# *Efectos de la degradación de las cintas autoadhesivas sobre las películas cinematográficas*

**Jennifer Gallego Christensen**

(*una primera versión de este texto fue publicada en octubre de 1999 en* ***Journal of Film Preservation***)

Desde hace varias décadas la cinematografía viene empleando cintas autoadhesivas. En España, estas cintas son conocidas como *cello*, nombre comercial de una de los fabricantes de cintas autoadhesivas más utilizadas en nuestro país. Lo mismo sucede, por ejemplo, en Sudamérica, donde las cintas autoadhesivas se conocen como Scotch, Fixo o con el nombre comercial de otros fabricantes.

En principio, las cintas autoadhesivas se emplearon para reparar daños derivados del uso de las películas, posteriormente se desarrollaron cintas y equipos especialmente concebidos para la realización de empalmes.

En los negativos, los empalmes se realizan normalmente con disolventes a base acetona. Pero en las copias es común encontrar uniones con cinta autoadhesiva, realizadas generalmente para reparar roturas producidas durante la proyección. Esto no significa que en los negativos no sea frecuente encontrar cintas adhesivas utilizadas para la reparación de roturas o desgarros, e incluso para realizar o reforzar empalmes.

Las cintas autoadhesivas han sido, hasta hace pocos años, prácticamente el único sistema de empalme que se utiliza durante el proceso de montaje de la película -en el que sustituyeron totalmente a las primitivas presillas de cuatro puntas-, tanto para la construcción del copión de imagen como de las bandas sincrónicas de sonido sobre soportes magnéticos.

Desde que aparecieron en el mercado se han presentado distintos tipos de cintas autoadhesivas cuya composición ha ido variando tanto en lo que respecta al soporte (la cinta transparente) como a la masa adhesiva.

Las cintas autoadhesivas son conocidas técnicamente como cintas adhesivas "sensibles a la presión". Este término describe a los adhesivos que se adhieren firmemente sobre una superficie por simple contacto, mediante la aplicación de presión, normalmente con los dedos. Se caracterizan por ser permanentemente pegajosos a temperatura ambiente y por poder adherirse sobre muy distintos sustratos.

Los adhesivos "sensibles a la presión" más utilizados en cintas autoadhesivas, son los basados en elastómeros viscosos (como el caucho natural) y en polímeros sintéticos a base de acrílicos.

Dentro de las cintas autoadhesivas utilizadas en el campo de la cinematografía podemos encontrar dos tipos diseñados en función de su uso:

- cintas autoadhesivas para empalmes y

- tiras perforadas para la reparación de perforaciones.

Se encuentran cintas perforadas o sin perforar para 35 y 16mm (y también para otros pasos sub-standard) y en todos los casos su utilización requiere del empleo de equipos especiales.

Pero a la hora de utilizar este tipo de material debería hacerse un cuidadoso balance de las ventajas e inconvenientes que reportan.

Podemos considerar que la más valiosa de sus **ventajas** es la de no hacer necesario el sacrificio de fotogramas para efectuar los empalmes, como sucede en el caso de los empalmes de acetona, pudiendo ser utilizadas incluso para reparar desgarros transversales o longitudinales que abarquen varios fotogramas o

roturas en mitad de un fotograma.

Otra importante ventaja está en la posibilidad de hacer, deshacer y rehacer los empalmes tantas veces como sea necesario, incluso entre soportes distintos, siempre que se tenga la precaución de eliminar los restos de adhesivo y la suciedad superficial.

Si bien es cierto que el incremento de soportes cinematográficos de poliéster ha favorecido el uso de cintas autoadhesivas, ya que no sólo permiten empalmar estos soportes sino que también permite la unión de poliéster y triacetato, desde los archivos debe promoverse y facilitarse el empalme de films de poliéster por termosellado y buscar alternativas al celo para empalmes de poliéster y triacetato.

El principal **inconveniente** radica en su inestabilidad y su escasa perdurabilidad, debido a las cuales los empalmes y las reparaciones de perforaciones realizadas con estos materiales pueden ser, incluso a corto plazo, más dañinos que las propias lesiones y provocar la pérdida de más fotogramas.

La aplicación de estas cintas es fácil y rápida, pero la presencia de burbujas de aire, a veces imperceptibles a simple vista y en general inevitables, favorece la descomposición de la masa adhesiva provocando cambios químicos irreversibles que también afectarán al soporte transparente de la cinta adhesiva y tendrán como consecuencia la pérdida de las propiedades mecánicas y químicas de ésta.

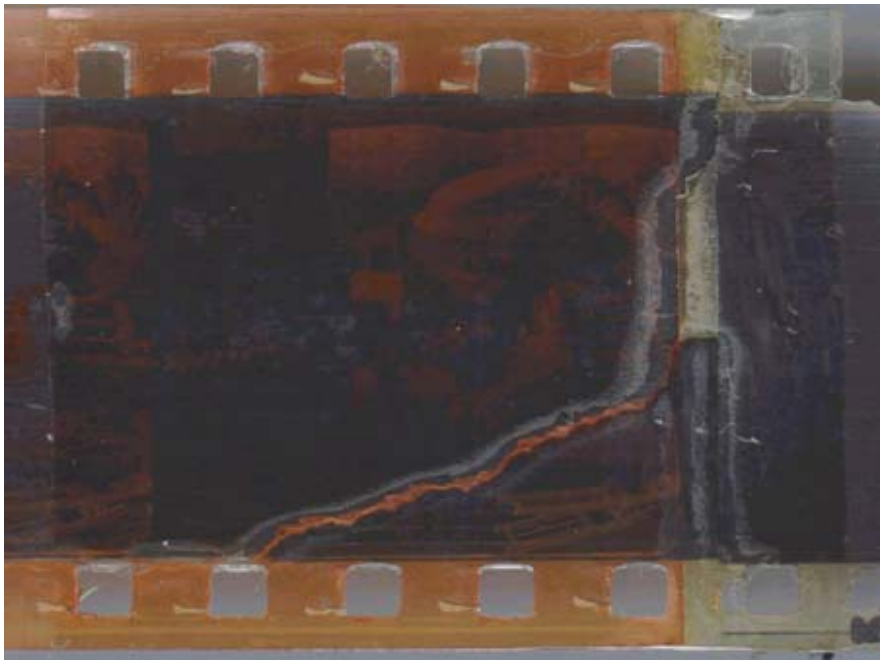


Figura 1

En la figura 1 podemos ver una cinta adhesiva colocada sobre una copia en nitrato, con un doble uso: por una lado para realizar un empalme y por otro, como reparación de una rotura en el fotograma. En este ejemplo se observan perfectamente unas áreas blanquecinas, que corresponden a las zonas donde ha quedado reserva de aire, lo que van a dar lugar a la degradación del adhesivo y, como consecuencia, a la degradación del material con el que está en contacto.

En empalmes y en reparaciones de los márgenes de la película, si los bordes de la cinta entran dentro del área de imagen serán reproducidos o aparecerán sobre la pantalla. En las bandas de sonido el borde de la cinta se traducirá como ruido.

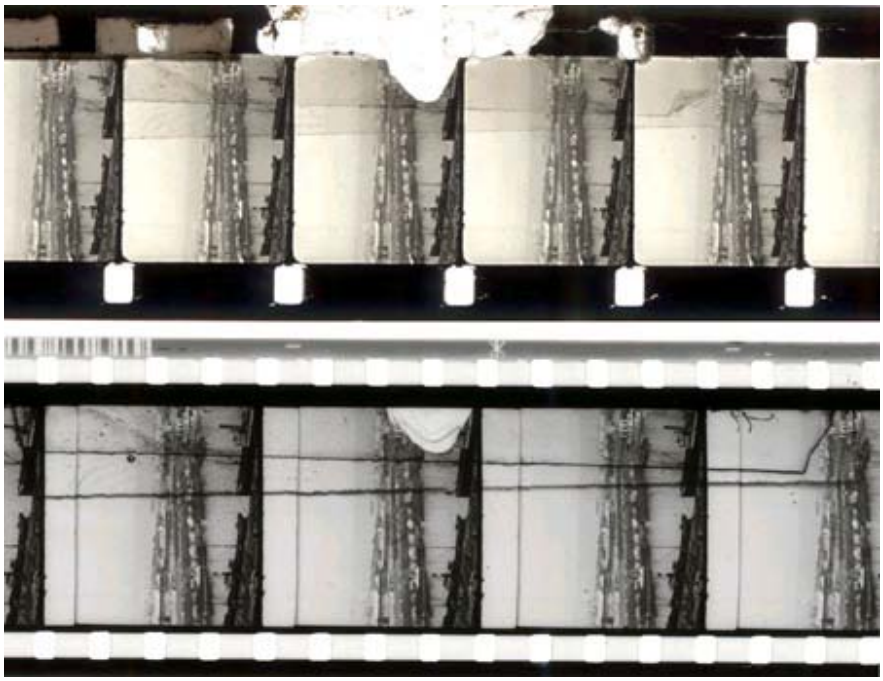


Figura 2

En la figura 2, tenemos un claro ejemplo de una cinta adhesiva que entra en el área de imagen en el original de 16 mm (superior) y queda fotografiada en la reproducción en 35 mm (inferior). En la película de 16 mm, se ha reparado una rotura en el borde superior con una cinta adhesiva no especifica para la reparación en 16 milímetros, entrando en el área de imagen y abarcando hasta cinco fotogramas. Esto no sólo provoca la interrupción en la lectura de la imagen, sino que al ser reproducida este daño aparecerá fotografiado, siendo en este caso irreversible ya que, a no ser que se eliminen estos fotogramas, siempre va a aparecer reproducido fotográficamente en sucesivas generaciones.

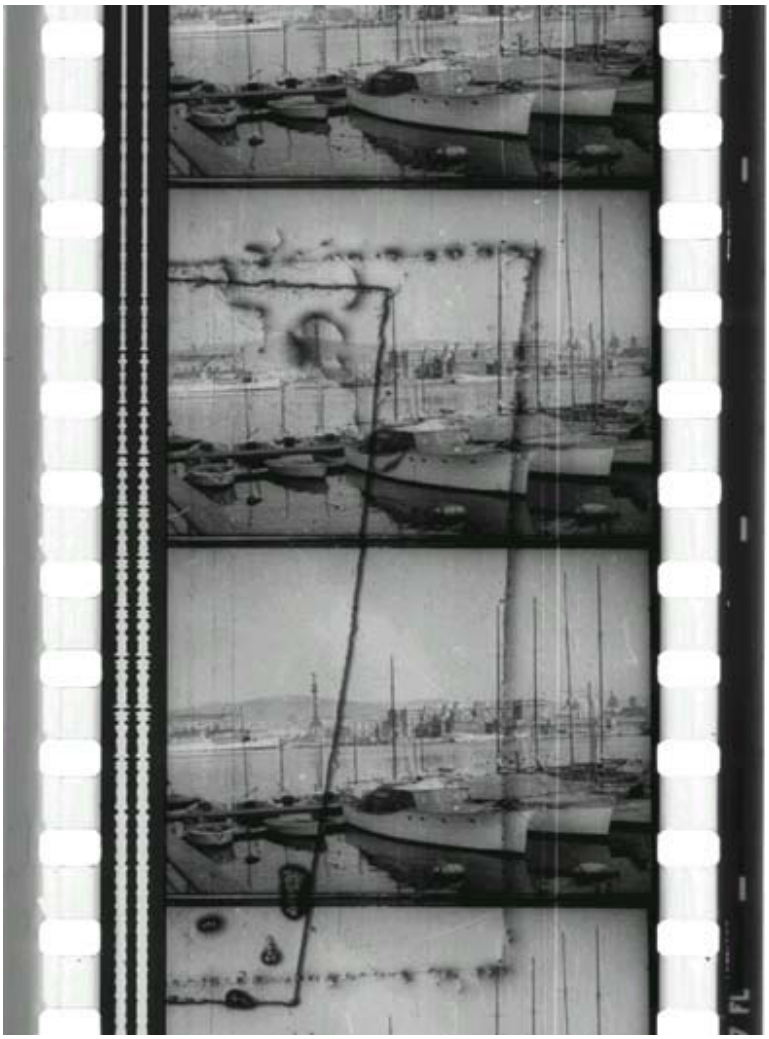


Figura 3

En la figura 3 tenemos otro ejemplo similar. En este caso se puede observar, además, cómo la suciedad va quedando adherida a los bordes de la cinta por la descomposición del adhesivo, y la presencia de burbujas de aire, ambos factores desencadenantes de la degradación de la cinta adhesiva.

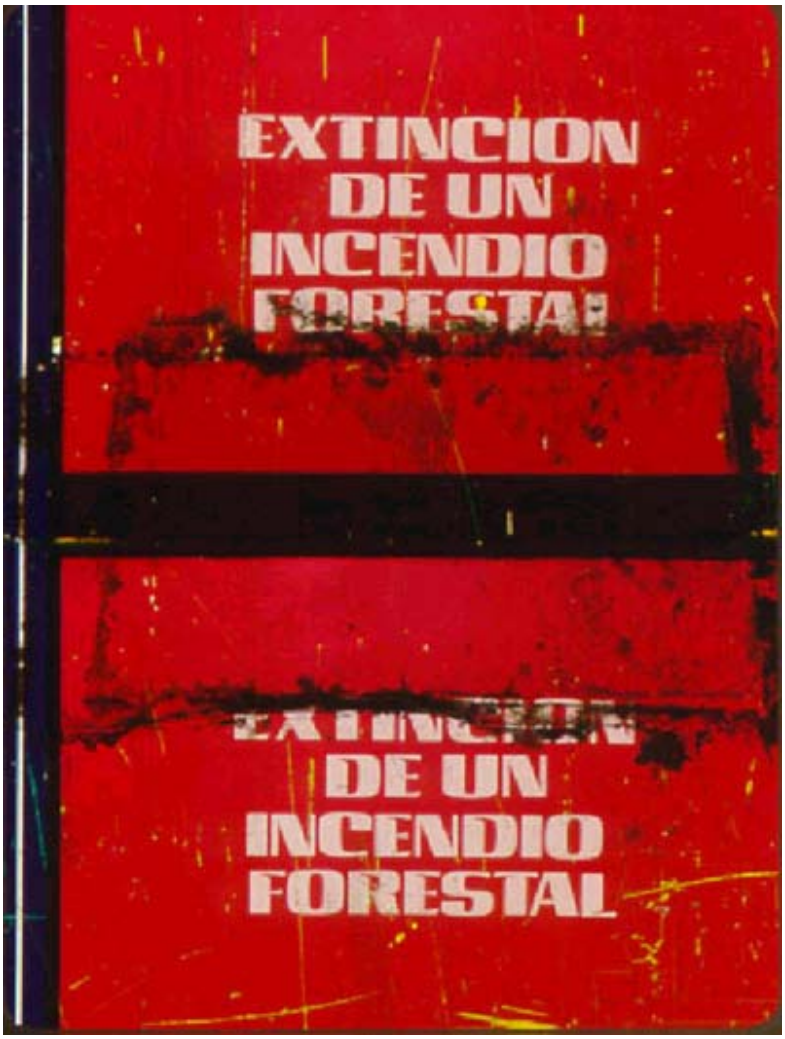



Figura 4

El siguiente ejemplo (figura 4) es otra muestra de un empalme fotografiado, con gran acumulación de suciedad en los bordes y realizado con cinta adhesiva no específica para la cinematografía.

Por otro lado, las tiras adhesivas para reparar perforaciones no ofrecen la misma resistencia a la tracción que el soporte y, además, su velocidad de contracción es diferente, lo que provoca deformaciones en la película, tanto durante su uso en proyección como durante los almacenamientos prolongados (figura 5).

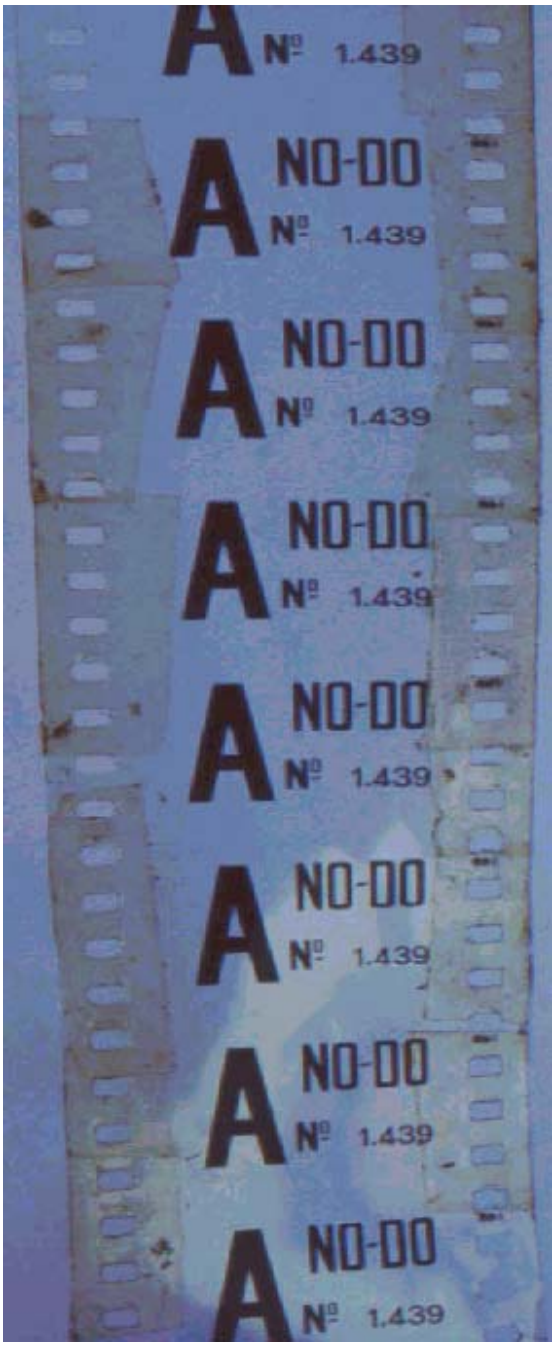


Figura 5

Las cintas adhesivas de poliéster, que se presentan como inocuas y que son las que deben utilizarse para la cinematografía y otros usos que requieran la conservación de materiales, tienen una fuerte tendencia a acumular electricidad electrostática lo que, además de dificultar su aplicación, atrae al polvo y fija la suciedad sobre los bordes de la tira adhesiva, acelerando el proceso de degradación, y haciendo que se fotografíe en las reproducciones siguientes contribuyendo a su degradación.

EN PROPORCIÓN A SUS INCONVENIENTES, LAS VENTAJAS DEL USO DE LAS CINTAS AUTOADHESIVAS EN UN ARCHIVO SON REALMENTE ESCASAS. Debido a su poca perdurabilidad e inestabilidad, su empleo en las películas destinadas a la preservación debería limitarse al máximo utilizándose sólo cuando fuera imprescindible y eliminándolas posteriormente. Como veremos a continuación, la formulación química de la mayor parte de los adhesivos es perjudicial para la imagen final de plata y las emulsiones en color (especialmente los adhesivos que contienen sulfuro) y, en general, van a producir lesiones irreversibles a corto plazo.

Cualquier técnico que trabaje en la inspección de materiales de un archivo fílmico podrá confirmar que los materiales de los años sesenta, setenta y hasta la década de los ochenta, en los que se han empleado cintas autoadhesivas en reparaciones y empalmes sobre películas positivas o negativas, y sobre cualquier tipo de

soporte, éstas están en un avanzado estado de deterioro y, en muchos casos, habrán producido daños irreversibles en las películas.

A continuación vamos a ver los tipos de cintas autoadhesivas y su degradación con el fin de poder identificarlas y así poder evaluar los daños producidos o las posibles lesiones que puedan llegar a provocar.

**ESTRUCTURA Y TIPOS DE CINTAS AUTOADHESIVAS**

La estructura de las cintas autoadhesivas es básicamente la de un soporte transparente de celofán, acetato de celulosa, poliéster o polipropileno y una masa adhesiva basada en caucho natural y/o sintético (SBR) o en poliacrilatos (polímeros acrílicos). Además pueden llevar una imprimación, antiadherentes y protectores.

Aunque las primeras cintas industriales con adhesivo a base de caucho fueron desarrolladas a principios de los años 20 (con soporte de papel) no es hasta 1930 cuando la compañía 3M Co. introduce la primera cinta autoadhesiva con soporte transparente de celofán y masa adhesiva de caucho, patentada con el nombre «Scotch».

A partir de los años 50, con la introducción del acetato de celulosa, se inicia el reemplazo del celofán aunque se sigue manteniendo el adhesivo de caucho.

Los adhesivos a base de polímeros acrílicos están disponibles desde 1928 pero es en 1961, cuando 3M Co. introduce las primeras cintas autoadhesivas con soporte de acetato de celulosa y masa adhesiva de mezcla acrílica. El empleo de soportes de poliéster no se da hasta los años 80, cuando la mencionada compañía lanza, en 1982, una cinta de poliéster con adhesivo de polímero acrílico y otra con soporte de polipropileno.

Aunque no tenemos constancia de la fecha en la que se empiezan a fabricar cintas autoadhesivas específicas para la cinematografía a base de adhesivos acrílicos con soporte de acetato o poliéster (tomando como referencia su aparición en el mercado, 1961 y 1982, respectivamente), se puede afirmar que su uso en la cinematografía española fue muy posterior. Esto quiere decir que en muchos archivos, hasta la década de los 80, el adhesivo utilizado en las cintas para las películas es todavía a base de caucho y este adhesivo se sigue detectando hasta nuestros días tanto en cintas para empalmes como en las tiras para la reparación de perforaciones.

La masa adhesiva no es el único de los condicionantes internos de la cinta que influye sobre sus propiedades adhesivas. El tipo de soporte, su rigidez y espesor tienen gran influencia. Por tanto, las propiedades de una cinta autoadhesiva vienen dadas por la suma de las propiedades del soporte y la masa adhesiva.

Atendiendo a al soporte y a la masa adhesiva las cintas autoadhesivas se pueden clasificar en los siguientes tipos.

| **SOPORTE** | **MASA ADHESIVA** |
|---|---|
| Celofán | A base de caucho |
| Acetato de celulosa | A base de caucho |
| | Polímero acrílico |
| Poliéster | A base de caucho |
| | Polímero acrílico |
| Polipropileno | Polímero acrílico |

La clasificación de estas cintas se hace en función de la composición de la masa adhesiva y existen dos tipos básicamente.

*a) Adhesivos a base de caucho*

Formados mediante la mezcla de caucho natural y resinas, plastificantes y otros aditivos.

Dentro de este primer grupo cabe distinguir entre:

- Adhesivos de caucho natural y resinas, que son los más utilizados.

- Adhesivos de caucho sintético: mezcla del caucho natural y el SBR (estireno butadieno al azar), sintetizado en 1970. Sus características de envejecimiento son mejores que las del caucho natural. En los años setenta se introduce el caucho sintético, que tiene mejores características de envejecimiento, aunque sigue siendo susceptible a la degradación. Y por último, los adhesivos de caucho termoplásticos que, aunque tienen mejor resistencia a la temperatura, tienen peor fuerza cohesiva.

- Adhesivos de caucho termoplásticos. Su primera aparición data de 1965. Soportan peor las altas temperaturas pero tienen mayor fuerza cohesiva.

*b) Adhesivos a base de polímeros acrílicos*

Son polímeros formados a partir de monómeros acrílicos, principalmente acrilatos.

Se trata de adhesivos inherentemente sensibles a la presión, por lo que no requieren la adición de prácticamente ningún otro componente. Por ello, su formulación es más simple y controlable que la de los adhesivos a base de caucho y sus propiedades de envejecimiento son mejores, pero la tecnología de fabricación es más compleja lo que eleva su precio. Además, sus propiedades adhesivas son menores, lo que hace que todavía hoy en día los adhesivos a base de caucho sigan utilizándose en la producción de más de la mitad de las cintas autoadhesivas.

## MECANISMOS DE DEGRADACIÓN DE LAS CINTAS AUTOADHESIVAS

La degradación físico-química de las cintas autoadhesivas colocadas sobre las películas cinematográficas puede provocar multitud de lesiones físicas en el soporte y químicas en las emulsiones fotográficas.

Estas lesiones se producirán DURANTE EL USO de las películas, ya que al perder las cintas autoadhesivas sus propiedades mecánicas desaparece su funcionalidad, deshaciéndose los empalmes y reparaciones; además, la masa adhesiva sufre cambios químicos que la convierten en una sustancia cristalizada o viscosa, que en cualquier caso deja residuos que producen manchas o hacen que la película quede pegada en espiras sucesivas ocasionando la ruptura del soporte.

También pueden darse DURANTE SU ALMACENAMIENTO al afectar químicamente la degradación de la masa adhesiva a soportes y emulsiones, produciendo manchas y transformaciones químicas irreversibles en la imagen de plata y en color o acelerando su degradación.

A continuación se exponen, a grandes rasgos, los mecanismos de degradación y las alteraciones que provoca el envejecimiento en las cintas autoadhesivas, tanto en el soporte como en el vehículo adhesivo.

### *Características, degradación y alteraciones de los soportes transparentes*

Las principales ventajas del empleo de películas poliméricas transparentes como soportes en cintas autoadhesivas radican en su transparencia, impermeabilidad, escaso espesor y tersura superficial.

El soporte más antiguo, y todavía utilizado, es el de **celofán**. La fabricación de láminas transparentes de celofán se lleva a cabo a partir de celulosa regenerada por varios métodos. El resultado son unas láminas delgadas con gran resistencia a la tracción.

Su principal inconveniente radica en la facilidad con que altera su contenido de humedad: en ambientes secos se torna quebradizo y blando en ambientes húmedos. Tiene tendencia a encoger (contracción) dejando al descubierto parte del adhesivo que al pegarse a la superficie de las espiras sucesivas con las que esté en contacto, extiende a éstas la acción químicamente agresiva de la masa, produciendo manchas y daños en la imagen, pudiendo provocar roturas al desenrollar la película.

Los soportes de **acetato de celulosa** tienen un coste más elevado que los de celofán, pero sus

características de estabilidad son muy superiores a éste; las láminas son del mismo espesor que el celofán pero con menor resistencia a la tracción. Tienen los mismos inconvenientes en cuanto a conservación que los soportes cinematográficos a base de acetato de celulosa.

Las cintas de **polivinilcloruro** y de **poliéster**, son rígidas y tienen una resistencia a la tracción ligeramente inferior a la del celofán, su espesor es menor que las de otros soportes y están ligeramente plastificados. Al tratarse de soportes que no encogen, cuando la película es sometida a las tensiones habituales del uso, el adhesivo puede ceder provocando un leve deslizamiento del soporte sobre la superficie del film, dejando al descubierto el adhesivo permitiendo su adhesión a otras superficies.

La presencia de plastificantes constituye otro inconveniente de este tipo de soportes; los plastificantes pueden migrar hacia la masa adhesiva causando cambios en sus propiedades adherentes y producir el desprendimiento del soporte plástico. La migración del plastificante da lugar a la pérdida de adhesividad.

Por último, hay que mencionar los soportes de **polipropileno** que están reemplazando al poliéster en muchas aplicaciones por tener prácticamente las mismas propiedades y precios inferiores.

***Características, degradación y alteraciones de la masa adhesiva***

*a) Adhesivos a base de caucho natural*

El caucho natural es una sustancia obtenida del látex (hidrocarburo de cadena molecular larga) viscosa, blanda y altamente pegajosa, que adquiere sus propiedades elásticas tras la vulcanización (elastómero). Como tiene poca adhesividad inherente necesita la adición de resinas que le aporten las propiedades adhesivas.

Los adhesivos a base de caucho natural y resina tienen poca resistencia a las altas temperaturas, las radiaciones UV y a los disolventes, por lo que son sometidos a un proceso químico de reticulación mediante la vulcanización con azufre o mediante la adición de resinas de fenol-formaldehído.

El proceso de vulcanización del caucho natural es importante puesto que es el causante principal de las alteraciones que este tipo de adhesivos causan sobre la imagen final de plata. Básicamente, se trata de un proceso químico durante el cual se produce la unión de átomos de caucho con átomos de azufre formando una estructura reticular de mayor dureza y elasticidad, más resistente al calor, fuerzas mecánicas y disolventes de hidrocarburos.

Los adhesivos a base de caucho, por sus propiedades químicas, son inestables y están sujetos a una rápida degradación por oxidación. Las alteraciones producidas por la degradación ocasionan la pérdida de sus propiedades mecánicas y químicas, que pueden afectar también a los materiales con los que estén en contacto.

Entre los factores de degradación podemos destacar agentes medioambientales como el calor, la humedad y la radiación UV; el contacto con algunos metales y con el oxígeno, el ozono y otros agentes oxidantes; la acción de agentes químicos como ácidos y bases fuertes así como de disolventes y grasas; también son afectados por agentes mecánicos como el sometimiento a tensiones.

Las resinas adicionadas para controlar la viscosidad del adhesivo influyen en el envejecimiento oxidativo de la masa adhesiva, actuando como catalizadores y causando la escisión de la cadena polimérica (despolimerización), incrementando su elasticidad a largo plazo. La continuación del proceso de oxidación hace que el adhesivo se vuelve correoso y, en ocasiones, resinoso. Esta degradación provoca una pérdida de adhesividad que eventualmente puede llegar a ser total.

Los plastificantes tienden a migrar y/o volatilizarse haciendo al polímero más quebradizo.

El caucho sintético (SBR, elastómero termoplástico) vulcanizado con oxigeno, aunque también es susceptible a la oxidación, tiene mejores propiedades de envejecimiento.

Tanto los adhesivos a base de caucho natural como los sintéticos son elastómeros insaturados, por lo que sus propiedades de envejecimiento son inferiores a las de los adhesivos acrílicos.

*b) Adhesivos a base de polímeros acrílicos.*

Su poder adhesivo es menor que el de los adhesivos a base de caucho, pero se incrementa con el tiempo.

Son polímeros saturados, más resistentes a la oxidación y a las radiaciones UV que el caucho, con buena resistencia química al agua y a los plastificantes. Por lo general, no contienen compuestos que puedan migrar a la superficie.

Su formulación no requiere la presencia de resinas, sin embargo muchas de las cintas autoadhesivas comerciales contienen ésteres de resinas o monómeros aromáticos puros de bajo peso molecular (como poliestirenos) que aportan viscosidad y pegajosidad al producto base mejorando sus propiedades adhesivas, pero que pueden afectar a la estabilidad química del adhesivo.

Además pueden incluirse plastificantes y otros aditivos. Los plastificantes volátiles tienden a migrar a la superficie con la que está en contacto, en este caso la película cinematográfica, y fluir hacia el soporte de triacetato o poliéster originando daños que habría que determinar.

A pesar de que sus propiedades físico-químicas son mejores que las de los adhesivos de caucho también están sujetos a degradaciones por envejecimiento.

Durante el proceso de degradación se origina la formación de entrecruzamientos dando lugar a que, con el tiempo, la adhesión se consolide; este incremento de la adhesión dificulta la eliminación de las cintas autoadhesivas. Los entrecruzamientos, además, reducen el poder adhesivo de la cinta con la consiguiente pérdida de funcionalidad.

Los adhesivos acrílicos son fácilmente solubles en cetonas y disolventes aromáticos, pero su comportamiento varía con el tiempo siendo sólo solubles en mezclas que contengan alcohol. En el caso de querer eliminar residuos de adhesivo sobre película cinematográfica se debe tener presente que el alcohol y la acetona pueden ser dañinos al utilizarse como disolvente sobre triacetato, y sobre todo sobre la emulsión fotográfica, por lo que su eliminación puede resultar muy difícil.

## DEGRADACIÓN DE LAS CINTAS AUTOADHESIVAS A BASE DE CAUCHO Y DAÑOS SOBRE LA PELÍCULA CINEMATOGRÁFICA

Aunque los adhesivos acrílicos son también susceptibles al deterioro, hemos visto que los adhesivos a base de caucho son poco resistentes al envejecimiento debido a su tendencia a la oxidación y, en general, son inestables.

El mecanismo de degradación de los adhesivos a base de caucho se desarrolla en tres fases con la formación de hidroperóxidos y otros compuestos altamente dañinos para las emulsiones fotográficas.

Veremos como afecta cada uno de estos estados a la estabilidad de la película cinematográfica.

*1. Fase de inducción*

Esta primera fase de la degradación se caracteriza por ligeras alteraciones del material (oxidativas) que a menudo tardan bastante tiempo en manifestarse y cuyo final viene dado por el reblandecimiento de la masa adhesiva.

Encontraremos celos decolorados con tonos que van del rosáceo al amarillo, y el reblandecimiento de la masa adhesiva, con la consiguiente exudación del adhesivo por los bordes favoreciendo no sólo la adhesión de suciedad -polvo y grasa- sino que se quede pegado a las espiras sucesivas.

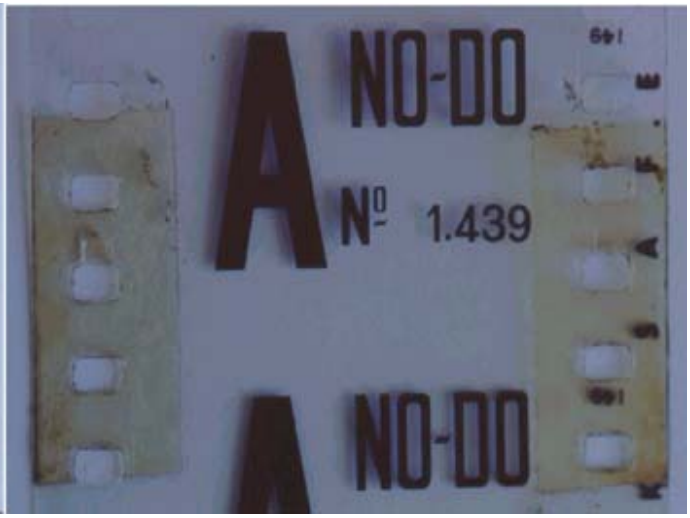



Figura 6 Figura 7

En las figuras 6 y 7 vemos un empalme realizado con cinta adhesiva y una reparación en las perforaciones realizada con tiras adhesivas perforadas. En la fase de inducción, la cinta ha empezado a degradarse, a decolorarse, y ya tiene un tono más amarillento. La masa adhesiva cambia ligeramente de consistencia y exuda por los bordes. Probablemente, también empezará a despegarse (figura 8).

Figura 8

Este primer periodo se puede frenar con una actuación rápida, es decir, eliminando los adhesivos, evitando así la aparición de la segunda fase.

*2. Fase de oxidación*:

Esta segunda fase de la degradación aparece súbitamente tras la fase de inducción.

Para que se produzca la oxidación del adhesivo no es necesaria la presencia de oxígeno. El azufre contenido en la masa adhesiva por el proceso de vulcanización del caucho también inicia reacciones de oxidación. De la misma manera, las resinas de fenol-formaldehído utilizadas en el proceso de reticulación del caucho natural pueden_provocar el deterioro oxido-reductivo de la imagen de plata. Ambos compuestos, como veremos más adelante, son perjudiciales para la estabilidad de la imagen de plata.

Así mismo, altas concentraciones de impurezas reactivas incorporadas al material durante su fabricación, como peróxidos, etc., y la formación de burbujas de aire durante su aplicación pueden favorecer la oxidación.

El peso molecular del polímero disminuye con el consiguiente cambio de consistencia.

El caucho y la resina sufren transformaciones físico-químicas dando lugar a la descomposición del adhesivo, lo que se manifiesta en un incremento de la pegajosidad y su migración a la superficie con la que está en contacto (emulsión o soporte cinematográfico) causando alteraciones sobre la película.

El adhesivo se tornará más viscoso dejando residuos pegajosos en las espiras con las que está en contacto y a través de las perforaciones en espiras sucesivas (figura 9).

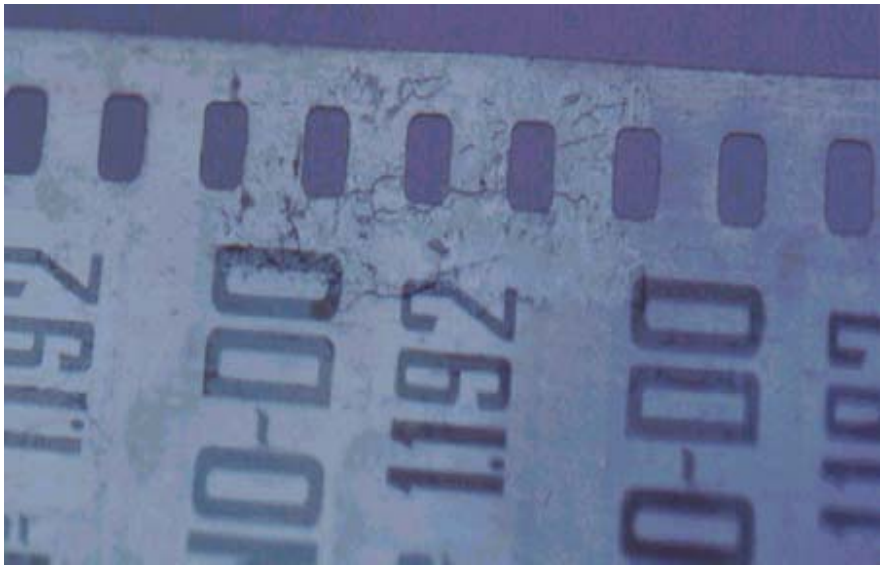


Figura 9

Cuando el adhesivo está muy viscoso el soporte de celofán puede desprenderse quedando la masa adhesiva al descubierto y la unión a las espiras sucesivas será más directa.

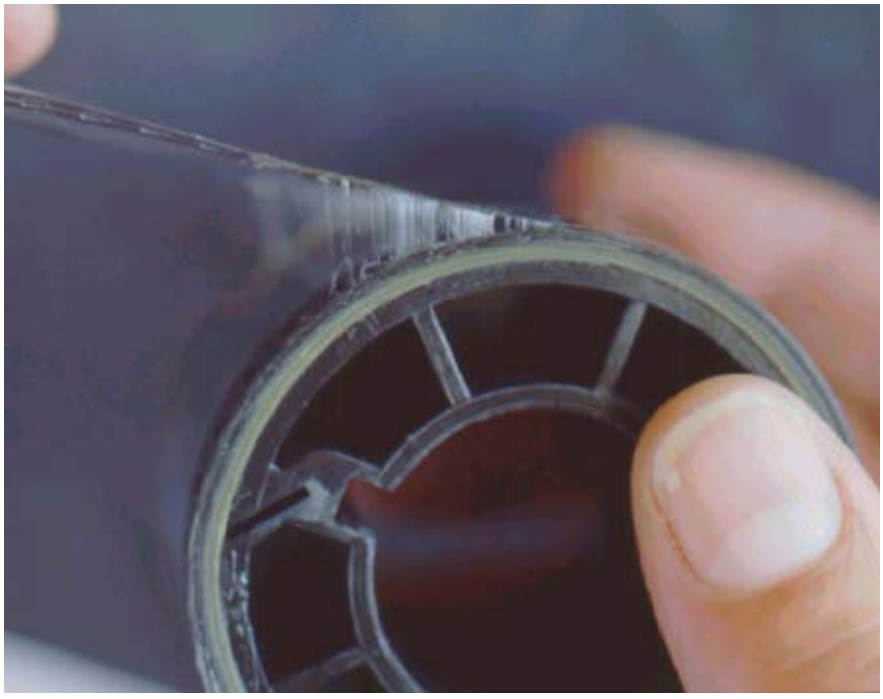


Figura 10

Como se observará en las imágenes, debido a fallos de cohesión, se forman fibras de adhesivo y su comportamiento se hace más líquido (figura 10). Los residuos de adhesivo en espiras sucesivas son mayores y altamente viscosos. Esto dará lugar a que durante el rebobinado de la película, ya sea manual o mecánico e incluso si se realiza a una velocidad más bien lenta, se produzcan desgarros de varios fotogramas (figura 11) o roturas con pérdida del soporte, generalmente en los márgenes (figura 12).

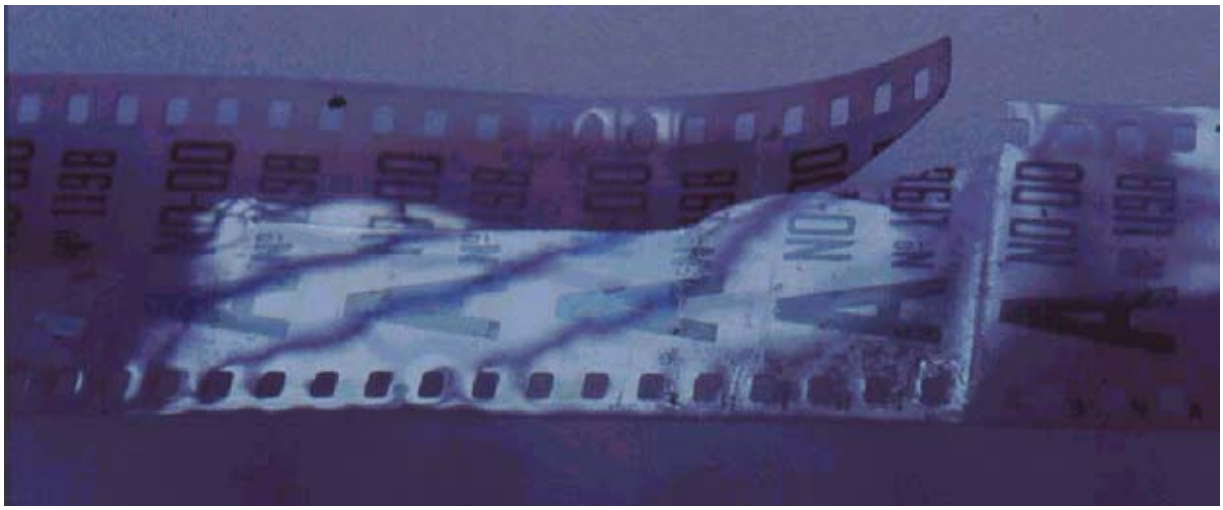


Figura 11

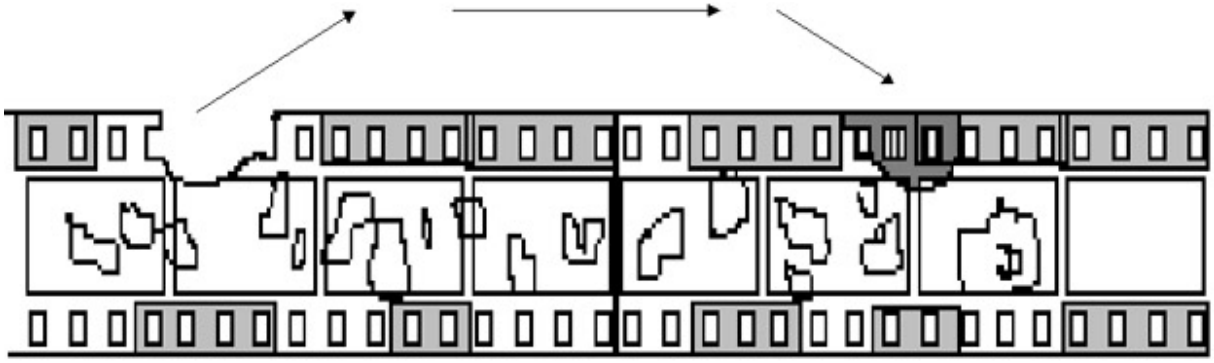


Figura 12

Además, los productos de descomposición ácidos del adhesivo pueden afectar a la estabilidad dimensional del soporte de celofán o acetato de celulosa causando la deformación de la película, debido a las contracciones desiguales entre el film y las cintas.

*3. Fase de reticulación o entrecruzamiento*

A causa del avance del proceso oxidativo y la descomposición química del polímero, las moléculas se entrecruzan formando una estructura reticular que da lugar al amarilleamiento total del adhesivo y los hace más quebradizos.

Los entrecruzamientos favorecen la progresiva cristalización del adhesivo, con lo que se anula su adhesión al soporte de celofán o acetato, perdiendo la cinta autoadhesiva su eficacia (figura 13).

Figura 13

El soporte irá desprendiéndose poco a poco hasta quedar adherido a otra espira (o perderse) dejando residuos del adhesivo en la zona donde estuvo colocado (figuras 14 y 15).

Figura 14

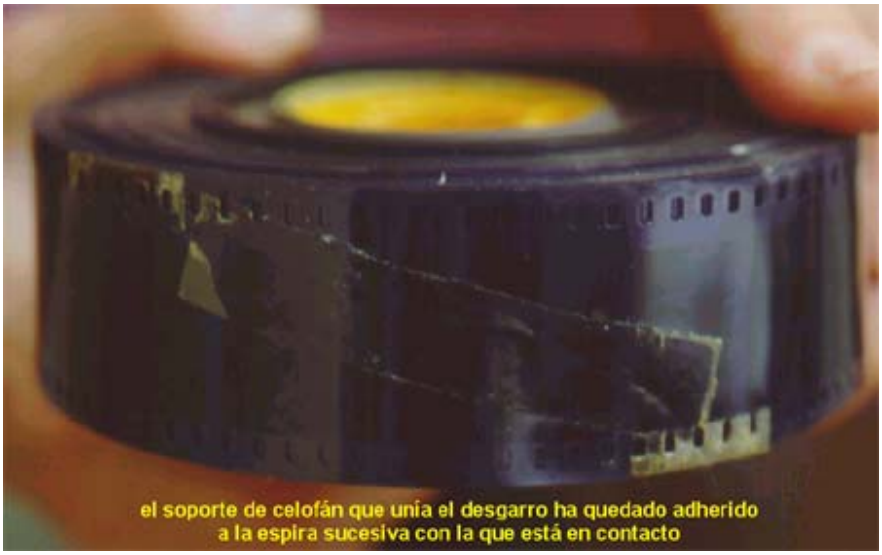



Figura 15

Por la misma causa, los empalmes se desunirán perdiendo su función de sujeción o unión (figura 16).

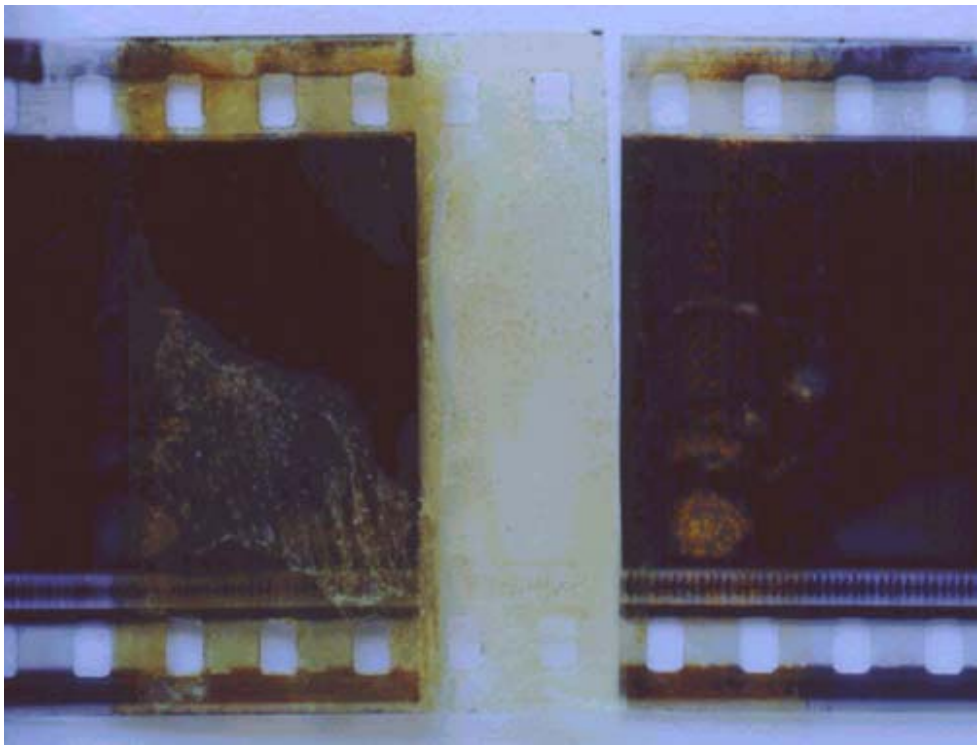


Figura 16

Las pequeñas moléculas de azufre resultantes de la descomposición química migran a la superficie con la que está en contacto, en este caso emulsión fotográfica, reaccionando químicamente y provocando la aparición de manchas cobrizas o ámbar (figura 17).

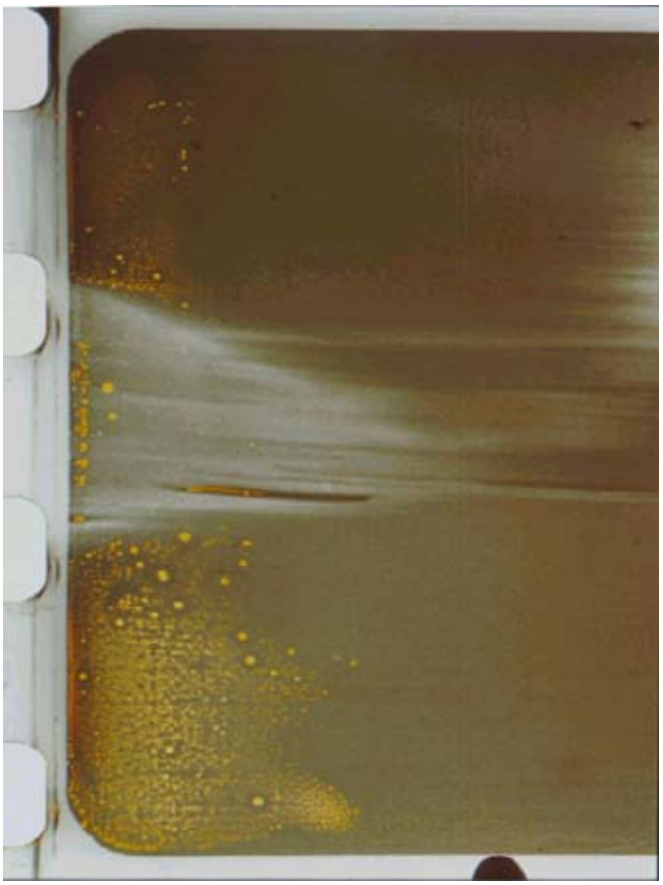


Figura 17

En la reacción se forman también productos ácidos que deterioran la celulosa de los soportes de celofán y acetato y, probablemente, afectan también a la estabilidad del nitrato y triacetato.

**OTROS DAÑOS SOBRE LA PELÍCULA CINEMATOGRÁFICA**

El proceso de degradación de estos adhesivos, utilizados sobre películas negativas y positivas en nitrato o triacetato, provoca, como hemos visto, daños físicos en el soporte y, como veremos a continuación, químicos en la emulsión fotográfica.

En el caso de las alteraciones químicas producidas en la emulsión, hay que diferenciar entre las emulsiones en blanco y negro y las emulsiones en color.

Entre las alteraciones químicas que afectan a las emulsiones en blanco y negro -y a todas aquellas con imagen final de plata- destacan las transformaciones sufridas por la plata filamentaria debidas al deterioro oxido-reductivo y al proceso de sulfuración.

Así mismo, las emulsiones en color se producirán cambios cromáticos, con un progresivo desvanecimiento del color.

***Deterioro oxido-reductivo***

Desde el punto de vista de la degradación química de la imagen final de plata, la presencia de burbujas de aire y los productos de oxidación del adhesivo reaccionan químicamente con la plata filamentaria generando su deterioro oxido-reductivo.

En este proceso la plata se oxida perdiendo un electrón dando lugar a la formación de iones plata ($Ag - 1e^- \rightarrow Ag^+$).

Los iones plata migran a la superficie de la emulsión donde se redistribuyen y son reducidos a plata metálica. Esto origina una capa metálica característica de brillo azulado en las zonas de alta densidad.

La plata metálica puede adquirir una morfología diferente formando plata coloidal de color amarillo anaranjado. Este tipo de alteración es conocido como velo dicroico o *espejo de plata* (*mirroring*) y aparece azul metálico o amarillo anaranjado según el ángulo de la luz.

En la figura 18 vemos el velo dicroico, que se produce siempre por el lado de la emulsión, provocado por contacto de una cinta adhesiva utilizada para reparar una rotura en fotograma de una espira sucesiva (figura 19). No solamente el adhesivo sobre la emulsión causa este daño sino el contacto de éste con otras espiras.

Figura 18

Figura 19

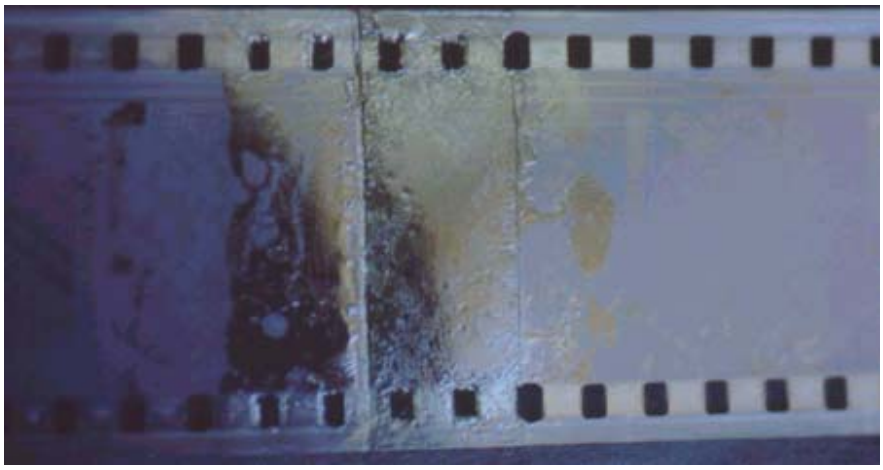


Figura 20

En la figura 20, el soporte de la cinta adhesiva se ha desprendido quedando la masa adhesiva al descubierto. El proceso de oxidación-reducción se ha iniciado y provocará el mismo daño en las espiras que estén en contacto, así como en los fotogramas situados inmediatamente anterior y posteriormente a los fotogramas dañados.

***Sulfuración***

Como ya se ha señalado, la oxidación de la plata puede desencadenarse también por la presencia de compuestos de azufre presentes en los materiales en contacto con la imagen fotográfica (residuos de hiposulfito, etc.), así como por la presencia de resinas de fenol-formaldehído.

En el caso de las cintas adhesivas a base de caucho, los átomos de azufre utilizados para la vulcanización del caucho natural, al producirse la escisión de las cadenas poliméricas por la degradación del adhesivo, quedan libres y reaccionan con la plata metálica, resultado de la oxidación, formando un nuevo compuesto coloreado, sulfuro de plata, en un proceso conocido como sulfuración. Esta conversión es acelerada en condiciones de temperatura y humedad elevadas y se desarrolla en las zonas de alta densidad de la imagen.

La sulfuración de la plata va a provocar cambios en la composición química de la emulsión fotográfica y su alteración cromática. El resultado final es la decoloración homogénea de la imagen de plata hacia un tono sepia o la formación de manchas pardo-cobrizas que irán ocupando toda la superficie fotográfica. El proceso de sulfuración puede aparecer en las zonas cubiertas por el *cello* degradado, en áreas en contacto con *cellos* degradados o en zonas donde haya residuos de adhesivo.

La sulfuración aparece en forma de manchas que se van extendiendo hasta cubrir todo el fotograma, lo que ocurrirá cuando la plata metálica ha sido sustituida completamente por sulfuro de plata (figuras 21, 22 y 23).

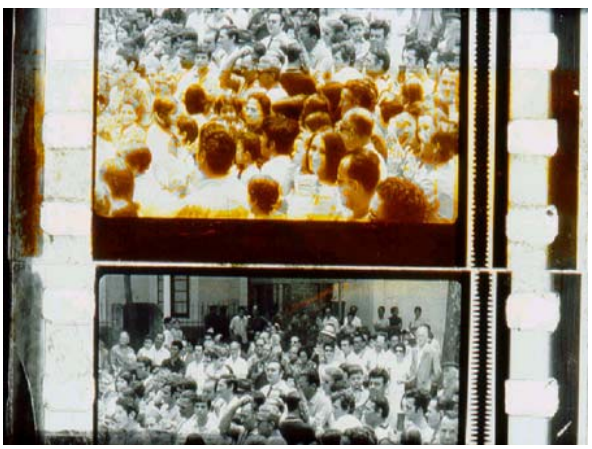


Figura 21

Figura 22

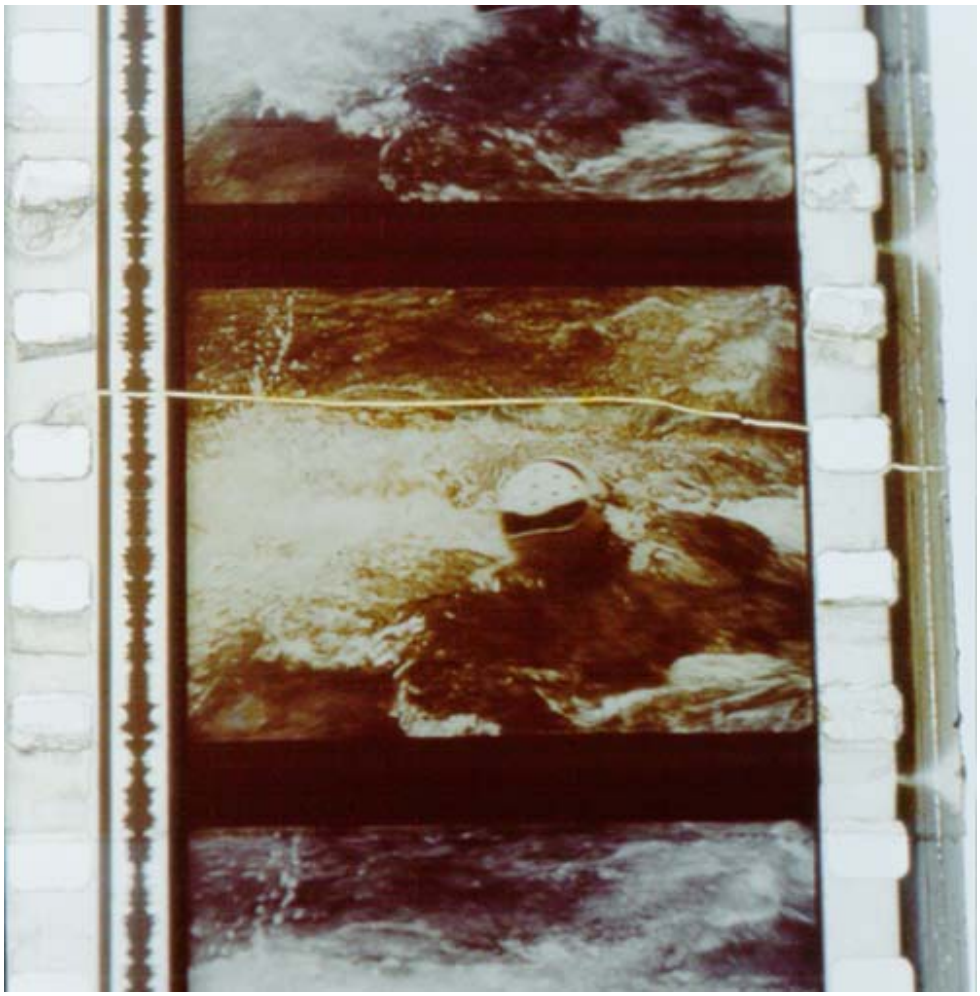


Figura 23

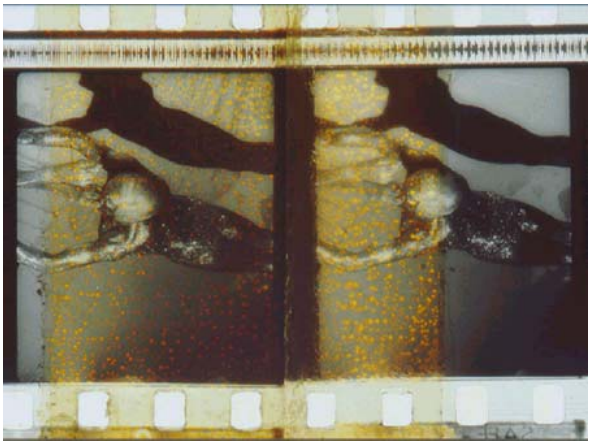


Figura 24

Figura 25

En el siguiente ejemplo (figuras 24 y 25) se pueden observar manchas por sulfuración repartidas por toda la superficie de los fotogramas que han sido cubiertos por el empalme de *cello*. Los fotogramas de las espiras que han estado en contacto a ambos lados del empalme también están sulfurados. El lado izquierdo (figura 26) y el derecho (figura 27).

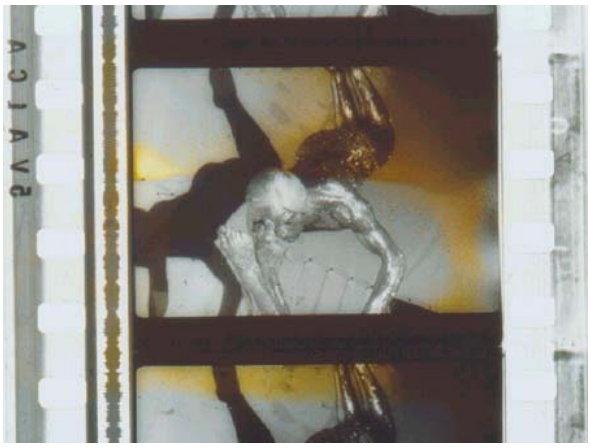


Figura 26

Figura 27

En las emulsiones en color la degradación química del adhesivo provoca cambios cromáticos, alterando los colorantes responsables de la formación del color. En la figura 28 vemos un fragmento de película en el que hubo un *cello*, lo que ha dado lugar a la decoloración de la emulsión hacia un tono violeta.

Figura 28

Todos estos daños en el soporte y la emulsión son irreversibles y pueden afectar a numerosos fotogramas e incluso producir su pérdida definitiva.

LA CONSECUENCIA FINAL DE LA DEGRADACIÓN QUÍMICA DE LA PLATA ES SU

DESVANECIMIENTO Y LA PÉRDIDA TOTAL DE LA IMAGEN, AL IGUAL QUE EN LAS EMULSIONES EN COLOR.

**MEDIDAS PREVENTIVAS, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

Una de las características principales que deben tener las cintas adhesivas sensibles a la presión es que sean permanentes e inocuas pero, sobre todo, que ofrezcan la posibilidad de poder ser eliminadas fácilmente sin dejar residuos o que estos puedan ser eliminados.

Si valoramos los daños provocados por el uso de cintas autoadhesivas de caucho podemos concluir que su eliminación de los materiales de archivo es una tarea prioritaria. Además, y en general, todas las cintas autoadhesivas presentan algún inconveniente a corto o largo plazo, por lo que también habría que plantearse descartar su uso en materiales de archivo.

Por tanto, desde el punto de vista de la preservación, debería rechazarse la utilización de cintas autoadhesivas en los archivos cinematográficos, al igual que se ha hecho en otros campos de la conservación.

Su único uso debería ser la realización de uniones momentáneas, nunca permanentes, extremando el cuidado al aplicarlas sobre la emulsión o, si fuera posible, poniéndolas sólo por el soporte, y eliminándolas tras el uso de para que hubieran sido utilizadas, cerciorándose de que no quede ningún residuo de adhesivo.

En el caso de que su utilización se haga imprescindible debe evitarse el empleo de cintas adhesivas de mala calidad, utilizando exclusivamente las fabricadas para la cinematografía. No utilizar nunca cintas que lleven adhesivos a base de caucho y por supuesto, nunca emplear cintas adhesivas no transparentes, como las cintas aislantes, las cuales, desgraciadamente, también son utilizadas para la reparación de perforaciones y bordes (figura 29, 30 y 31).

En los últimos años se han desarrollado cintas adhesivas sensibles a la presión diseñadas especialmente para la cinematografía con soporte de poliéster y masa adhesiva a base de poliacrilatos de muy poco espesor, que son presentadas como inocuas y permanentes. Sin embargo, a lo largo del artículo de esta intervención se ha puesto de manifiesto que tanto los adhesivos acrílicos como los soportes de poliéster presentan algún inconveniente y son susceptibles al envejecimiento.

En cualquier caso, antes de su aplicación sobre la película ésta debe ser limpiada escrupulosamente con disolventes específicos, puesto que la suciedad provoca la aparición de burbujas de aire y las MANCHAS DE GRASA ocasionan fallos en la fuerza de adhesión de la cinta, al mismo tiempo que pueden actuar como iniciadores del proceso de oxidación.

En cuanto a su conservación, es necesario tener en cuenta que las condiciones ambientales de almacenamiento, diseñadas pensando en las necesidades de las películas, pueden entrar en contradicción (sobre todo en cuanto a la humedad relativa) con las necesidades de conservación de las cintas.

Los tratamientos de restauración deben estar encaminados a eliminar completamente los residuos de adhesivo.

A lo largo de todo el proceso de degradación la solubilidad del adhesivo varía, siendo cada vez más difícil su eliminación, haciendo necesario el empleo de disolventes más polares, potencialmente dañinos para el material del que es necesario eliminar el adhesivo. En el caso de las películas cinematográficas deben considerarse los daños añadidos a los tratamientos de eliminación del adhesivo, como son la sensibilidad del film a los disolventes o sus mezclas, así como su toxicidad. En algunos casos, su eliminación con disolventes es prácticamente imposible.

Los residuos pueden aparecer en estado viscoso o cristalizado, lo que exigirá el uso de distintos sistemas en cada caso. Dependiendo del grado de descomposición, deberán emplearse unos disolventes u otros y, de la misma manera, tampoco se podrán utilizar los mismos disolventes para adhesivos de caucho o acrílicos.

Es necesario realizar pruebas de solubilidad para concretar, en cada caso, qué disolvente o mezcla de disolventes resulta idónea para eliminar los residuos sin dañar soporte o emulsión. La eliminación del

adhesivo siempre será más fácil cuando todavía esté viscoso. Cuando el adhesivo esté cristalizado la acción de los disolventes a veces resultará inútil por lo que habrá que recurrir a técnicas de eliminación en seco (escalpelos, palos de bambú, etc.) con el consiguiente riesgo de producir daños en la película.

El comportamiento de los adhesivos de caucho en conservación de papel ha sido lo suficientemente estudiado como para poder valorar las alteraciones y daños que provoca sobre este soporte. Del mismo modo, se han establecido ensayos de solubilidad para la eliminación del adhesivo y de las manchas.

En el caso de la conservación cinematográfica desconocemos en qué medida afecta la descomposición de estos adhesivos sobre el soporte cinematográfico, pero como hemos visto causa alteraciones irreversibles en la imagen fotográfica. Se desconoce también la acción de los disolventes sobre la película y la aplicación de métodos alternativos para la eliminación del adhesivo.

En conservación de papel se vienen utilizando otras técnicas que podrían ser ensayadas sobre película cinematográfica. En cualquier caso, la elección de la técnica a emplear debe estar sometida a ensayos que determinen su efectividad e inocuidad para el material.

De su composición, propiedades y estabilidad dependerá su elección para su uso en el campo de la cinematografía. Se deberá evaluar si su aplicación es necesaria o si por el contrario puede ser sustituida por otro método. En cualquier caso, deberá escogerse la cinta autoadhesiva que resulte más adecuada teniendo en cuenta su finalidad (unión, protección, sujeción, etc.), las condiciones de aplicación en cuanto a estabilidad y permanencia y, principalmente, los materiales que la componen, es decir, que el soporte y el adhesivo sean estables e inocuos.

Aun así, la mayor parte de los adhesivos son perjudiciales para la imagen final de plata, debido a algunos compuestos de su formulación química (especialmente los que contienen sulfuro) además de su carácter higroscópico, lo que afecta a la emulsión fotográfica.

Deberían utilizarse sólo en empalmes y reparaciones que pudieran ser "deshechas" (por ejemplo, para trabajos de reproducción o restauración de los materiales), eliminándolas cuidadosamente inmediatamente después de realizar el trabajo.

Por último, subrayar que si no se puede evitar el uso de estas cintas, por lo menos, y con el fin de eliminar la degradación o los daños potenciales provocados por estos sistemas de adhesión y sus residuos, se hace imprescindible la realización de inspecciones periódicas para eliminar las cintas degradadas y sus residuos y realizar nuevos empalmes con adhesivos de acetona (aunque esto suponga la pérdida de fotogramas).

**Noviembre 2000**

## BIBLIOGRAFÍA


ALLINGTON, Caroline, "The Treatment of Social History Objets Made of Natural Rubber", *Modern Organic Materials, Preprints of the Meeting*, SSCR Publications (Scottish Society for Conservation & Restoration), Edinburgh, 1988.

ARGERICH, I. y FARRË, J., "Propuestas para la conservación de la fotografía antigua", *Primeras Jornadas para la Conservación y Recuperación de la Fotografía*, marzo 1985.

AA.VV., "Hinge, Tape and Adhesive Removal", *Paper Conservation Catalog*, cap.15, Book and Paper Group of the IAC (American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works), Vol. 9, Eigth Edition, March 1992.

BROWN, Harold, *Film Joins (Splices). Comments on cement and tape splices*, FIAF Preservation Commision, 1st Edition, May 1993.

DAHLQUIST, Carl A., "Creep", *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, Chapter 5, Edited by Donatas Satas, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1982.

FUKUZAW, Keiji, "Aging Properties", *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, Chapter 8, Edited by Donatas Satas, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1982.

AA.VV., "Cleaning", *Science of Conservators*, Vol. 2, Scientiphic Editor Johnathan Ashley-Smith, The Conservation Unit of the Musseums & Galleries Commissions, London, 1992.

AA.VV., "Adhesives and Coatings", *Science of Conservators*, Vol. 3, Scientiphic Editor Johnathan Ashley-Smith, The Conservation Unit Science Teaching Series, London, 1992.

HENDRIKS, Klaus B., "Storage and Care of Photographs", *Conservation Concerns. A guide for Collectors and Curators*, Ed. Konstanze Bachmann, Smithsonian Institution Press, Washington and London, 1992.

HIGGINS, J.J., JAGISCH, F.C., STOCKER, N.E., "Butylrubber and polyisobutylene", *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, Chapter 12, Edited by Donatas Satas, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1982.

LAVEDRINE, Bertrand, *La Conservation des Photographies*, Press du CNRS, Paris, 1990.

LIESA, Francisco y BILURBINA, Luis, "Formación de la unión", *Adhesivos Industriales*, Ed. Marcombo S.A., 1990.

MALTBY, Susan L., "Rubber: The problem that becomes a solution", *Modern Organic Materials, Preprints of the Meeting*, SSCR Publications (Scottish Society for Conservation & Restoration), Edinburgh, 1988.

OCAÑA, Carlos, "Tecnología de cintas adhesivas", 3M España, S.A. (Texto inédito perteneciente a unos cursos impartidos por 3M España con el mismo título).

PEINADO, Javier, "Emulsiones fotográficas: Alteraciones y Tratamiento", *Primeras Jornadas para la Conservación y Recuperación de la Fotografía*, marzo 1985.

RAJECKAS, Valentinas, "Bond Strenght and its Prognosis", *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, Chapter 7, Edited by Donatas Satas, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1982.

REMPEL, Siegfried, *The Care of Photographs*, Lyons & Buford Publishers, New York, 1987.

SATAS, Donatas, "Pressure-Sensitive Adhesive Products in the United States", *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, Chapter 1, Edited by Donatas Satas, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1982.

VILLENAVE, J.J., *Las grandes familias de adhesivos*, cap.6, Centro de Química Molecular, Universidad de Burdeos, Talence, Francia.

VIÑAS, Vicente y PEINADO, Javier, "Soportes y Emulsiones de la fotografía: alteraciones y tratamiento", *Primeras Jornadas para la Conservación y Recuperación de la Fotografía*, marzo 1985.

VIÑAS TORNER, Vicente, *Conservación y Restauración de Libros, Documentos y Obras de Arte*, Décimo Congreso de Estudios Vascos, Iruñea, abril 1897, Separata, Editorial Eusko Ikaskuntza, Donostia.

"Splices and splicing", *The Book of Film Care*, Chapter 5, Ed. Paul L. Gordon, Eastman Kodak Company, 1983 (H-23), pp. 60-68.

Unterlagen für den Kurs "Entferner von Selbstklebebändern", veranstaltet von ÖRV unter der Leitung von Mag. Karin Troschke & Mag. Doris Hess, 6-7 November 1993, pp. 136-139, (tesis doctoral inédita).

# EFECTOS DE LA DEGRADACIÓN DE LAS CINTAS AUTOADHESIVAS SOBRE LA PELÍCULA CINEMATOGRÁFICA

" Cintas autoadhesivas - cintas adhesivas "sensibles a la presión"

↓

adhesión por contacto mediante presión

" Adhesivos "sensibles a la presión"

a. elastómeros viscosos: caucho natural

b. polímeros sintéticos: adhesivos acrílicos

" Cintas autoadhesivas para cinematografía:

1. Cintas autoadhesivas para empalmes

2. Tiras perforadas para reparación de perforaciones

**A la hora de utilizar las cintas autoadhesivas debería hacerse un cuidadoso balance de sus ventajas e inconvenientes**

# VENTAJAS

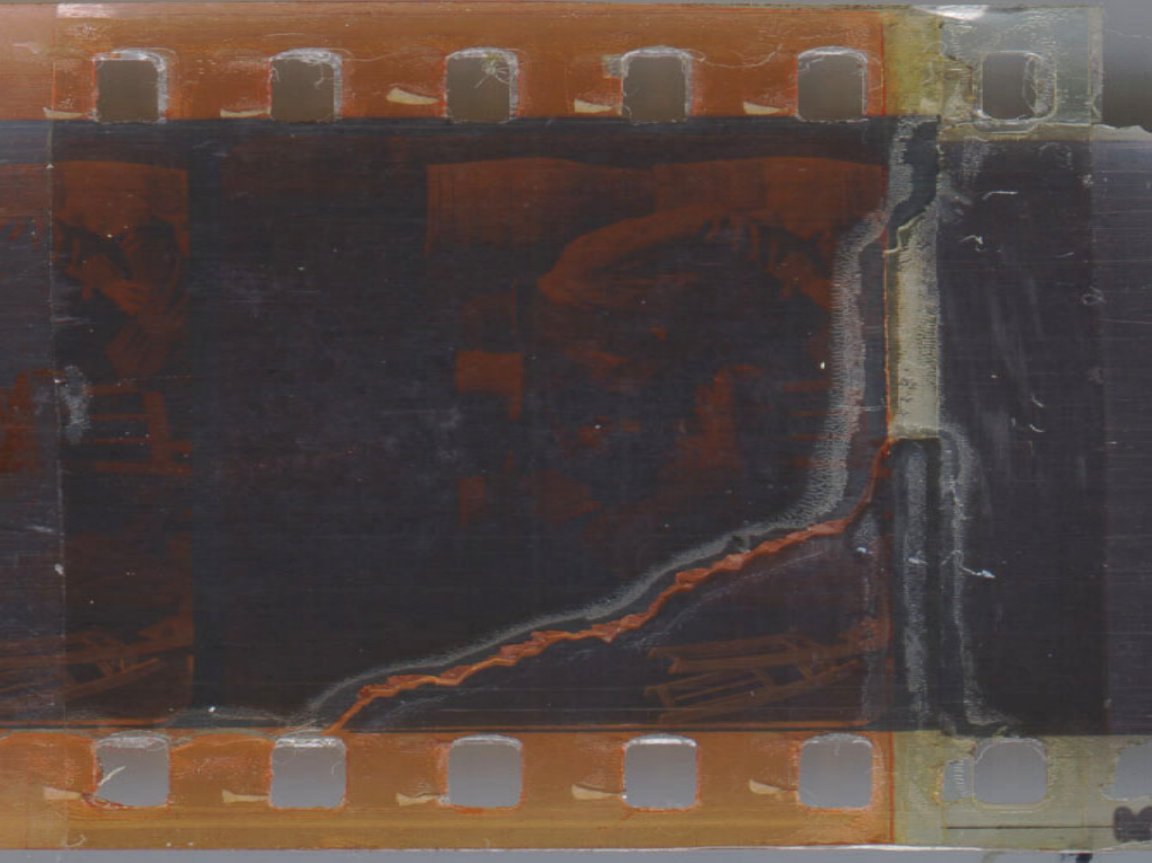
- En empalmes no es necesario el sacrificio de fotogramas
- Pueden utilizarse para reparar desgarros transversales y longitudinales o roturas en mitad de un fotograma
- Posibilidad de hacer, deshacer y rehacer los empalmes
- Permite la unión entre soportes distintos

# INCONVENIENTES

- **Inestabilidad y poca perdurabilidad**

- **Consecuencia: empalmes y reparaciones pueden ser más dañinos que las propias lesiones provocando la pérdida de fotogramas**

- **Burbujas de aire favorecen la descomposición de la masa adhesiva > afecta al soporte de la cinta adhesiva > pérdida de propiedades mecánicas y químicas**

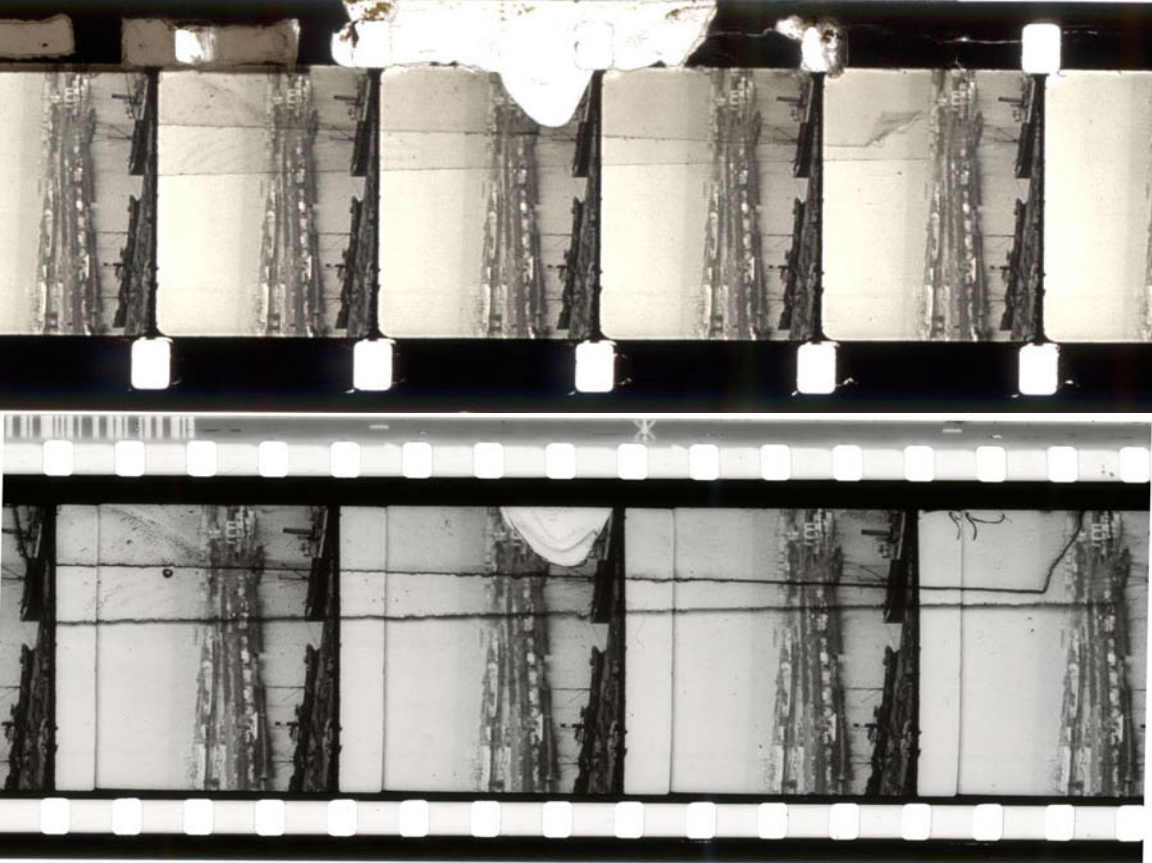


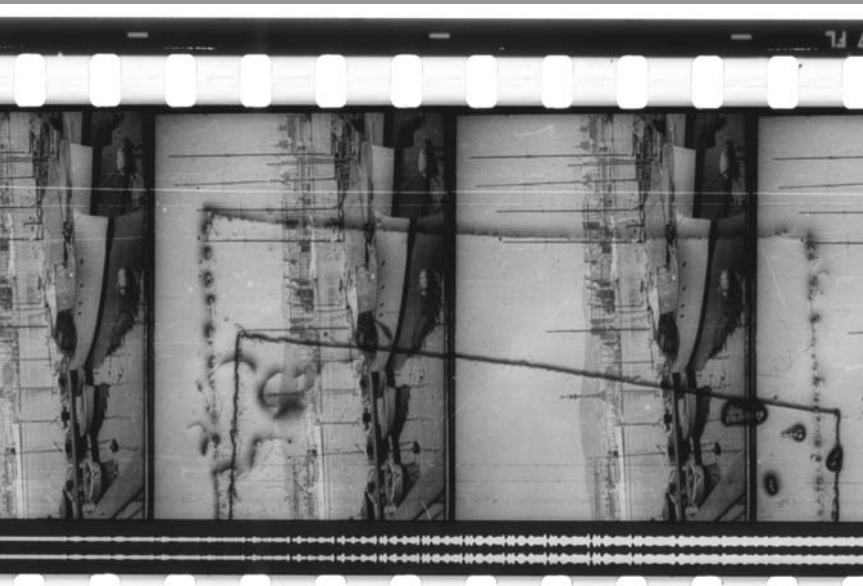
# INCONVENIENTES

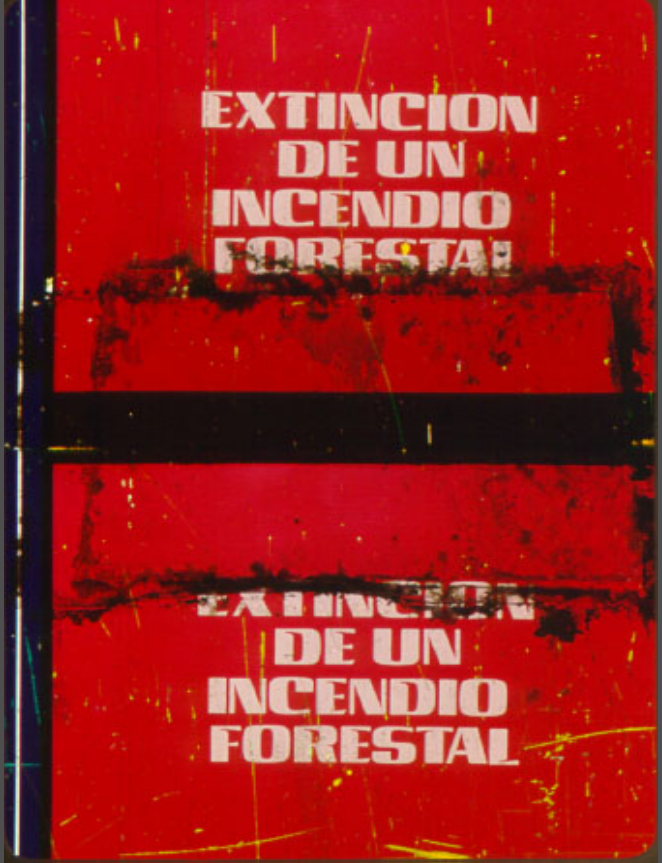
" **Empalmes y reparaciones en márgenes**

**- los bordes pueden entrar en el área de imagen y aparecer en pantalla o ser reproducidos**

**- en bandas de sonido se traduce como ruido**





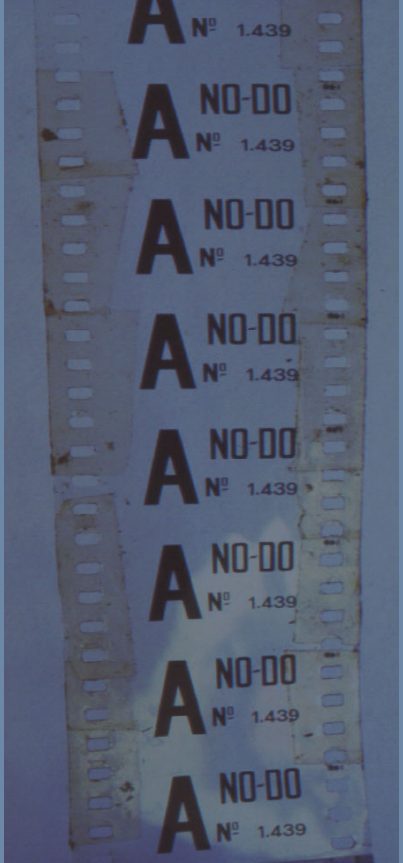

EXTINCION
DE UN
INCENDIO
FORESTAL
DE UN
INCENDIO
FORESTAL

# INCONVENIENTES

" **Tiras adhesivas para reparación de perforaciones**

**- resistencia a la tracción y contracción distintas que el soporte cinematográfico**

**- deformaciones**


A Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439
A NO-DO Nº 1.439

# INCONVENIENTES

" **Cintas adhesivas de poliéster**

**- acumulan electricidad electrostática que dificulta su aplicación, atrae polvo y fija la suciedad en los bordes**

# ESTRUCTURA DE LAS CINTAS AUTOADHESIVAS

- **Soporte transparente**
  - **celofán**
  - **acetato de celulosa**
  - **poliéster**
  - **polipropileno**
- **Imprimación**
- **Antiadherentes**
- **Protectores**
- **Masa adhesiva**
  - **caucho natural y/o sintético**
  - **poliacrilatos (adhesivos acrílicos)**

**Años 20** - **soporte de papel + adhesivo de caucho**

**Años 30** - **soporte de celofán + adhesivo de caucho**
**(3M Co. - Scotch)**

**Años 50** - **soporte de acetato de celulosa**
**+**
**adhesivo de caucho**

**1961** - **soporte de acetato de celulosa**
**+**
**adhesivo acrílico (3M Co.)**

**1982** - **soporte de poliéster + adhesivo acrílico**
**(3M Co.)**

**Atendiendo al soporte y a la masa adhesiva podemos encontrar las siguientes variantes de cintas autoadhesivas**

# Clasificación de la cintas autoadhesivas en función de la masa adhesiva

## 1. ADHESIVOS A BASE DE CAUCHO

**Caucho natural +resinas + plastificantes +aditivos**

**a. Adhesivo de caucho natural y resinas**

**b. Adhesivo de caucho sintético (1970)**

**Ý mejores características de envejecimiento**

**c. Adhesivo de caucho termoplástico (1965)**

**Ý mayor resistencia a altas TºC, peor fuerza cohesiva**

# Clasificación de la cintas autoadhesivas en función de la masa adhesiva

## 2. ADHESIVOS A BASE DE POLÍMEROS ACRÍLICOS

- Formados a partir de poliacrilatos

- Inherentemente sensibles a la presión
- Formulación más simple y controlable
- **Mejores propiedades de envejecimiento**

- Tecnología de fabricación más compleja > eleva precio
- **Propiedades adhesivas menores**

# Características, degradación y alteraciones de los soportes transparentes

## 1. CELOFÁN

- Más antiguo y todavía utilizado
- Obtenido a partir de celulosa regenerada
- Láminas transparentes con gran resistencia a la tracción

**INCONVENIENTES**

- Altera fácilmente su contenido de humedad
- Contracción > parte del adhesivo al descubierto
  > peligro de adhesión a espiras en contacto
  > extiende acción químicamente agresiva de adhesivo

# Características, degradación y alteraciones de los soportes transparentes

## 2. ACETATO DE CELULOSA

- Coste más elevado
- Características de estabilidad superiores
- Igual espesor pero menor resistencia a la tracción

# Características, degradación y alteraciones de los soportes transparentes

## 3. POLIÉSTER

- Menor espesor
- Menor resistencia a la tracción
- Ligeramente plastificados

### INCONVENIENTES

- No encogen > el adhesivo puede ceder y desplazarse la cinta quedando éste al descubierto

- Plastificantes > migran hacia la masa adhesiva provocando su pérdida de adhesividad > desprendimiento del soporte plástico

# Características, degradación y alteraciones de la masa adhesiva

## 1. ADHESIVOS A BASE DE CAUCHO NATURAL

- Caucho natural > sustancia viscosa y muy pegajosa obtenida del látex
- Poca adhesividad inherente > adición de resinas
- Adquiere propiedades elásticas y de resistencia tras la vulcanización

- Poco resistententes a TºC y radiación UV > proceso químico de reticulación mediante vulcanización con azufre o adición de resinas fenol-formadehído
  > causante de las alteraciones en la imagen de plata

## INCONVENIENTES

- **Inestables > degradación por oxidación > pérdida de propiedades mecánicas y químicas**

- **Resinas > catalizadores del envejecimiento oxidativo > despolimerización > pérdida de adhesividad**

- **Plastificantes > migran o se volatilizan > el adhesivo se vuelve quebradizo**

# Características, degradación y alteraciones de la masa adhesiva

## 2. ADHESIVOS A BASE DE POLIMEROS ACRÍLICOS

- Poder adhesivo menor que se incrementa con el tiempo
- Mayor resistencia a la oxidación y radiación UV
- Buena resistencia química al agua

**INCONVENIENTES**

- **Plastificantes** pueden migrar a la superficie del soporte cinematográfico causando daños
- Formación de **entrecruzamientos**

  **> consolidación de la adhesión** > difícil eliminación

  **> reducción del poder adhesivo** > pérdida de funcionalidad

# Degradación de cintas autoadhesivas a base de caucho

## 1ª FASE: INDUCCIÓN

Ligeras alteraciones oxidativas que tardan en manifestarse

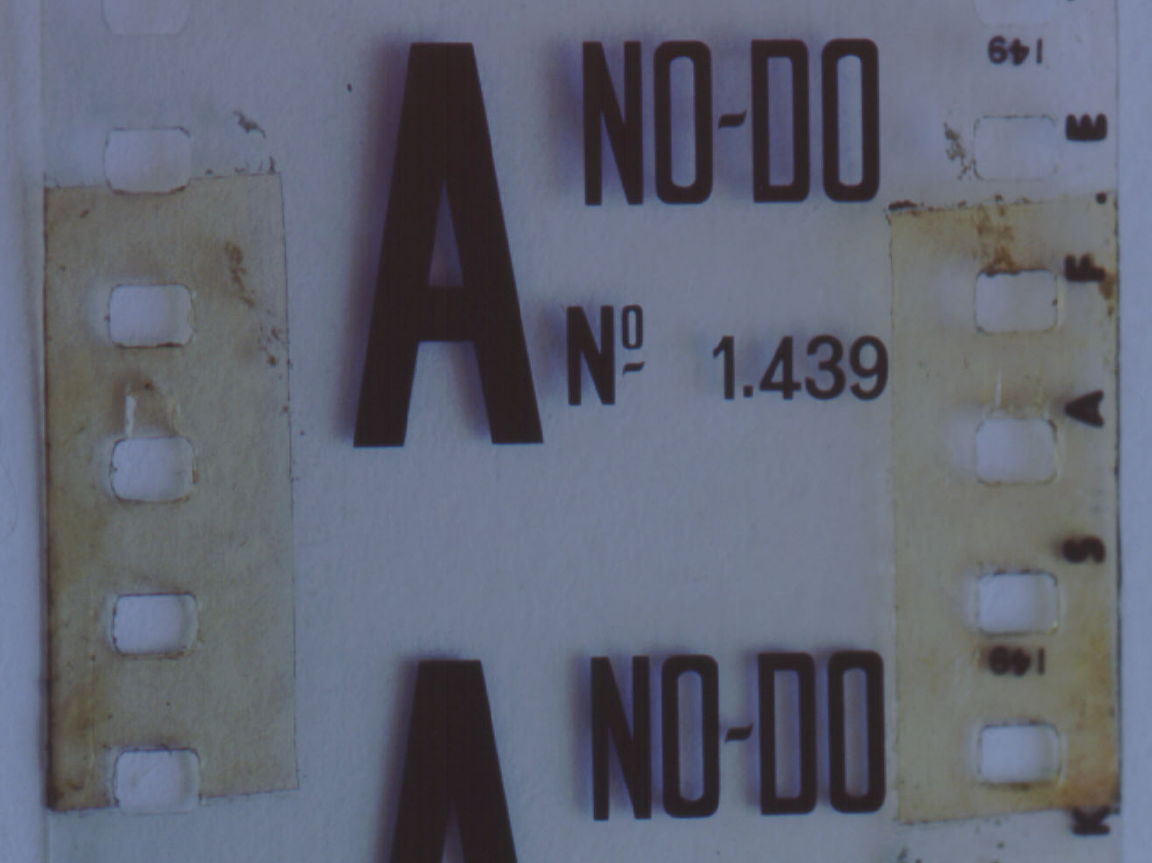
Decoloración de la masa adhesiva del rosáceo al amarillo

Reblandecimiento de la masa adhesiva

Exhudación del adhesivo por los bordes > favorece la adhesión de suciedad

Viscosidad alta > desprendimiento del soporte de celofán o acetato > masa adhesiva al descubierto > mayor riesgo de adhesión entre las espiras

A NO-DO
Nº 1.198


A NO-DO
Nº 1.439
A NO-DO

## Degradación de cintas autoadhesivas a base de caucho

### 2ª FASE: OXIDACIÓN

" **Descomposición del adhesivo > cambio de consistencia de la masa adhesiva > incremento de la pegajosidad**

> **residuos pegajosos en espiras en contacto y a través de las perforaciones**

" **Viscosidad alta > desprendimiento del soporte de celofán o acetato > masa adhesiva al descubierto > mayor riesgo de adhesión entre las espiras**

1192

0-00

1192

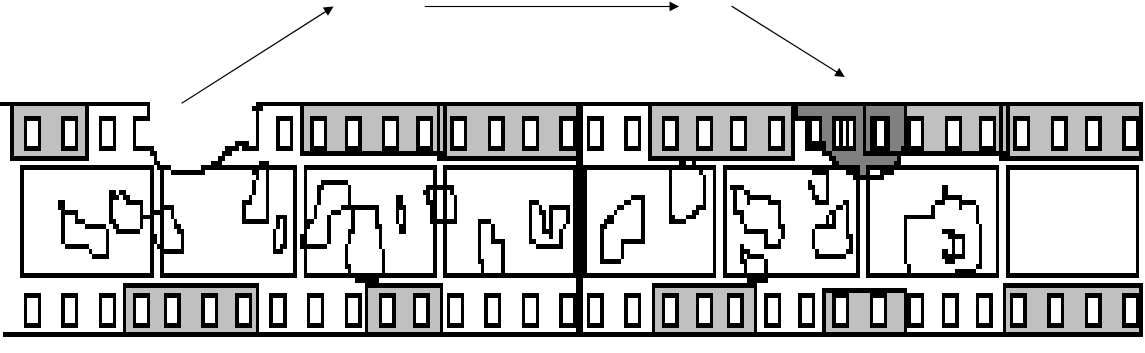
0-00

## Degradación de cintas autoadhesivas a base de caucho

### 2ª FASE: OXIDACIÓN

- **Formación de fibras de adhesivo** > **mayor viscosidad** > **más residuos de adhesivo**

- **Daños en el soporte durante su manipulación** > **desgarros de varios fotogramas y/o roturas con pérdida de soporte**



## Degradación de cintas autoadhesivas a base de caucho

# 2ª FASE: OXIDACIÓN

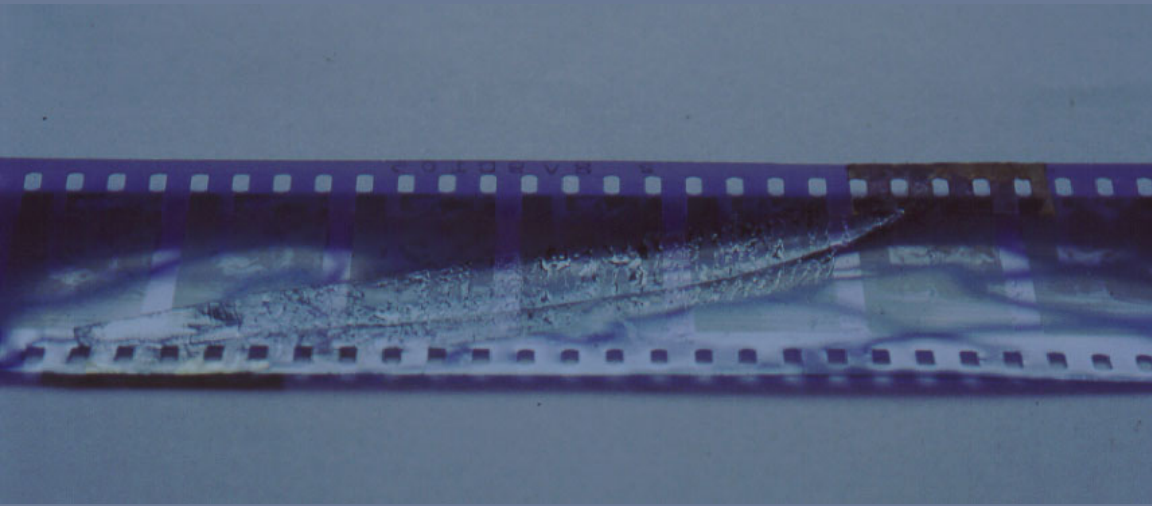
- **Productos de descomposición ácidos del adhesivo pueden afectar la estabilidad dimensional del soporte de la cinta > deformación de la película**

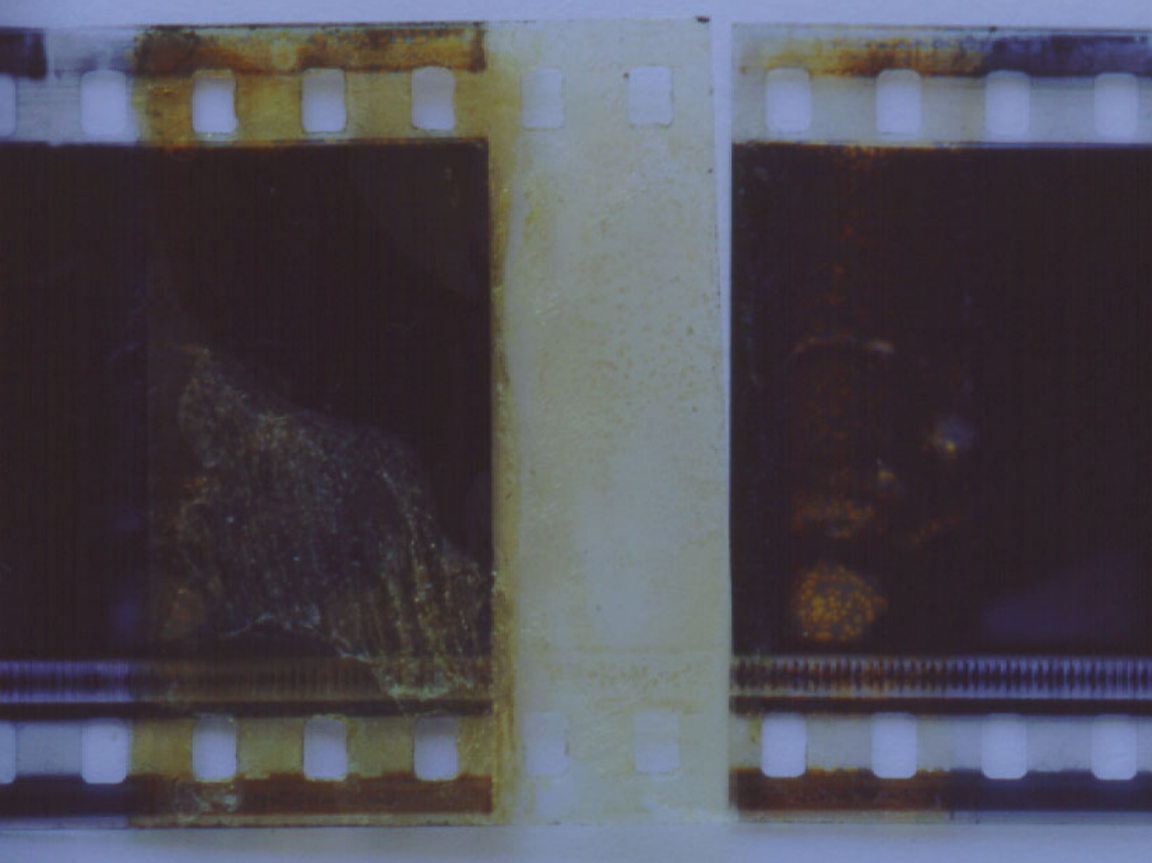
## Degradación de cintas autoadhesivas a base de caucho

## 3ª FASE: RETICULACIÓN O ENTRECRUZAMIENTO

- **Formación de entrecruzamientos > quebradizo**

- **Cristalización del adhesivo > se anula su adhesión al soporte de celofán o acetato**





## Degradación de cintas autoadhesivas a base de caucho

## 3ª FASE: RETICULACIÓN O ENTRECRUZAMIENTO

- **Moléculas de azufre resultantes de la descomposición química migran a la emulsión fotográfica > manchas cobrizas o ámbar**

# ALTERACIONES QUÍMICAS EN LA EMULSIÓN FOTOGRÁFICA

1. Alteraciones químicas en la imagen final de plata en emulsiones en blanco y negro

" Deterioro óxido-reductivo

" Sulfuración

2. Alteraciones químicas en emulsiones en color

" Cambios cromáticos

# DETERIORO OXIDO-REDUCTIVO

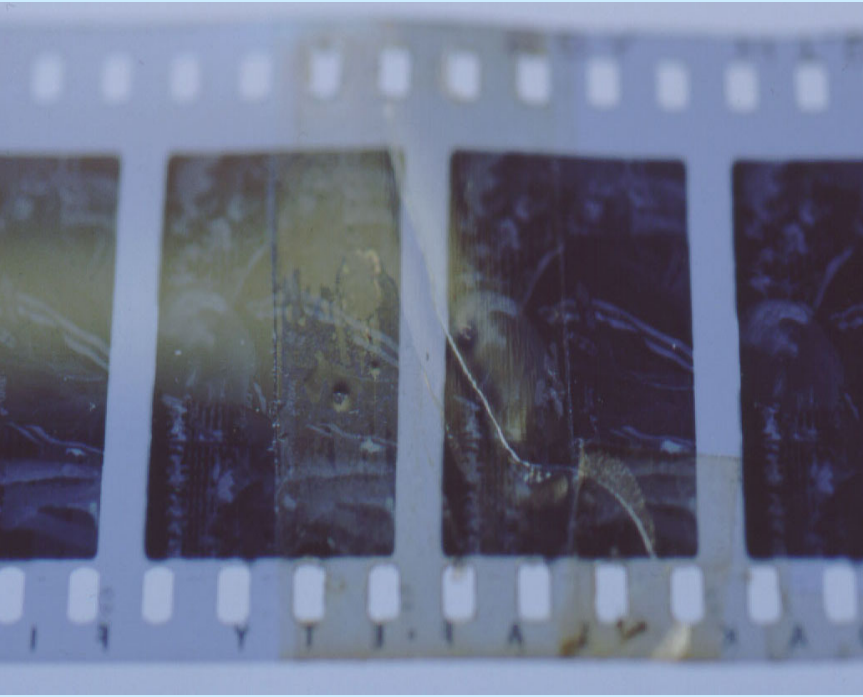
- **Burbujas de aire y productos de oxidación del adhesivo > reacción química con la imagen de plata**

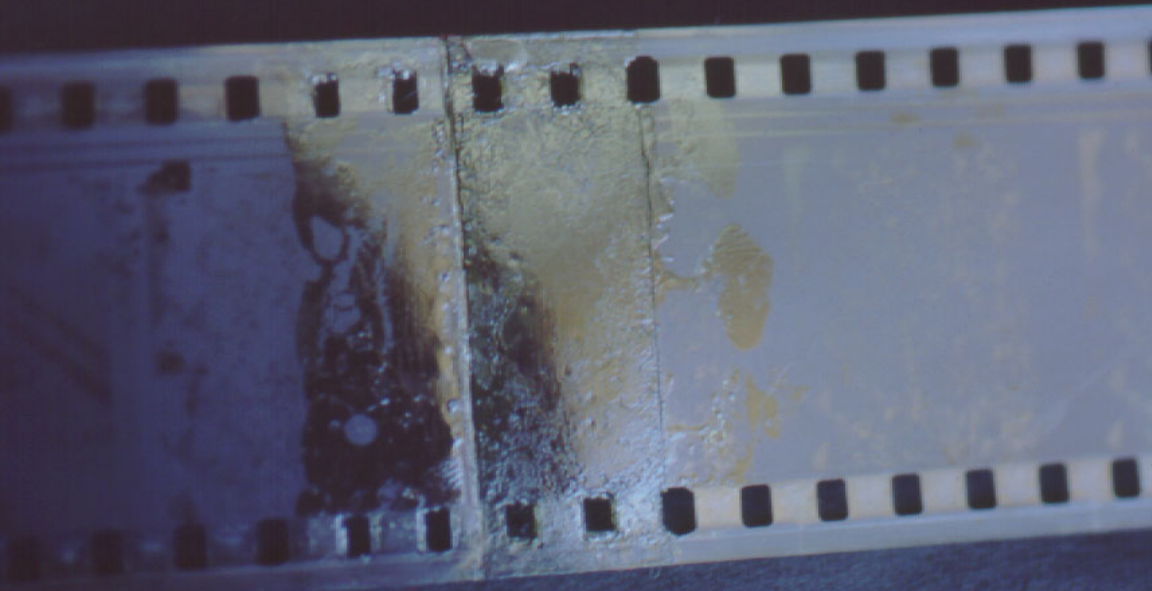
- **Deterioro óxido-reductivo > oxidación de la plata que pierde un electrón > formación de iones plata (Ag - $1e^-$ Ü $Ag^+$ )**

- **Iones plata migran a la superficie de la emulsión > reducción a plata metálica**
  **> capa metálica de brillo azulado**

- **Cambios morfológicos en la plata metálica**
  **> plata coloidal > color amarillo anaranjado**

- **Alteración química conocida como velo dicroico o *mirroring***





# SULFURACIÓN

- **Provocada por las cintas adhesivas a base de caucho > cambios en la composición química de la emulsión fotográfica > alteración cromática**

- **Degradación del adhesivo > escisión de la cadena polimérica > liberación de átomos de azufre introducidos durante la vulcanización del caucho**

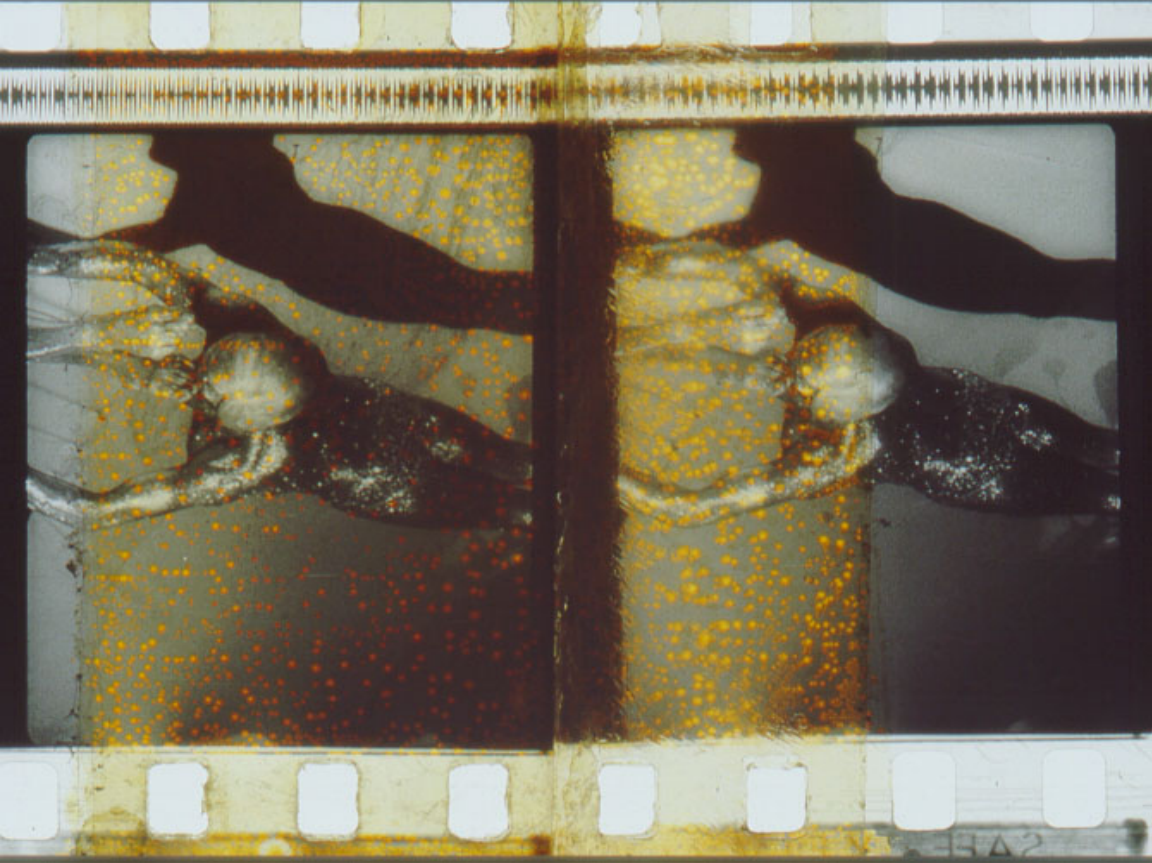
- **Reacción química entre átomos de azufre y la plata metálica > sulfuro de plata**

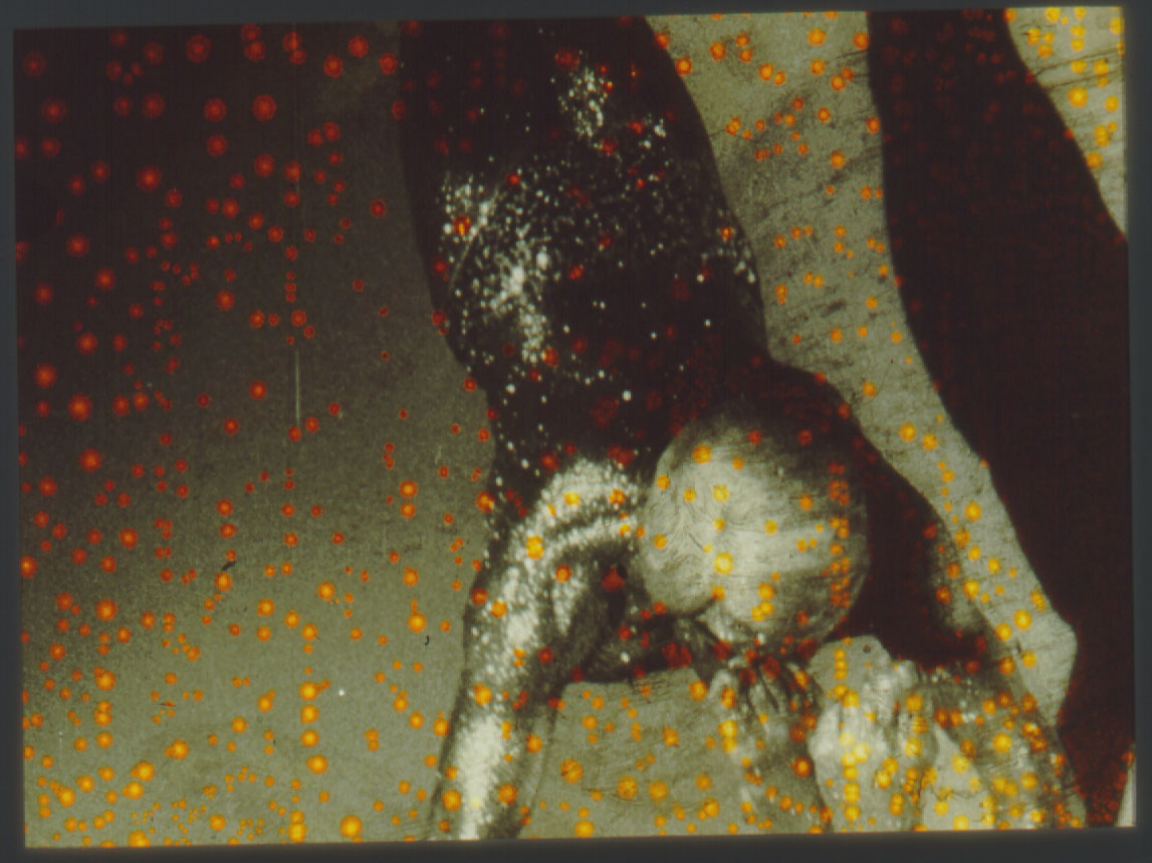
" **Resultado en la imagen de plata**

**> formación de manchas pardo-cobrizas**

**> decoloración homogénea tono sepia**

**en zonas cubiertas por la cinta adhesiva, en contacto con éstas o con residuos de adhesivo**





SVAICA

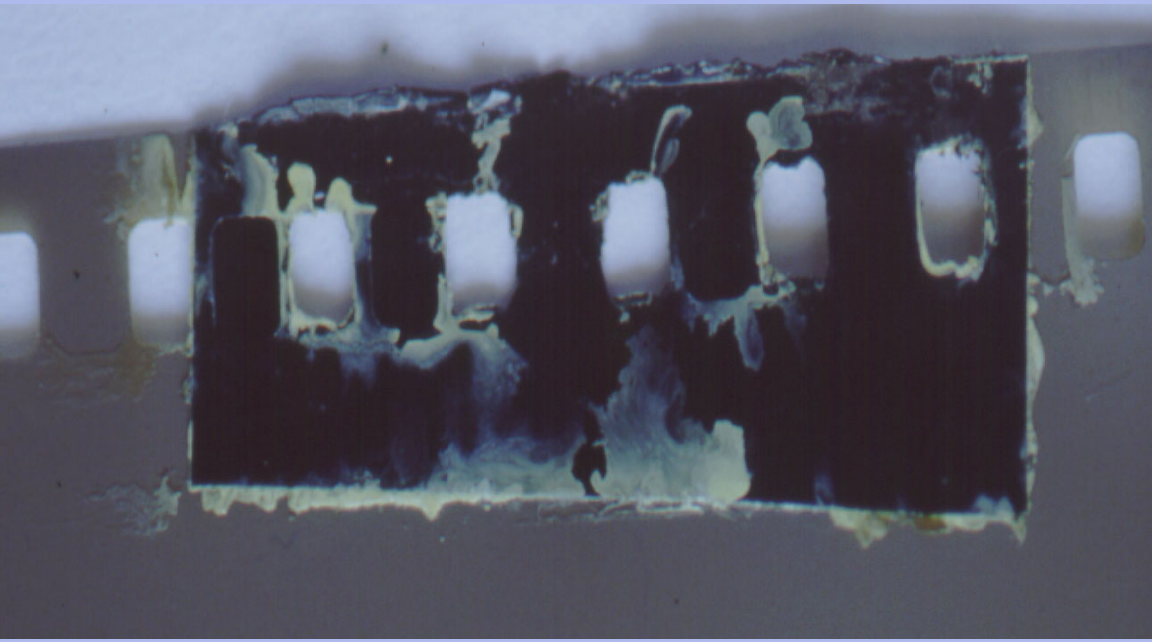
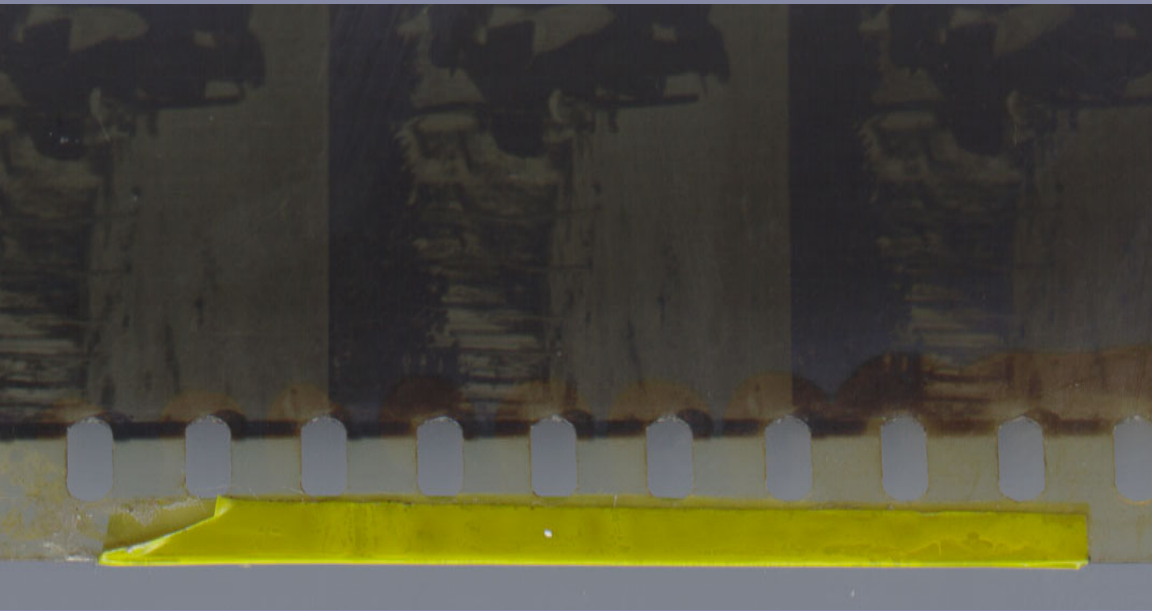
**Cambios cromáticos en emulsiones en color >**

**degradación de los colorantes**

BELGIUMS 42
3
B12X26037

**Todas estas lesiones físicas en el soporte y químicas en la emulsión son**

**IRREVERSIBLES**

**AFECTAN A NUMEROSOS FOTOGRAMAS**

**PUEDEN PRODUCIR SU PÉRDIDA**