo del tejido (Fig.30), la posibilidad de dañar el estrato pictórico debido a una impregnación excesiva del material adhesivo y en algunos casos, dependiendo de la resina seleccionada y disolvente, la toxicidad del tratamiento.



Fig. 30: Impregnación fibra textil.

Además, muchos disolventes pueden causar hinchazón del polímero de la celulosa del soporte o incluso en casos más extremos, puede llegar a disolverlo, dependiendo de la cantidad de disolvente presente en la mezcla adhesiva y las condiciones del tejido.⁹⁵

Innovación aportada en este estudio

Ante esta problemática, surgió la idea de buscar un método alternativo al tratamiento de impregnación con el objetivo principal de buscar una metodología de aplicación diferente como solución al exceso de impregnación y facilitara con ello la reversibilidad del tratamiento. Teniendo en cuenta siempre que la fibra textil es un material poroso y como tal, no se podrá extraer al 100% el residuo restante del material de impregnación.

La idea inicial fue conseguir el refuerzo del soporte textil mediante la aplicación de un *film* adhesivo en fase sólido, buscando diferentes niveles de penetración y por tanto, distintos grados de consolidación (Fig. 31). De forma que este *film* suponga un refuerzo estructural y consolidante, sin necesidad de realizar un reentelado y a su vez respetando criterios de mínima intervención.⁹⁶ Asimismo, sería una metodología más respetuosa para la obra y menos tóxica para el restaurador y el medio ambiente, ya que una de las ventajas que poseería sería la ausencia de elementos volátiles tóxicos durante su aplicación.

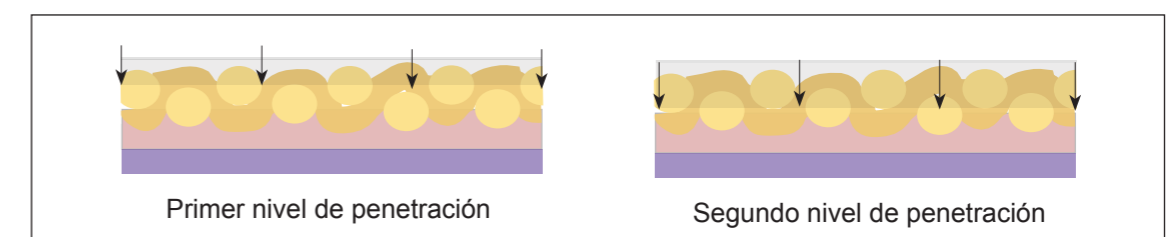


Fig. 31: Croquis explicativo de los diferentes grados de consolidación.

⁹⁵ TIMAR-BALAZSY, A y EASTOP, D (1998): *Chemical Principles of Textile Conservation*, p.28.

⁹⁶ Entendiendo en este caso el principio de mínima intervención como la finalidad de evitar una penetración excesiva del material no original sobre el soporte textil original.

Propiedades de un buen adhesivo

En un proceso de adhesión y/o consolidación de soporte textil, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es saber qué propiedades posee el adhesivo a emplear para poder seleccionar el adhesivo en función a las necesidades de la obra.

En 1967 Lodewijks establece una serie de características para seleccionar un buen adhesivo: buenas propiedades de formación de película, flexibilidad a corto y largo plazo, resolubilidad y la preservación de los bienes sobre el envejecimiento. Más adelante, en 1983, fue Blum quien añadía la importancia de valorar la resistencia del adhesivo al envejecimiento, observar los cambios ópticos para evitar el amarilleamiento, valorar la toxicidad del tratamiento y la futura reversibilidad.⁹⁷

Actualmente, algunos aspectos a tener en cuenta para seleccionar un adhesivo en un proceso de consolidación son:⁹⁸

- **Estabilidad frente a los agentes atmosféricos** de forma que se mantenga estable y presente durabilidad con el paso del tiempo.
- **Buenas propiedades químicas** entre el adhesivo y la obra de modo que no se generen cambios químicos en el lienzo de forma irreversible.
- **Buenas propiedades físico-mecánicas:** capacidad de adaptación a los movimientos de la obra.
- **Compatibilidad** con los materiales de la obra y futuras intervenciones.
- **Adhesión:** Conseguir un grado de adhesión bueno sin ser demasiado fuerte para evitar generar stress a la obra
- **Color y transparencia:** Incoloro incluso con el paso del tiempo.
- **Metodología de aplicación** sencilla y que no suponga riesgo para la obra.
- **Reversibilidad:** es importante utilizar materiales que con el paso del tiempo, pueda facilitar su eliminación, que no se vuelvan duros y frágiles.
- **Toxicidad:** seleccionar el disolvente de forma que no ponga en riesgo la salud del restaurador evitando la toxicidad del tratamiento.

Es sumamente complicado que un material posea todas las características que se acaban de nombrar, pero es importante que posea la mayoría de éstas.

Como es obvio, no todos los adhesivos son adecuados para determinados tratamientos. Por ello, es necesario el conocimiento previo de las características técnicas de los materiales que van a actuar en un proceso de adhesión, estudiando sus propiedades físico-mecánicas tales como flexibilidad y dureza, aptitud para la deformación, estabilidad y otros aspectos como metodología de aplicación y toxicidad.

Para conocer en profundidad toda esta información se pueden realizar diferentes ensayos de carácter científico⁹⁹. Estos ensayos suelen ser de tipo destructivos basado en métodos mecánicos que tienen el objetivo principal de conocer las propiedades adhesivas, elásticas y de resistencia de los materiales de ensayo.¹⁰⁰

Al ser de tipo destructivo se deben realizar probetas normalizadas según normativas vigentes de calidad (UNE-PNE, ASTM, AFNOR...) las cuales serán sometidas a esfuerzos máximos hasta llegar a la rotura.

Para diseñar, elaborar y conseguir el objetivo planteado se ha llevado a cabo dos fases experimentales:

1ª Fase de muestreo: Elaboración de *films* adhesivos y estudio de sus propiedades químicas y físico-mecánicas

Esta fase tuvo el objetivo fundamental de estudiar las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los *films* adhesivos seleccionados, para conocer los cambios de dureza y cohesión interna que puedan sufrir con el paso del tiempo.

Se realizó la medición del pH, ensayos de dureza y de cohesión o *shear* de los *films*.

2ª Fase de estudio: Remuestreo y realización de ensayos de tracción.

En esta fase se estudió el comportamiento del tejido para comprobar su resistencia mecánica mediante el ensayo de tracción.

Y posteriormente, tras comprobar los resultados de los ensayos realizados por separado de los *films* adhesivos y del tejido, se realizó el ensayo de tracción mediante probetas normalizadas, donde se simula el refuerzo estructural definitivo. De esta forma, se valorará el modelo de adhesión planteado y su comportamiento físico-mecánico.

El fin que se persigue es caracterizar y valorar las propiedades físicas y mecánicas de la consolidación de soportes pictóricos textiles, por ello también se van a realizar ensayos con *films* y probetas envejecidas artificialmente y así comprobar el grado de degradación que pueden sufrir tanto los materiales seleccionados como el modelo de consolidación diseñado.

Las sustancias adhesivas estudiadas tienen en común su composición sintética, aunque se pueden dividir en diferentes grupos atendiendo al tipo de resina y composición polimérica.

ADHESIVOS			TEJIDO
ACRÍLICO	VINÍLICO	OTROS	LINO 100% NATURAL
PLEXISOL P550®	ACETATO DE POLIVINILO K 40® ACETATO DE POLIVINILO HEWIT® M218	BEVA 371®	

⁹⁷ TIMAR-BALAZSY, A. y EASTOP, D. (1998): Op. Cit. p. 306.

⁹⁸ MARTÍN, S. (2012): *Los materiales sintéticos y su aplicabilidad en la restauración de las pinturas sobre lienzo*, pp. 54-55; SCICOLONE, G. (2005) : Op cit. p. 13.

⁹⁹ COCA, P. y ROSIQUE, J. (1992): *Ciencia de los materiales: teoría, ensayos, tratamientos*, p.197.

¹⁰⁰ *ibidem*, p. 98.

5.1.1 Adhesivos de base solvente: Acetato de Polivinilo K40® (PVA K40), Beva 371® y Plexisol P550®

● Acetato de Polivinilo K 40® (PVA K 40)

Es una resina vinílica de tipo termoplástica compuesta a base de homopolímeros de acetato de polivinilo libre de aditivos.

El monómero que lo forma es etanoato del enol del acetaldehído y su polimerización se produce en presencia de iniciadores o bajo la influencia de la radiación UV.¹⁰¹ (Fig. 37)



Aspecto: Granos transparentes
Solubilidad: Alcoholes, ésteres, cetonas, tolueno e hidrocarburos clorados.
pH: 6-7
Viscosidad (en Etil acetato): (al 20%) 26 ± 6mPas
Intervalo de reblandecimiento: 83° - 101°C

Las propiedades de este material están íntimamente ligados con la longitud de la cadena polimérica, de forma que a mayor grado de polimerización, mayor será su viscosidad, su temperatura de transición vítrea¹⁰² (Tg) y punto de reblandecimiento.¹⁰³ Así pues, con un bajo grado de polimerización, mayor tendencia a desplazarse en frío y conseguir películas blandas y flexibles, mientras que a mayor grado de polimerización, se obtiene todo lo contrario, se consiguen películas más duras, como por ejemplo, para la realización de barnices.¹⁰⁴

Son solubles en cetonas, éteres, alcoholes e hidrocarburos clorados y aromáticos, entre otros. Mientras que es incompatible con metacrilatos en solución.

Presenta un aspecto brillante y transparente con buenas propiedades de adhesión y cohesión. Se caracteriza por su capacidad adherente tanto en superficies porosas como no porosas y elevada resistencia al calor, al agua, a los ácidos y a la luz.¹⁰⁵ Aunque también es verdad que pueden sufrir oxidación ante la acción del aire y a la humedad relativa del ambiente, pero sin llegar a degradarse irreversiblemente.¹⁰⁶

Este tipo de resinas empezaron a estudiarse en los años 30, y publicándose en esta década un artículo por Gettens y Stout "The problems of Lining Adhesives for Paintings" donde se analizaba como adhesivo de revestimiento.¹⁰⁷ En 1983, el Canadian Conservation Institute (CCI) realizó un estudio comparativo entre adhesivos de tipo acrílico y de acetato de polivinilo,¹⁰⁸ estudiando sus

¹⁰¹ PERIS, J. (2008): Op. cit. p. 66.

¹⁰² Intervalo de temperaturas por las que el polímero pasa de estado inicial (vítreo) a un estado viscoso. MARTÍN, S. (2012): Op. cit. p. 36.

¹⁰³ Ibidem. p. 66

¹⁰⁴ SCICOLONE, G. (2002): Op. cit. p.213

¹⁰⁵ PERIS, J. (2008): Op. cit. p. 66

¹⁰⁶ SCICOLONE, G. (2002): Op. cit. p. 213

¹⁰⁷ BRIA JR., C. (1986): Op. cit. pp. 7-11

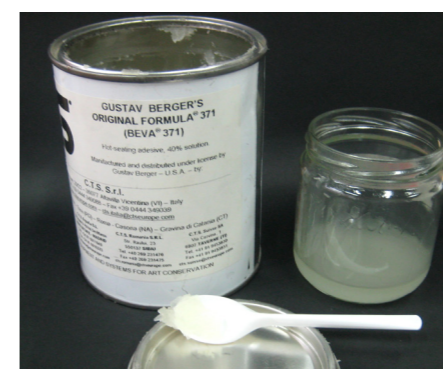
¹⁰⁸ DOWN, J.L.; MACDONALD, M.A.; TÉTREAULT, J y SCOTT, R (1996): "Pruebas de adhesivos en el Canadian Conservation Institute -Una evaluación de una selección de adhesivos acrílicos y de acetato de Polivinilo". pp. 12-21.

propiedades con el paso del tiempo, donde se pudo comprobar que las resinas vinílicas mostraban pH más ácidos que los acrílicos, que emitían elementos volátiles residuales de disolventes, (incluso liberando pequeñas cantidades de ácido acético y que poseían más resistencia y menos flexibilidad que los adhesivos acrílicos, por tanto, su reversibilidad era menor.

Se pueden presentar en dispersión acuosa¹⁰⁹, conocidas comúnmente como cola blanca o de carpintero, en disoluciones de disolventes orgánicos como PVA K 40®, que se presenta en forma de granos transparentes sin presencia de aditivos que puedan migrar a la superficie y también como adhesivos de tipo termoplástico de bajo punto de fusión.¹¹⁰ Especificar que los adhesivos conocidos como cola blanca o de carpintero, en la actualidad no se emplean en tratamientos de consolidación de pinturas sobre lienzo conocidos los graves problemas de irreversibilidad y conservación futura que presentan.

● Beva 371®

Beva 371 es un adhesivo de tipo termoplástico compuesto por acetato de etileno y vinilo, polietileno, Laropal k-80 y 40% de parafina en Tolueno y otro componente de origen desconocido.¹¹¹



Aspecto: Gel opalescente
Densidad: Espeso
Solubilidad: En hidrocarburos alifáticos y aromáticos
pH: 5-6
Viscosidad: Alta
Intervalo de reblandecimiento: 53°C

En el año 1967, Gustav Berger comenzó una investigación sobre adhesivos de termosellado específicamente para tratamiento de consolidación de soporte textil. Uno de los motivos principales fue la intención de crear un material termoplástico que suplantara el uso de mezclas adhesivas a base de cera-resina, ya que este material había creado numerosos problemas por lo que se refiere a la conservación de las obras pictóricas.¹¹²

Estas investigaciones se centraron en las combinaciones de diferentes materiales como ceras, polímeros de etileno y acetato de vinilo (EVA) y resinas de cetona. Tras varios estudios se seleccionó la mejor combinación denominándola Beva.¹¹³

Durante su desarrollo, se realizaron diferentes pruebas iniciales para determinar su fuerza, compatibilidad, eficacia, reversibilidad y condiciones de envejecimiento. Fue desarrollado originalmente como un consolidante y adhesivo para el reentelado de pinturas sobre lienzo ya que ofrecía estabilidad química, carácter no acuoso, propiedades de adhesión buenas, temperaturas de activación relativamente bajas, presión mínima necesaria durante la aplicación y facilidad de extracción de material.¹¹⁴

¹⁰⁹ Dependiendo de la fuente se puede encontrar diferente terminología. En lugar de dispersión acuosa, se habla de emulsión acuosa.

¹¹⁰ MATTEINI, M; MOLES, A (2001): Op. cit. p.218.

¹¹¹ También se puede encontrar la formulación de otro tipo de materiales formulados por Berger, como Beva 300, Beva 321, Beva 400, entre otros. BERGER, G. (1972): Formulating adhesives for the conservation of paintings, pp. 613-629.

¹¹² MARTIN, S (2006): Op. cit. p.204

¹¹³ VV.AA (2003): "Beva 371 and its use as an adhesive for skin and leather repairs: background and a review of treatments", pp. 341-362.

¹¹⁴ BERGER, G. (1972): "Testing adhesives for the consolidation of paintings", pp.173-194.

No sólo Berger realizó estudios sobre este adhesivo, sino que muchos otros investigadores quisieron comprobar las características de este material.¹¹⁵

- Fenn (1984) describe Beva 371® como un adhesivo excelente cuando usa en frío.
- Calnan (1991) observó que una de las ventajas de Beva 371® es su baja temperatura de activación y no se vuelve pegajoso al enfriar.
- Benjamin (1994) en cambio, realizó un estudio sobre la reversibilidad del adhesivo llegando a la conclusión de que no era tan fácil su extracción debido a la alta resistencia que opone el adhesivo y la penetración al sustrato original. Tras este resultado, Berger expuso que Benjamín no había seguido de cerca las instrucciones para su uso.

A pesar de ello, Beva 371® es uno de los adhesivos más utilizados y se utiliza comúnmente disuelto en disolventes como White Spirit o Ligroina para conseguir mayor penetrabilidad o disuelto en Tolueno para conseguir menos viscosidad.¹¹⁶

Puede utilizarse en tratamientos de soporte textil mediante aplicación de calor "heat-seal lining" como en procesos de consolidación del estrato pictórico. El adhesivo se puede aplicar directamente sobre la tela original o en caso de reentelado sobre el tejido de refuerzo o entre ámbas dejándolo secar durante una o dos horas, antes de activarlo. Su reactivación es mediante calor y presión controlados, mesas calientes y de vacío o de baja presión. También puede hacerse de forma indirecta sin ejercer presión, mediante pistolas de aire caliente o lámparas de infrarrojos.

Algunos restauradores son reacios al uso de este material debido al necesario uso de calor para la fusión de la resina, y por una excesiva impregnación del material a la fibra textil. Ante este problema, se propuso diferentes alternativas, tanto al uso de calor Beva Gel® en frío, como de una excesiva impregnación, *beva film*, entre otros materiales.

Actualmente, Beva 371® ha sido reformulado modificando alguno de sus componentes principales.¹¹⁷

● Plexisol P550®

Se trata de una resina de origen sintético, compuesta a base de metacrilato de butilo con esencia de benzina caracterizándose por su carácter termoplástico.¹¹⁸

¹¹⁵ VV.AA (2003): Op. cit. pp. 341-362.

¹¹⁶ SCIOCOLONE, G (2002): Op. cit. p.124.

¹¹⁷ En 2008 dejó de fabricar Laropal K80, y fue sustituida por una resina cetónica que en principio aporta las mismas propiedades que el material original pero amarillea más.

¹¹⁸ Una resina termoplástica es aquella que mediante la aplicación de calor funde o se reblandece y vuelve a endurecer por enfriamiento, sin sufrir ningún cambio químico (dentro de ciertos límites de temperatura) A temperaturas por encima del punto de fusión puede tener lugar una transformación química irreversible, tal como despolimerización o degradación oxidativa. R. HOUWINK y G.SALOMON (1978) Adherencia y adhesivos. Vol I. Adhesivos, p. 334.

En algunas fuentes de información se puede encontrar como resina acrílica P 550-40 TB. Este tipo de nomenclatura significa por un lado: P 550 haciendo referencia al tipo de resina Plexisol P550®; y por otro lado 40 TB al porcentaje de benzina en su composición, 40%¹¹⁹



Aspecto: Líquido transparente denso
pH neutro
Densidad: 0,84 kg/l
Solubilidad: Soluble en ésteres, éteres, cetonas, hidrocarburos aromáticos, alifáticos y clorurados; parcialmente soluble en alcohol.
Viscosidad: 2800 - 5400 mPas a 20°C
Intervalo de reblandecimiento: 54°C
Residuo seco: 40 ± 1%

Es compatible con nitrocelulosa, resinas vinílicas y fenólicas. Su peso molecular es bajo, por ello puede emplearse como consolidante gracias a su óptima penetración y a su alta adhesividad.¹²⁰

Se han realizado numerosos estudios sobre este tipo de resinas para comprobar sus efectos a largo plazo. En uno de ellos, "Adhésifs pour la consolidation des textiles" escrito por J. Verdu, V.Bellenger y M.O Kleitz (1984) se especifica que Plexisol P550® (*Rohm France*) se mantiene estable y soluble tras 36 h. de exposición térmica (150°C). Tras 66 h. con una temperatura de 60-80°C sigue estando estable, con una resistencia mecánica buena y no sufre cambios ópticos en el color, no amarillea. Pero si cambia cromáticamente aunque su resistencia sigue manteniéndose correcta, tras 600 h. expuesta a radiaciones ultravioletas.

Otro investigador que estudió este adhesivo específicamente para consolidación de tipo general de soporte textil fue Ketnath. Una de las ventajas que posee es que dependiendo del tipo de disolvente empleado, puede utilizarse este material tanto en frío como en caliente. Gracias a ello, Vishwa Raj Mehra, junto a un grupo de Amsterdam, comenzó a desarrollar un sistema de revestimiento en frío con este adhesivo. Su primera publicación fue en el ICOM de 1972.¹²¹

Actualmente es un adhesivo empleado para consolidaciones del estrato pictórico como de soporte textil. También se ha utilizado para impregnaciones previas a la realización de reentelado para crear una barrera de humedad y para consolidaciones de soporte textil en frío, sobre todo para obra contemporánea o textiles finos.¹²²

Las concentraciones pueden variar dependiendo del grado de penetración deseado (5-25 %) aunque en casos de que la pintura pueda tener problemas con la humedad se emplea al 17% en *White Spirit*.

Las formas de aplicación varían pudiéndose aplicar a pincel como pulverización. En algunos casos puede hacerse uso de la mesa caliente de vacío a unos 40°C para conseguir mayor penetración, pero siempre tras la evaporación del disolvente que suele realizarse aproximadamente en 24 h.¹²³

¹¹⁹ VILLARQUIDE, A (2005) Op. Cit. p. 685.

¹²⁰ DOWN, J.L; MACDONALD, M.A; TÊTREAU, J y SCOTT, R (1996) : Op. cit. pp. 12-21.

¹²¹ También empleaba Plexisol P 550 al 10% en White Spirit por anverso y reverso para consolidar película pictórica, esperar una hora y después mesa de succión. MEHRA, W.R (1984): "Cold lining and its scope: some case histories", pp. 31-34.

¹²² VILLARQUIDE, A (2005) Op. Cit. pp. 686-687.

¹²³ SCIOCOLONE, G (2002) Op. cit. p.95.

Un producto similar en el mercado también de tipo acrílico es Lascaux resina acrílica ©P550-40 TB.¹²⁴

5.1.2 Adhesivos de base acuosa: Acetato de Polivinilo (PVA) Hewit M218

● Acetato de Polivinilo (PVA) Hewit M 218

Adhesivo de acetato de polivinilo en forma de dispersión acuosa que se caracteriza por su reversibilidad en agua y por presentar un pH neutro. Posee una viscosidad media y fue especialmente formulada para tratamientos de restauración.



Aspecto: Blanco
Densidad: 1,08
Solubilidad: Soluble en agua
pH: 7
Viscosidad: 62,5 Ps a 20°C
% Sólido: 51,2

Presenta una temperatura de transición vítrea muy próxima a la temperatura ambiente y, por tanto, tienden a desplazarse en frío.

La dispersión seca sobre la superficie formando una película fina y flexible.¹²⁵ Además, no son tóxicas, de empleo limpio y sencillo y consiguen rápidamente una buena resistencia, la cual es positiva hasta 50-60°C.¹²⁶

Tienen buena resistencia al envejecimiento y estabilidad frente a la luz.¹²⁷ Pero generan ácido acético cuando se encuentran almacenadas, lo cual puede degradar el material a tratar.¹²⁸

Por ello, se recomienda mantener este material a baja temperatura y tras seis meses, desecharlo.¹²⁹

En muchas ocasiones presentan aditivos como agentes dispersores, los cuales no son químicamente estables. De ahí, que algunos polímeros en dispersión amarillean con más rapidez.

Como ya se ha explicado, a partir de los años 30 empiezan a realizarse los primeros estudios sobre este tipo de resinas dando resultados bastante positivos, pero en 1953, Lucas y Brommelle escribieron un artículo, "The failure of synthetic Materials in picture conservation" donde se muestran los primeros problemas que este material presentaba en tratamientos de refuerzo estructural de pinturas sobre lienzo.¹³⁰

En cambio, Bernard Rabin, en 1972 escribe un artículo "A Poly (Vynil acetate) heat-seal adhesive for lining" donde presenta este adhesivo como material de revestimiento como solución a los problemas conservativos que generaban los materiales naturales adhesivos empleados hasta el momento.¹³¹

Es muy común su uso como adhesivo y consolidante de material ligneo, y actualmente también se estudia para material textil. Aunque también se pueden encontrar en el ámbito del papel para la realización de encuadernaciones.¹³²

5.1.3 Tejido: Lino 100% natural.

El lino es una fibra vegetal cuyo componente principal es la celulosa.¹³³ Se obtiene del tallo de la planta *linum usitatissimum L.* y se caracteriza por su resistencia frente a la humedad, mientras que la pierde frente a la radiación ultravioleta. Vista al microscopio se puede identificar como una estructura cilíndrica regular, lisa en superficie, con una apariencia similar a la caña de bambú.¹³⁴



Fig. 32: Lino (x1 aumentos)

Ha sido empleado de forma habitual en las intervenciones de pintura sobre lienzo, debido a su estabilidad en comparación con otras fibras textiles.

Hay diferentes tipos de linos en cuanto a ligamento, color y densidad. El tejido analizado en este estudio se caracteriza por poseer una trama cerrada con un ligamento tafetán presentando una densidad de 33x35 cm² (Fig. 32).

¹²⁴ SANCHEZ, A (2012): Op. cit. p. 163.

¹²⁵ SCICOLONE (2002): Op cit p. 214.

¹²⁶ R. HOUWINK y G. SALOMON (1978): Op. cit. p. 340.

¹²⁷ MATTEINI, M y MOLES, A (2001): Op. cit. p. 219.

¹²⁸ SCICOLONE (2002): Op cit. 214.

¹²⁹ Ficha técnica extraída de : <http://www.hewit.com/> 15/05/2013 (En línea)

¹³⁰ BRIA JR., C (1986): Op. cit. ; MARTÍN, S (2012): Op. cit. p. 6.

¹³¹ RABIN, B. (1972): "A Poly (Vynil acetate) heat-seal adhesive for lining", pp. 165-168.

¹³² Ficha técnica extraída de : <http://www.hewit.com/> 15/05/2013 (En línea)

¹³³ MARTIN, S (2005): Op. cit. p. 93.

¹³⁴ PÉREZ, E. (2008): *Asignatura: Introducción a la conservación y restauración de pinturas. Pintura sobre lienzo.*

5.2 FASE I DE MUESTREO: ELABORACIÓN DE *FILMS* ADHESIVOS Y ESTUDIO DE PROPIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS.

Los estudios realizados en esta primera fase se han centrado en el estudio físico-mecánico de los *films* adhesivos, siendo la medición de pH y los ensayos de dureza y de cohesión, propiedades importantes a tener en cuenta en procesos de consolidación de soporte textil.

Es importante destacar que todos los ensayos se han realizado bajo unas condiciones controladas de temperatura (25°C) y humedad relativa (50%).

5.2.1 Pruebas previas

En esta fase se realizaron una serie de pruebas (Fig. 33) sobre diferentes materiales adhesivos, disolventes y proporciones para seleccionar aquellos *films* que mejores características presentara para el tipo de tratamiento a realizar.



Fig. 33: Diferentes tipos de pruebas de *films* realizados variando porcentajes.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta fueron:

- **Porcentaje de resina:** evitando que la mezcla adhesiva posea elevadas concentraciones.
- **Características del *film*:** buscando la homogeneidad, flexibilidad y grosor del *film* no muy elevado y adecuado al tratamiento a realizar.
- **Disolvente empleado:** en este caso se eligió teniendo en cuenta su grado de toxicidad buscando la inocuidad del tratamiento.
- Tiempo de **secado** del disolvente: rápido pero controlable para el restaurador.
- **Propiedades ópticas:** seleccionando aquellos *films* que fueran transparentes y no presentaran indicios de amarilleamiento en su envejecimiento.
- **Método de aplicación:** teniendo en cuenta la aplicación de calor (*hot-melt*¹³⁵) o por regeneración y presión (*tack-melt*)

A continuación se muestra una tabla donde especifican los diferentes materiales seleccionados con sus respectivos porcentajes.

Materiales adhesivos de ensayo		
Mezclas adhesivas	Abreviatura	Porcentaje
Beva 371 ®/ Ligoína (CTS-España)	(B:1)	(1:1)
Beva 371 ®/ Ligoína (CTS-España)	(B:2)	(2:1)
Plexisol P 550 ®/ WS (CTS-España)	(P:1)	(1:1)
Plexisol P 550 ®/ WS (CTS-España)	(P:2)	(2:1)
PVA K 40® / Acetona (CTS-España)	(K40:10)	(10%)
PVA K 40® / Acetona (CTS-España)	(K40:20)	(20%)
PVA Hewit® M 218 / H ₂ O (Productos de Conservación-Madrid).	(Hw:15)	(15%)
PVA Hewit® M 218 / H ₂ O (Productos de Conservación-Madrid).	(Hw:30)	(30%)

*A partir de este momento, se emplearán las abreviaciones de dicha tabla para hacer referencia a cada tipo de material.

Uno de los objetivos principales era evitar el uso de disolventes de toxicidad elevada. En el caso de las mezclas (P:1) y (P:2), las pruebas iniciales fueron con Ligoína en lugar de White Spirit, pero el *film* que se conseguía era muy heterogéneo (Fig. 35) y menos flexible, por lo que finalmente tuvo que emplearse White Spirit.

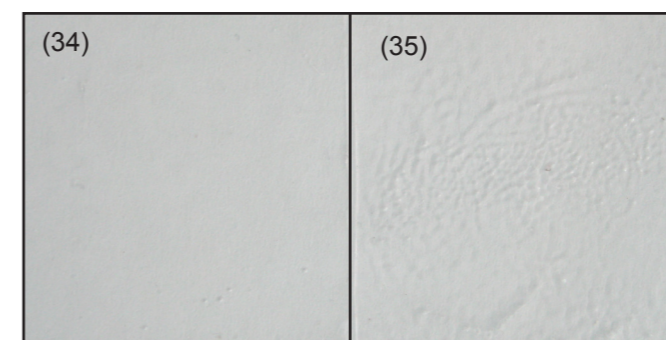


Fig. 34: *Film* homogéneo: (P:1)

Fig. 35: *Film* heterogéneo: Plexisol P550/Ligoína (1:1)

También era muy importante conseguir *films* con gran estabilidad (Fig. 36, 37 y 38) sin presencia de burbujas, ya que éstas son huecos de aire que pueden dificultar el proceso de testado aportando resultados erróneos.

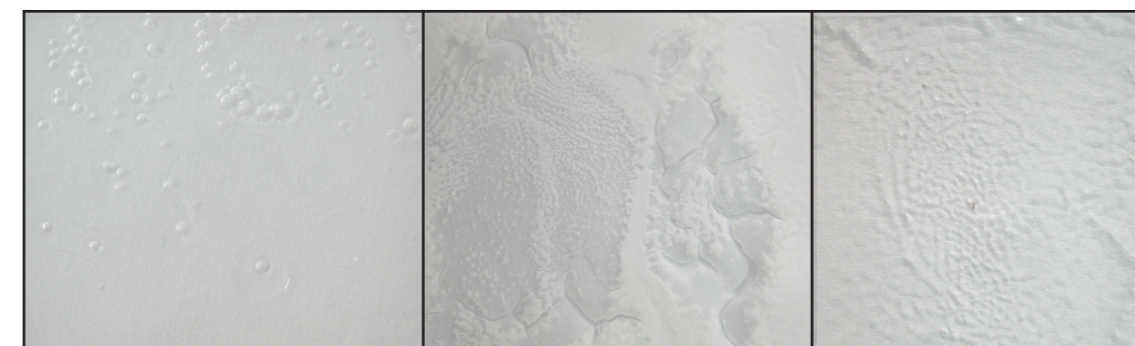


Fig. 36: *Film* con burbujas de (K40:20)

Fig. 37: *Film* con fallo cohesivo (B:1)

Fig. 38: *Film* con problemas de cohesión interna.(P:1)

¹³⁵ Generalmente endurecen por medios físicos. Cuando se aplica el sólido por fusión o enfriamiento se emplea el término hot-melt para describir la metodología de uso. HOUWINK, R. y SALOMON, G. (1978): Op. cit. p.334.

5.2.2. Preparación de muestras y metodología de ensayo

La primera batería consistió en la obtención de 48 *films* adhesivos, los cuales se consiguieron mediante el vertido de las mezclas adhesivas sobre moldes antiadherentes (Fig.39 y 40), de forma que polimerizaban formando un *film* homogéneo.

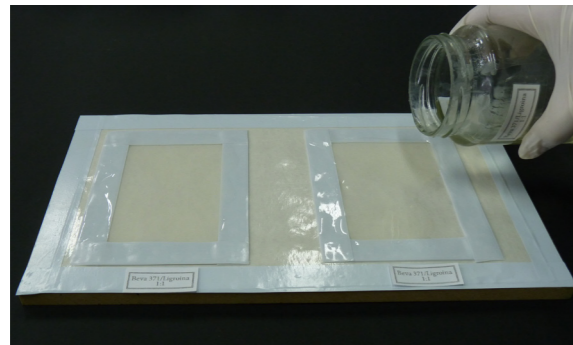


Fig. 39: Detalle vertido (B:1)



Fig. 40: Detalle vertido (Hw:15)

La formación del *film* se consiguió tras la evaporación del disolvente empleado dejando como resultado un *film* sólido. Hay que tener en cuenta que la evaporación de las moléculas del disolvente dependerá de su retención, siendo la acetona por ejemplo, de retención media.¹³⁶

Además, la calidad del *film* sólido dependerá ya no sólo del disolvente elegido sino también de la longitud de las cadenas de polímero caracterizado por el grado de polimerización (DP): cadenas más largas dan como resultado una película de mejores propiedades mecánicas que los polímeros con cadenas cortas.

Por otra parte, los polímeros de alta DP y alta temperatura de transición vítrea (Tg) se contraen considerablemente durante la formación de la película.¹³⁷

Los productos seleccionados definitivamente fueron:

Adhesivos	Abreviatura
Beva 371 ®/ Ligroina	(B:1)
Plexisol P 550 ®/ White Spirit	(P:1)
PVA K 40® / Acetona	(K40:10)
PVA Hewit® M 218 / H ₂ O	(Hw:15)



Fig. 41: Imagen de los *films* seleccionados.

Una vez obtenido los *films* adhesivos, la mitad (24 *films*) se sometieron a envejecimiento acelerado mediante 6 ciclos continuos de 30' comenzando con una temperatura media de 20°C y una HR del 65%, que fue disminuyendo y ascendiendo ciclo a ciclo durante el tiempo programado. Para tener una idea del efecto provocado en las muestras, el ciclo de envejecimiento corresponde aproximadamente a 100 años naturales. Para ello se empleó la cámara climática de envejecimiento (DYKOMETAL) durante 72 h. (Fig. 42)

Ciclo de envejecimiento			
Ciclo	°C	HR	t
1.	20°	65%	30'
2.	40°	20%	30'
3.	20°	20%	30'
4.	20°	65%	30'
5.	40°	20%	30'
6.	20°	20%	30'



Fig. 42: Cámara de envejecimiento.

¹³⁶MASSCHELEIN-KLEINER, L. (2004): *Los solventes*, pp. 35-36.

¹³⁷Esta contracción también depende ya no sólo por el tipo de polímero, sino también por el tipo de disolvente así como las condiciones ambientales donde se genera el film. TIMAR-BALAZSY, A y EASTOP, D (1998): *Op. Cit.* p. 315.

5.2.3 MEDICIÓN pH



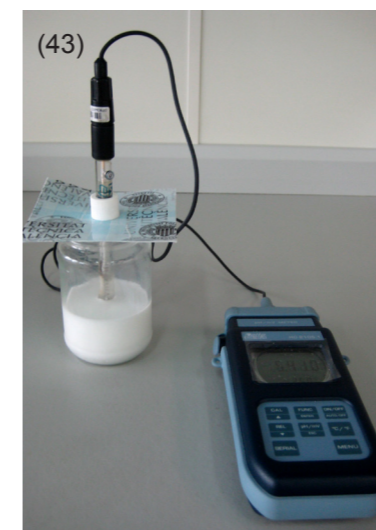
Este estudio persigue obtener datos sobre la acidez o basicidad de los materiales de ensayo. Los adhesivos más adecuados para procesos de restauración sobre soporte textil son aquellos que muestran un pH neutro (7) y aquellos que muestran datos demasiado ácidos (por debajo del 7) o alcalinos (por encima del 7) pueden acelerar el proceso de degradación¹³⁸ de la celulosa.

La celulosa es especialmente sensible a los ácidos, convirtiéndose en hidrocélulosa. Éste es un material rígido, frágil y mecánicamente más débil. Mientras que las soluciones alcalinas fuertes puede provocar hinchazón de la celulosa adoptando un estado cristalino.¹³⁹

Se utilizaron dos métodos de medición de pH:

pH-metro electrónico

Este método se empleó específicamente para la dispersión acuosa (Hw:15) determinando su pH de forma electroquímica.



Se empleó un pH-metro electrónico (Delta OHM HD2156.2) con visualizador LCD. Contiene un electrodo de referencia de vidrio y plata, que al sumergirse genera una corriente eléctrica proporcional al pH de la solución acuosa. Previamente a realizar las mediciones, se procedió al calibrado del pH-metro y su estabilización a través de soluciones tampón.

Fig. 43: Medición pH

Fig. 44: Detalle resultado pH.

Se realizó en total dos mediciones de pH, y el valor final será la media de ambos resultados. La toma de muestras consistió en la introducción del electrodo en el interior de la mezcla, y tras la estabilización del valor de pH, se analizó el resultado.

Indicadores de pH.

El otro método que se utilizó para las mezclas con base disolvente son los indicadores de pH. Se trata de sustancias de naturaleza orgánica y estructura compleja que al entrar en contacto con la disolución, cambian de color al modificar su estructura aportando el valor de pH final.¹⁴⁰ (Fig. 45)

¹³⁸La celulosa puede sufrir reacciones de hidrólisis en medio ácido o básico y reacciones de oxidación. SAN ANDRÉS, M y DE LA VIÑA, F (2009): *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*, p. 264.

¹³⁹TIMAR-BALAZSY, A. y EASTOP, D. (1998) Op. Cit. pp. 28-30.

¹⁴⁰SAN ANDRÉS, M y DE LA VIÑA, F (2009): Op. cit. pp. 135 -136

Se realizó una medición por cada mezcla adhesiva, y el proceso consistió en la introducción del indicador de pH en el interior de las disoluciones durante un tiempo aproximado de 10".

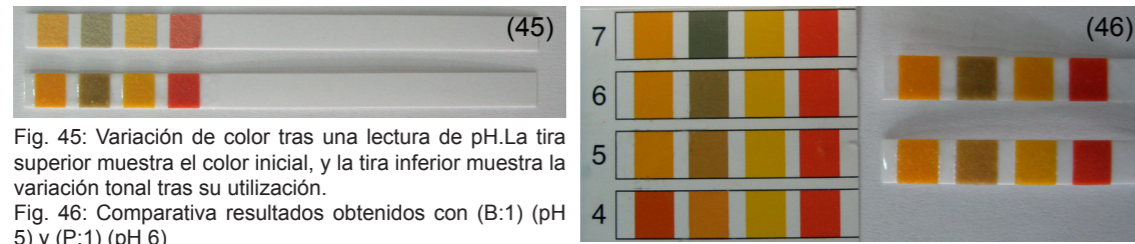
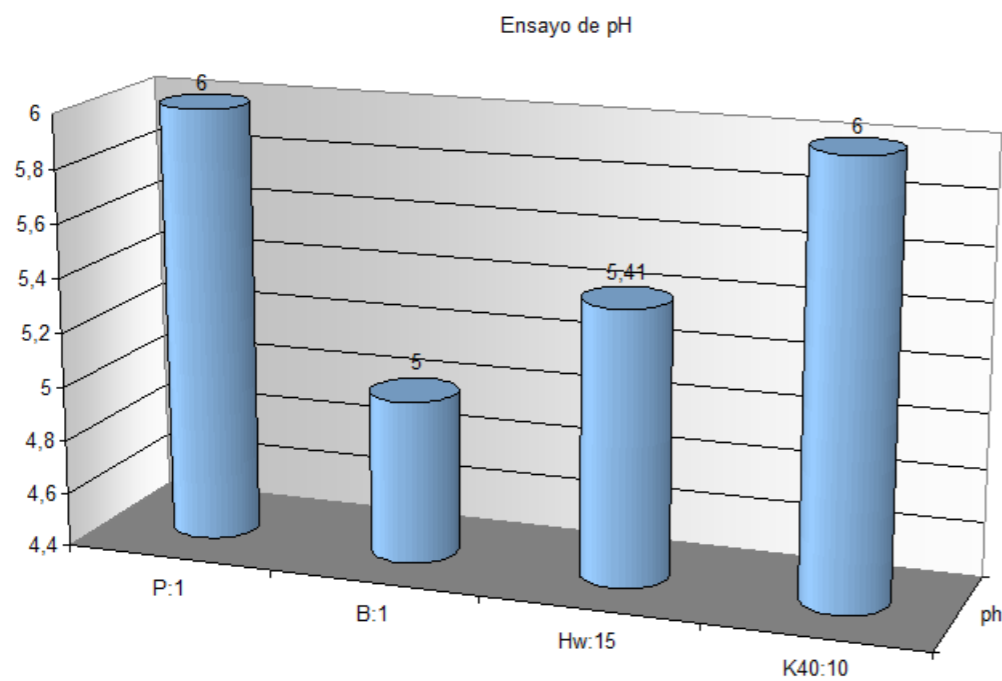


Fig. 45: Variación de color tras una lectura de pH. La tira superior muestra el color inicial, y la tira inferior muestra la variación tonal tras su utilización.

Fig. 46: Comparativa resultados obtenidos con (B:1) (pH 5) y (P:1) (pH 6)

En la tabla adjunta, se muestra los datos obtenidos de cada una de las muestras en este ensayo.

Films adhesivos	pH
P:1	6
B:1	5
Hw:15	5,41
K40:10	6



Conclusiones medición pH

Se puede observar como todos los adhesivos muestran mediciones ligeramente ácidas destacando los resultados obtenidos con el adhesivo de tipo acuoso (Hw:15) con un pH de 5,41 y el adhesivo de tipo vinílico disuelto en Ligroina (B:1) con un pH de 5.(Fig. 53)

Mientras que los adhesivos que muestran resultados más estables, cercanos a la neutralidad son los adhesivos de tipo vinílico en disolución con acetona (K40:10) y el adhesivo de tipo acrílico disuelto en White Spirit (P:1), ámbos con pH de 6.



5.2.4 ENSAYO DE DUREZA

Otro de los aspectos que se valoró del *film* adhesivo es el grado de dureza¹⁴¹ que posee antes y después del envejecimiento acelerado para comprobar y valorar el nivel de resistencia mecánica del material al ser penetrado por un material duro.

Además, partiendo del resultado, se puede obtener información sobre sus características mecánicas, composición, resistencia al desgaste, etc.¹⁴²

Al igual que en el estudio de pH, aquellos adhesivos que posean una dureza muy elevada, deberán ser desestimados. El tejido es un material flexible e higroscópico, y por tanto va a sufrir una serie de movimientos naturales, por ello, lo más aconsejable es que el *film* adhesivo seleccionado posea cierta flexibilidad para adaptarse a esos requerimientos. En caso contrario, puede suponer problemas conservativos a la obra ya que la fuerza y dureza del *film* predominaría en el conjunto de la obra provocando una serie de tensiones que pueden llegar a crear estrés en el tejido y a consecuencia, en el estrato pictórico.

Para valorar esta propiedad, se empleó un durómetro digital de dureza Shore TH200 (PCE Group) estandarizado por la norma ASTM D 2240 (Fig. 47). La escala de dureza que presenta es *Shore A*¹⁴³ y proporciona valores que van de 0-100 unidades de dureza al entrar en contacto la punta del sensor con el *film* adhesivo. Tiene un margen de error -1, siendo 1 el valor más bajo y 100 el valor más alto.

Se preparó un total de 6 muestras por cada adhesivo con unas medidas aproximativas de 1x1 cm y 3 mm de espesor, empleando el pie de rey para medir la homogeneidad en todos los lados de *film* (Fig. 48).



Fig. 48: Medición muestra con pie de rey.

Fig. 47: Durómetro digital empleado para el ensayo.

El proceso consistía en ubicar la muestra de estudio en el centro de la punta del sensor, hacerla penetrar en el *film* adhesivo (Fig. 53) y tras 15 segundos (velocidad media de medición en todas las muestras), anotar los resultados obtenidos. Del mismo *film* adhesivo se realizó un total de 3 mediciones y posteriormente se calculó la media para obtener el valor final de dureza.

¹⁴¹ Capacidad de un material para resistir abrasión, penetración o rayado. MARTIN, J.M y MARTIN, S. (2008) : *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*, p. 41.

¹⁴² COCA, P Y ROSIQUE, J. (1992): Op. Cit. p. 282..

¹⁴³ Reacción elástica del material al chocar sobre él un cuerpo duro. Íbidem, p. 282

Este proceso se realizó con todos los *films* adhesivos antes y después de su envejecimiento, pudiendo comparar los resultados.

A continuación se muestra de forma específica, los datos obtenidos de cada uno de los *films* adhesivos, tras las mediciones a corto y a largo plazo:

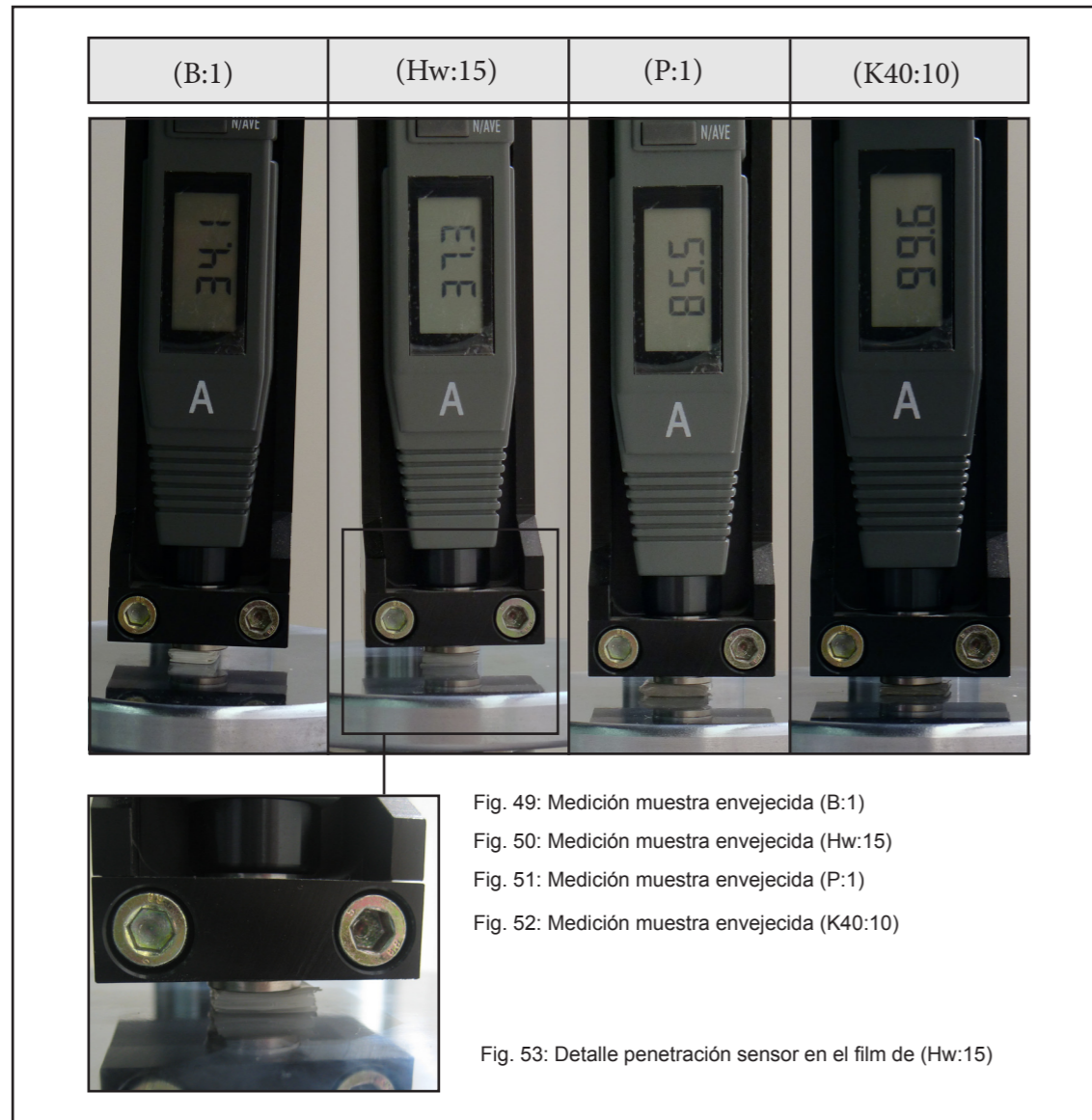


Fig. 49: Medición muestra envejecida (B:1)

Fig. 50: Medición muestra envejecida (Hw:15)

Fig. 51: Medición muestra envejecida (P:1)

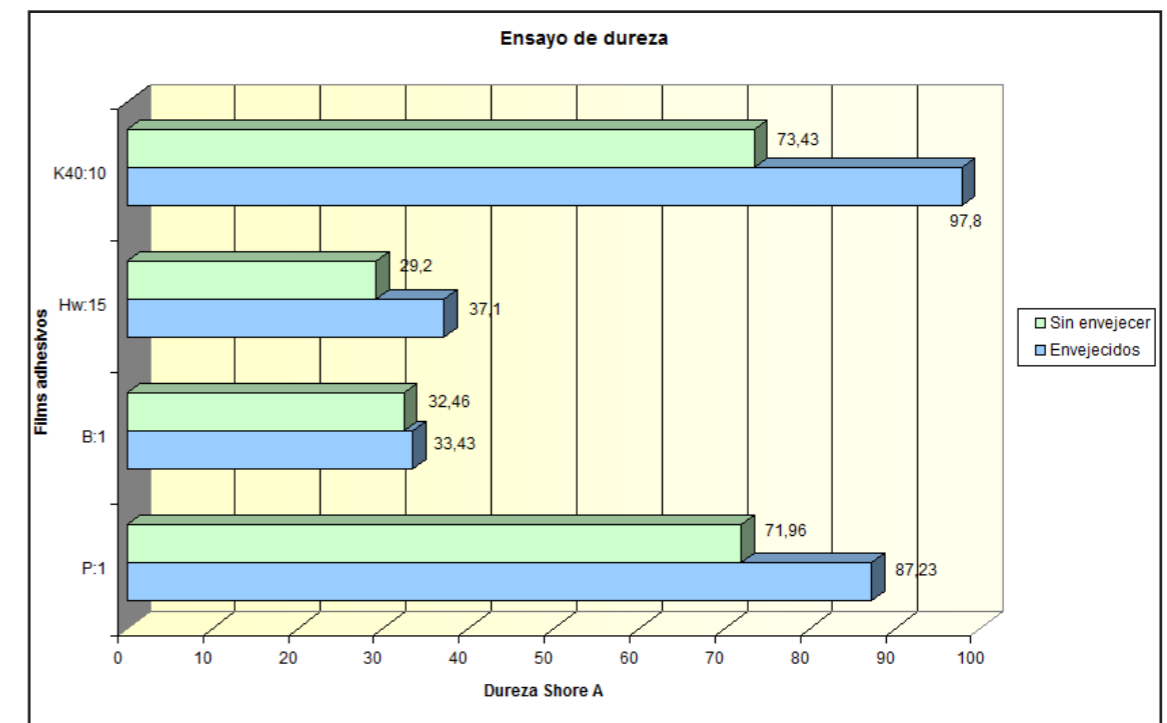
Fig. 52: Medición muestra envejecida (K40:10)

Fig. 53: Detalle penetración sensor en el film de (Hw:15)

Valores de dureza (3 mediciones de 15 seg.)

Film adhesivo	S/E*	E	% diferencia dureza
P:1	71,96	87,23	15,27 %
Hw:15	29,2	37,1	7,9 %
K40:10	73,43	97,8	24,36 %
B:1	32,46	33,43	0,97 %

*	
S/E	Muestras sin envejecer
E	Muestras envejecidas



Conclusiones ensayo de dureza

Una vez realizadas las mediciones se puede observar de forma generalizada como tras un envejecimiento acelerado, el valor de dureza ha aumentado en todos los *films* adhesivos, lo que indica que dichos materiales plásticos, con el paso del tiempo tenderán a endurecer, ya que su exposición a factores de humedad y temperatura generará una pérdida de sus propiedades elásticas volviéndolos más frágiles y quebradizos.

A pesar de ello, hay diferencias notables entre ellos, destacando como los adhesivos de tipo acrílico (P:1) y de tipo vinílico (K40:10) son los que han mostrado un valor de dureza mayor, tanto antes como después de su envejecimiento.

En el caso del adhesivo de tipo vinílico en disolución con acetona (K40:10), la media obtenida tras la medición del *film* adhesivo sin envejecer ofrecía un valor de 73,43 y tras el envejecimiento, 97,8.

Mientras que el adhesivo de tipo acrílico (P:1) mostraba en principio un valor de 71,96, y tras el envejecimiento aumentaba su dureza con un valor de 87,23 unidades shore.

Por tanto, (K40:10) es el adhesivo que mayor cambio de dureza ha sufrido, aumentando un 24,36% el rango de dureza, y seguido de (P:1) con un porcentaje de 15,27%. Lo cual hace indicar que siendo materiales en origen con un nivel de dureza elevada, tenderán a aumentar ese valor rigidificando las fibras textiles e impidiendo su movimiento natural con el paso del tiempo. Al igual que, en caso de emplearlos, sería conveniente el aporte de aditivos que doten de mayor flexibilidad y elasticidad al material plástico, siendo importante también su estudio para observar los efectos que puedan generar.

Por otro lado, los adhesivos que menor valor de dureza han presentado han sido los correspondientes al adhesivo vinílico en dispersión acuosa (Hw:15) y al adhesivo de la Línea Gustave Berger (B:1).

En este caso, el *film* adhesivo que presentaba mayor flexibilidad era (Hw:15) con un valor de 29,2 unidades de dureza *shore*, siguiéndole muy de cerca (B:1) con 32,46. Pero tras realizar la medición de las muestras envejecidas, los resultados variaron ligeramente. En este caso, (Hw:15) aumentaba su dureza un 7,9% consiguiendo un valor de 37,1, mientras que en el caso de (B:1) aumentaba tan sólo 0,9% consiguiendo un valor de 33,43 unidades.

Así pues, se puede concluir que aquellos adhesivos que han mostrados mejores resultados de flexibilidad tanto a corto como a largo plazo, variando ligeramente el valor de dureza han sido en primer lugar (B:1) y posteriormente (Hw:15), siendo valores importantes a tener en cuenta desde el punto de vista de conservación futura de la obra.

Mientras que aquellos que han mostrado valores altos de dureza en todas las fases del muestreo han sido en primer lugar (K40:10) seguido de (P:1). Por tanto, habrá que tener en cuenta estos factores en la selección final del *film* adhesivo y conocer los efectos que pueden generar a largo plazo en el conjunto pictórico.



5.2.5 ENSAYO DE COHESIÓN O “SHEAR”

Una de las consideraciones principales a tener en cuenta para evaluar y conocer el comportamiento mecánico de una unión adhesiva es la fuerza interna del adhesivo o también llamado cohesión (Fig. 54).

Cohesión se define como “fuerzas o mecanismos que mantienen unido el propio adhesivo”, las cuales corresponden a enlaces químicos (entre las propias moléculas del polímero) y fuerzas intermoleculares de atracción (fuerzas de *van der Waals*).¹⁴⁴

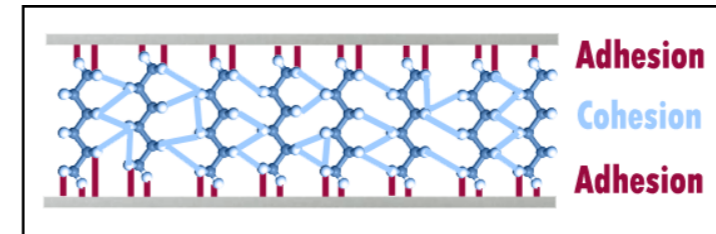


Fig. 54: Esquemización de la interfase entre el sustrato y el adhesivo.

Mediante este ensayo, se valoró el grado de cohesión de los diferentes *films* adhesivos antes y después de su envejecimiento. Para ello se empleó un medidor de ensayos de cohesión o “shear” CZY-6S (Metrotec). Es un sistema diseñado y fabricado específicamente para realizar ensayos de adhesión estática de adhesivos comprobando su fuerza interna (Fig.55).

El sistema cuenta con 6 estaciones de pruebas simultáneas, donde cada una de las muestras se somete a un peso determinado hasta llegar al límite elástico o rotura. De forma, que el tiempo que muestra el *film* en caer del panel expresa la capacidad para separar una capa adhesiva. En el caso que no se produzca rotura en el *film* adhesivo, se puede considerar fallo cohesivo.



Fig. 55: Imagen medidor ensayos de cohesión.

Los pesos cuentan con cargas de 1000 +/- 10 g. incluyendo el peso del panel de carga. Y la medición de tiempo transcurrido es de 0-100 h. a través de una pantalla digitalizada.

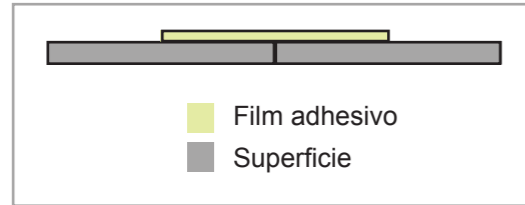
Uno de los factores que se pudo analizar fue la elasticidad de los materiales plásticos y su resistencia, observando su comportamiento tras recibir una tensión o carga. Este concepto está íntimamente ligado al módulo de elasticidad y se encuentra directamente focalizado con el *módulo de Young (Y)*,¹⁴⁵ ya que el comportamiento elástico del material influirá en la resistencia del mismo.

El Módulo de un material (E) es el cambio en esfuerzo dividido por el cambio en deformación sólo en la región elástica.¹⁴⁶ Y el último valor de tensión que alcanza el material se denomina límite elástico. De forma que si se retira la carga (en este caso el peso) el *film* recuperaría sus dimensiones iniciales, sin generar deformación permanente.

¹⁴⁴ MARTÍN, S. (2012): Op. cit. p.51

¹⁴⁵ Comportamiento estudiado por el científico inglés Thomas Young donde un material tras una fatiga longitudinal produce una deformación unitaria que es siempre la misma, sea tensión o compresión la fatiga provocada. WESTON, F y WALDO, M. (1973): *Física*, p 243

¹⁴⁶ MECKLENBURG, M y FUSTER, L. (2011-2012) Apuntes “Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos” pp. 6-7; MARTÍN, S. (2012) Op. cit. p. 81.



Se prepararon un total de 6 muestras por cada adhesivo con un tamaño 4x5 cm. El tipo de unión adhesiva fue de tipo acodada (Fig. 56), donde se adhirieron dos superficies metálicas de acero inoxidable por medio de un *film* adhesivo.

Fig. 56: Croquis unión de tipo acodada.

Los *films* correspondientes a (B:1) y (Hw:15) se aplicaron mediante aporte de calor (*hot-melt*) hasta llegar a la Tg correspondiente de cada material, (B:1) a 53°C y (Hw:15) a 30°C¹⁴⁷ con la ayuda de una espátula caliente (Fig. 57 y 58) y polimerizaban bajo presión homogénea durante un tiempo aproximado de 2 h.

Mientras que los *films* adhesivos de (P:1) y (K40:10) se adhirieron mediante el sistema de regeneración (*tack-melt*). Se aplicaba alcohol etílico con pincel durante 5" (Fig. 59 y 60), y una vez conseguido el *tack*¹⁴⁸ se aplicaba y curaba bajo presión durante 24 h.

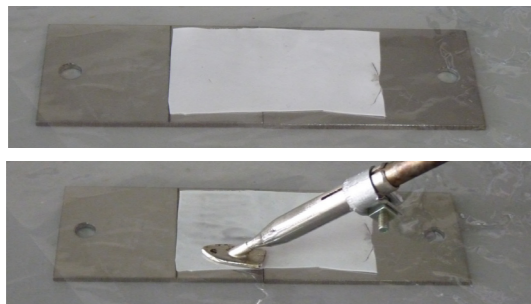


Fig. 57 y 58: Aplicación *film* con calor.

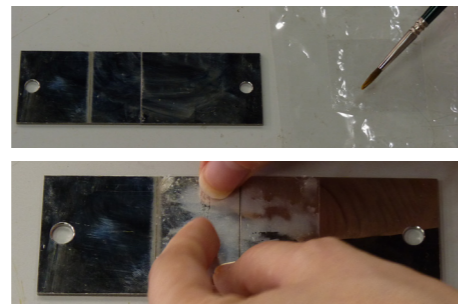


Fig. 59 y 60: Aplicación *film* por regeneración.

El proceso consistió en ubicar en la estación de ensayos las muestras ya preparadas y posteriormente colocar el peso establecido (1kg) midiendo el tiempo que tarda en deformar o romper el *film* adhesivo (Fig. 61).

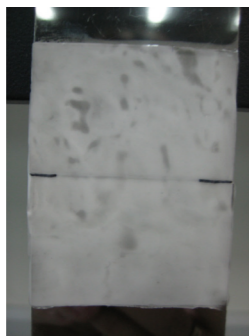
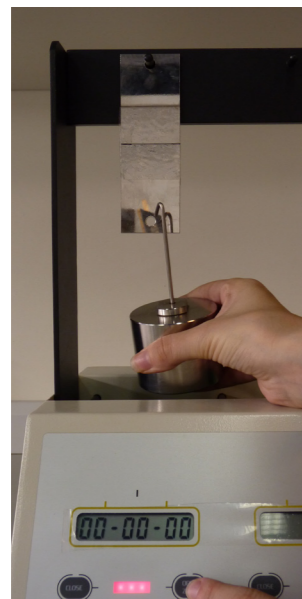


Fig. 62: Detalle líneas de control.

Fig. 61: Proceso de ensayo: ubicación carga.

De forma que aquellos adhesivos que muestran tiempos inferiores se caracterizarían por una cohesión débil, mientras que aquellos que muestran tiempos largos, demostraría poseer una fuerza cohesiva elevada.

Otro factor que se tuvo en cuenta fue el tipo de deformación o ruptura del *film*, partiendo de la idea que los mejores resultados son aquellos que rompen o se deforman en la zona central. Para valorarlo, se realizaron unas marcas en los laterales de la muestra adhesiva (Fig. 62).

¹⁴⁷ El dato se ha obtenido teniendo en cuenta la Tg característica de este tipo de materiales de base vinílica acuosa.

¹⁴⁸ Se entiende como *tack* a la temperatura a la que la película de un adhesivo adquiere pegajosidad. MARTÍN, S. (2012): Op. cit. p.41

Para poder establecer una media y obtener el valor final de cohesión de cada *film* adhesivo, se aceptaron tiempos de diferencia entre cada una de las muestras no superiores a 15-20 minutos. Al igual que se indicó un límite (20 h.) a partir del cual se dejó de estudiar, entendiendo que aquellos materiales que superen este tiempo, presentan un elevado valor de cohesión y por tanto, una fuerza interna del adhesivo alta.

Este ensayo se realizó también con *films* envejecidos para comprobar y comparar los resultados tanto antes como después del envejecimiento acelerado.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

BEVA 371®/ LIGROINA (1:1)

Se realizaron tres ensayos con muestras sin envejecer y los resultados fueron muy similares. Las tres muestras presentaron valores de cohesión muy altos (+20 h.) y no mostraban ningún efecto de deformación y ruptura. Esto quiere decir que el *film* adhesivo tiene una fuerza interna muy elevada.

Mientras que en el caso de las muestras envejecidas, también han presentado valores de cohesión muy altos (+20.) pero la diferencia es que en este caso, si se puede observar a partir de 2h. aprox. un deslizamiento del *film*, deformándose ligeramente (Fig. 64).

Estos resultados muestran como este adhesivo presenta una adhesión y resistencia óptima tras su aplicación, pero que con el *film* envejecido va perdiendo sus propiedades cohesivas y adhesivas.

Fig. 63: Fase inicial.
Fig. 64: Detalle separación *film*

PLEXISOL P550®/WS (1:1)

Los resultados obtenidos de las muestras sin envejecer caracterizan este material como un *film* plástico con una fuerza interna baja, donde muestra valores de cohesión bajos (4' 29"") (Fig. 65 y 66).

Tras ubicar la carga, se produce una ligera deformación (Fig. 65) durante aprox. 2' hasta romper rápidamente el *film* adhesivo. La ruptura se produce por la zona central.


En cambio, los ensayos realizados con las muestras envejecidas, ha dado resultados diferentes, mejorando ligeramente la fuerza interna del adhesivo y presentado valores de cohesión más altos. (15' 75").

De modo que la adhesión realizada ha mejorado con el *film* adhesivo envejecido, resultando ser más resistente.

En ambos casos, los *films* adhesivos alcanzan su valor máximo (tensión máxima) hasta que finalmente rompe.

Fig. 65: Fase inicial.
Fig. 66: Detalle deformación *film*.

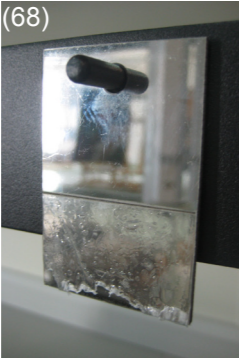
PVA K 40® AL 10% ACETONA



(67)

En este caso, los resultados obtenidos con los *films* antes y después de envejecer han supuesto un cambio importante, pudiéndose observar un aumento en la fuerza interna de adhesivo y presentando valores muy altos tras el envejecimiento.

Los resultados obtenidos de las muestras sin envejecer muestran valores de cohesión muy bajos (20"). Tras ubicar la carga, rompe directamente el *film* adhesivo. La ruptura se produce por la zona central.



(68)

En cambio, los ensayos realizados con las muestras envejecidas, ha dado resultados diferentes, mejorando la fuerza interna del adhesivo y presentado valores de cohesión muy altos en comparación con los datos iniciales (53'16")

Los resultados son similares a (P:1), siendo el *film* adhesivo envejecido más resistente y más adhesivo con el paso del tiempo.


Fig. 67: Fase deformación *film*
Fig. 68: Detalle final.

Esto puede ser un inconveniente para facilitar la reversibilidad del tratamiento a largo plazo ya que aumenta su cohesión y adhesión al sustrato de refuerzo en lugar de facilitar su retirada.


También, al igual que los *films* de (P:1), los *films* de (K40:10) alcanzan su valor máximo (tensión máxima) hasta que finalmente rompen.(Fig. 67 y 68)

PVA HEWIT® M 218 AL 15% H₂O


Los resultados obtenidos han sido totalmente diferentes con *films* sin envejecer y *films* envejecidos.



(69)



(70)



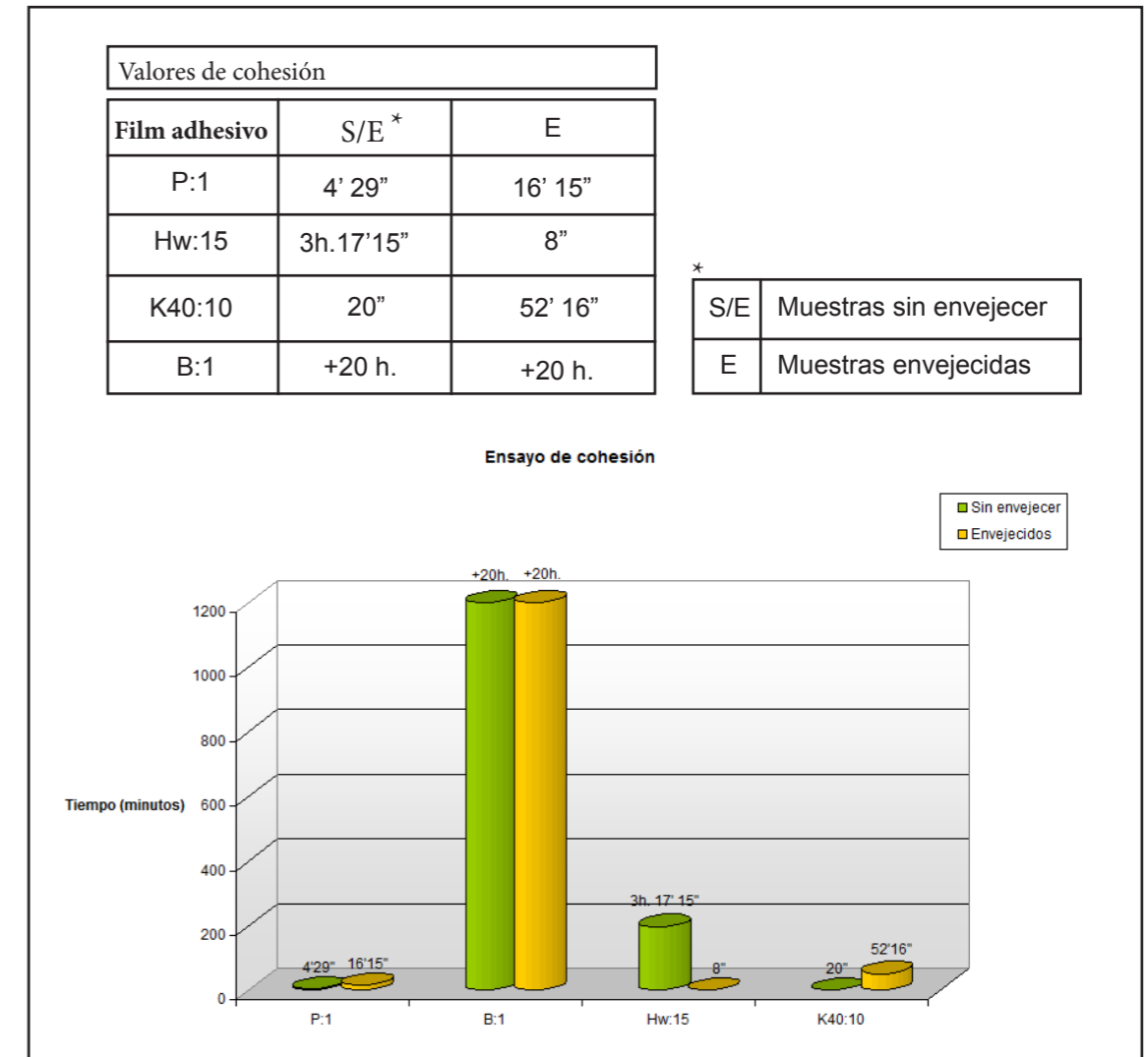
(71)

Los primeros han mostrado ofrecer una cohesión muy elevada y una fuerza interna del adhesivo óptima (3h. 16' 48"), incluso mostrando la flexibilidad característica de este material al no romper el *film* adhesivo (Fig. 99 y 100). Una vez se aplica la carga, el *film* se va deformando poco a poco hasta llegar a su límite elástico (Fig. 69).

Mientras que los *films* envejecidos han mostrado un valor de cohesión y una fuerza interna muy bajo (8"). En este caso, tras poner la carga, el *film* adhesivo se ha deslizado sin llegar a romper, separándose del adherente. (Fig. 70 y 71), de modo que la adhesión creada era muy débil.

A diferencia de los *films* de K40:10, los resultados obtenidos son los más idóneos, ya que el *film* van perdiendo su cohesión y adhesividad al envejecer.

Fig. 69: Deformación *film*.
Fig. 70 y 71: Separación *film*.



Conclusiones ensayo de cohesión o shear

Como muestra la gráfica, los *films* adhesivos que mejores resultados han ofrecido han sido (B:1) y (Hw:15) ya que presentan valores de cohesión elevados y por tanto una fuerza interna adecuada para un tratamiento de consolidación, pero tras el envejecimiento, van perdiendo poco a poco esa cohesión interna del adhesivo, perdiendo su resistencia y su adhesividad, lo cual facilitaría el carácter reversible del tratamiento. Mientras que (P:1) y (K40:10) ofrecen resultados totalmente diferentes, mostrando valores de cohesión y resistencia del *film* adhesivo muy bajos. Tras el envejecimiento, aumenta la cohesión y adhesividad.

Los *materiales* que peores resultados han ofrecido son aquellos que se han aplicado mediante el método de regeneración, consiguiendo en primer momento una cohesión interna y adhesión del sustrato muy débil y posteriormente, aumentado ese valor.

Resulta relevante destacar que los *films* adhesivos que mejores resultados han ofrecido han sido aquellos que se han aplicado mediante calor ofreciendo grados de cohesión más aceptables, (B:1) con un valor de +20h., y (Hw:15) con un tiempo de 3h. 17' 15" frente a (P:1) con un valor de 4' 29" y (K40:10) con un tiempo de 20".

Este ensayo se realizó posteriormente al ensayo de dureza para interrelacionar la dureza de un material con su cohesión interna, ya que aquellos adhesivos que presentaban mayor dureza (P:1) y (K40:10) se rompían directamente (tensión máxima), mientras que en el caso de (Hw:15), uno de los adhesivos más flexibles, su deformación era pronunciada, sin llegar a romper en la mayoría de los casos.

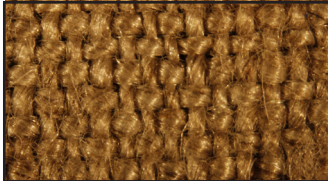
5.3 FASE II DE ESTUDIO : REMUESTREO Y REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE TRACCIÓN.

Una vez estudiado el comportamiento de los *films* adhesivos, es importante conocer sus características físico-mecánicas una vez adherido al sustrato. Por ello, en esta fase se van a analizar las propiedades mecánicas y elásticas mediante ensayos de tracción del tejido seleccionado sin tratar y posteriormente, del tejido tratado para comparar el grado de adhesión logrado y su resistencia. Para ello, es importante la elaboración de probetas ficticias ya que es un tipo de ensayo destructivo.


5.3.1. Preparación de muestras y metodología de ensayo

La segunda batería de probetas consistió por un lado en analizar muestras de tejido sin reforzar y probetas textiles consolidadas con *films* adhesivos.

El tejido seleccionado es lino 100% natural con una trama cerrada tomando siempre como referencia los hilos verticales de trama. Se realizaron un total de 10 probetas de tela sin reforzar y 40 con adhesión de *films* adhesivos.

	Características tejido de ensayo			
	Tejido	Trama/Ligamento	Densidad Hilos cm ²	Color
	L i n o natural	Tafetán	33x35	Marrón

Y los adhesivos seleccionados fueron los siguientes:

	Materiales adhesivos de ensayo	
	Mezclas adhesivas	Método de aplicación
(B:1)	HOT-MELT	
(Hw:15)		
(P:1)	TACK-MELT	
(K40:10)		

Los cuatro *films* adhesivos seleccionados pueden aplicarse mediante calor, pero en el caso de (P:1) y (K40:10) se optó estudiarlos mediante aplicación por regeneración con disolventes, buscando un método en frío que evite el aporte de calor al tratamiento planteado.

Todas las muestras deben tener la forma de Alterio¹⁴⁹ (Fig. 72 y 73) como especifica la normativa de calidad española UNE 53-510-85 (AENOR) para la realización del ensayo de tracción.

¹⁴⁹ También conocido como haltera o doble campana. BENAVENTE, R (2011): *Ensayo de tracción: efecto del grado de cristalinidad. Materiales poliméricos amorfos y semicristalinos*. Proyecto CYTED, CSIC.

Constan de un cuerpo central y dos cabezas laterales (de mayor anchura que la región central) las cuales sirven de zona de sujeción al dinamómetro.¹⁵⁰

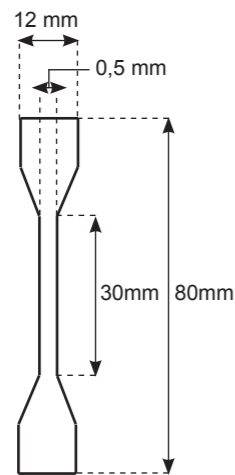


Fig. 72: Dimensiones y características de alterio.

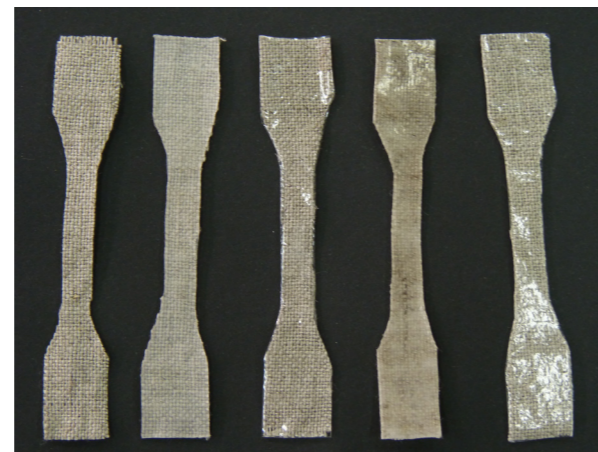


Fig. 73: Muestras alterio de diferentes probetas testadas.

El tipo de unión realizado es acodada, donde el propio *film* adhesivo genera la interfase mediante la cual se adhiere a la superficie porosa de la fibra textil. Según los Modelos de Adhesión¹⁵¹, este tipo de diseño realizado se explica mediante el modelo de adhesión mecánica (la primera y más antigua de las teorías de adhesión) donde explica que la unión de dos sustratos se consigue mediante la penetración del adhesivo por los poros y rugosidades de la superficie. Y la adhesión mejora cuando se tiene en cuenta:

- Distribución uniforme de los esfuerzos en toda el área de forma que se cree múltiples puntos de contacto entre las cadenas del polímero y la superficie del sustrato:¹⁵² la aplicación del *film* adhesivo debe ser homogénea en toda la superficie, con la misma presión ejercida en todos los puntos del área de unión.
- Penetración del adhesivo en los poros o heterogeneidades del sustrato (Capilaridad): dependiendo del tipo de *film* y de la metodología de aplicación se conseguirá una penetración media o superficial.
- Eliminación de contaminantes y capas débiles de la superficie: es importante la limpieza previa de la superficie para evitar realizar una mala adhesión.¹⁵³
- Creación de fuerzas de adhesión (*Van der Wals...*): este tipo de fuerzas dependerá del tipo de polímero y sus propiedades.

¹⁵⁰ En España las probetas más utilizadas son las representadas en la fig.72. En Francia y Bélgica se usa la misma ley de semejanza que en España, mientras que en Alemania, Italia, Inglaterra y EEUU utilizan otra normativa. COCA, P Y ROSIQUE, J (1992) Op. Cit. p.260

¹⁵¹ Mecanismos que se encargan de explicar las causas por las que se realiza la adhesión entre dos materiales. MARTÍN, J.M: (2013): "Fundamentos de la Adhesión", Jornadas UPV.

¹⁵² El tipo de topografía superficial en la superficie de un sustrato determina los niveles de adhesión que se obtienen. Íbidem.

¹⁵³ Relacionado directamente con el Modelo de las capas débiles de Rotura.Íbidem.

Aplicación de los materiales

Los *films* adhesivos correspondientes a (B:1) y (Hw:15) se aplicaron mediante aporte de calor (*hot-melt*) hasta llegar a la Tg correspondiente de cada material, (B:1) a 53°C y (Hw:15) a 30°C con la ayuda de una espátula caliente (Fig. 74 y 75) y polimerizaban bajo presión homogénea durante un tiempo aproximado de 2 h. Mientras que los *films* adhesivos de (P:1) y (K40:10) se adhirieron mediante el sistema de regeneración (*tack-melt*). Se aplicaba alcohol etílico con pincel durante 5", y una vez conseguido el *tack* (pegajosidad) se aplicaba y curaba bajo presión en la minimesa de succión durante 30 min (Fig. 76)

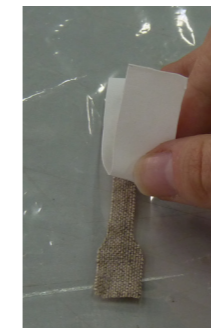


Fig. 74 y 75: Consolidación con (B:1)

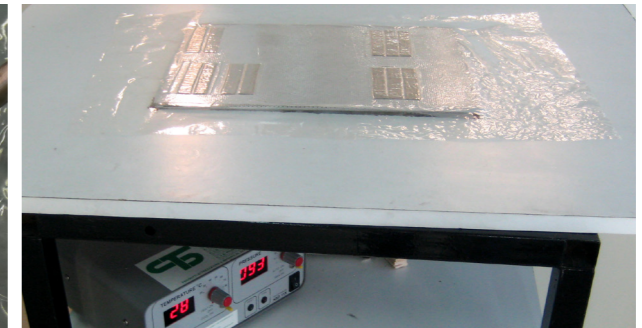
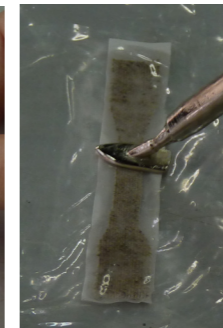


Fig. 76: Consolidación en la minimesa de succión.

Las probetas realizadas seguían el mismo patrón, de forma que se repitieron los mismos pasos durante su elaboración para poder establecer resultados comparativos y similares: tiempo de curado, presión ejercida...

A continuación, se puede observar visualmente el resultado de la consolidación realizada con los diferentes *films* pudiendo destacar grado de penetración y efecto óptico generado.

Desde el punto de vista de la consolidación, se puede observar como el *film* que consigue mayor penetración a simple vista es el *film* de (B:1) (Fig. 80), mientras que el resto consiguen una consolidación más superficial. Mientras que por lo que se refiere ópticamente, destaca el *film* blanquecino de (Hw:15) (Fig. 79) y el *film* de (K40:10) (Fig. 78) consiguiendo una tonalidad más oscura y amarilla comparándolo con la transparencia de (P:1) (Fig. 77).



Fig. 77: Detalle consolidación con (P:1) (aumento 1X con lupa binocular)



Fig. 78: Detalle consolidación con (K40:10) (aumento 1X con lupa binocular)



Fig. 79: Detalle consolidación con (Hw:15) (aumento 1X con lupa binocular)

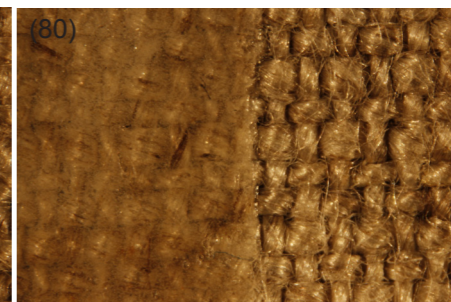


Fig. 80: Detalle consolidación con (B:1) (aumento 1X con lupa binocular)

Una vez obtenidas todas las muestras, la mitad (25 probetas) se sometieron a envejecimiento artificial acelerado (aprox. 100 años) mediante 4 ciclos continuos de 30' comenzando con una temperatura de 20°C y una HR del 65%, que fue variando ciclo a ciclo durante el tiempo programado. Para ello se empleó la cámara climática de envejecimiento (DYKOMETAL) durante 72 h.

Hay que tener en cuenta que la acción del agua y calor sobre la celulosa del tejido puede debilitarla de forma que el tejido pierde sus propiedades mecánicas.

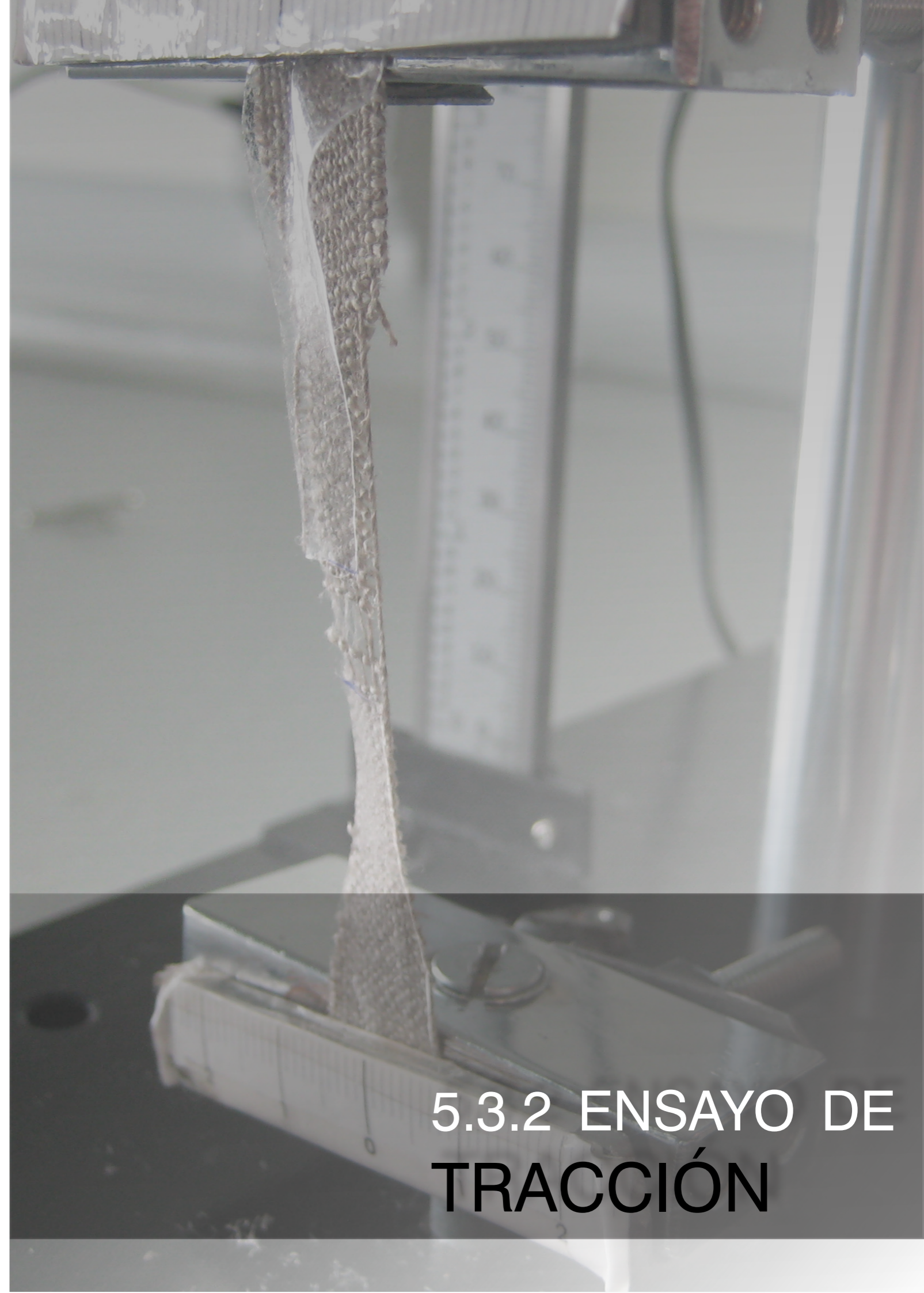
Los materiales con presencia de celulosa mantienen su equilibrio en condiciones ambientales de 45-65% de humedad relativa manteniendo su flexibilidad, mientras que en condiciones por debajo del 30% de humedad relativa durante un tiempo prolongado, puede generar desecación y deshidratación del tejido ya que la mayor parte del agua contenida en los poros evapora provocando así la pérdida de flexibilidad.¹⁵⁴

Este hecho está íntimamente ligado a la acción de la temperatura, ya que puede generar la deshidratación del tejido y la ruptura de la cadena polimétrica de la celulosa, volviendo el material frágil, rígido y débil.¹⁵⁵

Teniendo en cuenta estos aspectos, se podrá valorar la resistencia de la unión adhesiva a corto y a largo plazo comparando las probetas sin envejecer y las que han sido envejecidas.

¹⁵⁴ TIMAR-BALAZSY, A Y EASTOP, D (1998): Op. cit. p. 23.

¹⁵⁵ Ibidem. p 27



5.3.2 ENSAYO DE TRACCIÓN

Los ensayos de tracción estudian el comportamiento mecánico de un material sometido a un esfuerzo-deformación de tracción (Fig. 81). La probeta se alarga a lo largo de su eje principal, a una velocidad constante, hasta llegar a la rotura o hasta que el esfuerzo (carga) o la deformación (alargamiento) haya alcanzado un valor determinado. Por tanto se mide la carga soportada por la probeta y el alargamiento de ésta.¹⁵⁶

El objetivo de este estudio es observar la resistencia del *film* adhesivo tras su aplicación al soporte a tratar para observar su comportamiento mecánico tras un esfuerzo máximo de tensión. Con ello, se podrá valorar la unión adhesiva en relación al tipo de material empleado y su metodología de aplicación.

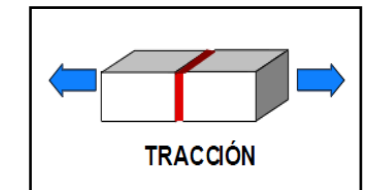
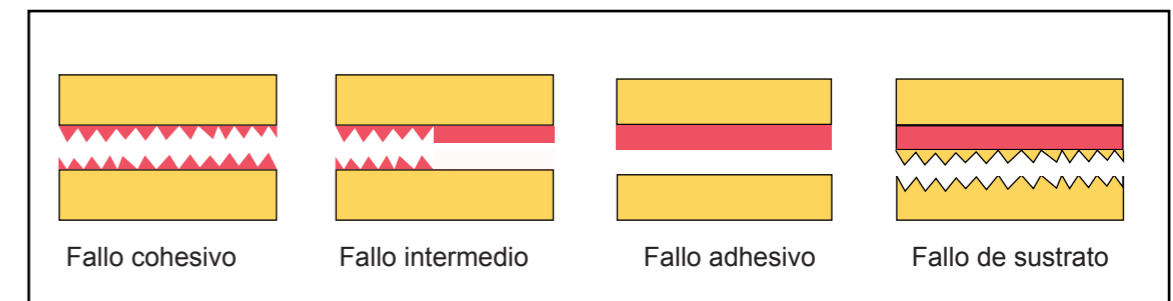


Fig. 81: Esfuerzo en tracción.

Otro aspecto que se va a poder analizar es la flexibilidad del *film* en relación al sustrato a reforzar, ya que en ningún caso debe prevalecer la fuerza del material adhesivo frente al soporte a tratar.

Para poder valorarlo, se tuvo en cuenta los diferentes tipos de fallos que pueden sufrir las uniones adhesivas, siendo la más deseable el tipo de fallo adhesivo, y la menos deseable el tipo de fallo cohesivo o de sustrato ya que supondría que la fuerza del material es superior al soporte a tratar.



Se realizó el testado del tejido sin tratar y posteriormente del tejido una vez consolidado con los *films* adhesivos, de forma que así se pueden obtener datos comparativos en cuanto a la resistencia de las fibras tras su consolidación.¹⁵⁷ Al igual, que se analizó este aspecto con muestras envejecidas para observar el comportamiento con el paso del tiempo.

El esfuerzo se llevó a cabo mediante un dinamómetro (PCE-FM1000) (Fig. 82) con célula dinamométrica externa e interfaz RS-232 para la transmisión de datos. Se obtuvieron valores de fuerza de tracción y de compresión con un rango de medición de 100 kg / 981 newtons. El indicador de datos se caracteriza por una pantalla LCD digitalizada con una precisión de $\pm 0,5\% + 2 \text{ dgts} / \pm 5 \text{ N}$.

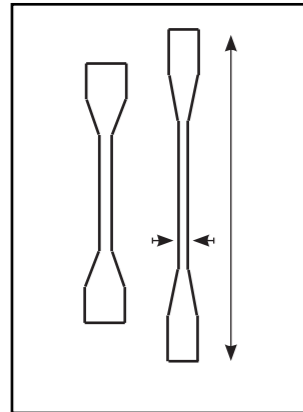


Fig. 82: Dinamómetro.

¹⁵⁶BENAVENTE, R (2011): Op. cit.

¹⁵⁷Estudio de tracción de telas impregnadas y libres de cera resina para comprobar los efectos de trama, urdimbre y ambas a 45°. Donde se mostró como la impregnación aumentaba la resistencia del tejido. HEDLEY, G (1975): "The effect of beeswax/resin impregnation on the tensile properties of canvas", pp. 17-20.

Tras un esfuerzo de tracción axial constante, las probetas experimentan una serie de deformaciones en cuanto a su longitud (aumentándose) y su sección (disminuyendo) que se caracteriza por deformación longitudinal (alargamiento unitario) o transversal (contracción transversal unitaria) (Fig. 83).¹⁵⁸



Al igual que en los anteriores ensayos, en esta ocasión hay una serie de aspectos a tener en cuenta para poder obtener datos comparativos, como son las características de las muestras (forma y dimensiones) y la carga soportada en cuanto a la velocidad, que debe ser constante.

En esta ocasión, al ser un dinamómetro de tipo manual se tuvo en cuenta la velocidad necesaria para conseguir tensión máxima (10-15 segundos) y la carga soportada en relación a la distancia/N (10-15 mm).¹⁵⁹

Fig. 83: Proceso de alargamiento y contracción transversal sufrida tras el ensayo de tracción.

La metodología llevada a cabo consistió en ubicar las muestras en la máquina de ensayo, buscando el eje central y posteriormente, ejercer de forma constante la carga-esfuerzo hasta obtener el valor máximo de resistencia representada en *newtons*.¹⁶⁰

Al igual que en el ensayo de cohesión, se realizó una marca central en cada una de las muestras para observar por donde se producía la rotura, siendo el centro la más deseable.

Se realizaron una media de cinco repeticiones del mismo ensayo, con las que obtener datos de media, que nos permitiesen establecer márgenes de error.

A continuación, los resultados obtenidos:



Las muestras de tejido sin tratar muestran resultados similares en todas las probetas, tanto envejecidas como sin envejecer. Tras recibir tracción, el tejido se desfibra hasta llegar a la ruptura. Ésta se produce de forma generalizada en la zona central de la probeta, variando ligeramente de unas a otras, aproximadamente 0,5 cm de la marca central.

La principal diferencia es la fuerza necesaria, siendo lógicamente menos resistente el tejido una vez envejecido.

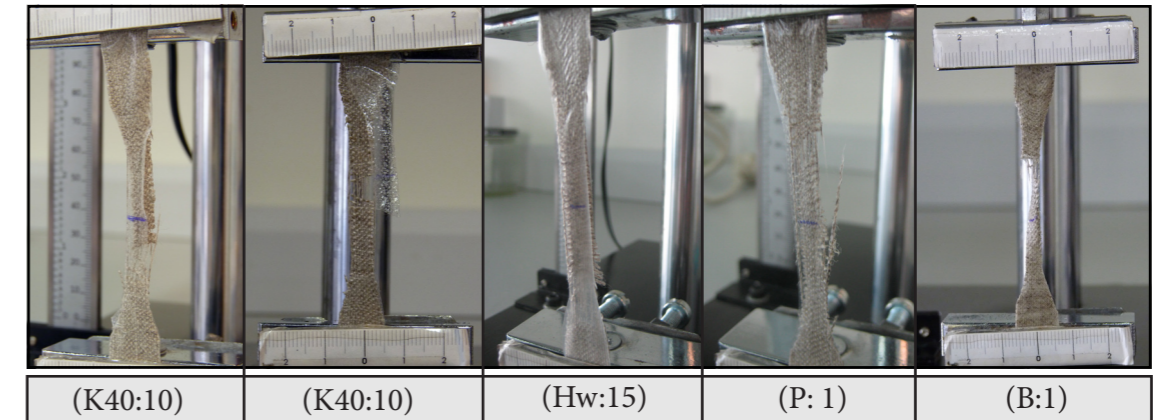
En el caso de las muestras de tejido ya consolidados con los diferentes materiales, se puede observar como:

Las muestras consolidadas con (Hw:15), (P:1) y (K40:10) presentan un resultado similar al tejido sin tratar. Tras recibir tracción, el tejido se va desfibrando hasta romper, pero el *film* adhesivo no. En cambio, las muestras con (B:1) rompen sustrato/*film* adhesivo al mismo tiempo.

¹⁵⁸ COCA, P Y ROSIQUE, J (1992): Op. Cit. p. 255.

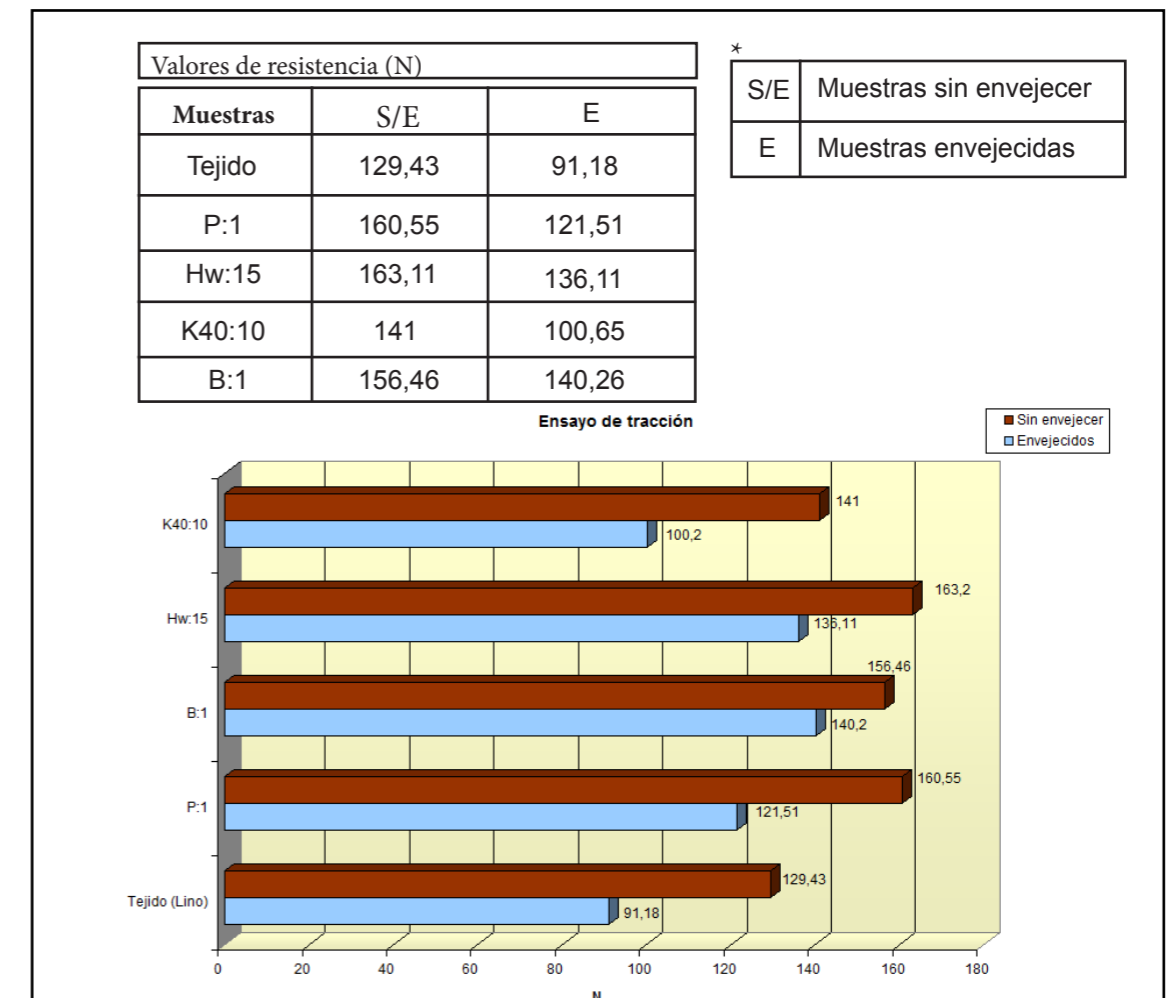
¹⁵⁹ En el caso de un dinamómetro digital, el esfuerzo se realiza de forma constante mediante un generador con un sistema de medida informático permitiendo controlar la velocidad del esfuerzo y obteniendo registros y datos informáticos.

¹⁶⁰ En el Sistema Internacional, la unidad de Fuerza es el Newton (N) y la unidad de Esfuerzo es el Pascal (Pa) y su cálculo es 1Pascal=1 Newton/m² MECKLENBURG, M. y FUSTER, L. (2011-2012): Op. cit. p. 6.



Por otro lado, las muestras envejecidas, pierden sus propiedades volviéndose el *film* adhesivo más quebradizo y friable. Por tanto tras recibir una fuerza, a parte de fallo de sustrato, el material plástico si llega a romper, y en algunas ocasiones a separarse del tejido provocando fallo adhesivo. La ruptura se produce en todas las muestras de forma generalizada también en la zona central de la probeta, variando 0,5 cm y en algunas ocasiones de forma puntual, rompe en la zona inferior o superior de la muestra.

Al igual que ha ocurrido en el tejido sin tratar, las muestras consolidadas que fueron envejecidas requieren de una menor fuerza para provocar la ruptura, siendo una consolidación menos resistente.



Conclusiones del ensayo de tracción

Tras realizar los diferentes ensayos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar, se puede apreciar como las muestras de tejido que han sido envejecidas, al perder sus propiedades y volverse más frágiles y friables, requieren de menor carga para provocar su rotura. Siendo necesaria 129,43 N para romper el sustrato en su inicio y posteriormente, tras su envejecimiento, 91,18 N.

Los datos son relativamente altos debido a que el tejido seleccionado posee una densidad alta y se caracteriza por tener un tramado cerrado.

Estos resultados muestran como la acción de la temperatura y de la humedad en el tejido vuelve más friable el material siendo más fácil su deterioro.

En segundo lugar, tras realizar los ensayos de las muestras consolidadas, se puede apreciar como:

1) Todas las muestras de tejido que han sido tratadas muestran valores altos de resistencia, siendo necesaria una carga superior a la ejercida únicamente con el tejido (129,43 N):

Los *films* que mejores resultados han ofrecido han sido (Hw:15) con 163,11 N y (P:1) con 160,55 N, aumentando el primero la resistencia a la rotura en relación al tejido un 33,63 % y el segundo un 31,12 %.

Mientras que en el caso de (B.1) se requiere de 156,46 N para provocar la ruptura, aumentando su resistencia a 27'03% y por último, las muestras consolidadas con (K40:10) con una carga de 141 N, aumentando tan solo un 11,57%.

2) Posteriormente, tras ser sometidas a envejecimiento artificial, se puede observar de forma generalizada como los *films* con el paso del tiempo pierden sus propiedades adhesivas y el nivel de consolidación es menor disminuyendo la fuerza necesaria para romper el sustrato:

Aquellos *films* adhesivos que han perdido mayor grado de adhesividad han sido los *films* que se han aplicado mediante regeneración. En el caso de (K40:10), pierden un 40,35% de consolidación tras su aplicación, siendo necesaria en un inicio una fuerza de 141 N y disminuyendo tras su envejecimiento a 100, 65 N. Mientras que (P:1) pierde un 39,04%, pasando de 160,55 N a 121,51 N.

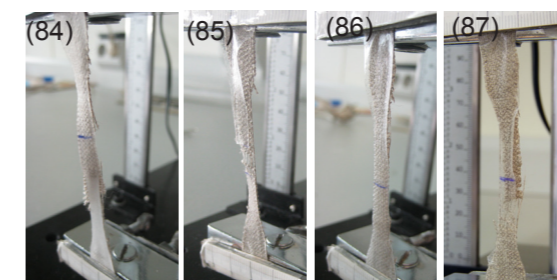
En el caso de las muestras consolidadas mediante aplicación de calor, la pérdida de consolidación es menor, destacando las muestras consolidadas con (B:1) perdiendo únicamente un 16,2% de adhesividad, siendo necesaria en origen una fuerza de 156,46 N y tras su envejecimiento, 140,26 N. Y seguidamente, (Hw:15) perdiendo un 27% de consolidación con una fuerza inicial de 163,11 N y posteriormente 136,11 N.

En la siguiente tabla se puede apreciar de forma más esquemática, como aquellos *films* adhesivos que mayor grado de consolidación habían conseguido en un inicio, tras un envejecimiento artificial, sufren mayor pérdida de adhesividad, y al contrario, destacando los casos de (P:1) y (B:1). Mientras que el *film* adhesivo de (K40:10) no sufre cambio alguno, siendo entre todos los adhesivos, el que menor grado de consolidación ha logrado.

Sin envejecer	Envejecidas
Tejido (129,43 N)	Tejido (91,18 N)
1. Hw:15 (163,11 N)	1. B:1 (140,26 N)
2. P:1 (160,50 N)	2. Hw:15 (136,11 N)
3. B:1 (156,46 N)	3. P:1 (121,51N)
4. K40:10 (141 N)	4. K40:10 (100,65 N)

Otro aspecto a valorar es el tipo de comportamiento del propio *film* tras ser sometido a una carga máxima y el nivel de penetración del mismo. Por ejemplo, las muestras consolidadas con (B.1), al poseer una penetración mayor, no ha sufrido fallo adhesivo, rompiendo al mismo momento sustrato/adhesivo.

En cambio, aquellas muestras consolidadas con (P:1), (Hw:15) y (K40:10), se puede observar como en la mayoría de los casos, tras conseguir la fuerza máxima, el sustrato rompe dando lugar a fallo de sustrato, mientras que el propio *film* no llega a romper. Este resultado podría suponer que la consolidación aportada es demasiado fuerte y por tanto, no es conveniente su empleo para tratamientos de consolidación de soporte textil. Otro motivo vendría determinado de la capacidad elástica del material adhesivo y su *Módulo de Young*, muy diferente al del soporte textil al que se adhiere.¹⁶¹



A diferencia de las muestras envejecidas que aportan resultados diferentes, ya que el *film* se vuelve más quebradizo y en lugar de deformarse hasta llegar a su límite elástico (Fig. 84), se produce la rotura del *film* (Fig. 85).

Fig. 84: Deformación film Hw:15
Fig. 85: Ruptura film P:1
Fig. 86 y 87: Fallo adhesivo.

De igual forma, además de fallo de sustrato, en otras probetas existe también fallo adhesivo, ya que tras la ruptura de la fibra textil, se produce la separación del *film* adhesivo del sustrato (Fig. 86 y 87). Lo que indica que la consolidación obtenida no es excesivamente fuerte.

Y por último, se puede observar como en el caso de las muestras consolidadas con Hw:15, P:1 y K40:10, tras someterse a una fuerza continua, el material plástico alcanza su límite elástico llegando a provocar su deformación plástica (Fig. 87 y 88)

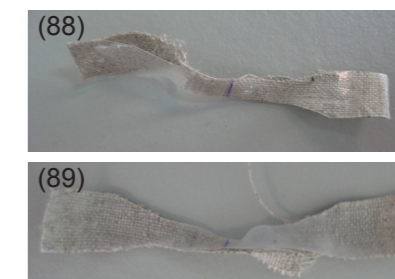


Fig. 87: Muestra P:1.
Fig. 88: Muestra Hw:15

¹⁶¹ Dependiendo del tipo de tejido y su composición, el grado de fuerza y flexibilidad puede variar. Además, los cambios estructurales que pueda sufrir influye directamente en su resistencia a la tracción y flexibilidad. BERGER, G. y ZELIGER, H. (1973). Op. cit. pp. 43-65.

VI. CONCLUSIONES

La finalidad de esta investigación ha sido la búsqueda de una alternativa al actual tratamiento de impregnación con el fin de buscar una metodología de aplicación más respetuosa con la obra y el medio ambiente.

Tras analizar los resultados obtenidos en este estudio, se ha podido verificar que sí es posible la consolidación del soporte textil mediante la aplicación de adhesivos tipo *film*, diferenciando dos niveles de penetración y permitiendo un mayor control de la impregnación adhesiva aportada.

- En cuanto a los resultados obtenidos de la medición de pH de las diferentes mezclas adhesivas, en general, todos los *films* muestran valores ligeramente ácidos, destacando (B:1) con pH 5 y (Hw:15) con pH 5,41, siendo un factor importante a la hora de consolidar un tejido para evitar su deterioro. Mientras que (P:1) y (K40:10) presentan mejores resultados con un pH de 6 siendo los más adecuados para tratamientos de consolidación de soportes textiles.
- Una vez realizado el ensayo de dureza, los materiales estudiados muestran diferentes resultados, siendo los *films* de (B:1) con un valor de 32,46 y (Hw:15) con un valor de 29,2 los adhesivos más flexibles. Mientras que los que presentan un mayor rango de dureza son (P:1) con un valor de 71,96 y (K40:10) con 73,43.
- Tras ser sometidos a envejecimiento, los adhesivos que mantienen su flexibilidad son los mismos que en un inicio, (B:1) aumenta su dureza tan sólo 0,97% con un valor de 33,43 y (Hw:15) un 7,9% aumentando su rango de dureza hasta 37,1. En cambio, tanto (P:1) como (K40:10) aumentan su valor inicial de forma sustancial, volviéndose más duros con el paso del tiempo. En el caso de (P:1) aumenta un 15'27% su valor inicial hasta conseguir 87,23, mientras que el adhesivo que peor comportamiento ha sufrido ha sido (K40:10) aumentando un 24,36% su dureza consiguiendo un valor de 97,8.
- Aquellos *films* adhesivos que han presentado valores negativos de pH, (B:1) y (Hw:15) son los mismos que muestran una alta flexibilidad. En cambio, los adhesivos más duros (K40:10) y (P:1) muestran un pH cercana a la neutralidad.
- Los *films* adhesivos que han mostrado poseer una fuerza interna elevada han sido en primer lugar, (B:1) con un tiempo de +20h. seguido de (Hw:15) con un valor de 3h. 17' 15". Mientras que los *films* adhesivos que han mostrado poseer una cohesión débil han sido (K40:10) con un tiempo de 16' 15" y en última posición, (P:1) con tan sólo 4' 29".

- Los *films* adhesivos aplicados mediante calor muestran valores altos de cohesión interna en un inicio disminuyendo tras su envejecimiento lo que facilitaría el carácter reversible del tratamiento. En el caso de (Hw:15) pasa de un valor inicial de 3h. 17" 15" a 8". En cambio, los *films* aplicados mediante regeneración aumentan de forma considerable el valor inicial de fuerza interna del adhesivo tras el envejecimiento. El *film* adhesivo de (P:1) aumenta hasta 16' 15" y (K40:10) aumenta hasta 52' 16".
- Al igual que aquellos *films* que mostraban valores de dureza elevados (P:1) y (K40:10) tras ser sometidos a una carga, la ruptura del *film* se ha producido tras alcanzar su tensión máxima, mientras que los adhesivos más flexibles, específicamente (Hw:15), no llega a romper, provocando una deformación hasta llegar a su límite elástico.
- Todos los refuerzos realizados con los diferentes *films* muestran valores de resistencia a la tracción elevados, siendo necesario una carga superior a la empleada únicamente con el tejido (129,43 N) sin tratar. Por tanto, se puede decir que, se ha conseguido consolidar el tejido a diferentes niveles de penetración, y con ello, de consolidación, siendo en un inicio los *films* adhesivos que mayor fuerza han presentado los realizados con (Hw:15) con un valor de 163, 11 N y (P:1) con 160,55 N.
- En cuanto a los refuerzos envejecidos, se ha producido de forma general un debilitamiento de los materiales adhesivos, y por tanto, disminuyendo la fuerza necesaria y su resistencia a la tracción, destacando los *films* aplicados mediante calor (B.1) con un valor de 140, 26 N y (Hw:15) con un valor de 136,11 N, los que han presentado menor pérdida adhesiva.
- Los refuerzos realizados con (B:1) muestran fallo de sustrato, rompiendo al mismo tiempo sustrato/adhesivo debido a la penetración de éste. Mientras que en el caso de los refuerzos realizados de forma más superficial (Hw:15) y (P:1) y (K40:10) muestran fallo de sustrato y fallo adhesivo, siendo interesante observar el comportamiento del film antes de envejecer (deformándose hasta su límite elástico) y tras el envejecimiento (volviéndose quebradizo y rompiéndose).

Tras analizar las conclusiones anteriores, se pueden extraer las siguientes conclusiones finales:

- El método de impregnación de soporte textil aplicado con adhesivo en solución facilita la penetración del material adhesivo por el poro de la fibra dificultando su eliminación posterior y facilitando la rigidez de las fibras y la posible degradación del estrato pictórico.
- La aplicación de *films* adhesivos por el reverso del lienzo supone un método de intervención menos tóxico para el restaurador y el medio ambiente debido a la ausencia de disolventes en solución y su evaporación posterior de elementos volátiles.
- Teniendo en cuenta los diferentes sistemas de consolidación empleados a lo largo de la historia, los materiales y metodología empleada, la adhesión de *films* adhesivos es un sistema que intenta seguir el criterio de mínima intervención buscando una alternativa más controlable para el restaurador.

VII. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA

Por último y para finalizar, es importante recalcar que este estudio ha significado el inicio de una fase de investigación que buscaba una alternativa de aplicación más respetuosa al tratamiento de impregnación como método de consolidación de la fibra textil, y por tanto, sería conveniente seguir estudiándose con mayor detenimiento para poder establecer conclusiones más concretas.

Por ello, se proponen a continuación una serie de líneas de investigación futuras de las cuales partir para avanzar en el objetivo planteado:

- A lo largo del estudio, se ha podido realizar una serie de pruebas iniciales en la búsqueda de *films* adhesivos que se adecuaran al objetivo planteado, pero es conveniente seguir en esta misma línea de trabajo buscando nuevas formulaciones adhesivas con el fin de mejorar sus propiedades físico-mecánicas y otros aspectos, como puede ser la obtención de *films* adhesivos de tipo acuoso con el fin de evitar el uso de disolventes o evitar el uso de calor durante la aplicación.
- Hay otra serie de factores que a lo largo de este estudio se han ido valorando de forma parcial pero sería conveniente estudiarlo de forma más específica, como es un estudio en profundidad del grado de penetración del *film* adhesivo en el tejido y su futura reversibilidad, continuando estudios iniciados ya por otros investigadores.
- Estudiar el comportamiento de los *films* adhesivos sobre diferentes tipos de ligamentos y tejidos (algodón, lino, etc.) para obtener mayor información del tratamiento planteado.
- Analizar el comportamiento de los *films* adhesivos aplicados sobre tejidos con estrato pictórico (óleo, temple, encáustica, etc.) para observar el comportamiento en conjunto y su conservación futura.
- Aplicación de los materiales que mejores resultados han aportado en la conservación de pinturas sobre lienzo que así lo requieran.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

AAVV (1989): *Catálogo de obras restauradas 1982-1986*. Ed. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes culturales, Madrid.

AAVV (1995): "Indagine sugli effetti del consolidamento di supporti cellulosici tessili a diversi stadi di degradazione". *Kermes*, nº22, pp 11-17.

AAVV (2003): "Beva 371 and its use as an adhesive for skin and leather repairs: background and a review of treatments". *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 42, nº 2, pp. 341-362.

AAVV (2007): *Obras restauradas, 2005-2006*. Ed. Instituto Valenciano de Conservación y Restauración, Valencia.

AAVV (2008): "Aproximación al estudio de adhesivos para la consolidación y refuerzo de tejidos históricos: materiales y métodos". *Arché*, nº3, pp. 143-146.

BENAVENTE, R (2011): *Ensayo de tracción: efecto del grado de cristalinidad. Materiales poliméricos amorfos y semicristalinos*. Proyecto CYTED, CSIC.

BERGER, G. (1972): "Formulating adhesives for the conservation of paintings". *Conservation of paintings and the graphic arts: preprints of contributions to the Lisbon Congress, 9-14 October* pp. 613-629.

BERGER, G. (1972): "Testing adhesives for the consolidation of paintings". *Studies in conservation*, vol. 17, nº4. pp. 173-194.

BERGER, G. y ZELIGER, H. (1973): "Effects of Consolidation Measures on Fibrous Materials". *Bulletin of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, vol. 14, nº 1. pp. 43-65.

BERNARD, R. (1972): "A Poly (Vinyl Acetate) Heat- Seal Adhesive for Lining". *Conservation of paintings and the graphic arts: preprint of contributions to the Lisbon Congress, 9-14 October* pp. 631-635.

BOISSONNAS, P. y PERCIVAL-PRESCOTT, W. (1984): "Some alternatives to lining" Committee for Conservation, 7th. Triennial Meeting. Copenhagen: ICOM pp. 35-37.

BRIA JR., C. (1986): "The history of the use of synthetic consolidants and lining adhesives". Newsletter, (Western Association for Art Conservation), vol. 8, nº 1. pp. 7-11.

CANEVA, G.; NUGARI, M. P. y SALVADORI, O (2000): *La biología en la restauración*. Ed. Nerea, Sevilla.

CENNINI, C (1988): *El libro del arte*. Ed. Akal, Madrid.

CHEVALIER, A.; VOLLE, N. (2006): "From the 20th. to the 21th. Century: fundamental evolutions in canvases treatment" pp. 41-53

COCA, P. Y ROSIQUE, J. (1992): *Ciencia de los materiales: teoría, ensayos, tratamientos*. Ed. Pirámide, Madrid.

CONTI, A. (2005): *Storia del restauro e della conservazione delle opere d'arte*. Ed. Electa, Milano.

DE MAYERNE, T.; FAIDUTTI, M. y VERSINI, C. (1977): *Le Manuscrit de Turquet de Mayerne. Pictorja. Sculptorja and Quae Subalternarum Artium. 1620*. Editorial, Lion: Audin.

DOERNER, M. (1982): *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Ed. Reverté

DOWN, J.; MACDONALD, A; TÉTREAU, J y SCOTT, R (1996): "Pruebas de adhesivos en el Canadian Conservation Institute -Una evaluación de una selección de adhesivos acrílicos y de acetato de Polivinilo". Cuadernos sobre conservación (Studies in conservation), vol. 4, nº1. pp. 12-21.

EMILE-MALE, G. (1981): *Restauration des peintures de Chevalet*. Ed. Office du Livre, Fribourg.

EMILE-MALE, G. (2008): *Pour une histoire de la restauration des peintures en France*. Ed. Somogy : Institut national du patrimoine, Paris.

FIEUX, R. (1984): "Polymères de silicone dans le reintonage des peintures" Xe Congrès International Adhesifs et Consolidants, 2-7 Septembre, Paris, pp. 44-47

FUSTER, L. y MECKLENBURG, M. (2006): "Failure Mechanisms in canvas supported paintings: approaches for developing consolidation protocols". CESMAR7. The Care of Painted Surfaces. Materials and methods for consolidation, and scientific methods to evaluate their effectiveness. Proceedings of the Conference, 10-11 November, Milan, pp. 49-58.

GOMEZ, M.L. (2008): *La Restauración: Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Ed. Cátedra, Madrid.

HEDLEY, G. (1975): "The effect of beeswax/resin impregnation on the tensile properties of canvas". Proceedings of the ICOM Committee for Conservation, Venice, pp. 17-20.

HEDLEY, G. (1981): "The stiffness of lining fabrics: theoretical and practical considerations". Proceedings of the ICOM Committee for Conservation, Ottawa, pp 76-80.

HORIE, C.V (2000): *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. Ed. Butterworth-Heinemann, Oxford.

HOUWINK, R. Y SALOMON, G. (1978): *Adherencia y adhesivos. Vol I. Adhesivos*. Ed. Urmo, Bilbao.

HUERTAS, M. (2010): *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas: Volumen I. Soporte, Materiales y útiles empleados en pintura de caballete*. Ed. Akal, Madrid.

KATZ, B. (1985): "The quantitative testing and comparisons of Peel and lap/shear for Lascaux 360 H.V. and Beva 371" Journal of the American Institute for Conservation, vol. 24, nº 2. pp. 60-68.

LANDI, S. (1973): "Notes on the use of a vacuum hot-table for textiles". Studies in conservation, vol. 18, pp. 167-171.

MACARRÓN, A. M. (2002): *Historia de la conservación y la restauración: desde la antigüedad hasta el siglo XX*. Ed. Tecnos.

MADRID, M. (2002): *Tecnología de la adhesión*. Departamento técnico de Loctite España.

MARIJNISSEN, R.H. (1967): *Degradation, Conservation et Restauration de L'Oeuvre D'Art. Vol. I*. Ed. Arcade, Bruselas.

MARTÍN, S. (2005): *Introducción a la conservación y restauración de pinturas: Pintura sobre lienzo*. Ed. UPV, Valencia.

MARTÍN, S. (2006): *Investigación en el campo de las técnicas de reentelado conducente a la obtención de forraciones transparentes en pintura sobre lienzo: historia, materiales y métodos*. Tesis Doctoral, UPV.

MARTÍN, S. (2012): *Los materiales sintéticos y su aplicabilidad en la restauración de las pinturas sobre lienzo*. Ed. UPV, Valencia.

MARTIN, J.M. y MARTIN, S. (2008): *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Ed. UPV, Valencia.

MARTIN, S.; ROBLES, C.; MARTIN J.M. (2010): "Adhesivos exentos de disolventes como alternativa a las formulaciones actuales: "green- adhesives" aplicados a tratamientos estructurales del soporte textil." XII Reunió Tècnica. Vers una conservació-restauració sostenible: reptes i projectes. Museu Nacional d'Art de Catalunya. 3-4 Mayo, (Barcelona) pp.93-122

MARTINEZ, M^aJ. (2008): *Historia y teoría de la conservación y restauración artística*. Ed. Tecnos, Madrid.

MASSCHELEIN KLEINER, L. (1978): *Aglutinantes, barnices y adhesivos*, Traducción. Instituto Real de Patrimonio Artístico, Bruselas.

MASSCHELEIN-KLEINER. L; BERGIERS, F. (1984): "Influence des adhesifs sur la conservation des textiles". Xe Congrès International Adhesifs et Consolidants, 2-7 Septembre, Paris, pp. 70-73

MASSCHELEIN-KLEINER, L. (2004): *Los solventes*. Publicaciones. Centro Nacional de Conservación y Restauración. DIBAM. Edición en español

MATTEINI, M. y MOLES, A. (2001): *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico*. Ed. Nerea, Sevilla.

MAYER, R. (1993): *Materiales y Técnicas de Arte*. Ed. Akal, Madrid.

MECKLENBURG, M. y FUSTER, L. (2011-2012): Apuntes: Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos, UPV

MEHRA, W.R (1984): "Cold lining and its scope: some case histories" ICOM Committee for Conservation. 7th Triennial Meeting Copenhagen, pp.31-34

MUSEUM INTERNATIONAL (1960): "The care of paintings:the fabric paint supports" vol. 13, pp. 133-172.

NICOLAUS, K. (1999): *Manual de restauración de cuadros*. Ed. Könemann (Köln)

Office International des Musees (1939): Manuel de la Conservation et de la Restauration des Peintures, Editorial Office International des Musees, Paris.

PETUKHOVA, T. Y BONADIES, S. (1993): "Sturgeon blue for painting consolidation in russia" Journal of the American Institute for Conservation, nº 1, pp 23-31.

STANIFORTH, S y BOMFORD, D. (1985): "Lining and Colour Change: Further Results" National Gallery Technical Bulletin Vol. 9. pp. 65-69.

PÉREZ, E. (2008): Apuntes asignatura: Introducción a la conservación y restauración de pinturas. Pintura sobre lienzo. UPV.

PERIS, J. (2008): *Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos*. Tesis Doctoral UPV.

PIVA, G. (1988): *L'arte del restauro. Il restauro dei dipinti. Nel sistema antico e moderno*. Ed. Hoepli, Milano.

POLERO, V. (1853): *Arte de la restauración: observaciones relativas a la restauración de cuadros*. Imprenta a cargo de M.A. Gil, Madrid.

RUIZ DE LACANAL, M^a.D. (1999): *El conservador-restaurador de bienes culturales: Historia de la profesión*. Ed. Síntesis, Madrid.

ROCHE, A (1996): "Colas auto-adhesivas para pegar lienzos de forración" Cuadernos sobre conservación (Studies in conservation) vol. 41, nº1. pp. 22-27.

RIGHI, L (2006): *Conservar el arte contemporáneo: traducción de Ariadna Viñas*. Ed. Nerea, San Sebastián.

SAN ANDRÉS, M. y DE LA VIÑA, F. (2009): *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Ed. Síntesis, Madrid.

SANCHEZ ORTIZ, A. (2012): *Restauración de obras de arte: pintura de caballete*. Ed. Akal, Madrid.

SANDNER, I. (1990): "The treatment of cracks in canvas paintings with synthetic adhesives: procedures and possible combinations with the lining process", ICOM Committee for Conservation, 9th triennial meeting, 26-31 August (Dresden) pp. 133-138.

SCICOLONE, G (1993): "La foderatura e gli interventi sostitutivi nelle opere contemporanee" OPD Restauro, nº 5 pp. 51-55.

SCICOLONE, G. (2002): *Restauración de la pintura Contemporánea: de las técnicas de intervención tradicionales a las nuevas metodologías*. Ed. Nerea, Sevilla.

SCICOLONE, G. (2003): "Il restauro "contemporaneo" dei dipinti su supporto cellulosico tessile" Kermes, nº 50 pp. 34-39.

SEDANO, P. (2001): "Desde los materiales tradicionales a los nuevos materiales y métodos aplicados en la conservación de obras de arte." Arbor, pp. 577-589.

SIEDERS, R; UYTENBOGAART, J.W.H y LEENE, J.E (1956): "The restoration and preservation of old fabrics" Studies in conservation, vol 2, nº 4 pp 161-169.

TIMAR-BALAZSY, A. y EASTOP, D. (1998): *Chemical Principles of Textile Conservation*. Ed. Butterworth-Heinemann, Oxford.

TOMÁS, A.; CASTELL, M. y FUSTER, L. (2006): "Revisión de los sistemas de consolidación de pinturas sobre lienzo mediante la impregnación del soporte textil." 16 th. International Meeting on Heritage Conservation, 2-4 November (Valencia) pp. 1405-1413

VERDU, J.; BELLENGER, V. y KLEITZ, M.O (1984) : "Adhésifs pour la consolidation des textiles" Xe Congrès International Adhesifs et Consolidants, 2-7 Septembre, Paris, pp.63-69

VILLAR, L. y MARTIN, S. (2010): "Estudio formal y compositivo de films adhesivos no tóxicos empleados en la protección y consolidación del estrato pictórico: análisis de la pérdida de masa y rango de dureza." Arché, Valencia.

VILLARQUIDE, A. (2005): *La pintura sobre tela II: alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*. Ed. Nerea, San Sebastián.

WOLTERS, C. (1960): The care of paintings: Fabric paint support, Museum International, vol. 13, nº 3, p.133-172.

Páginas web consultadas

<http://www.ctseurope.com/> (En línea) Consulta: 12 Marzo 2013

<http://www.hewit.com/> (En línea) Consulta:15 Mayo 2013

<http://www.irp.webs.upv.es/> (En línea) Consulta: 16 Junio 2013

<http://kremer-pigmente.de/es> (En línea) Consulta: 16 Junio 2013

<http://www.losadhesivos.com/> (En línea) Consulta: 23 Junio 2013

CRÉDITOS DE IMÁGENES

Fig. 2: Protección reverso lienzo con tablas de madera.

Extraído de: NICOLAUS, K (1988) Manual de Restauración de Cuadros, Ed. Könemann (Köln) p. 115.

Fig. 3: Protección del reverso de un lienzo mediante una lámina de madera contrachapada.

Extraído de: SANCHEZ ORTIZ, A. (2012): Restauración de obras de arte: pintura de caballete. Ed. Akal (Madrid) p. 128.

Fig. 6: Croquis estratigráfico de una transposición.

Extraído de: CALVO, A. (2002): Conservación y restauración de pintura sobre lienzo. Ed. Del Serbal. (Barcelona) p. 219.

Fig. 10 y 11: Retrato de Theodore Turquet de Mayerne. Grabado realizado por W. Elder y Tratado de Mayerne.

Extraído de: DE MAYERNE, T; FAIDUTTI, M y VERSINI, C (1977): Le Manuscrit de Turquet de Mayerne. Pictorja. Sculptorja and Quae Subalternarum Artium. 1620. Ed. Audin. (Lion) p. 2 y 4.

Fig. 12: Impregnación a base de cera-resina.

Extraído de: NICOLAUS, K. (1988) Manual de Restauración de Cuadros, Ed. Könemann (Köln) p. 117.

Fig. 13: Impregnación con blanco de plomo.

Extraído de: SANCHEZ ORTIZ, A. (2012): Restauración de obras de arte: pintura de caballete. Ed. Akal (Madrid) p. 127.

Fig. 14: Cola de esturión.

Extraído de: Página web, Productos de Conservación. (<http://www.productosdeconservacion.com/>) (en línea) Consulta: 16 Junio 2013.

Fig. 16 y 17: Reverso lienzo tras un reentelado de cera, y detalle de imagen impregnación cera en el estrato pictórico.

Extraído de: SANCHEZ ORTIZ, A. (2012): Restauración de obras de arte: pintura de caballete. Ed. Akal (Madrid) p. 110.

Fig. 18, 19 y 20: Detalle de tejido, restos de cera y eliminación cera del reverso.

Extraído de: NICOLAUS, K. (1988) Manual de Restauración de Cuadros, Ed. Könemann (Köln) p. 95 y 96.

Fig. 21: Mesa caliente.

Extraído de: Página web: Instituto de Restauración del Patrimonio (Valencia) (<http://www.irp.webs.upv.es/>) (en línea) Consulta: 16 Junio 2013

Fig. 22 y 23: Imágenes Mowiol y Plextol B500

Extraído de: Página web: Kremer pigmente. (<http://kremer-pigmente.de/es>) (en línea) Consulta: 16 Junio 2013

Fig. 54: Croquis cohesión.

Extraído de: Página web: (<http://www.losadhesivos.com/>) (en línea) Consulta: 23 Junio 2013

Fig. 79 : Esfuerzos en tracción.

Extraído de: Documentación electrónica: MADRID, M. (2002): Tecnología de la adhesión. Departamento técnico de Loctite España p.12.

IX. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a mi tutora Susana Martín, ya que sin ella, este trabajo no habría tenido sentido. Gracias por tener tanta paciencia conmigo ante mis continuas dudas y preguntas a lo largo del año, y sobre todo por enseñarme a “madurar” tanto académicamente como profesionalmente.

En segundo lugar, y no menos importante, me gustaría agradecer a Cristina Robles, técnico de laboratorio del Taller de Conservación y Restauración de Caballete (IRP) por su apoyo técnico y personal. Por interesarse tanto por este trabajo como si fuera suyo.

Igualmente, agradecer a Laura Osete, técnico de laboratorio de análisis físico-químico y medioambiental (IRP) por su ayuda de tipo técnico aportado en la última fase del estudio. Al igual, que a Eva Pérez, profesora de la UPV e investigadora del IRP por su ayuda puntual prestándome parte de su equipamiento técnico.

También agradecer a mis compañeros, destacando a Paula Pérez, Bárbara Viana y Adrián Robles, por su interés y ayuda a lo largo del año.

Y finalmente, a mi familia, amigos y pareja por haberme aguantado este año, escuchándome hablar sobre la famosa tesina, aún sin entender la mitad de cosas que les explicaba, pero sobre todo por apoyarme en todas mis decisiones. Gracias.

