



ABRIR CAPÍTULO II TOMO I

CAPITULO III

ENSAYOS COLORIMÉTRICOS Y DE ENVEJECIMIENTO

OBTENCIÓN DE RESULTADOS

III.1.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS ENSAYOS.

Se refieren a continuación unas líneas teóricas generales en las cuales está basado el estudio práctico de los materiales objeto de la investigación¹. En ellas se tratan los temas de la percepción del color y los sistemas establecidos para la medición de éste. Asimismo, se incluyen descripciones del instrumental de medición y las cámaras de envejecimiento empleados en esta investigación.

III.1.1.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR.

Existen varios puntos de vista desde los cuales puede estudiarse el fenómeno del color y su percepción. Estos diferentes modos de estudio se basan en las diferentes partes del proceso que va desde que se produce hasta que se capta el color, tomando como referencia la percepción de éste por parte del ojo humano.

¹ Parte de este capítulo se realizó con el asesoramiento del profesor José Vicente Alonso y director del curso Dña. Alicia Larena Pellejero, del Curso de 3º Ciclo "Curso de colorimetría industrial", impartido por la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid durante 1992.

Esta última consideración es importante hasta el punto de que se ha llegado a afirmar que no tiene sentido hablar de los colores hasta que no se produce su impresión en la retina².

En primer lugar, desde el punto de vista de la física se estudia el color analizando las características de la energía que llega hasta el ojo y que es percibida por éste como una impresión cromática. Así, un color en el sentido físico estará compuesto por una parte del espectro de la luz blanca caracterizada principalmente por una determinada longitud de onda.

La fisiología se ocupa, en este campo, del estudio del proceso mediante el cual cada una de estas energías impresiona la retina del ojo y los procesos físico-químicos que se producen en el sistema de percepción humano hasta que estas sensaciones son trasladadas al cerebro en forma de impulsos eléctricos³.

Dentro del campo de la psicología se intenta explicar el modo en que el cerebro procesa la enorme cantidad de información que le llega a través del ojo, entre la cual se encuentran los datos sobre los colores. Estos datos han de ser analizados y sometidos a asociaciones con la información recogida en la memoria procedente de anteriores experiencias.

² Ver., KÜPPERS, Harald., *Fundamentos de la teoría de los colores*, pág 102.

³ Ver además: SANTANA POMARES, Jaime, *Método Santana*, Jaime Santana Pomares, Murcia, 1994.

Hay una serie de atributos que caracterizan a un color desde el punto de vista psicológico y que han de ser evaluados para diferenciar unos colores de otros. Estos son el tono, la claridad y la saturación⁴.

El tono es un atributo psico-sensorial, es decir, de la sensación visual, que se corresponde con la llamada "longitud de onda dominante" de una radiación luminosa. Así, esta cualidad va a servir al observador para establecer semejanzas con los colores conocidos del espectro (verde, amarillo, etc).

La claridad o luminosidad está relacionada con la intensidad luminosa de un color y la similitud de éste con uno de los diferentes grises posibles entre el blanco y el negro.

Finalmente, la saturación se relaciona con la pureza del color, es decir, con la proporción que contiene de la propia longitud de onda del espectro. Esta propiedad representa la diferencia entre la sensación de un color determinado y la del gris que posee su misma luminosidad.

Teniendo en cuenta los aspectos físico, fisiológicos y psicológicos resumidos anteriormente, surgió el estudio psicofísico del color que se centra en el análisis de los estímulos relacionándolos con la respuesta del observador. Para ello era necesario considerar a este último de una manera objetiva, teniendo en cuenta que en el fenómeno de la percepción, además de las variables de tipo físico, es de gran importancia la influencia de las características particulares de cada observador.

⁴ Sobre estos atributos del color pueden verse: GILABERT, Eduardo J., *Medida del color*, Departamento de Ingeniería Textil y Papelería, Universidad Politécnica de Valencia, 1992, pág. 86 y FABRIS, S. y GERMANI, R., *Color*, Ediciones Don Bosco, Barcelona, 1979, pág. 55-57.

El intento de definir las características perceptivas que pueden considerarse representativas de la mayor parte de las personas ha llevado a establecer una serie de valores medios que identifican la respuesta ante el color del llamado Observador Patrón Psicofísico o Fotométrico. En realidad, este Observador Patrón se manifiesta gráficamente en forma de una "curva de sensibilidad espectral" que refleja la medida de la respuesta sensitiva del ojo humano para cada longitud de onda (eficiencia luminosa)⁵.

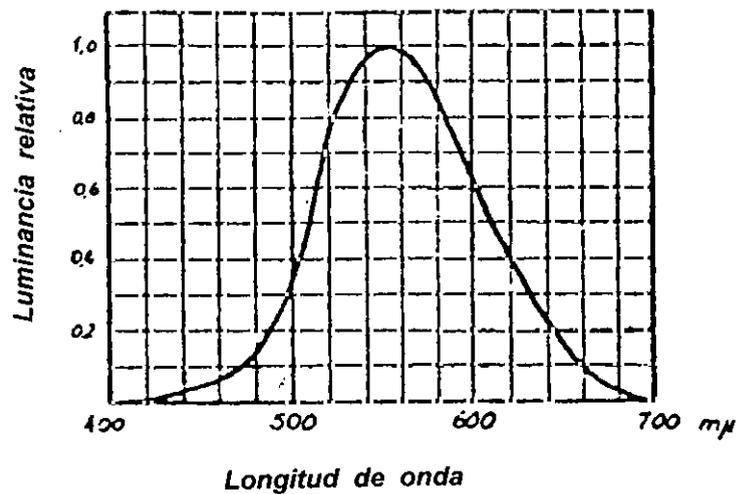


Figura III.1 Gráfico de la eficiencia luminosa del observador patrón.

⁵ Consultar además: MOSSI GARCÍA, José Manuel, *Sistema de Imagen y Sonido*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1994, pág. 16.

III.1.2.- LA MEDIDA DEL COLOR. PLANTEAMIENTO COLORIMÉTRICO.

La Colorimetría es la ciencia que se ha ocupado del estudio de los colores desde un punto de vista objetivo, tratando de expresarlos de un modo cuantitativo⁶. De esta forma los colores se identifican numéricamente y ello hace posible realizar mediciones y cálculos, establecer comparaciones y determinar la composición de cualquiera de ellos sin tener que depender de la subjetividad de cada observador⁷.

La Colorimetría utiliza principalmente dos magnitudes para especificar las características de un color. Por un lado está la **Luminancia (L)**, que se corresponde con la claridad o luminosidad descrita anteriormente, y por otro la **Cromaticidad**, que reúne las propiedades de tono y saturación de un color dado.

Definidos los colores de esta manera, la Colorimetría basa su estudio en la llamada ecuación tricromática, concepto de tipo experimental que se basa en que dado un color cualquiera

⁶ Como importante referencia en la aplicación de la Colorimetría en el estudio del comportamiento de los materiales empleados en procesos de conservación-restauración, consultar la tesis doctoral: SAN ANDRES MOYA, Margarita, *Aplicaciones de resinas sintéticas a la conservación y restauración de obras de arte*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1990.

⁷ Más información en: HITA VILLAVERDE, Enrique, *Contribuciones físicas a los mecanismos de percepción cromática*, Universidad de Granada, 1993.

(X), es posible obtener su misma sensación perceptiva con la mezcla de otros tres colores llamados "primarios" (A, B y C)⁸.

Esta equivalencia puede expresarse, pues, de la siguiente forma:

$$L_X X \Leftrightarrow L_A A + L_B B + L_C C$$

Siendo L_X la luminancia del color a obtener y L_A , L_B y L_C las luminancias respectivas de los primarios A, B y C.

Los tres primarios considerados podrían ser unos cualesquiera, dentro de unos límites, pero sus luminancias están condicionadas al hecho de que la suma de ellas debe ser igual a la del color resultante.

$$L_X = L_A + L_B + L_C$$

Esta igualdad numérica establecida entre los coeficientes de los colores primarios utilizados va a permitir deducir las coordenadas cromáticas que identifican a cada color. Esta deducción es posible gracias a que la ecuación tricromática se cumple para un amplio margen de luminancias, es decir, es posible multiplicar ambos lados de la ecuación por un mismo número y la equivalencia se mantiene.

⁸ Estos principios están basados en las experiencias y leyes establecidas definitivamente en 1953 por Grassman. Ver la bibliografía sobre Colorimetría y en concreto MARTÍN MARCOS, Alfonso y LABANDA ALONSO, Aurelio, *Fotometría y Colorimetría*, E.U.I.T. de Telecomunicación, Madrid, 1987.

Así, si se multiplica a cada lado por un valor $\frac{1}{L_X}$ obtendremos:

$$1X = \frac{L_A}{L_X}A + \frac{L_B}{L_X}B + \frac{L_C}{L_X}C$$

que gracias a la igualdad de luminancias se convierte en:

$$1X = \frac{L_A}{L_A+L_B+L_C}A + \frac{L_B}{L_A+L_B+L_C}B + \frac{L_C}{L_A+L_B+L_C}C$$

Esta ecuación viene a expresar los coeficientes tricromáticos para igualar, con un sistema de primarios A, B, C, una unidad de luminancia del color resultante. Escribiendo la expresión de la forma:

$$1X = mA + nB + pC$$

se obtiene que m, n, y p pueden tomarse como las coordenadas cromáticas del color X en este sistema de primarios. Si se tiene en cuenta la igualdad ya expresada anteriormente:

$$1 = m + n + p$$

se deduce que con dos de las coordenadas (m y n) y la luminancia L_X puede determinarse de forma inequívoca un color para un sistema de referencia dado. La tercera de las coordenadas (p) no es significativa ya que es igual a 1 menos la suma de las otras dos.

III.1.3.- EL SISTEMA DE COLORES PRIMARIOS C.I.E.

La Commission Internationale de l'Eclairage (Comisión Internacional de Iluminación) fue quien definió en 1931 un sistema de primarios que venía a unificar la especificación de colores, así como a solucionar algunos inconvenientes que tenía el trabajo con unos primarios cualesquiera tomados entre los colores espectrales⁹.

Así, la CIE estableció un sistema de referencia basado en las características del Espectador Patrón Colorimétrico. Este sistema está relacionado con las propiedades de eficiencia luminosa definidas para el Espectador Patrón Fotométrico y sus características son tales que los coeficientes tricromáticos son positivos para cualquier color, evitando los problemas que planteaba la obtención de valores negativos en algunos casos.

Los tres colores primarios que cumplen las condiciones impuestas anteriormente son el color rojo (R) de longitud de onda igual a 700 nm, el verde (G) de 546,1 nm y el azul (B) de 435,6 nm. Estos colores son ficticios ya que no existen en la naturaleza y solamente se definen para este fin.

⁹ Para más información revisar: GILABERT, Eduardo J., *Medida del color*, Departamento de Ingeniería Textil y Papelería, Universidad Politécnica de Valencia, 1992, pág. 89-94 y el Capítulo Leyes Básicas de la Colorimetría de MARTÍN MARCOS, Alfonso, *Colorimetría aplicada a la televisión*, pág 1-19.

Los coeficientes tricromáticos para este sistema reciben el nombre de Valores Triestímulos para diferenciarlos de los referidos a cualquier otro sistema de primarios y su representación se hace con las letras X, Y, y Z.

Los valores necesarios para identificar un color en el sistema CIE serán la Luminancia y las coordenadas cromáticas x, y obtenidas mediante las expresiones deducidas anteriormente:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

Estos tres valores se utilizarán posteriormente para la representación de los colores de forma gráfica.

III.1.4.- EL DIAGRAMA DE CROMATICIDAD O TRIÁNGULO CIE.

Una vez desarrollado el sistema para obtener las coordenadas cromáticas de un color cualquiera, la CIE propuso la utilización de un diagrama de colores representado en el plano sobre unos ejes cartesianos. En este diagrama se sitúan todos los colores espectrales y no espectrales posibles físicamente, utilizando para ello sus coordenadas cromáticas en el sistema de referencia de referencia de primarios CIE¹⁰.

¹⁰ Para ampliar este punto véase: CARBONELL ARROYO, Daniel y RUIZ LLANOS, María Gracia, *Cuestionario sobre el color*, D. Carbonell y M.G. Ruiz, Murcia, 1989 y FABRIS, S. y GERMANI, R., *Color*, Ediciones Don Bosco, Barcelona, 1979.

CIE 1931 (x,y)-Chromaticity Diagram

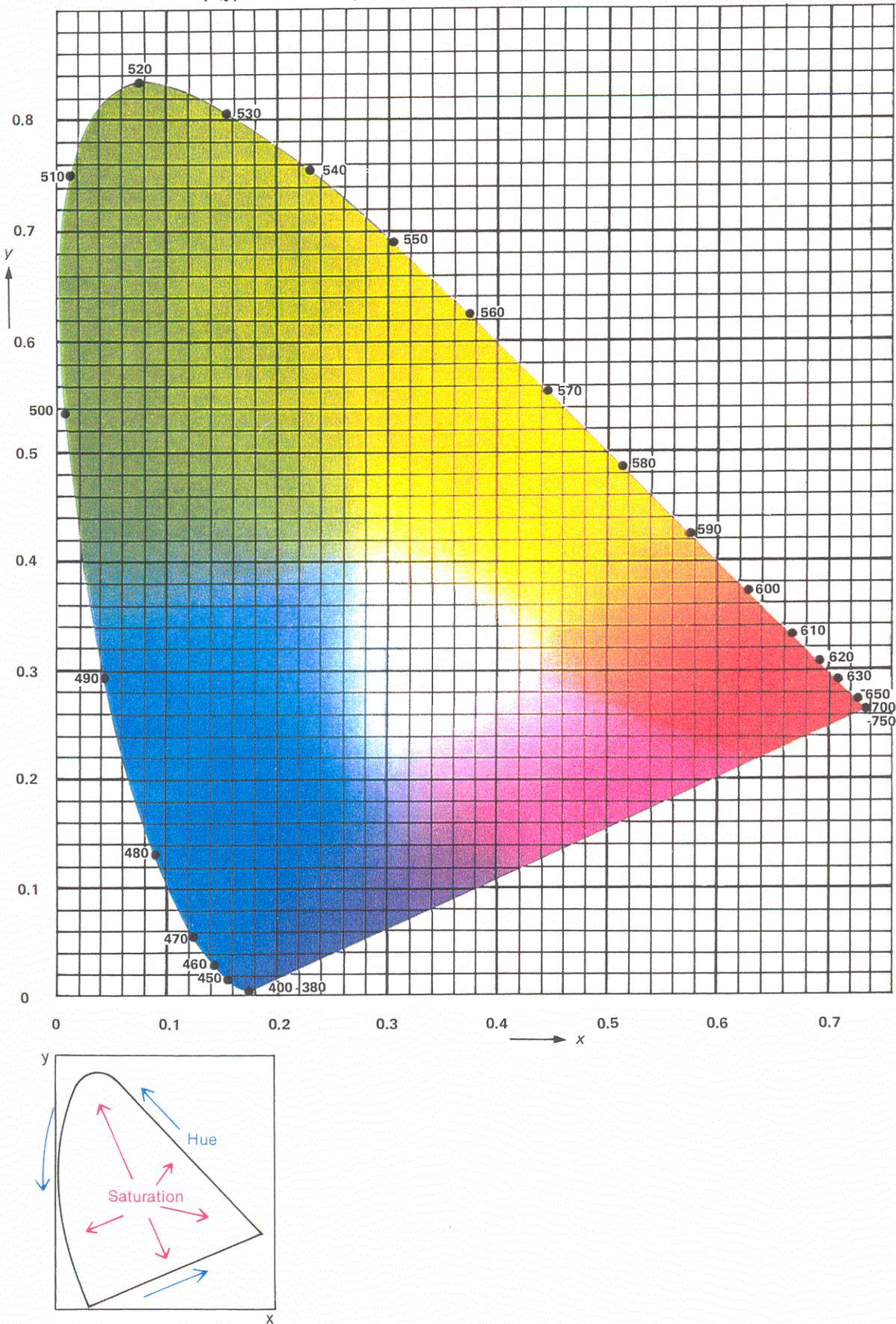


Figura III.2 Diagrama de cromaticidad o Triángulo CIE (*Precise color communication*, Minolta, 1988, pág. 15).



Todos los colores se encuentran dentro del triángulo de cromaticidad, que tiene por vértices las coordenadas de los tres colores primarios ficticios. Estas coordenadas, obtenidas de sus valores triestímulos son:

	<u>Valores triestímulos.</u>	<u>Coordenadas tricromáticas</u>
Color R	$X = 1 \ Y = 0 \ Z = 0$	$x = 1 \ y = 0$
Color G	$X = 0 \ Y = 1 \ Z = 0$	$x = 0 \ y = 1$
Color B	$X = 0 \ Y = 0 \ Z = 1$	$x = 0 \ y = 0$

Representado en el diagrama los colores espectrales puros se obtiene una línea en forma de herradura que se conoce por el nombre de SPECTRUM LOCUS.

En la zona interior a esta línea se localizan todos los demás colores que son posibles físicamente (los no espectrales).

Este diagrama tiene aplicación principalmente en el campo de la experimentación científica y la colorimetría industrial. Su uso se centra en la facilidad para evidenciar las relaciones entre los diferentes colores, así como para identificar el resultado de la mezcla de dos o más de ellos.

En gran cantidad de las operaciones de manejo del diagrama cromático hay un punto que tiene especial relevancia y es el que corresponde a la localización del color blanco (color "acromático"). Así por ejemplo, es posible determinar el color opuesto o complementario de uno de los espectrales haciendo pasar una recta por éste y por el punto acromático y prolongándola hasta cortar de nuevo la línea de los colores puros. En este punto se sitúa el color complementario, es decir, aquél que mezclado con el primero da como resultado el color blanco.

Otras aplicaciones del diagrama CIE, que van a resultar de gran utilidad para la comprensión de algunas nociones sobre los colores, son la obtención sobre él de dos propiedades altamente significativas: la longitud de onda dominante y la pureza.

La longitud de onda dominante de un color mezcla es la correspondiente al color espectral puro que mezclado con el blanco da como resultado dicho color. En el diagrama puede obtenerse trazando una recta desde el punto acromático (color blanco) hasta el punto del color-mezcla y prolongándola hasta cortar la línea de los colores monocromáticos. En la intersección se encuentra la longitud de onda buscada.

La pureza se refiere a la proporción que hay en el color-mezcla del color correspondiente a su longitud de onda dominante. Este valor se obtiene comparando la distancia desde el color hasta el blanco con la longitud de la recta que va desde el blanco hasta la línea espectral pasando por el color-mezcla. Es evidente, pues, que la pureza de un color aumenta cuanto más cerca se encuentra éste de su color espectral dominante.

III.1.5.- EL SISTEMA CROMÁTICO CIELAB.

Este sistema de especificación de colores, también llamado sistema de cromaticidad uniforme CIELAB, es otro de los métodos empleados para expresar las características de un color de un modo objetivo. Su utilización está generalizada en la notación de mediciones de los colorímetros industriales¹¹.

Este sistema utiliza el concepto de colores opuestos y está basado igualmente en la determinación de un color mediante tres coordenadas representativas obtenidas a partir de sus valores triestímulos X, Y y Z. Dichas coordenadas permiten su representación en un diagrama cromático de manera similar a la usada para el triángulo CIE.

La especificación de un color en el sistema cromático CIELAB viene dada por:

- L* Que expresa la luminosidad o claridad del color muestra.
- a* Que expresa la desviación del color a lo largo de un eje que va desde el rojo (valores positivos de a*) hasta el verde (valores negativos).
- b* Que expresa la desviación del color en el eje que va desde el amarillo (en sus valores positivos) hasta el azul (valores negativos).

El color expresado con este método será más saturado cuanto mayores sean los valores a* y b* (positiva o negativamente).

¹¹ Puede verse ampliado en el libro: AA.VV., *Precise Color Communication*, Minolta, 1988.

III.1.6.- LA SOLIDEZ DEL COLOR.

Una de las aplicaciones más importantes de la determinación de colores mediante un sistema numérico objetivo se centra en el cálculo de las variaciones de las características cromáticas de un objeto coloreado, producidas por efecto de la luz y otros agentes externos.

El grado de alteración de las propiedades de claridad, tono y saturación se conoce con el nombre de decoloración y la resistencia a perder estas cualidades con el paso del tiempo y la acción de agentes degradantes es a lo que se denomina solidez de un color.

Los ensayos comparativos que se realizan para la evaluación de la solidez del color consisten en el cálculo de las diferencias de las coordenadas del sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*) tomadas antes y después de someter a las muestras a un proceso de deterioro acelerado.

Estos ensayos se llevan a cabo con la ayuda de las llamadas cámaras de envejecimiento, aparatos que simulan en unas horas los efectos sobre las muestras de un tiempo mucho más largo de exposición a la intemperie. Principalmente se reproducen la acción de la luz solar, humedad, temperatura y concentración de sales en la atmósfera.

Los resultados obtenidos se refieren a la solidez o resistencia a la decoloración de unos materiales frente a otros en condiciones similares de ensayo.

III.1.7.- LA BLANCURA.

El grado de blancura de un material es un concepto que no ha encontrado aun un acuerdo para su definición. Para tratar de expresar la pureza de los materiales blancos se recurre de forma habitual al establecimiento de comparaciones entre ellos o al uso de escalas predefinidas de blancos.

Debido a que la blancura de un material se ve afectada por los procesos de envejecimiento, produciéndose una desviación hacia el amarillo, se ha tratado de relacionar los valores de amarilleo con el grado de envejecimiento¹². Si bien esta evaluación puede aportar datos importantes sobre la degradación del color, no existe una relación directa y fiable entre la pérdida de blancura y el envejecimiento sufrido por la superficie blanca.

Aunque la CIE no ha establecido un método para la evaluación de la blancura en materiales, algunos sistemas han sido diseñados para el estudio del amarilleo como principal proceso de degradación del color blanco. Entre ellos se encuentran los que emplean en sus cálculos los valores triestímulos X, Y, Z.

La causa del amarilleo del blanco se centra en la tendencia de los materiales con el paso del tiempo a absorber la radiación azul. Para contrarrestar este efecto se ha generalizado industrialmente la utilización de sustancias blanqueadoras que aumentan la reflectancia de ese color, evitando así la impresión visual de amarilleo.

¹² Ver por ejemplo: GILABERT, Eduardo J., *Medida del color*, Departamento de Ingeniería Textil y Papelería, Universidad Politécnica de Valencia, 1992, pág 78.

III.1.8.- BRILLO.

El brillo es una característica de los objetos que viene determinada por la capacidad de su superficie para reflejar la luz que incide sobre ella. Esta propiedad define, pues, una parte de la apariencia de un objeto y está constituida por un componente físico y una serie de factores relacionados con la percepción visual y, por tanto, con la subjetividad psicológica del observador.

Así, el brillo no es una propiedad del color aunque el observador puede asociar ambos en el acto de la percepción.

La medición del brillo en la superficie de un objeto es utilizada para la determinación de la rugosidad de la misma en procesos de control de calidad y su interés para el presente trabajo de investigación radica en la posibilidad de emplearla para la evaluación del nivel de deterioro producido por agentes ambientales en una superficie pintada.

El brillo no puede medirse en su componente subjetiva pero sí que pueden estudiarse las características de reflexión de la luz por parte del material y obtener valores que nos den las variaciones producidas en su superficie.

Cuando un material tiene brillo, éste es el resultado de la combinación entre los dos tipos de reflexión que se producen en su superficie. La primera de ellas es la reflexión especular, que es la que se produce con un ángulo igual al de incidencia y que es mayor en los materiales muy

pulidos. La segunda es la reflexión difusa, debida a las rugosidades del material y que se produce en todas las direcciones.

De un modo general, cuanto mayor es la reflexión de tipo especular se dice que el material es más brillante.

Los métodos para medir el brillo en una superficie se basan precisamente en esta característica y consisten en hacer incidir sobre ella un haz de luz con ángulos predefinidos y realizar lecturas, mediante un detector, de los haces de luz reflejada.

El más utilizado de estos métodos se basa en el cálculo del valor reflectométrico. Este valor es proporcional a la intensidad de uno de los haces de luz reflejados por el material, el que se produce con un ángulo igual al de incidencia. Estas mediciones se realizan normalmente al menos con tres ángulos de incidencia (20, 60 y 85°).

III.1.9.- GENERALIDADES SOBRE EL INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN UTILIZADO.

La toma de medidas durante los ensayos realizados se ha llevado a cabo mediante 2 tipos de instrumentos de medida: el colorímetro espectrofotométrico y el reflectómetro. A continuación se refieren en síntesis las características principales de dicho instrumental, así como los conceptos en los que se basan para la medición del color.

III.1.9.1.- COLORÍMETRO ESPECTROFOTOMÉTRICO

El colorímetro está diseñado para medir la luz reflejada por la superficie de una muestra y para ello se sirve de varios fotoreceptoras encargados de determinar los valores de los componentes triestímulos de la muestra dada¹³.

El sistema de medición se basa en hacer incidir de forma instantánea un haz de luz sobre la muestra, determinando a continuación los valores cromáticos de la radiación reflejada por ésta.

Una vez realizada la medición de los valores triestímulos, el colorímetro puede expresar los resultados utilizando varios sistemas de notación de colores. A partir de estos resultados se realizarán los cálculos necesarios para la obtención de los valores buscados según el ensayo que se esté llevando a cabo. En la presente investigación se ha utilizado el colorímetro espectrofotométrico para la toma de datos durante los ensayos de diferencia de color, blancura y amarilleo. El modelo empleado ha sido el del Dr. Lange.

¹³ Para más información consultar: DE BOECK, W., *Aplicación de la colorimetría a la televisión en color*, Instituto Oficial de Radio y Televisión, Madrid, 1990, pág. 30-32.



Figura III.3 Colorímetro del Dr. Lange usado durante los ensayos.

III.1.9.2.- REFLECTÓMETRO.

El reflectómetro se emplea para la determinación del brillo en materiales y se basa en la medida de la intensidad del haz de luz reflejado por una superficie cuando se hace incidir sobre ella una luz de forma instantánea.

El fundamento del reflectómetro consiste en que se considera que una superficie es más brillante cuanto más intensa es la luz reflejada con el mismo ángulo que la de incidencia.

Con él es posible tomar medidas con diferentes ángulos de reflexión para facilitar el estudio del brillo en materiales que presentan características de reflexión muy diferentes. De este modo se contempla la posibilidad de medir los distintos tipos de brillo caracterizados por el ángulo de reflexión (brillo especular, difuso, etc).

Para el ensayo de determinación de las variaciones del brillo en pinturas, realizado en esta investigación, se ha utilizado un Reflectómetro Dr. Lange RB - 3.

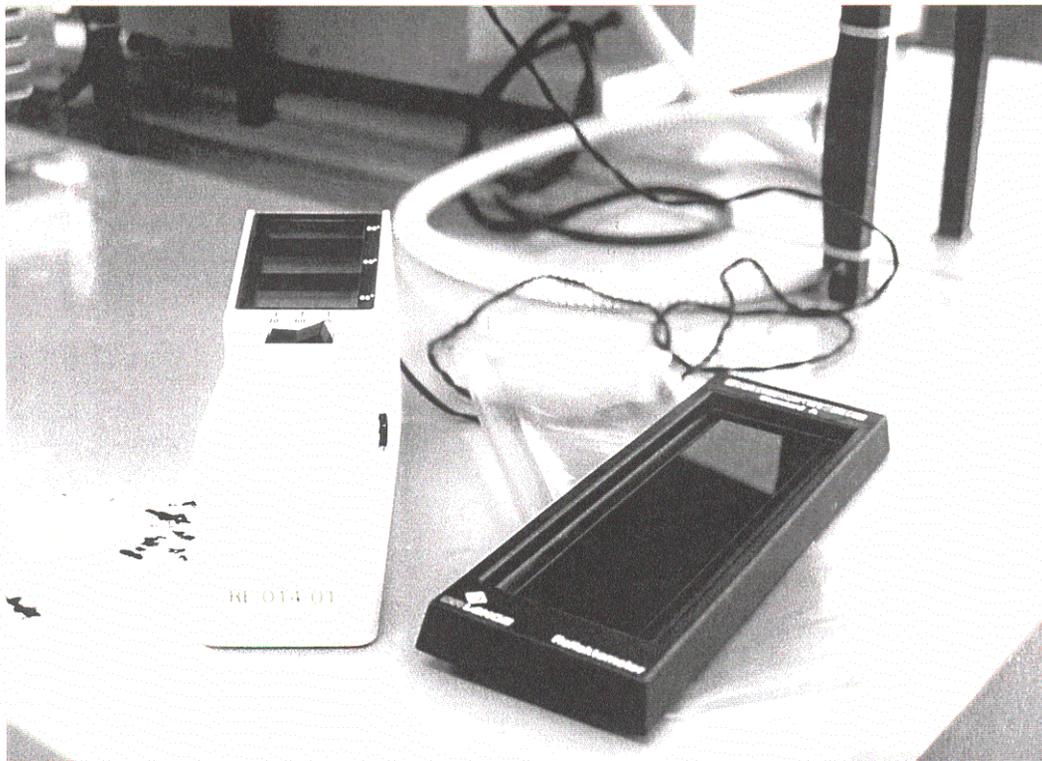


Figura III.4 Reflectómetro Dr. Lange RB-3 usado durante los ensayos.

III.1.10.- CÁMARAS DE ENVEJECIMIENTO UTILIZADAS.

A continuación se describen brevemente las tres cámaras de envejecimiento que se han utilizado durante los ensayos.

Estas cámaras se utilizan habitualmente para los procesos de ensayo y control de calidad de materiales y acabados superficiales. En ellas se trata de reproducir las condiciones a que están sometidos los materiales durante su vida útil, aplicando un tratamiento acelerado de envejecimiento que ha de simular el paso del tiempo y los efectos de los agentes atmosféricos sobre las muestras que se estudian.

III.1.10.1.- CÁMARA DE NIEBLA SALINA.

Es una cámara de alto poder degradante ya que reproduce unas condiciones ambientales extremas. Consiste en una cámara hermética dentro de la cual se someten las muestras de material a condiciones de elevada temperatura, humedad y acción de sales.

Durante su funcionamiento, las muestras permanecen en todo momento bajo los efectos de una nebulización de agua que contiene sales disueltas. Esto se consigue mediante un pulverizador con aire a presión que mantiene una humedad relativa en torno al 95%. Es importante que las muestras no reciban en ningún caso directamente las pulverizaciones y que

se realicen controles periódicos de la temperatura, nivel de agua y concentración de sales en el nebulizador.

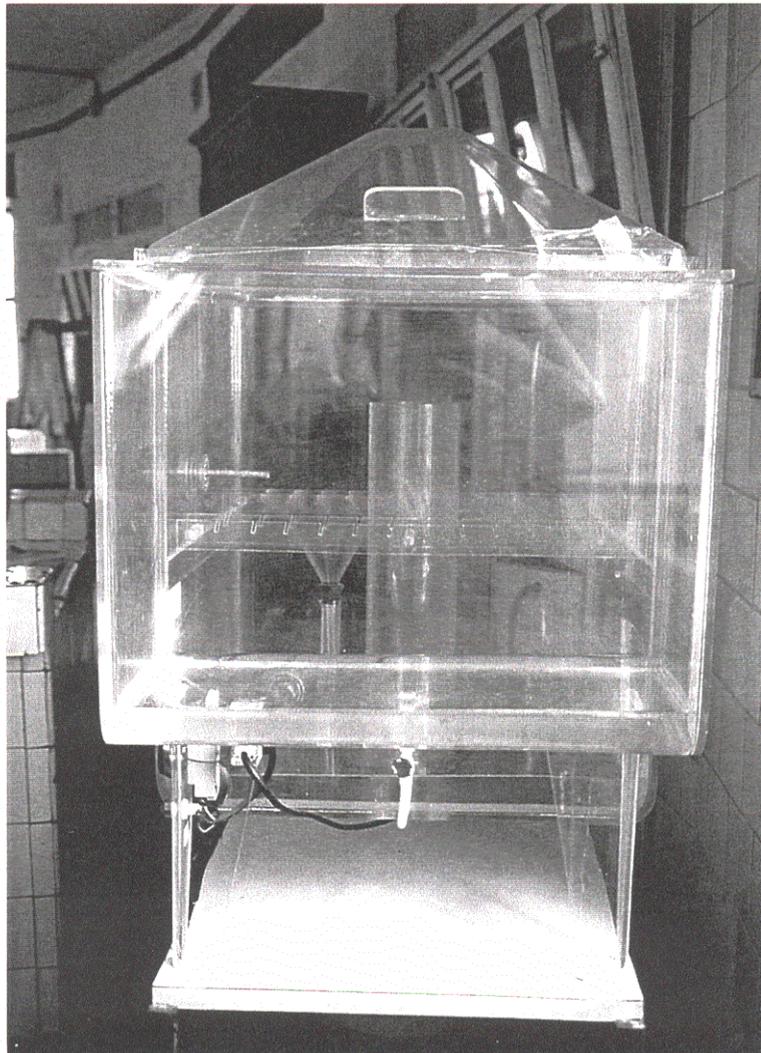


Figura III.5 Cámara salina F, mod. sobremesa, NEUTREX.

III.1.10.2.- CÁMARA XENOTEST.

En ella las muestras se someten a la acción de la luz de una lámpara de Xenón y a un rociado con agua.

La lámpara debe ser capaz de producir una temperatura de color entre 5500 y 6500°K y entre ella y las muestras deben colocarse una serie de filtros que reduzcan la intensidad de las radiaciones infrarroja y ultravioleta de forma importante para adecuarla a las condiciones de ensayo requeridas.

Aunque existen varias posibilidades en el tipo de ensayo a efectuar con ésta cámara, en estas pruebas se ha sometido a las muestras a ciclos de intemperie constituidos por una etapa de rociado con agua, de 1 minuto de duración, y otra etapa de secado de 29 minutos.

En todo momento la cámara ha de permanecer ventilada y a una temperatura alrededor de 40° C.

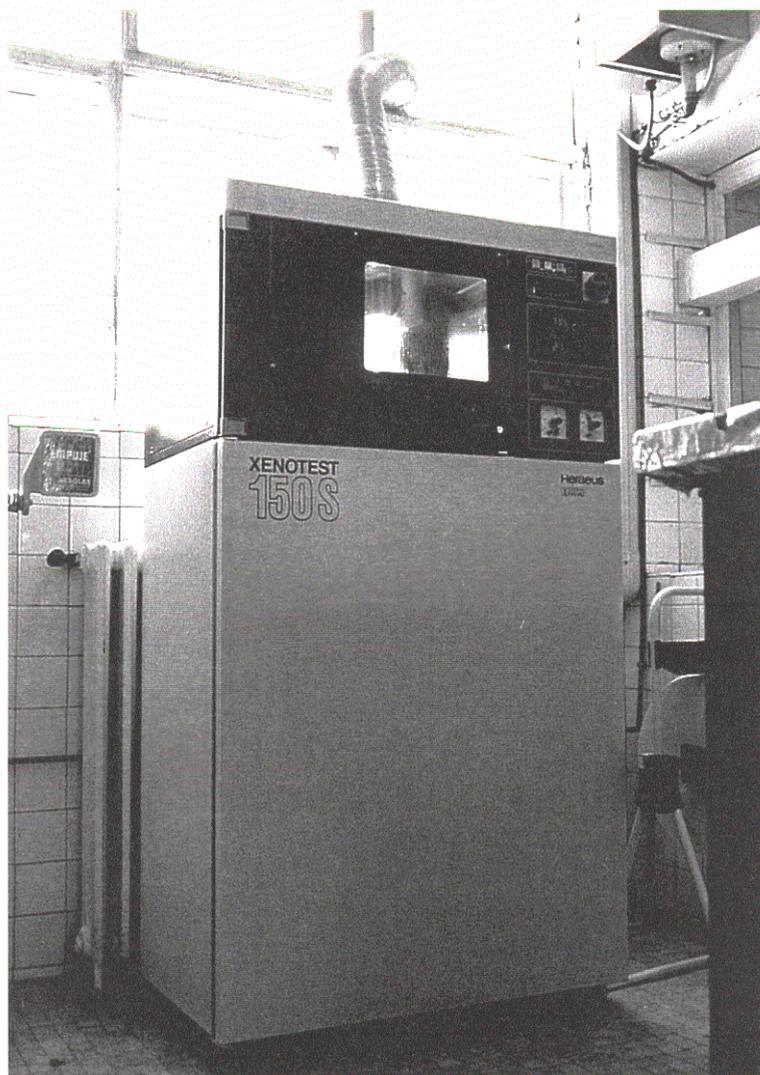


Figura III.6 Cámara Xenotest 1505.

III.1.10.3.- CÁMARA DE LÁMPARAS FLUORESCENTES.

Esta cámara está especialmente diseñada para el ensayo de materiales plásticos, tratando de reproducir experimentalmente las condiciones de intemperie que pueden sufrir estos materiales durante su empleo (en lo que se refiere a la exposición a la radiación ultravioleta)¹⁴.

La cámara consiste en una serie de ocho tubos fluorescentes de 40 watos cada uno colocados sobre un carrusel que debe hacerlos girar alrededor de las muestras a más de 10 vueltas por minuto manteniéndose a una distancia mínima de ellas de 50 mm. En el mercado hay cinco tipos de lámparas válidas para utilizar en esta cámara que se diferencian entre sí por su radiación y composición espectral¹⁵.

Durante el ensayo se ha de controlar tanto la temperatura como la humedad ambiental dentro de la cámara.

¹⁴ Consultar también: SAN ANDRES MOYA, Margarita, *Aplicaciones de resinas sintéticas a la conservación y restauración de obras de arte*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1990.

¹⁵ Op. cit., pág. 239.

III.2.- 1^{as}. PRUEBAS REALIZADAS. COMPARACIÓN DE TÉCNICAS.

III.2.1.- INTRODUCCIÓN A LAS PRIMERAS PRUEBAS.

La finalidad de estos primeros ensayos se centra en el estudio comparativo de distintas técnicas pictóricas para determinar su solidez al someterlas a envejecimiento. Es interesante sobre todo, en esta primera fase, conocer el comportamiento de una técnica nueva como es el color poliéster en comparación con técnicas tradicionales como el óleo y el acrílico ¹⁶.

Todas las pruebas de esta fase se han realizado sobre un soporte inerte para garantizar que las diferencias de comportamiento que se pudieran observar son debidas a las características de la técnica utilizada y no a la posible interacción con el soporte. Es necesario tener en cuenta que la solidez del color dentro de cada técnica está condicionada en gran medida por el pigmento y el aglutinante empleados en su elaboración.

La preparación de las muestras para los ensayos se ha realizado en todo momento en idénticas condiciones siguiendo las especificaciones de las Normas UNE sobre este aspecto¹⁷.

¹⁶ Estos ensayos fueron posibles gracias al CURSO DE 3^{er} CICLO. CURSO DE COLORIMETRÍA INDUSTRIAL. Impartido por la ETSI de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid durante el 1992.

¹⁷ Por ejemplo: Norma UNE 48-073, *Pinturas barnices y sus materias primas* y Norma UNE 48-071-82, *Ensayo acelerado de amarilleo*.

Para ello se han mantenido las muestras durante su elaboración en una atmósfera estable de temperatura y humedad dejando secar cada capa antes de aplicar otra sobre ella y evitando su exposición directa al sol. Además, se ha tratado de realizar una distribución homogénea del color sobre el soporte, con un grosor uniforme y una superficie regular, aunque este punto no se ha tomado con extrema rigurosidad debido a que las variaciones en estos aspectos serán, frecuentemente, una finalidad intencionada en su aplicación para la actividad artística, aplicación a la cual va encaminada esta investigación.

En todas las mediciones se han realizado cinco medidas, despreciando los valores máximo y mínimo y realizando la media aritmética de los tres restantes para obtener el resultado que se empleará en las operaciones posteriores.

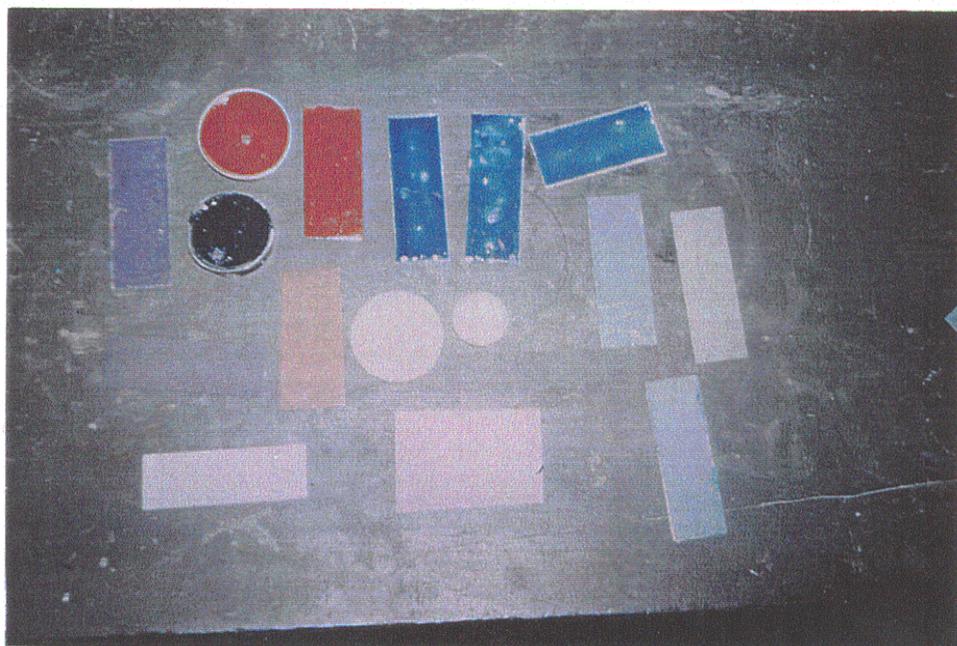


Figura III.7 Comparación de técnicas. Muestras de las primeras pruebas realizadas.

III.2.2.- EVALUACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA.

(SEGÚN LA NORMA UNE 72-322-85).

Se tratara de comparar una imprimación clásica como el yeso con una técnica al poliéster evaluando las condiciones de esta última para ser utilizada como imprimación en sustitución de la primera. Para ello se analizará en este ensayo el índice de blancura relativa de cada una de ellas ya que es ésta una propiedad esencial en las capas de imprimación sirviendo a menudo como blanco de referencia para la obra acabada.

Posteriormente se realizará el ensayo de amarilleamiento de cada una de las técnicas para comprobar su estabilidad.

Se utilizaron dos muestras blancas para este trabajo comparativo:

- Muestra 2. Poliéster coloreado con blanco Pe-4010 de la casa Feroxa.
- Muestra 3. Yeso utilizado como preparación para pinturas al óleo o acrílico.

La blancura relativa se calculará utilizando las siguientes fórmulas:

Blancura: $W = 100(Y_m/Y_n) + U_n - U_m$

Tinte o matriz: $T = V_n - V_m$

donde: $U = (800X + 1700Y) / (X+Y+Z)$

$$V = (900X - 650Y) / (X+Y+Z)$$

siendo X, Y, Z, los valores triestímulos medidos bajo la acción del iluminante patrón UNE.

El subíndice n identifica los valores obtenidos para el blanco que sirve de referencia, mientras que el subíndice m está empleado para los valores medidos sobre la muestra a evaluar.

El difusor perfecto tiene como valores representativos $W = 100$ y $T = 0$.

El valor de W expresa directamente el grado de blancura de la muestra.

Las desviaciones del valor T indican variaciones cromáticas hacia el verde (valores positivos) o hacia el rojo (valores negativos).

III.2.2.- EVALUACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA (SEGÚN LA NORMA UNE 72-322-85)

Resultados			Cálculos	
Blanco de referencia.				
L* = 93,2	a* = -1,1	b* = -0,2	Un = 812,82	
C* = 1,1	Y = 83,5	Z = 89,9	Vn = 65,34	
X = 78,6				
Muestra 2.				
L* = 95,4	a* = 0,5	b* = 2,8	Um = 825,98	W = 92,84
C* = 2,8	Y = 88,6	Z = 91,1	Vm = 69,24	T = -3,9
X = 84,3				
Muestra 3.				
L* = 87,7	a* = 2,2	b* = 9,3	Um = 782,34	W = 115,48
C* = 9,6	Y = 71,4	Z = 65,3	Vm = 68,41	T = -3,07
X = 68,7				

III.2.2.1.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS CÁLCULOS DE BLANCURA RELATIVA DE LAS PRIMERAS PRUEBAS.

Con arreglo al valor de W la muestra 3 tiene un valor de blancura superior al de la muestra 2. (Yeso > Poliéster).

Según lo valores de T, la muestra 2 es ligeramente más rojiza que la muestra 3.

III.2.3.- ENSAYO ACELERADO DE AMARILLEO SEGÚN LA NORMA UNE 48-071-82.

Partiendo de los valores obtenidos en el ensayo de blancura se calculará la amarillez inicial de las muestras de yeso y de poliéster. Posteriormente se someterán ambas a un proceso de amarilleamiento acelerado en una estufa a temperatura controlada, sometidas a vapores de sulfato potásico y realizándose a continuación una nueva medición para calcular el grado de amarilleo sufrido por cada una de las muestras.

Este ensayo trata de determinar la solidez relativa de la blancura de cada una de las técnicas, lo que dará una idea de la estabilidad que presentan con el paso del tiempo.

III.2.3.1.- CÁLCULO DE LA AMARILLEZ INICIAL

Según la norma UNE 48-071-82, el cálculo del valor inicial de amarillez se realiza con la siguiente fórmula:

$$Ai = \frac{1,25X - 1,038Z}{Y}$$

o, de otro modo:

$$Ai = \frac{Ram - Raz}{Rv}$$

En esta fórmula Ram, Raz y Rv expresan las reflectancias 45°/0° obtenidas utilizando filtros ámbar, azul y verde. El valor de cada una de ellos se calcula de la siguiente forma:

$$Ram = 1,25X - 0,191Z$$

$$Raz = 0,487Z$$

$$Rv = Y$$

Se introducen las muestras anteriormente citadas en la estufa a 50° C., dentro de un desecador hermético y se someten a los vapores de una solución salina de sulfato potásico durante 72 horas.

III.2.3.2.- CÁLCULO DE LA AMARILLEZ FINAL

La amarillez final (A_f) se obtiene de manera análoga a la amarillez inicial a partir de los valores triestímulos medidos tras el envejecimiento.

El amarilleo (A) sufrido por la muestra es:

$$A = A_f - A_i$$

ENSAYO ACELERADO DE AMARILLEO (SEGÚN LA NORMA UNE 48-071-82)

Resultados.

Cálculos

Muestra 2.

X = 70,3
x = 0,340
L = 87,8

Y = 71,07
y = 0,347
a = 4,9

Z = 64,4
b = 10,3

Muestra 2.

Ai = 0,12 Af = 0,29 A = 0,17

Muestra 3.

X = 64,3
x = 0,343
L = 85,0

Y = 66,1
y = 0,352
a = 3,9

Z = 57,4
b = 11,6

Muestra 3.

Ai = 0,25 Af = 0,31 A = 0,06

III.2.3.3.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS CÁLCULOS DEL ENSAYO ACELERADO DE AMARILLEO DE LAS PRIMERAS PRUEBAS.

La amarillez inicial es mayor en la muestra 3 (yeso). Tras el ensayo se ve que la muestra que más ha amarilleado es la muestra 2 (poliéster) (poliéster > yeso).

III.2.4.- ENSAYO ACELERADO DE ENVEJECIMIENTO. DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS DE COLOR SEGÚN EL SISTEMA CIELAB. (NORMA UNE 40-435-84).

La finalidad de este ensayo es determinar, mediante un proceso acelerado de envejecimiento, la solidez del color en varias técnicas diferentes para poder comparar su estabilidad¹⁸.

Durante el ensayo se compararán diversas muestras de tres técnicas diferentes como son el óleo, acrílico y poliéster, sometidas a procesos de envejecimiento con distintas cámaras. El soporte empleado para todas ellas es un soporte inerte.

¹⁸ Determinación de diferencias de color según CIELAB. UNE 40-435-84. Diciembre 1984.

Se trata de observar la alteración de color que experimentan diversas muestras expuestas aceleradamente a un medio húmedo y salino durante 72 horas, y a altas temperaturas tanto en seco como en lluvia, en la cámara Xenotest.¹⁹

Las muestras ensayadas son las siguientes:

- Muestra 4. Poliéster azul en cámara salina.
- Muestra 4b. Poliéster azul en Xenotest.
- Muestra 5. Blanco poliéster en cámara salina.
- Muestra 6. Óleo azul en Xenotest.
- Muestra 7. Acrílico violeta oscuro Xenotest.
- Muestra 8. Acrílico azul en cámara salina.
- Muestra 8b. Acrílico azul en Xenotest.
- Muestra 10. Azul transparente poliéster en cámara salina.
- Muestra 11. Rojo poliéster en cámara Xenotest.
- Muestra 12. Violeta poliéster en Xenotest.
- Muestra 13. Rojo poliéster en cámara salina.
- Muestra 14. Violeta poliéster en plástico en cámara salina.
- Muestra 15. Violeta claro poliéster en cámara salina
- Muestra 16. Rojo acrílico en Xenotest.

¹⁹ Revisar apartado III.1.10.2.- Cámara Xenotest.

Los parámetros a tener en cuenta y sobre los cuales se efectuarán los cálculos para la determinación de las variaciones sufridas por las muestras, son en primer lugar las coordenadas cromáticas definidas por el sistema cromático Cielab (L^* , a^* y b^*).²⁰ Las diferencias medidas sobre estos tres parámetros se complementan con otros cuatro descritos en la citada norma UNE de la siguiente manera:

DE .- Magnitud de la diferencia de color entre las muestras.

DC .- Diferencia de cromaticidad.

DS .- Diferencia de saturación.

DT .- Diferencia de tono.

Debido a que, tras los ensayos de envejecimiento, se produjeron diversas variaciones en las distintas muestras, se hicieron los cálculos siguientes para determinar la cuantía y dirección de dichas variaciones:

$$DE = [(DL)^2 + (Da)^2 + (Db)^2]^{1/2}$$

$$DL = L_p - L_s$$

$$DC = [(a_p - a_s)^2 + (b_p - b_s)^2]^{1/2}$$

$$DS = (a_p^2 + b_p^2)^{1/2} - (a_s^2 + b_s^2)^{1/2}$$

$$DT = (DC^2 - DS^2)^{1/2}$$

El subíndice "s" se refiere a la muestra estándar y "p" a la muestra a comparar.

²⁰ Revisar III.1.4.- El diagrama de cromaticidad o triángulo CIE y II.1.5.- El sistema cromático CIELAB.

III.2.4.- ENSAYO ACCELERADO DE ENVEJECIMIENTO. DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS DE COLOR SEGÚN EL SISTEMA CIELAB.
(NORMA UNE 40-435-84)

DATOS MEDIOS (INICIO)

DATOS MEDIOS (FINAL)

CALCULO DE DIFERENCIAS

Muestra 4.				Muestra 4b.							
L* _i	55,2	a* _i	-22,9	b* _i	-36,0	L* _f	54,4	a* _f	-23,2	b* _f	-35,0
C* _i	42,7	Y _i	23,2	Z _i	53,8	C* _f	42,0	Y _f	22,3	Z _f	51,3
X _i	17,4					X _f	16,7				
Muestra 5.				Muestra 5b.							
L* _i	95,5	a* _i	0,9	b* _i	3,2	L* _f	94,9	a* _f	1,4	b* _f	3,3
C* _i	3,4	Y _i	88,8	Z _i	90,6	C* _f	3,6	Y _f	87,4	Z _f	89,0
X _i	84,7					X _f	83,6				
Muestra 6.				Muestra 6b.							
L* _i	84,2	a* _i	1,7	b* _i	3,3	L* _f	48,8	a* _f	-19,4	b* _f	-33,9
C* _i	3,7	Y _i	64,4	Z _i	65,2	C* _f	39,0	Y _f	17,5	Z _f	41,5
X _i	61,8					X _f	13,3				
Muestra 7.				Muestra 7b.							
L* _i	25,7	a* _i	4,9	b* _i	-8,1	L* _f	24,9	a* _f	3,7	b* _f	-6,8
C* _i	9,5	Y _i	4,6	Z _i	6,9	C* _f	7,8	Y _f	4,4	Z _f	6,2
X _i	4,8					X _f	4,4				
Muestra 8.				Muestra 8b.							
L* _i	50,4	a* _i	-18,2	b* _i	-35,2	L* _f	50,2	a* _f	-18,7	b* _f	-35,4
C* _i	39,6	Y _i	18,8	Z _i	45,0	C* _f	40,1	Y _f	18,6	Z _f	44,8
X _i	14,6					X _f	14,4				
Muestra 8b.				Muestra 8b.							
L* _i	50,2	a* _i	-18,7	b* _i	-35,4	L* _f	50,1	a* _f	-18,1	b* _f	-35,2
C* _i	40,1	Y _i	18,6	Z _i	44,8	C* _f	39,6	Y _f	18,5	Z _f	44,6
X _i	14,4					X _f	14,4				

Poliéster azul en cámara salina. Muestra 4.

DE _i	1,3	Da _i	-0,3	Db _i	1,0
DL _i	-0,8	DS _i	-0,7	DT _i	0,8
DC _i	1,0				

Poliéster azul en Xenotest. Muestra 4b.

DE _i	0,3	Da _i	-0,2	Db _i	0,2
DL _i	0,0	DS _i	-0,1	DT _i	0,3
DC _i	0,3				

Blanco poliéster en cámara salina. Muestra 5.

DE _i	0,8	Da _i	0,5	Db _i	0,1
DL _i	-0,6	DS _i	0,3	DT _i	0,4
DC _i	0,5				

Éleo azul en Xenotest. Muestra 6.

DE _i	55,5	Da _i	-21,1	Db _i	-37,2
DL _i	-35,4	DS _i	35,3	DT _i	24,1
DC _i	42,8				

Acrílico violeta oscuro Xenotest. Muestra 7.

DE _i	1,9	Da _i	-1,2	Db _i	1,3
DL _i	-0,8	DS _i	-1,7	DT _i	0,4
DC _i	1,8				

DE _i	0,6	Da _i	-0,5	Db _i	-0,2
DL _i	-0,2	DS _i	0,4	DT _i	0,4
DC _i	0,5				

Acrílico azul en cámara salina. Muestra 8.

DE _i	0,6	Da _i	0,6	Db _i	0,2
DL _i	-0,1	DS _i	-0,5	DT _i	0,4
DC _i	0,6				

Muestra 9.

L*_a 38,7 a*_a -13,0 b*_a -32,5
 C*_a 35,0 Y= 10,5 Z= 27,4
 X= 8,4

L*_a a*_a b*_a
 C*_a Y= Z=
 X=

DE= 52,2 Da= 13,0 Db= 32,5
 DL= -38,7
 DC= 35,0 DS= -35,0 DT= 0,0

Muestra 10.

L*_a 34,1 a*_a -6,0 b*_a -25,3
 C*_a 26,0 Y= 8,1 Z= 18,7
 X= 7,0

L*_a 32,5 a*_a -6,5 b*_a -24,8
 C*_a 25,7 Y= 7,3 Z= 17,1
 X= 6,3

Azul transparente poliéster en cámara salina. Muestra 10.

DE= 1,7 Da= -0,5 Db= 0,5
 DL= -1,6
 DC= 0,7 DS= -0,4 DT= 0,6

Muestra 11.

L*_a 34,0 a*_a 35,9 b*_a 11,3
 C*_a 37,7 Y= 8,0 Z= 5,7
 X= 12,1

L*_a 34,0 a*_a 34,3 b*_a 12,5
 C*_a 36,5 Y= 8,0 Z= 5,4
 X= 11,8

Rojo poliéster en cámara Xenotest. Muestra 11.

DE= 2,0 Da= -1,6 Db= 1,2
 DL= 0,0
 DC= 2,0 DS= -1,1 DT= 1,7

Muestra 12.

L*_a 32,7 a*_a 6,9 b*_a -10,6
 C*_a 12,7 Y= 7,4 Z= 11,4
 X= 7,7

L*_a 32,1 a*_a 6,9 b*_a -11,1
 C*_a 13,0 Y= 7,1 Z= 11,1
 X= 7,5

DE= 0,8 Da= 0,0 Db= -0,5
 DL= -0,6
 DC= 0,5 DS= 0,4 DT= 0,3

Muestra 13.

L*_a 37,3 a*_a 33,3 b*_a 16,5
 C*_a 37,1 Y= 9,7 Z= 5,7
 X= 13,8

L*_a 35,7 a*_a 37,5 b*_a 16,9
 C*_a 41,2 Y= 8,8 Z= 5,0
 X= 13,4

Violeta poliéster en Xenotest. Muestra 12.

DE= 4,5 Da= 4,2 Db= 0,4
 DL= -1,6
 DC= 4,2 DS= 4,0 DT= 1,4

Muestra 14.

L*_a 26,7 a*_a 3,1 b*_a -6,9
 C*_a 7,6 Y= 5,0 Z= 7,0
 X= 5,0

L*_a 24,6 a*_a 3,7 b*_a -7,3
 C*_a 8,2 Y= 4,3 Z= 6,2
 X= 4,3

Violeta poliéster en plástico en cámara salina. Muestra 14.

DE= 2,2 Da= 0,6 Db= -0,4
 DL= -2,1
 DC= 0,7 DS= 0,6 DT= 0,4

Muestra 15.

L*_a 40,9 a*_a 10,3 b*_a -14,1
 C*_a 17,4 Y= 11,8 Z= 18,9
 X= 12,6

L*_a 42,8 a*_a 11,1 b*_a -13,8
 C*_a 17,7 Y= 13,0 Z= 20,5
 X= 14,1

Violeta claro poliéster en cámara salina. Muestra 15.

DE= 2,1 Da= 0,8 Db= 0,3
 DL= 1,9
 DC= 0,9 DS= 0,2 DT= 0,8

Muestra 16.

L*_a 34,0 a*_a 32,3 b*_a 11,0
 C*_a 32,6 Y= 8,0 Z= 5,7
 X= 11,5

L*_a 33,3 a*_a 30,6 b*_a 11,3
 C*_a 32,6 Y= 7,7 Z= 5,4
 X= 10,9

Rojo acrílico en Xenotest. Muestra 16.

DE= 1,9 Da= -1,7 Db= 0,3
 DL= -0,7
 DC= 1,7 DS= -1,5 DT= 0,9

III.2.4.1.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS CÁLCULOS DEL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS DE COLOR DE LAS PRIMERAS PRUEBAS.

A continuación se hace un breve comentario sobre los resultados obtenidos en cada una de las muestras y su comportamiento durante el ensayo:

Muestra nº 4.- Visualmente no hay cambios apreciables de color. Su diferencia de color (DE) ha sido de 1,32, variando muy ligeramente hacia el verde y hacia el amarillo, como indican los valores de Da y Db. El resto de los parámetros han tenido una variación mínima siendo la cromaticidad la más afectada.

Muestra nº 4b.- Sin cambio apreciable.

Muestra nº 5.- Sin cambio apreciable como prueban los cálculos.

Muestra nº 6.- Ha experimentado variaciones considerables en la saturación y el tono, manteniendo constantes el resto de los parámetros.

Muestra nº 7.- Se comprobó visualmente que la muestra había cambiado y los cálculos confirmaron esta variación que se produjo en todos los parámetros salvo en el tono y la luminosidad. Había sufrido una desviación hacia el verde y el amarillo.

Muestra nº 8.- Sin cambio apreciable.

Muestra nº 8b.- Sin cambio apreciable.

Muestra nº 10.- Se observa una pérdida de color en la cámara salina y una fuerte opacidad cuando el color era transparente. Esto demuestra la poca viabilidad de los colores poliéster transparentes en los medios salinos y húmedos.

Muestra nº 11.- El color sufrió una variación importante haciéndolo hacia el verde y hacia el amarillo. También variaron la cromaticidad, la saturación y el tono.

Muestra nº 12.- Variación mínima.

Muestra nº 13.- Esta muestra se comportó de diferente manera en una parte y en otra. En un lado aparecieron burbujas en la superficie y blanqueó. La otra parte apareció oscurecida y con un cambio aparente en el color. Los cálculos en esta última dieron una fuerte variación de color hacia el rojo. El resto de los parámetros también sufrieron una importante variación.

Muestra nº 14.- Se comportó de la misma forma que la otra muestra de color poliéster transparente (muestra 10). En esta muestra, además, se observa una parte más blanquecina y otra más oscura. Con esta última se realizaron los cálculos de diferencias observándose variación sobre todo en el color y la luminosidad. También se produjo en la superficie un ligero hinchamiento y aparecieron burbujas.

Muestra nº 15.- Este color era una muestra del anterior y el blanco. Aparecieron burbujas en la superficie y variaron sobre todo el color, hacia el rojo y amarillo, y la luminosidad. Los demás parámetros también sufrieron una ligera variación.

Muestra nº 16.- En este caso las variaciones fueron significativas, siendo más importantes en la cromaticidad, el tono y el color. La desviación de este último fue ligera hacia el amarillo y más pronunciada hacia el verde.

Los colores utilizados son acrílicos y óleos comerciales de la casa Talens, y el poliéster de la casa Feroce²¹.

III.2.5.- ENSAYO COMPARATIVO DE DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL BRILLO EN PINTURAS SOMETIDAS A ENVEJECIMIENTO.

De acuerdo con los fundamentos teóricos descritos anteriormente, se ha realizado en esta parte un ensayo comparativo entre la pintura de poliéster y otras dos utilizadas en técnicas tradicionales.

²¹ Ver especificación de colores en Anexo II.

Para ello se ha tratado de determinar el grado de variación que sufre cada uno de los materiales ensayados cuando se someten a un proceso de envejecimiento por radiación y humedad en una cámara Xenotest²².

En este caso el indicador utilizado para la determinación del deterioro producido en la superficie del material ha sido la variación de sus propiedades de reflexión, es decir, del brillo de cada uno de ellos. Todas las mediciones se han realizado según la Norma UNE 48-026-80 para la determinación del brillo especular en pinturas y barnices²³.

Así, se preparan las siguientes muestras para los ensayos:

Muestra 1.- Azul Óleo.

Muestra 2.- Azul Acrílico.

Muestra 3.- Azul Poliéster.

Los resultados de la medición de sus valores reflectométricos medios con anterioridad al envejecimiento fueron los siguientes, según el ángulo de incidencia con respecto a la perpendicular:

²² Mirar descripción en el Apartado III.1.10.2.- Cámara Xenotest

²³ Ver nombre completo de la norma en bibliografía.

MUESTRA 1 (ÓLEO AZUL).

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	1,65
60°	11,52
85°	11,72

MUESTRA 2 (ACRÍLICO AZUL).

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	0,33
60°	0,9
85°	2,23

MUESTRA 3 (POLIÉSTER AZUL).

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	12,2
60°	36,7
85°	33,7

Posteriormente se sometieron las probetas a un proceso de envejecimiento durante 72 horas en la cámara Xenotest. Los valores reflectométricos medios obtenidos en las muestras tras este proceso fueron los siguientes:

MUESTRA 1 (ÓLEO AZUL).

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	4,76
60°	29
85°	34,43

MUESTRA 2 (ACRÍLICO AZUL).

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	0,23
60°	0,93
85°	2,56

MUESTRA 3 (POLIÉSTER AZUL).

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	3,53
60°	33,03
85°	32,80

Los valores medios obtenidos para la muestra patrón de comprobación se mantuvieron en todo momento constantes y fueron:

Ángulo de Incidencia	Valor Reflectométrico.
20°	89
60°	93
85°	99

III.2.5.1.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DEL BRILLO EN LAS PRIMERAS PRUEBAS.

Según se puede comprobar, la muestra con valores reflectométricos más altos es la de color poliéster. Este es, pues, de los tres materiales ensayados, el de mayor brillo especular.

La muestra de color acrílico demostró ser la más mate según se aprecia en los valores obtenidos antes y después del envejecimiento.

Tras el proceso de envejecimiento, los valores reflectométricos tomados indican que el brillo varió de forma importante en la muestra de color óleo, que se hizo más brillante, siendo la mayor variación en el valor correspondiente al brillo rasante (mayor ángulo de incidencia respecto a la normal).

La variación en la muestra de color acrílico fue mínima, conservando sus valores y, por tanto, su brillo original incluso después de ser sometido a la acción de la cámara Xenotest.

En el caso del color poliéster, el brillo disminuyó levemente tras el envejecimiento, arrojando una pequeña variación principalmente para el ángulo de incidencia más próximo a la perpendicular.

III.2.6.- RESULTADOS FINALES OBTENIDOS DE LAS PRIMERAS PRUEBAS DE COLORIMETRÍA

Todas las pruebas realizadas hasta este momento estaban efectuadas utilizando poliéster ortoftálico sin modificar, tal y como se presenta comercialmente.

Las pruebas realizadas con este poliéster ortoftálico ponen de manifiesto su poca validez como acabado pictórico por su falta de solidez ante la luz y otros agentes externos en comparación con las técnicas tradicionales (de las cuales el tiempo ha mostrado también su respuesta negativa ante estos factores).

Así pues, se originó la necesidad de mejorar las características del poliéster para poder dotarle de una función artística que no podría tener en las condiciones ensayadas en las primeras pruebas. La opción adoptada para ello fue la de añadir al color poliéster (e igualmente al poliéster usado para la elaboración de soportes) un estabilizador ante la luz denominado Tiluvin, disuelto al 0,2% en estireno.

Así, tras haber realizado los ensayos comparativos de las diferentes técnicas pictóricas sobre soporte inerte, se trataba de realizar una segunda serie de pruebas para determinar si la

nueva mezcla del poliéster mejorado representaba un avance en el intento por conseguir un poliéster idóneo para fines artísticos.

El siguiente paso sería realizar pruebas con diferentes soportes basados en materiales compuestos para determinar si éstos producen alguna alteración de las técnicas artísticas al interaccionar con ellas. Se plantearon así diferentes soportes para las muestras, con especial interés en los soportes de fibra de carbono con resina epoxy y fibra de vidrio con poliéster.

Para el poliéster se realizaron los ensayos con diferentes tipos como el poliéster transparente y el flexible ya que una de las finalidades a conseguir con el poliéster utilizado como matriz es aportar al soporte la capacidad de transparencia y flexibilidad óptimas que sólo son alcanzables con este tipo de material. De ahí que el fabricante (Reposa) desaconseje, para aplicaciones en que se requiere un mínimo de transparencia y flexibilidad, tanto el poliéster normalizado entre el público artístico (ortoftálico) como el flexible, compuesto por un 10% de Estratil AL-100 y un 90% de Estratil A-340 y recomiende la Cronolita transparente que, aunque ligeramente coloreada hacia el azul, permite conseguir la máxima transparencia con gran flexibilidad.

Para comprobar estos puntos se hicieron las mismas pruebas para estos tres tipos diferentes de poliéster con el fin de determinar cuál es el que sufre una menor variación y cuál es el más neutro, es decir, el que afecta en menor medida a las técnicas artísticas utilizadas sobre él. Además, se trataba de estudiar igualmente este mismo punto para los soportes de fibra de carbono con resina epoxy.

III.3.- 2^{as} PRUEBAS REALIZADAS. COMPARACIÓN DE TÉCNICAS SOBRE DIFERENTES SOPORTES.

III.3.1.- INTRODUCCIÓN A LAS SEGUNDAS PRUEBAS.

Una vez realizados los ensayos comparativos de varias técnicas sobre soporte inerte, se desarrollaron a continuación las pruebas destinadas a analizar el comportamiento de las diversas técnicas sobre los diferentes soportes que iban a ser objeto de estudio. Se trataba, pues, de evaluar la compatibilidad de los soportes basados en materiales compuestos con técnicas como el óleo, acrílico y color poliéster. Este último, como ya se ha comentado, se estudiaba en esta ocasión en una mezcla mejorada con la adición de un estabilizador ante la luz ultravioleta, denominado Tiluvín, disuelto al 0,2% en estireno. La razón de este procedimiento eran los resultados obtenidos con las muestras de color poliéster en las primeras pruebas, donde quedó patente la escasa validez del poliéster normalizado como técnica artística por su falta de solidez ante la luz. Las nuevas pruebas con el poliéster mejorado pretendían comprobar si el poliéster podía aun ofrecer posibilidades como técnica sustitutoria de las tradicionales.

Así, se realizaron de nuevo los ensayos de blancura relativa, amarilleo y solidez del color con muestras de color sobre los siguientes soportes:

- Fibra de carbono con resina epoxy.
- Fibra de vidrio con poliéster transparente.
- Fibra de vidrio con poliéster transparente + Tiluvin (absorbente de ultravioleta).
- Fibra de vidrio con poliéster flexible realizado con dos tipos de poliéster + Tiluvin (absorbente de ultravioleta).

La elaboración de las muestras se llevó a cabo siguiendo las normas descritas para las primeras pruebas en lo que se refiere a las condiciones de elaboración (atmósfera estable, evitar la exposición directa al sol, grosor y uniformidad de la superficie, etc.)²⁴.

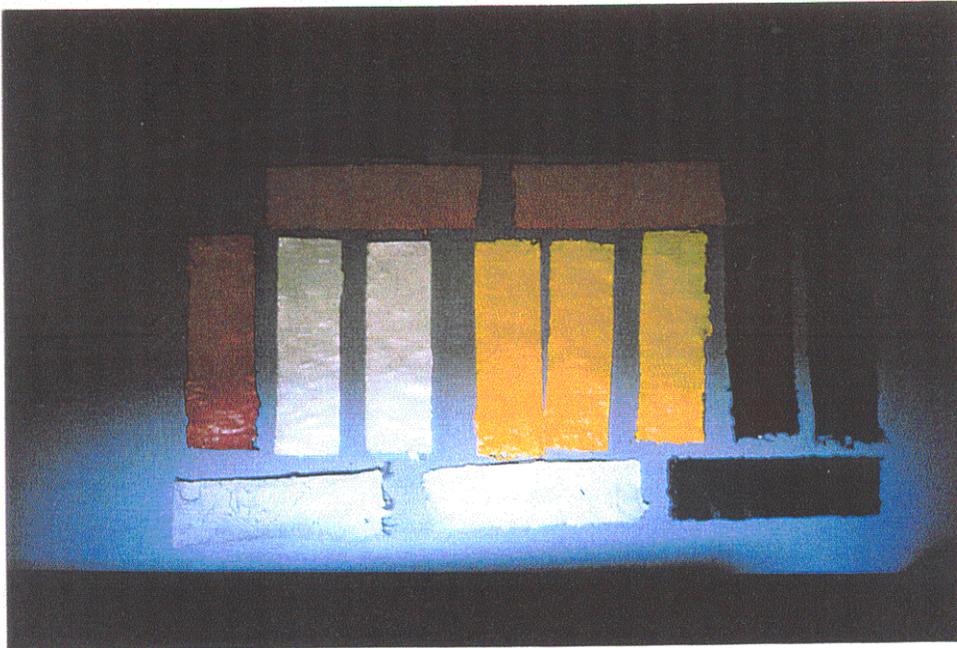


Figura III.8 Muestras realizadas para estas pruebas.

²⁴ Revisar apartado: III.2.1.- Introducción a las primeras pruebas.

Esta serie de pruebas se ha realizado teniendo en cuenta que los soportes no entrarán normalmente en contacto con la técnica pictórica utilizada ya que deberán llevar siempre una capa de imprimación, que sea compatible con ellos, la cual recibirá directamente la capa de color. Sin embargo, es conveniente conocer el grado de compatibilidad del soporte y las técnicas, en previsión de los posibles contactos que puedan ocurrir entre ellos, cuyas consecuencias deben ser conocidas de antemano para evitar efectos no deseados.

III.3.2.- EVALUACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA (SEGÚN LA NORMA UNE 72-322-85).

Ensayo para la determinación de la blancura relativa de diversas técnicas sobre soportes diferentes.

Resultados.

Cálculos.

Blanco de referencia

L* =	93,2	a* =	-1,1	b* =	-0,2	Un =	812,8
C* =	1,1	Y =	83,5	Z =	89,9	Vn =	65,3
X =	78,6						

Poliéster blanco B

L* =	90,9	a* =	-0,7	b* =	5,8	Um =	841,3	W =	65,4
C* =	5,9	Y =	78,3	Z =	76,3	Vm =	68,3	T =	-3,0
X =	73,9								

parte atras

L* =	88,3	a* =	-1,3	b* =	6,0	Um =	843,1	W =	56,8
C* =	6,2	Y =	72,7	Z =	70,4	Vm =	67,2	T =	-1,9
X =	68,3								

Cronolita + Tiluvin Blanco poliéster D'

L* =	88,6	a* =	-2,6	b* =	3,4	Um =	830,0	W =	70,7
C* =	4,3	Y =	73,3	Z =	74,4	Vm =	64,2	T =	1,2
X =	68,4								

p. atras

L* =	90,8	a* =	-2,4	b* =	3,0	Um =	827,9	W =	78,3
C* =	3,8	Y =	78,0	Z =	79,7	Vm =	64,3	T =	1,0
X =	72,8								

Blanco oleo Carbono 12 C

L* =	97,2	a* =	-0,5	b* =	3,5	Um =	829,2	W =	95,1
C* =	3,6	Y =	93,1	Z =	94,6	Vm =	67,7	T =	-2,3
X =	87,9								

Oleo blanco Carbono 2C

L* =	97,2	a* =	-0,6	b* =	3,4	Um =	828,9	W =	95,4
C* =	3,5	Y =	93,1	Z =	94,7	Vm =	67,4	T =	-2,1
X =	87,9								

En la parte cubierta Cronolita + Tiluvin B Acrílico blanco

L* =	95,2	a* =	-0,3	b* =	1,1	Um =	818,5	W =	99,8
C* =	1,1	Y =	88,1	Z =	93,0	Vm =	67,3	T =	-1,9
X =	83,4								

En la parte cubierta Poliéster flexible + Tiluvin A Acrílico blanco

L* =	95,3	a* =	-0,2	b* =	1,4	Um =	820,3	W =	98,4
C* =	1,5	Y =	88,4	Z =	92,7	Vm =	67,5	T =	-2,1
X =	83,7								

Blanco oleo
Poliéster flexible + Tiluvin 50

L* =	97,7	a* =	-0,8	b* =	5,0	Um =	835,9	W =	89,6
C* =	5,1	Y =	94,1	Z =	93,5	Vm =	67,8	T =	-2,4
X =	88,8								

Cronolita + Tiluvin 29
Oleo blanco

L* =	97,5	a* =	-0,9	b* =	4,9	Um =	836,0	W =	89,1
C* =	5,0	Y =	93,8	Z =	93,1	Vm =	67,5	T =	-2,2
X =	88,4								

Oleo blanco 17 C

L* =	97,0	a* =	-0,5	b* =	3,5	Um =	829,4	W =	94,1
C* =	3,5	Y =	92,4	Z =	93,9	Vm =	67,7	T =	-2,4
X =	87,3								

III.3.2.1- RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA DE LAS SEGUNDAS PRUEBAS REALIZADAS.

Según los resultados obtenidos en los cálculos para la determinación de la blancura relativa de las diferentes muestras, las que poseen una blancura superior son, en este orden, el acrílico blanco sobre un soporte de Cronolita más Tiluvín, el acrílico sobre poliéster flexible más Tiluvín, los óleos blancos sobre carbono y el óleo blanco sobre Cronolita. A continuación se sitúan los restantes óleos blancos y finalmente se encuentran las muestras de blanco poliéster como los de blancura inferior en comparación con las otras técnicas.

Por tanto, puede decirse que los diferentes soportes no han influido en los resultados obtenidos para cada una de las técnicas. Así, las tres diferentes técnicas analizadas han arrojado como resultado que la blancura superior es la del acrílico, seguido por el óleo y la inferior es la del poliéster (acrílico > óleo > poliéster).

Respecto al tono, los resultados obtenidos indican una tendencia hacia el rojo de todas las muestras ensayadas, con excepción del blanco poliéster en Cronolita más Tiluvín que tiende hacia el verde.



III.3.3.- ENSAYO ACELERADO DE AMARILLEO SEGÚN LA NORMA UNE 48-071-82.

Tomando los datos del ensayo de blancura como valores para el cálculo de la amarillez inicial de las muestras, se han sometido éstas a procesos acelerados de amarilleamiento para calcular posteriormente su grado de amarilleo.

III.3.3.- ENSAYO ACELERADO DE AMARILLEO SEGÚN LA NORMA UNE 48-071-82

DATOS MEDIOS (PRINCIPIO)					DATOS MEDIOS (FINAL)					CALCULO DE VARIACIONES							
Poliéster blanco B					Poliéster blanco B					Poliéster blanco B							
L*	90,9	a*	-0,7	b*	5,8	L*	91,2	a*	-1,3	b*	10,4	Ai=	0,17	Af=	0,24	A=	0,07
C*	5,9					C*	10,4										
X=	73,9	Y=	78,3	Z=	76,3	X=	74,2	Y=	78,9	Z=	71,3						
parte atras					p. atras					p. atras							
L*	88,3	a*	-1,3	b*	6,0	L*	90,3	a*	-2,1	b*	10,6						
C*	6,2					C*	10,8										
X=	68,3	Y=	72,7	Z=	70,4	X=	71,9	Y=	76,9	Z=	69,0						
Cronolita + Tiluvin Blanco poliéster D'					Cronolita + tiluvin Blanco poliéster D					Cronolita + tiluvin Blanco poliéster D							
L*	88,6	a*	-2,6	b*	3,4	L*	89,6	a*	-3,0	b*	7,6	Ai=	0,11	Af=	0,18	A=	0,07
C*	4,3					C*	8,1										
X=	68,4	Y=	73,3	Z=	74,4	X=	70,2	Y=	75,6	Z=	71,5						
p. atras					p. atrás					p. atrás							
L*	90,8	a*	-2,4	b*	3,0	L*	90,9	a*	-3,5	b*	8,1						
C*	3,8					C*	8,8										
X=	72,8	Y=	78,0	Z=	79,7	X=	72,6	Y=	78,4	Z=	73,5						
Blanco oleo Carbono 12 C					Blanco oleo Carbono 12 C					Blanco oleo Carbono 12 C							
L*	97,2	a*	-0,5	b*	3,5	L*	96,9	a*	-0,4	b*	4,6	Ai=	0,13	Af=	0,15	A=	0,02
C*	3,6					C*	4,7										
X=	87,9	Y=	93,1	Z=	94,6	X=	87,1	Y=	92,1	Z=	91,9						
Oleo blanco Carbono 2C					Oleo blanco Carbono 2C					Oleo blanco Carbono 2C							
L*	97,2	a*	-0,6	b*	3,4	L*	97,1	a*	-0,4	b*	4,7	Ai=	0,12	Af=	0,15	A=	0,02
C*	3,5					C*	4,7										
X=	87,9	Y=	93,1	Z=	94,7	X=	87,6	Y=	92,6	Z=	92,3						
En la parte cubierta Cronolita + Tiluvin B Acrílico blanco					En la parte cubierta Cronolita + Tiluvin B Acrílico blanco					En la parte cubierta Cronolita + Tiluvin B Acrílico blanco							
L*	95,2	a*	-0,3	b*	1,1	L*	95,3	a*	-0,3	b*	1,6	Ai=	0,09	Af=	0,10	A=	0,01
C*	1,1					C*	1,6										
X=	83,4	Y=	88,1	Z=	93,0	X=	83,7	Y=	88,4	Z=	92,6						

En la parte cubierta
Poliéster flexible + Tituvin A
Acrílico blanco

L* = 95,3 a* = -0,2 b* = 1,4
C* = 1,5
X = 83,7 Y = 88,4 Z = 92,7

Blanco oleo
Poliéster flexible + Tituvin 50

L* = 97,7 a* = -0,8 b* = 5,0
C* = 5,1
X = 88,8 Y = 94,1 Z = 93,5

Cronolita + Tituvin 29
Oleo blanco

L* = 97,5 a* = -0,9 b* = 4,9
C* = 5,0
X = 88,4 Y = 93,8 Z = 93,1

Oleo blanco 17 C

L* = 97,0 a* = -0,5 b* = 3,5
C* = 3,5
X = 87,3 Y = 92,4 Z = 93,9

En la parte cubierta
Poliéster flexible + Tituvin A
Acrílico blanco

L* = 95,4 a* = -0,1 b* = 1,8
C* = 1,8
X = 83,9 Y = 88,5 Z = 92,4

Blanco oleo
Poliéster flexible + Tituvin 50

L* = 96,7 a* = -0,9 b* = 6,4
C* = 6,5
X = 86,5 Y = 91,8 Z = 89,0

Cronolita + Tituvin 29
Oleo blanco

L* = 96,8 a* = -0,8 b* = 6,5
C* = 6,6
X = 86,7 Y = 91,9 Z = 89,1

Oleo blanco 17 C

L* = 96,8 a* = -0,4 b* = 4,2
C* = 4,2
X = 86,9 Y = 91,9 Z = 92,4

En la parte cubierta
Poliéster flexible + Tituvin A
Acrílico blanco

Ai = 0,09 Af = 0,10 A = 0,01

Blanco oleo
Poliéster flexible + Tituvin 50

Ai = 0,15 Af = 0,17 A = 0,02

Cronolita + Tituvin 29
Oleo blanco

Ai = 0,15 Af = 0,17 A = 0,03

Oleo blanco 17 C

Ai = 0,13 Af = 0,14 A = 0,01

III.3.3.1- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO ACELERADO DE AMARILLEO DE LAS SEGUNDAS PRUEBAS REALIZADAS.

Los datos obtenidos inicialmente indican que la amarillez es mayor en el poliéster blanco, siendo también éste el de amarillez más acentuada en las mediciones finales tras el ensayo. Una vez realizados los cálculos del amarilleamiento de las muestras se ha podido comprobar que el que más ha amarilleado ha sido el poliéster, a continuación se encuentra el óleo y, finalmente, el que menos variación ha sufrido en su amarillez ha sido el acrílico (poliéster > óleo > acrílico).

III.3.4.- ENSAYO ACELERADO DE ENVEJECIMIENTO. DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS DE COLOR SEGÚN EL SISTEMA CIELAB.

En este ensayo se trata de evaluar la influencia del soporte sobre la solidez del color en varias técnicas diferentes. Las muestras ensayadas son:

- Muestra rojo poliéster A en cámara de envejecimiento.
- Muestra poliéster blanco A en cámara de envejecimiento.
- Muestra óleo negro sobre poliéster flexible + Tiluvín nº 54 en cámara de envejecimiento.
- Muestra azul óleo 11 C sobre carbono en cámara de envejecimiento.

- Muestra poliéster flexible + Tiluvin 43 en cámara de envejecimiento.
- Muestra 21 C rojo óleo en cámara de envejecimiento.
- Muestra 40 Óleo rojo sobre Cronolita + V en cámara de envejecimiento.
- Muestra 3 C rojo óleo sobre carbono en cámara de envejecimiento.
- Muestra blanco poliéster A Sobre Cronolita + Tiluvin en cámara de envejecimiento.
- Muestra amarillo poliéster sobre Cronolita + Tiluvin en cámara de envejecimiento.
- Muestra amarillo poliéster A con blanco normalizado en cámara de envejecimiento.
- Muestra 31 óleo negro sobre Cronolita + V en cámara de envejecimiento.
- Muestra 14 C óleo negro en cámara de envejecimiento.
- Muestra poliéster azul A en cámara de envejecimiento.
- Muestra óleo amarillo 36 sobre Cronolita en cámara de envejecimiento.
- Muestra 8C óleo amarillo sobre carbono en cámara de envejecimiento.
- Muestra 26 C amarillo óleo en cámara de envejecimiento.
- Muestra 44 óleo amarillo sobre poliéster flexible + Tiluvin en cámara de envejecimiento.
- Muestra azul poliéster B sobre Cronolita + Tiluvin en cámara de envejecimiento.
- Muestra rojo poliéster A sobre Cronolita + Tiluvin en cámara de envejecimiento.

A diferencia del primer ensayo, en éste se realizaron las pruebas utilizando una cámara de envejecimiento de lámparas fluorescentes, cuya descripción se encuentra en la norma UNE 53-104-86. Dicha norma está dedicada exclusivamente al establecimiento de las características del equipo necesario para realizar el Ensayo de Envejecimiento Artificial Acelerado de Materiales Plásticos basado en la utilización de la cámara de lámparas fluorescentes.

En este caso se ha utilizado el más usual de los tipos de lámpara posibles que se especifican en la norma (tipo A₁). Las pruebas se han expuesto a la acción de la cámara de envejecimiento durante 264 horas, manteniéndose la temperatura dentro de ella alrededor de los 45° C.

Los cálculos de variaciones se han realizado de manera idéntica a la descrita en los primeros ensayos.

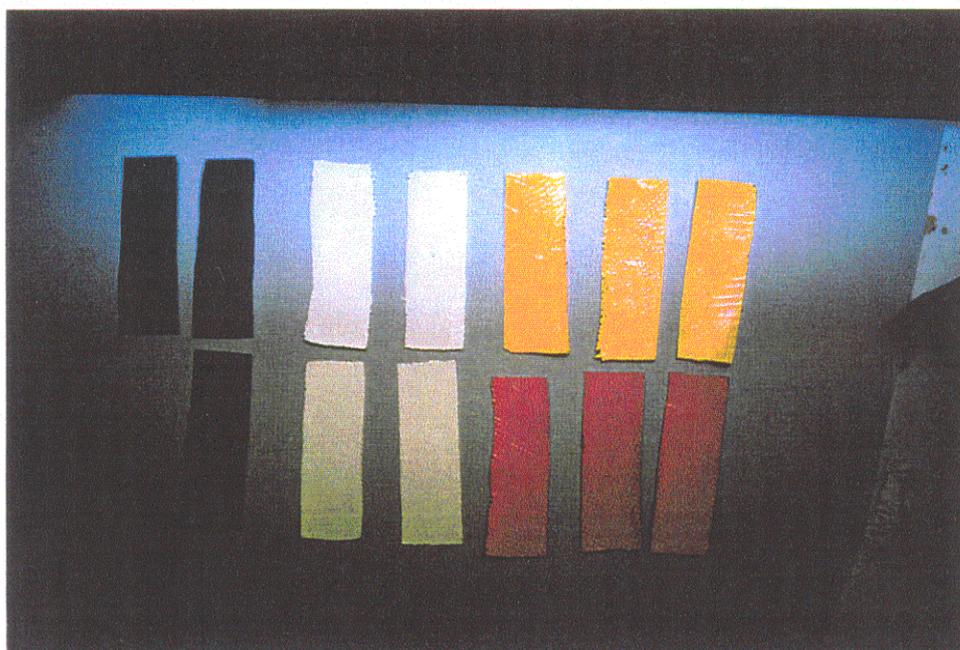


Figura III.9 Muestras realizadas para estas pruebas.

III.3.4.- ENSAYO ACCELERADO DE ENVEJECIMIENTO DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS DE COLOR SEGÚN EL SISTEMA CIELAB

DATOS MEDIOS (PRINCIPIO)				DATOS MEDIOS (FINAL)				CALCULO DE VARIACIONES			
264 h. Rojo poliéster A				264 h. Rojo poliéster A				264 h. Rojo poliéster A			
L*	48,1	a*	56,8	L*	47,9	a*	50,6	DE=	6,7	Da=	-6,2
C*	65,7	b*	32,9	C*	59,0	b*	30,4	DL=	-0,2	Db=	-2,6
X=	26,0	Y=	16,8	X=	26,3	Y=	16,7	DC=	6,7	DS=	-6,7
Z=	6,2	Z=	6,2	Z=	6,8	Z=	6,8	DT=	1,0		
Negro óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 54				Negro óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 54				Negro óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 54			
L*	90,3	a*	-0,4	L*	86,7	a*	0,2	DE=	23,3	Da=	0,6
C*	6,5	b*	6,5	C*	29,5	b*	29,5	DL=	-3,6	Db=	23,0
X=	72,8	Y=	77,0	X=	65,9	Y=	69,4	DC=	23,0	DS=	23,0
Z=	74,1	Z=	74,1	Z=	43,1	Z=	43,1	DT=	0,9		
Negro óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 54				Negro óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 54				Negro óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 54			
L*	25,7	a*	-0,8	L*	26,8	a*	-1,1	DE=	1,1	Da=	-0,3
C*	1,1	b*	-0,6	C*	1,2	b*	-0,4	DL=	1,1	Db=	0,2
X=	4,4	Y=	4,7	X=	4,7	Y=	5,0	DC=	0,3	DS=	0,1
Z=	5,1	Z=	5,1	Z=	5,5	Z=	5,5	DT=	0,3		
Oleo azul. Carbono. 264 h. 11C				Oleo azul. Carbono. 264 h. 11C				Oleo azul. Carbono. 264 h. 11C			
L*	21,7	a*	3,5	L*	26,8	a*	4,8	DE=	13,7	Da=	1,3
C*	12,9	b*	-12,4	C*	25,6	b*	-25,1	DL=	5,1	Db=	-12,6
X=	3,5	Y=	3,4	X=	5,1	Y=	5,0	DC=	12,7	DS=	12,6
Z=	6,2	Z=	6,2	Z=	13,0	Z=	13,0	DT=	1,6		
Rojo óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 43				Rojo óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 43				Rojo óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 43			
L*	49,0	a*	60,3	L*	49,0	a*	60,3	DE=	0,1	Da=	0,0
C*	70,1	b*	35,8	C*	70,2	b*	35,8	DL=	0,0	Db=	-0,1
X=	29,9	Y=	17,6	X=	30,0	Y=	17,6	DC=	0,1	DS=	-0,0
Z=	5,9	Z=	5,9	Z=	6,0	Z=	6,0	DT=	0,1		
Rojo óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 21 C				Rojo óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 21 C				Rojo óleo. 264 h. Poliéster flexible + tiluvin 21 C			
L*	48,9	a*	60,0	L*	48,7	a*	59,6	DE=	0,7	Da=	-0,4
C*	69,6	b*	35,2	C*	68,9	b*	34,6	DL=	-0,1	Db=	-0,6
X=	29,7	Y=	17,5	X=	29,4	Y=	17,4	DC=	0,7	DS=	-0,7
Z=	6,0	Z=	6,0	Z=	6,1	Z=	6,1	DT=	0,3		

Rojo óleo. 264 h.
Cronolita + V 40

L*^a= 49,0 a*^a= 60,2 b*^a= 36,4
C*^a= 70,4
X= 30,0 Y= 17,6 Z= 5,8

3 C Carbono
Rojo óleo. 264 h.

L*^a= 49,0 a*^a= 56,6 b*^a= 32,2
C*^a= 65,1
X= 28,9 Y= 17,6 Z= 6,8

264 h.
Cronolita + tiluvin. Blanco A Poliéster

L*^a= 89,3 a*^a= -1,7 b*^a= 2,8
C*^a= 3,3
X= 70,0 Y= 74,7 Z= 76,5

Amarillo poliéster con blanco normalizado.
264 h.

Cronolita + tiluvin. Amarillo A Poliéster

L*^a= 66,7 a*^a= 0,0 b*^a= 66,2
C*^a= 66,2
X= 34,3 Y= 36,2 Z= 6,0

Amarillo poliéster con blanco normalizado. 0500
264 h.

Amarillo A Poliéster

L*^a= 66,9 a*^a= 1,1 b*^a= 65,8
C*^a= 65,8
X= 35,0 Y= 36,5 Z= 6,2

Negro óleo. Cronolita + tiluvin
264 h.
Cronolita + V

L*^a= 25,8 a*^a= -1,0 b*^a= -0,7
C*^a= 1,3
X= 4,4 Y= 4,7 Z= 5,2

Rojo óleo. 264 h.
Cronolita + V 40

L*^a= 49,1 a*^a= 60,3 b*^a= 35,7
C*^a= 70,1
X= 30,1 Y= 17,7 Z= 6,0

3 C Carbono
Rojo óleo. 264 h.

L*^a= 48,0 a*^a= 58,6 b*^a= 33,1
C*^a= 67,4
X= 28,3 Y= 16,7 Z= 6,2

264 h.
Cronolita + tiluvin. Blanco A Poliéster

L*^a= 87,2 a*^a= -2,5 b*^a= 26,8
C*^a= 27,0
X= 65,5 Y= 70,3 Z= 46,2

Amarillo poliéster con blanco normalizado.
264 h.

Cronolita + tiluvin. Amarillo A Poliéster

L*^a= 65,3 a*^a= 3,7 b*^a= 64,9
C*^a= 65,0
X= 33,6 Y= 34,4 Z= 5,7

Amarillo poliéster con blanco normalizado. 0500
264 h.

Amarillo A Poliéster

L*^a= 64,2 a*^a= 3,3 b*^a= 58,2
C*^a= 58,3
X= 32,2 Y= 33,0 Z= 6,9

Negro óleo. Cronolita + tiluvin
264 h.
Cronolita + V

L*^a= 26,0 a*^a= -0,9 b*^a= -0,5
C*^a= 1,0
X= 4,4 Y= 4,7 Z= 5,2

Rojo óleo. 264 h.
Cronolita + V 40

DE^a= 0,7 Ds^a= 0,1 Db^a= -0,7
DL^a= 0,1
DC^a= 0,7 DS^a= -0,3 DT^a= 0,6

3 C Carbono
Rojo óleo. 264 h.

DE^a= 2,4 Ds^a= 2,0 Db^a= 0,9
DL^a= -1,0
DC^a= 2,2 DS^a= 2,2 DT^a= 0,2

264 h.
Cronolita + tiluvin. Blanco A Poliéster

DE^a= 24,2 Ds^a= -0,8 Db^a= 24,1
DL^a= -2,1
DC^a= 24,1 DS^a= 23,7 DT^a= 4,2

Amarillo poliéster con blanco normalizado.
264 h.

Cronolita + tiluvin. Amarillo A Poliéster

DE^a= 4,2 Ds^a= 3,7 Db^a= -1,3
DL^a= -1,4
DC^a= 3,9 DS^a= -1,2 DT^a= 3,8

Amarillo poliéster con blanco normalizado. 0500
264 h.

Amarillo A Poliéster

DE^a= 8,3 Ds^a= 2,1 Db^a= -7,6
DL^a= -2,7
DC^a= 7,9 DS^a= -7,5 DT^a= 2,4

Negro óleo. Cronolita + tiluvin
264 h.
Cronolita + V

DE^a= 0,3 Ds^a= 0,1 Db^a= 0,2
DL^a= 0,2
DC^a= 0,2 DS^a= -0,2 DT^a= 0,1

Negro oleo.
264 h.
14 C

L*	26,3	a*	-1,1	b*	-0,6
C*	1,3	Y=	4,8	Z=	5,3
X=	4,5				

Negro oleo.
264 h.
14 C

L*	27,6	a*	-1,2	b*	-0,2
C*	1,3	Y=	5,3	Z=	5,8
X=	5,0				

Negro oleo.
264 h.
14 C

DE=	1,4	De=	-0,1	Db=	0,4
DL=	1,3	DS=	-0,0	DT=	0,4
DC=	0,4				

Poliéster azul A
264 h.

L*	52,1	a*	-24,2	b*	-31,9
C*	40,0	Y=	20,3	Z=	44,7
X=	14,8				

Poliéster azul A
264 h.

L*	51,7	a*	-27,0	b*	-23,5
C*	35,8	Y=	19,9	Z=	37,0
X=	14,1				

Poliéster azul A
264 h.

DE=	8,9	De=	-2,8	Db=	8,4
DL=	-0,4	DS=	-4,2	DT=	7,8
DC=	8,9				

Amarillo oleo.
264 h.
Cronolita + V 36

L*	82,3	a*	13,2	b*	88,5
C*	89,5	Y=	60,8	Z=	7,1
X=	63,1				

Amarillo oleo.
264 h.
Cronolita + V 36

L*	83,4	a*	12,0	b*	90,1
C*	90,9	Y=	63,0	Z=	7,2
X=	64,8				

Amarillo oleo.
264 h.
Cronolita + V 36

DE=	2,3	De=	-1,2	Db=	1,7
DL=	1,1	DS=	1,5	DT=	1,4
DC=	2,0				

Amarillo oleo Carbono
264 h.
8 C

L*	82,2	a*	13,7	b*	88,2
C*	89,2	Y=	60,7	Z=	7,2
X=	63,4				

Amarillo oleo Carbono
264 h.
8 C

L*	82,1	a*	14,0	b*	89,1
C*	90,2	Y=	60,5	Z=	6,9
X=	63,2				

Amarillo oleo Carbono
264 h.
8 C

DE=	0,9	De=	0,3	Db=	0,9
DL=	-0,1	DS=	0,9	DT=	0,1
DC=	0,9				

Amarillo oleo
264 h.
26 C

L*	82,1	a*	13,7	b*	88,0
C*	89,1	Y=	60,5	Z=	7,2
X=	63,2				

Amarillo oleo
264 h.
26 C

L*	82,7	a*	13,6	b*	90,4
C*	91,4	Y=	61,6	Z=	6,8
X=	64,2				

Amarillo oleo
264 h.
26 C

DE=	2,5	De=	-0,1	Db=	2,4
DL=	0,6	DS=	2,4	DT=	0,5
DC=	2,4				

Amarillo oleo
264 h.
Poliéster flexible + tiluvín 44

L*	80,8	a*	14,7	b*	86,9
C*	88,2	Y=	58,2	Z=	6,9
X=	61,2				

Amarillo oleo
264 h.
Poliéster flexible + tiluvín 44

L*	80,7	a*	14,4	b*	86,7
C*	87,9	Y=	58,0	Z=	6,9
X=	60,8				

Amarillo oleo
264 h.
Poliéster flexible + tiluvín 44

DE=	0,4	De=	-0,3	Db=	-0,3
DL=	-0,1	DS=	-0,3	DT=	0,3
DC=	0,4				

264 h.
Cronolita + tiluvin. Azul poliéster.

L* =	52,5	a* =	-24,0	b* =	-33,1
C* =	40,9	Y =	20,6	Z =	46,3
X =	15,1				

Rojo poliéster A
264 h.
Cronolita + tiluvin

L* =	47,5	a* =	55,0	b* =	30,8
C* =	63,1	Y =	16,4	Z =	6,5
X =	27,0				

264 h.
Cronolita + tiluvin. Azul poliéster.

L* =	50,4	a* =	-30,5	b* =	-17,2
C* =	35,0	Y =	18,8	Z =	30,7
X =	12,7				

Rojo poliéster A
264 h.
Cronolita + tiluvin

L* =	45,1	a* =	56,0	b* =	31,8
C* =	64,4	Y =	14,6	Z =	5,3
X =	24,7				

264 h.
Cronolita + tiluvin. Azul poliéster.

DE =	17,3	Da =	-6,5	Db =	15,9
DL =	-2,1	DS =	-5,9	DT =	16,1
DC =	17,2				

Rojo poliéster A
264 h.
Cronolita + tiluvin

DE =	2,8	Da =	0,9	Db =	1,0
DL =	-2,4	DS =	1,3	DT =	0,4
DC =	1,4				

III.3.4.1- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE DIFERENCIAS DE COLOR DE LAS SEGUNDAS PRUEBAS REALIZADAS.

A continuación comentan de forma breve los resultados obtenidos en cada una de las muestras y su comportamiento durante el ensayo:

AMARILLO ÓLEO CRONOLITA 36

Se ha producido una pequeña variación en el color, siendo ésta más acusada en la cromaticidad, desviándose ligeramente hacia el verde y el amarillo.

ROJO ÓLEO 3C

Ha sufrido una ligera variación centrada especialmente en la saturación y en la cromaticidad, con ligera variación hacia el rojo.

AMARILLO ÓLEO 26C

La cromaticidad y la saturación han sufrido una pequeña variación y ha tendido ligeramente hacia el amarillo.

ROJO POLIÉSTER A

La pequeña variación de color que ha sufrido ha sido principalmente en la luminosidad, siendo pequeña la variación de la cromaticidad y la saturación.

AMARILLO A POLIÉSTER CRONOLITA

En este caso las variaciones fueron considerables siendo más importantes en la cromaticidad y el tono, produciéndose una desviación hacia el rojo y el azul.

ROJO POLIÉSTER A

La muestra ha sufrido variaciones considerables siendo más pronunciadas la de cromaticidad y la de saturación. También hubo un cambio acusado hacia el verde y algo menor hacia el azul.

AMARILLO POLIÉSTER A

Hubo un cambio acusado hacia el azul y menor hacia el rojo. La variación también fue importante en cromaticidad y saturación.

POLIÉSTER AZUL A

El color sufrió una variación importante haciéndolo hacia el verde y fuertemente hacia el amarillo. El tono y la cromaticidad sufrieron también modificaciones considerables.

ÓLEO AZUL CARBONO

El color sufrió una fuerte variación que se manifestó principalmente en las desviaciones de cromaticidad y saturación. Se produjo también una fuerte variación hacia el azul. Ésta ha sido la muestra que ha sufrido una mayor variación en la luminosidad.

AZUL POLIÉSTER CRONOLITA

Los cálculos en esta muestra dieron una fuerte variación en la cromaticidad y el tono, siendo en este último la mayor variación de todas las muestras. La tendencia ha sido muy importante hacia el amarillo y considerable hacia el verde.

POLIÉSTER BLANCO A

Esta muestra ha sido una de las que más han variado. Se ha desviado fuertemente hacia el amarillo y la cromaticidad y la saturación han variado de forma muy considerable.

POLIÉSTER A CRONOLITA + TILUVÍN

Las mediciones y cálculos de esta muestra han arrojado la mayor variación en los resultados. Una fuerte desviación en cromaticidad y saturación y una tendencia acusada hacia el amarillo son los datos más destacables.

Por tanto, las muestras que no han sufrido una variación apreciable tras los ensayos han sido:

- negro óleo en poliéster flexible más Tiluvín 54
- rojo óleo en poliéster flexible más Tiluvín 43
- rojo óleo en poliéster flexible más Tiluvín 21C
- rojo óleo en Cronolita más Tiluvín 40
- negro óleo en Cronolita más Tiluvín
- amarillo óleo en carbono 8C
- amarillo óleo en poliéster flexible más Tiluvín 44
- negro óleo 14C

III.3.5.- RESULTADOS FINALES OBTENIDOS DE LAS SEGUNDAS PRUEBAS DE COLORIMETRÍA

Los criterios seguidos para estas pruebas han sido los siguientes: para los ensayos de amarilleamiento se ha utilizado el color blanco en las técnicas poliéster, óleo y acrílico; para los ensayos de variación de color se quiso comparar el color poliéster (con Tiluvín) con una técnica suficientemente conocida y estable como el óleo; y para determinar la mejora que introduce la adición de Tiluvín se han utilizado colores poliéster.

La interpretación de los resultados arrojados por los cálculos colorimétricos conduce a una serie de conclusiones.

En las pruebas de amarilleo se han obtenido valores similares en las combinaciones de cada técnica con todos los soportes que se evaluaban, lo cual induce a afirmar que la naturaleza del soporte no ha sido determinante en la variación que se ha producido en el color. Por otra parte los colores poliéster han demostrado ser menos estables ante el envejecimiento, obteniéndose para ellos valores de amarilleo muy superiores a los de las técnicas de óleo y acrílico.

Durante los ensayos con las muestras se pudo comprobar que, en las realizadas sobre soporte de fibra de vidrio con poliéster transparente (Cronolita) las técnicas grasas mostraron un mejor comportamiento que las técnicas al agua, con las cuales se obtuvo un efecto de rechazo que produjo craquelados en la superficie de la película de color.

Probablemente el poliéster ortoftálico utilizado en el inicio sería el más indicado para el empleo de una técnica al agua, pero su validez es cuestionada por el problema de la falta de estabilidad ante la luz al utilizarlo sin modificar. Este término sería posiblemente solventable añadiendo Tiluvín pero aun se mantendría su falta de elasticidad, salvo que se le añadiera A340, que comunica flexibilidad. Sin embargo, con esta nueva mezcla se correría el riesgo de variar sus propiedades frente a las técnicas al agua.

Los resultados de la prueba de diferencia de color revelaban que los colores al óleo habían tenido una variación significativa salvo en el caso del soporte de preimpregnado de fibra de carbono, en el cual se produjo una alteración de la capa superficial por una causa no determinada. Se revelaba pues interesante continuar la experimentación en este sentido para tratar de establecer el agente de la mencionada alteración²⁵.

Los colores poliéster, en comparación con el óleo, han sufrido cambios considerables en todos los soportes.

Los cálculos para la determinación de la influencia de la adición de Tiluvín en la degradación de los colores han demostrado que este aditivo no ha conseguido impedir que los colores poliéster sufrieran cambios significativos pese a que unos tuvieron mejor comportamiento que otros. Sin embargo, todas las muestras realizadas con óleo sobre soportes a los que se les

²⁵ Por el momento esto no ha sido posible y, consultados los químicos especialistas de la empresa que proporcionó el material, no se ha podido dar una razón probable para la aparición de este problema. Las únicas causas apuntadas como posibles fueron que la resina epoxy no estuviera polimerizada completamente al aplicar sobre ella el óleo y produjera una reacción de rechazo frente a éste o que durante la fabricación del compuesto, el plástico separador se llevara parte de la resina creando una superficie mate dondè podrían haber aparecido rechupados, posibilitando una difusión de los disolventes del pigmento hacia el interior y quedando el pigmento seco.

había añadido Tiluvín han permanecido sin variación o, si la han sufrido, ésta ha sido despreciable.

Teniendo en cuenta de forma global los resultados obtenidos en estos ensayos, se puede afirmar que la técnica de colores poliéster es demasiado inestable como procedimiento artístico si se compara con las técnicas tradicionales.

Un punto de interés tras la realización de estas conclusiones era la realización de un nuevo análisis de los problemas que se presentaron al someter a los ensayos de envejecimiento las pruebas del soporte de preimpregnado de fibra de carbono planteado para pintura de caballete.

Los variaciones y alteraciones superficiales obtenidas en dichos ensayos para las muestras de color óleo sobre preimpregnado de fibra de carbono podían tener su razón en el grado de polimerización de la resina y la posible reacción de ésta con el óleo.

Éste punto fue el objeto de una fase posterior de la investigación, cuyos resultados se encuentran recogidos en el apartado III.4²⁶. Se trató de obtener una conclusión sobre las causas del problema y, en la medida de lo posible, aportar soluciones alternativas.

²⁶ III.4.- 3^{as} pruebas realizadas.

III.4.- 3^{as} PRUEBAS REALIZADAS.

III.4.1.- INTRODUCCIÓN A LAS TERCERAS PRUEBAS.

Esta experimentación se basó en los consejos del fabricante de la fibra de carbono ante el problema presentado en la interacción del óleo sobre las superficies de los soportes de epoxy-fibra de carbono. Así, para comprobar la influencia del grado de curación previo de la resina epoxy, se repitieron las pruebas con el material en dos series, una de ellas con muestras con un proceso de curado completo de la resina y otra con muestras que intencionadamente se han utilizado con un deficiente grado de polimerización. De esta forma se pretendía averiguar si era ésta la causa de las alteraciones o si realmente existía alguna incompatibilidad entre la técnica al óleo y el material compuesto avanzado de fibra de carbono y resina epoxy que impidiera la utilización de éste como soporte para dicha técnica.

En esta serie de pruebas se realizaron, además, ensayos con muestras de color al óleo sobre soporte de fibra de vidrio con resina fenólica. Aunque solamente se dispuso para las pruebas de una pieza de este material compuesto, se trató de determinar la validez de éste para servir de soporte a las técnicas pictóricas. En este caso se realizaron los ensayos con varios

colores al óleo sobre el soporte que se planteaba como alternativa y cuyas propiedades se mostraban atractivas para este fin (Vid. Apartado II.3.3.2.3. y II.3.32.2.4.)²⁷.

Tal como se realizó en las primeras y segundas pruebas, en éstas se han tenido igualmente en cuenta las consideraciones que sobre preparación de las muestras se recogen en las normas UNE utilizadas²⁸. Como ya se describió anteriormente, esta normativa comprende principalmente indicaciones sobre las condiciones del ambiente en que se realizan las muestras y las características de éstas.

²⁷ II.3.3.2.3.- Resina fenólica y II.3.3.2.4.-Comparación entre las matrices.

²⁸ Revisar apartado: III.2.1.- Introducción a las primeras pruebas.

III.4.2.- EVALUACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA.
(SEGÚN LA NORMA UNE 72-322-85).

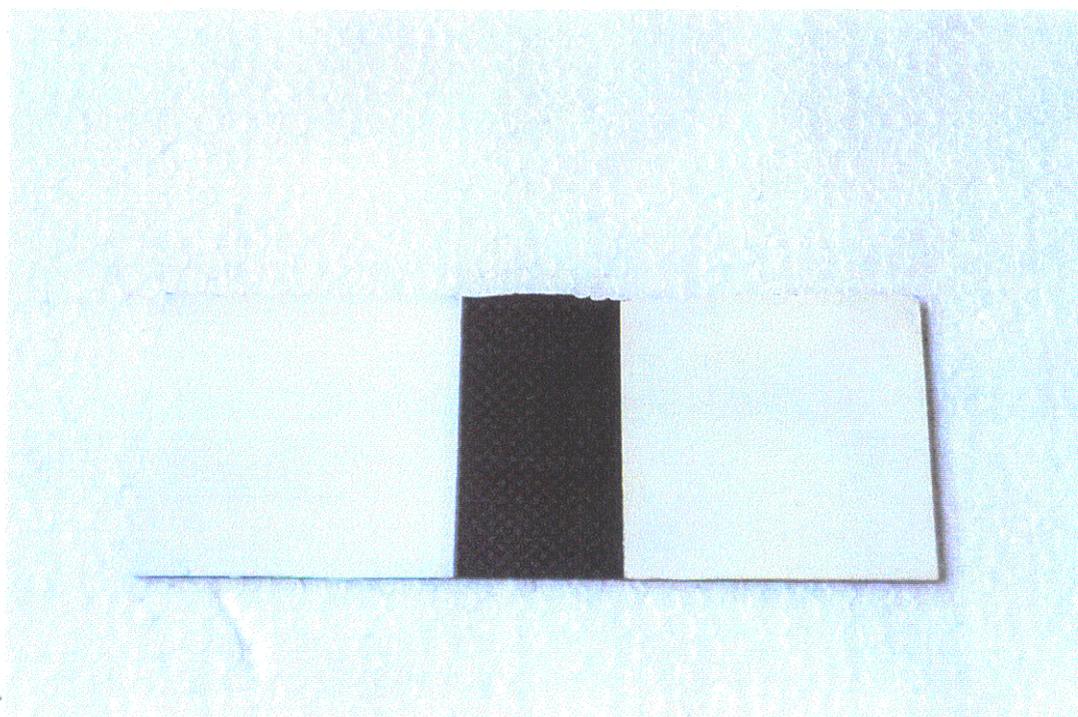
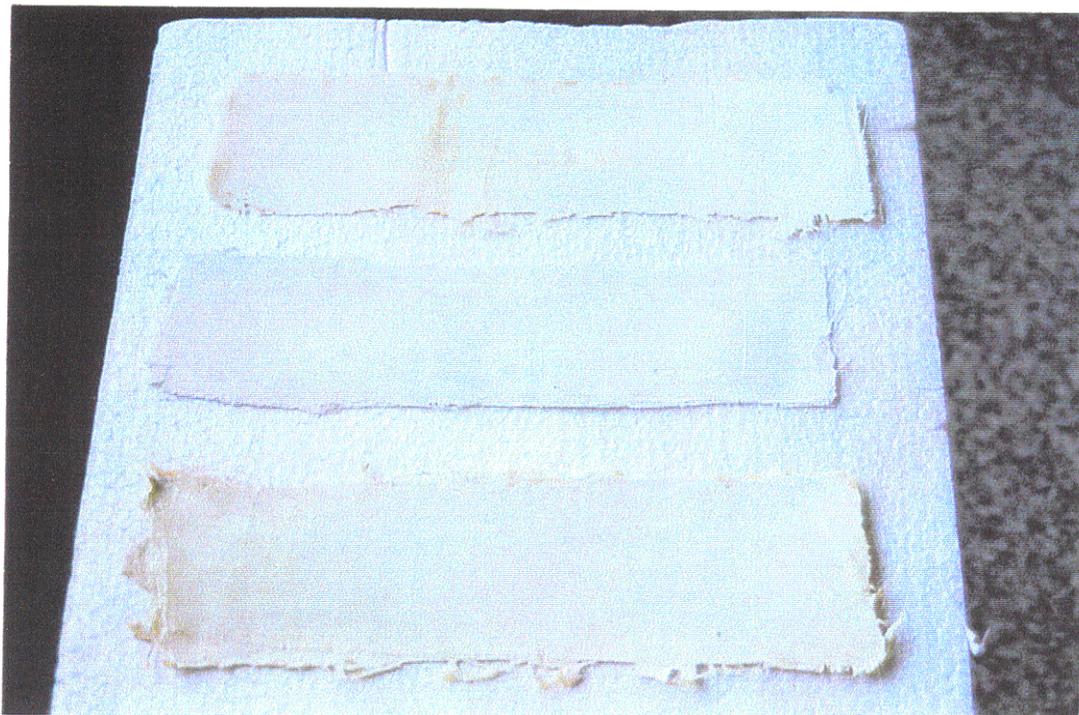


Figura III.10 Muestras utilizadas para el ensayo de blancura.

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA

RESULTADOS

CÁLCULOS

Blanco de referencia

L* =	93,2	a* =	-1,1	b* =	-0,2	Um =	812,8
C* =	1,1	Y =	83,5	Z =	89,9	Vm =	65,3
X =	78,6						

Acrílico sobre fibra de carbono

L* =	88,2	a* =	-2,8	b* =	9,2	Um =	858,2	W =	41,4
C* =	9,6	Y =	72,5	Z =	66,5	Vm =	66,0	T =	-0,6
X =	67,5								

Blanco oleo sobre fibra de carbono.

L* =	88,6	a* =	-1,9	b* =	7,8	Um =	851,8	W =	48,9
C* =	8,1	Y =	73,4	Z =	68,9	Vm =	66,9	T =	-1,6
X =	68,7								

Blanco muestra óleo B epoxy sin polimerizar.
En fibra de vidrio.

L* =	87,4	a* =	-1,9	b* =	10,0	Um =	862,7	W =	34,8
C* =	10,2	Y =	70,8	Z =	63,9	Vm =	67,6	T =	-2,3
X =	66,2								

Blanco acrílico.
Fibra de carbono.

L* =	86,2	a* =	-2,5	b* =	9,3	Um =	859,8	W =	34,9
C* =	9,6	Y =	68,4	Z =	62,4	Vm =	66,3	T =	-1,0
X =	63,7								

Oleo blanco .
Fibra de carbono.

L* =	90,5	a* =	-1,9	b* =	5,1	Um =	838,0	W =	67,6
C* =	5,5	Y =	77,4	Z =	76,4	Vm =	65,9	T =	-0,6
X =	72,5								

Oleo blanco en muestra de fibra de carbono
Resina 8552 2150 92108

L* =	97,3	a* =	-1,5	b* =	8,4	Um =	851,1	W =	73,4
C* =	8,5	Y =	93,2	Z =	87,7	Vm =	67,9	T =	-2,6
X =	87,6								

Blanco acrílico

L* =	94,1	a* =	-2,9	b* =	14,2	Um =	879,2	W =	36,0
C* =	14,5	Y =	85,4	Z =	72,6	Vm =	67,6	T =	-2,2
X =	79,5								

Muestra acrílico epoxy sin polimerizar blanco

L*=	94,8	a*=	-1,7	b*=	9,9	Um=	858,6	W=	58,7
C*=	10,0								
X=	81,8	Y=	87,2	Z=	79,9	Vm=	68,1	T=	-2,7

Muestra acrílico. Acrílico blanco.

L*=	94,7	a*=	-1,8	b*=	8,6	Um=	853,1	W=	63,8
C*=	8,8								
X=	81,5	Y=	86,9	Z=	81,2	Vm=	67,4	T=	-2,0

parte más amarilla

L*=	92,6	a*=	-1,9	b*=	22,4	Um=	917,9	W=	-6,7
C*=	22,5								
X=	76,9	Y=	82,1	Z=	60,1	Vm=	72,2	T=	-6,9

Blanco óleo en fibra de carbono
Resina 3501-65

L*=	96,9	a*=	-1,5	b*=	8,6	Um=	852,1	W=	71,2
C*=	8,7								
X=	86,7	Y=	92,3	Z=	86,5	Vm=	68,0	T=	-2,7

Muestra oleo B. Oleo blanco fibra de vidrio.

L*=	97,1	a*=	-1,0	b*=	4,1	Um=	832,1	W=	91,7
C*=	4,2								
X=	87,3	Y=	92,7	Z=	93,3	Vm=	67,0	T=	-1,7

Blanco óleo en fibra de carbono
Muestra resina 8552 94006/3062

L*=	97,1	a*=	-1,5	b*=	9,6	Um=	856,5	W=	67,4
C*=	9,7								
X=	87,1	Y=	92,8	Z=	85,6	Vm=	68,3	T=	-2,9

Blanco óleo en fenólica

L*=	97,0	a*=	-1,5	b*=	8,5	Um=	851,8	W=	71,9
C*=	8,6								
X=	86,9	Y=	92,5	Z=	86,9	Vm=	67,9	T=	-2,6

III.4.2.1- RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN DE LA BLANCURA RELATIVA DE LAS SEGUNDAS PRUEBAS REALIZADAS.

Los valores obtenidos en los cálculos para la determinación de la blancura relativa han indicado que la muestra de blancura superior es la de óleo blanco sobre fibra de vidrio, seguida del óleo blanco sobre carbono, el óleo blanco sobre fenólica y el óleo blanco sobre carbono en un laminado grueso. Estas muestras pueden considerarse integradas en un grupo de valores de blancura sensiblemente superiores a los de las restantes.

En un rango intermedio de los valores obtenidos para la blancura se encuentran el acrílico, el blanco óleo sobre un soporte sin polimerizar, el acrílico sobre fibra de carbono, el blanco acrílico sobre carbono en laminado grueso,

El blanco óleo en epoxy sin polimerizar y acrílico también en epoxy sin polimerizar son las muestras para las que se han obtenido valores inferiores de blancura.

Así, puede decirse que la blancura superior la tienen las muestras de los óleos blancos sobre cualquiera de los soportes, exceptuando aquellas realizadas sobre soportes cuya preparación no había sido la adecuada (soportes sin polimerizar).

Los datos inferiores de blancura se han obtenido para los acrílicos sobre cualquiera de los soportes ensayados y los óleos antes mencionados que se realizaron intencionadamente sobre soportes con la resina sin polimerizar para comprobar su comportamiento.

Comparando los resultados obtenidos en las muestras de color acrílico en estas pruebas con los de las segundas pruebas, éste se ha comportado de forma diferente sobre los diferentes soportes. Se han obtenido para él valores de blancura superiores sobre el soporte de poliéster mientras que sobre el soporte de resina epoxy su blancura ha descendido.

En los cálculos del tono se han obtenido en todos los casos valores que indican una tendencia hacia el rojo.

**III.4.3.- ENSAYO ACELERADO DE ENVEJECIMIENTO.
DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS DE COLOR SEGÚN
EL SISTEMA CIELAB.**

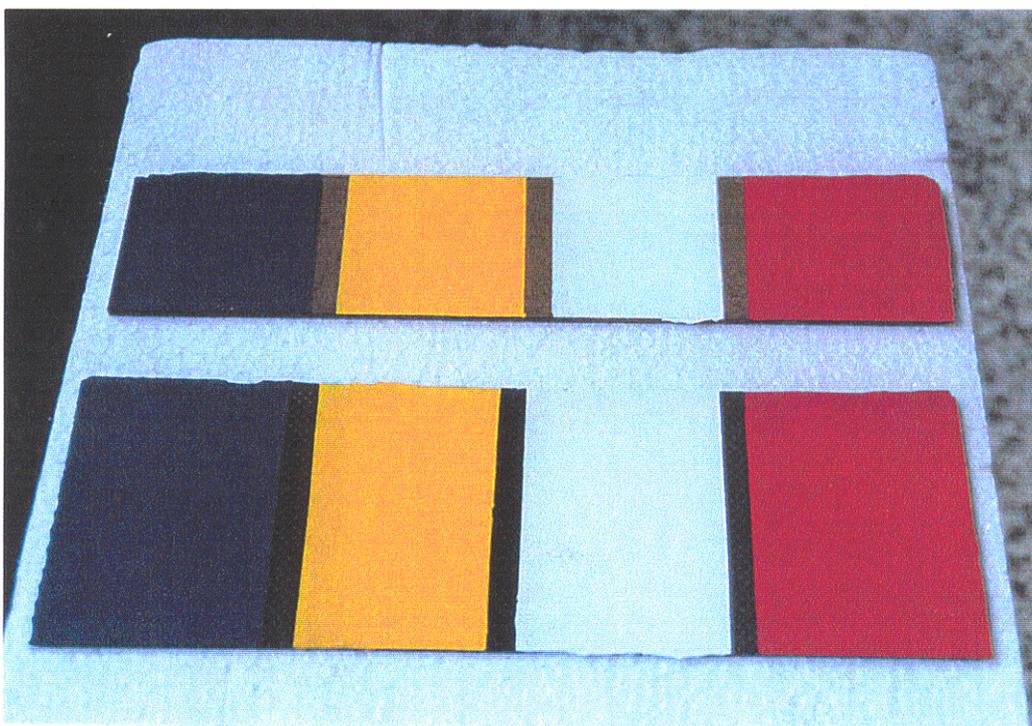
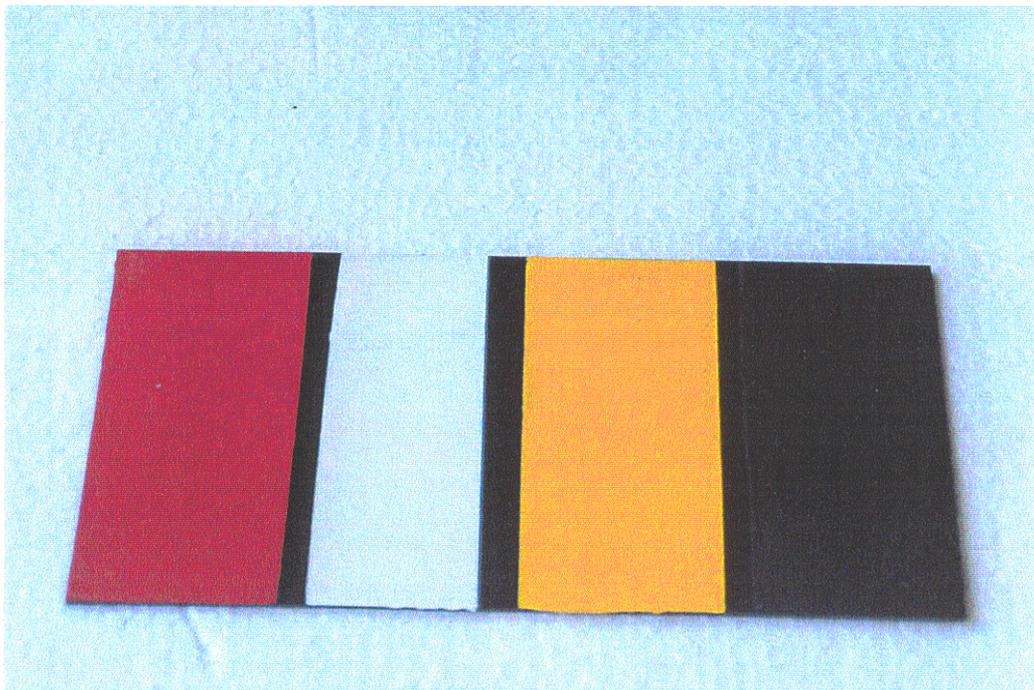


Figura III.11 Muestras utilizadas para el ensayo de diferencias de color, antes del mismo.

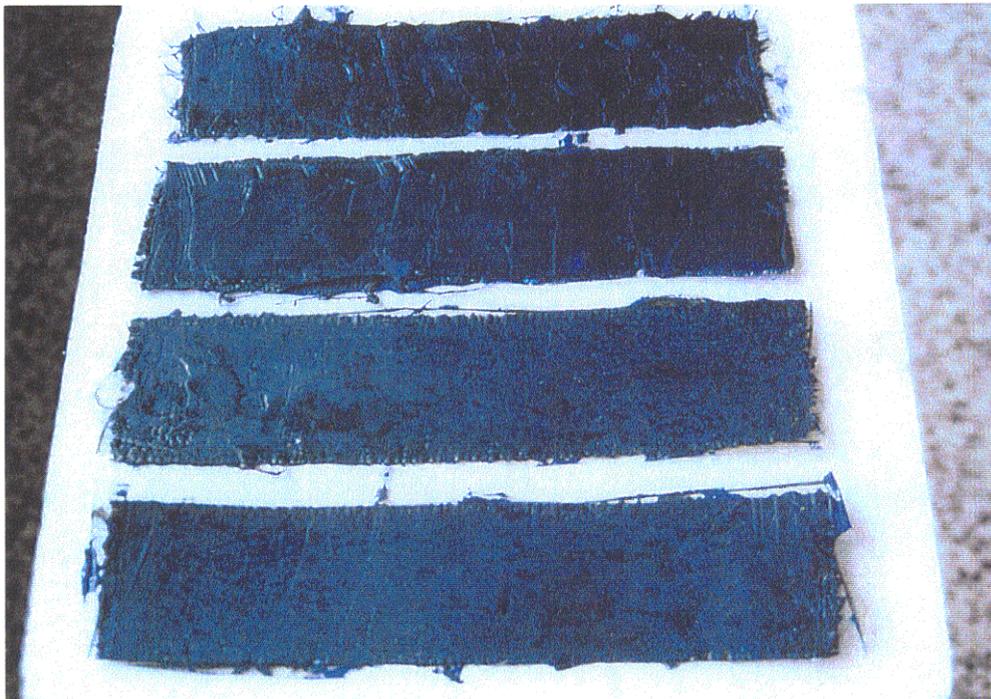
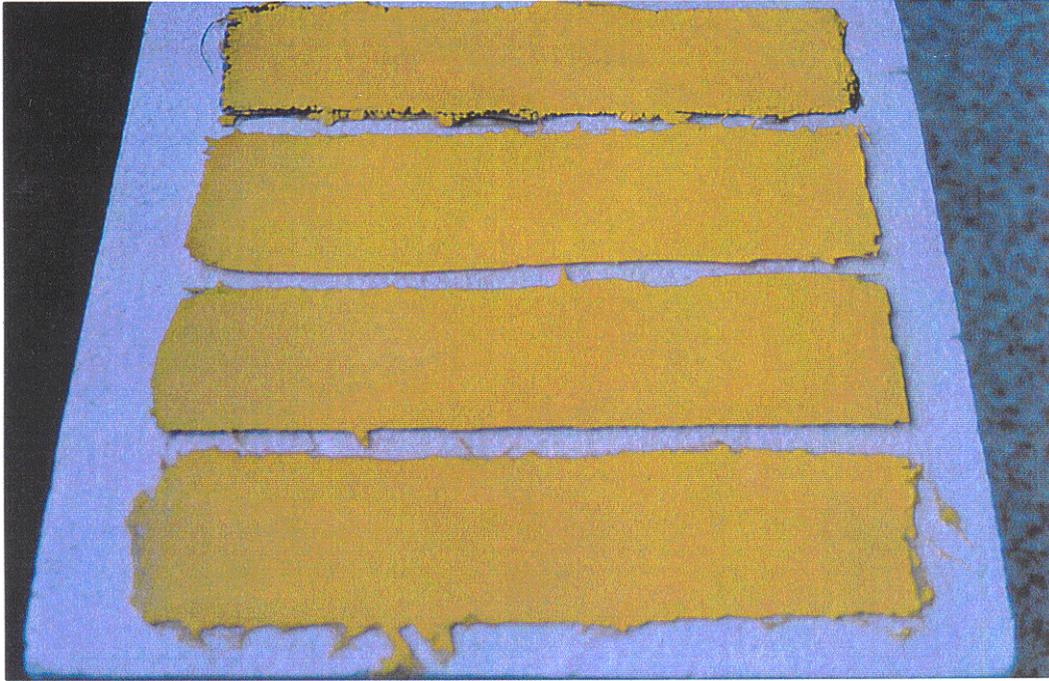


Figura III.12 Muestras utilizadas para el ensayo de diferencias de color, antes del mismo.

DETERMINACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DE COLOR

DATOS MEDIOS (PRINCIPIO)

Oleo rojo sobre fibra de carbono. 492 h.

L* =	48,0	a* =	58,2	b* =	33,8
C* =	67,3	Y =	16,8	Z =	6,0
X =	28,3				

Fibra de vidrio con oleo rojo. 492h

L* =	48,6	a* =	57,1	b* =	33,9
C* =	66,4	Y =	17,3	Z =	6,3
X =	28,7				

Oleo azul ultramar sobre fibra de vidrio. 492 h.

L* =	27,1	a* =	-0,8	b* =	-5,2
C* =	5,3	Y =	5,1	Z =	6,8
X =	4,8				

Fibra de vidrio con oleo azul ultramar. 492 h.

L* =	26,8	a* =	-0,4	b* =	-5,5
C* =	5,5	Y =	5,0	Z =	6,7
X =	4,7				

Oleo azul sobre fibra de carbono 492 h.

L* =	27,3	a* =	-0,7	b* =	-5,1
C* =	5,1	Y =	5,2	Z =	6,8
X =	4,9				

Oleo rojo encima de fibra de vidrio. 492 h.

L* =	48,2	a* =	57,9	b* =	33,1
C* =	66,7	Y =	16,9	Z =	6,2
X =	28,4				

DATOS MEDIOS (FINAL)

Oleo rojo sobre fibra de carbono. 492 h.

L* =	47,9	a* =	56,2	b* =	31,8
C* =	64,6	Y =	16,7	Z =	6,5
X =	27,7				

Fibra de vidrio con oleo rojo. 492h.

L* =	49,2	a* =	57,4	b* =	34,0
C* =	66,7	Y =	17,7	Z =	6,5
X =	29,4				

Oleo azul ultramar sobre fibra de vidrio. 492 h.

L* =	27,8	a* =	-1,4	b* =	-3,5
C* =	3,8	Y =	5,4	Z =	6,7
X =	5,0				

Fibra de vidrio con oleo azul ultramar. 492 h.

L* =	25,9	a* =	0,1	b* =	-14,4
C* =	14,4	Y =	4,7	Z =	8,8
X =	4,5				

Oleo azul sobre fibra de carbono 492 h.

L* =	28,2	a* =	-1,5	b* =	-3,3
C* =	3,6	Y =	5,5	Z =	6,8
X =	5,1				

Oleo rojo encima de fibra de vidrio. 492 h.

L* =	48,1	a* =	56,4	b* =	31,8
C* =	64,8	Y =	16,9	Z =	6,5
X =	27,9				

CALCULO DE VARIACIONES

Oleo rojo sobre fibra de carbono. 492 h.

DE =	2,9	Da =	-2,1	Db =	-2,0
DL =	-0,0	DS =	-2,8	DT =	0,7
DC =	2,9				

Fibra de vidrio con oleo rojo. 492h.

DE =	0,7	Da =	0,3	Db =	0,0
DL =	0,6	DS =	0,3	DT =	0,1
DC =	0,3				

Oleo azul ultramar sobre fibra de vidrio. 492 h.

DE =	2,0	Da =	-0,6	Db =	1,7
DL =	0,8	DS =	-1,5	DT =	1,0
DC =	1,8				

Fibra de vidrio con oleo azul ultramar. 492 h.

DE =	9,0	Da =	0,5	Db =	-8,9
DL =	-0,9	DS =	8,9	DT =	0,7
DC =	8,9				

Oleo azul sobre fibra de carbono 492 h.

DE =	2,1	Da =	-0,8	Db =	1,8
DL =	0,8	DS =	-1,5	DT =	1,2
DC =	1,9				

Oleo rojo encima de fibra de vidrio. 492 h.

DE =	2,0	Da =	-1,4	Db =	-1,3
DL =	-0,1	DS =	-1,9	DT =	0,5
DC =	2,0				

Oleo rojo sobre fibra de carbono. 492 h.

L* = 48,7 a* = 58,1 b* = 34,5
C* = 67,6
X = 29,1 Y = 17,4 Z = 6,2

Oleo rojo sobre fibra de carbono. 492 h.

L* = 47,4 a* = 56,5 b* = 32,2
C* = 65,0
X = 27,2 Y = 16,3 Z = 6,1

Oleo rojo sobre fibra de carbono. 492 h.

DE = 3,1 Da = -1,6 Db = -2,3
DL = -1,3
DC = 2,8 DS = -2,6 DT = 1,1

Oleo amarillo sobre fibra de carbono. 492 h.

L* = 80,0 a* = 13,4 b* = 84,6
C* = 85,7
X = 59,2 Y = 56,7 Z = 7,1

Oleo amarillo sobre fibra de carbono. 492 h.

L* = 81,5 a* = 11,5 b* = 87,6
C* = 88,3
X = 61,0 Y = 59,4 Z = 7,0

Oleo amarillo sobre fibra de carbono. 492 h.

DE = 3,9 Da = -1,9 Db = 3,0
DL = 1,5
DC = 3,6 DS = 2,7 DT = 2,3

Oleo azul sobre fibra de carbono. 492 h.

L* = 27,6 a* = -0,9 b* = -1,4
C* = 4,9
X = 5,0 Y = 5,3 Z = 6,9

Oleo azul sobre fibra de carbono. 492 h.

L* = 28,5 a* = -0,8 b* = -8,2
C* = 8,3
X = 5,3 Y = 5,6 Z = 8,3

Oleo azul sobre fibra de carbono. 492 h.

DE = 6,8 Da = 0,1 Db = -6,8
DL = 0,8
DC = 6,8 DS = 6,5 DT = 1,7

Oleo amarillo. Sin polimerizar.
Sobre fibra de vidrio. Después de 492h.

L* = 83,1 a* = 12,1 b* = 88,3
C* = 89,1
X = 64,3 Y = 62,3 Z = 7,6

Oleo amarillo. Sin polimerizar.
Sobre fibra de vidrio. Después de 492h.

L* = 81,5 a* = 11,0 b* = 86,8
C* = 87,5
X = 60,8 Y = 59,4 Z = 7,2

Oleo amarillo. Sin polimerizar.
Sobre fibra de vidrio. Después de 492h.

DE = 2,4 Da = -1,2 Db = -1,5
DL = -1,5
DC = 1,9 DS = -1,6 DT = 1,0

Oleo amarillo
Después de 492h. Fibra de carbono y epoxy

L* = 79,9 a* = 13,6 b* = 84,9
C* = 85,9
X = 59,1 Y = 56,6 Z = 7,0

Oleo amarillo
Después de 492h. Fibra de carbono y epoxy

L* = 82,4 a* = 11,2 b* = 88,9
C* = 89,6
X = 62,6 Y = 61,1 Z = 7,1

Oleo amarillo
Después de 492h. Fibra de carbono y epoxy

DE = 5,3 Da = -2,4 Db = 4,0
DL = 2,5
DC = 4,6 DS = 3,6 DT = 2,9

Oleo amarillo después de 492h.
Sobre fibra de vidrio

L* = 81,2 a* = 13,7 b* = 86,0
C* = 87,0
X = 61,4 Y = 58,8 Z = 7,3

Oleo amarillo después de 492h.
Sobre fibra de vidrio

L* = 82,8 a* = 11,2 b* = 88,9
C* = 89,6
X = 63,4 Y = 61,8 Z = 7,3

Oleo amarillo después de 492h.
Sobre fibra de vidrio

DE = 4,2 Da = -2,4 Db = 2,9
DL = 1,7
DC = 3,8 DS = 2,6 DT = 2,8

Resina 3501-65 después de 492 h. Oleo azul ultramar.

L* = 26,8 a* = -0,4 b* = -5,7
C* = 5,7
X = 4,7 Y = 5,0 Z = 6,8

Resina 3501-65 después de 492 h. Oleo azul ultramar.

L* = 25,5 a* = 0,0 b* = -7,1
C* = 7,1
X = 4,3 Y = 4,6 Z = 6,5

Resina 3501-65 después de 492 h. Oleo azul ultramar.

DE = 2,0 Da = 0,4 Db = -1,4
DL = -1,3
DC = 1,5 DS = 1,4 DT = 0,4

Oleo amarillo después de 492 h.
Muestra resina 3501-65 sobre fibra de carbono

L* = 80,0 a* = 13,1 b* = 84,5
C* = 85,5 Y = 56,7 Z = 7,1
X = 59,0

Oleo amarillo después de 492 h.
Muestra resina 3501-65 sobre fibra de carbono

L* = 82,7 a* = 10,6 b* = 88,0
C* = 88,6 Y = 61,5 Z = 7,4
X = 62,8

Oleo amarillo después de 492 h.
Muestra resina 3501-65 sobre fibra de carbono

DE = 5,0 Da = -2,4 Db = 3,5
DL = 2,7 DS = 3,1 DT = 2,9
DC = 4,2

Oleo rojo después de 492 h. Sobre carbono.
Muestra que pone resina 3501-65

L* = 48,6 a* = 57,3 b* = 34,8
C* = 67,0 Y = 17,2 Z = 6,0
X = 28,7

Oleo rojo después de 492 h. Sobre carbono.
Muestra que pone resina 3501-65

L* = 49,0 a* = 58,7 b* = 35,0
C* = 68,4 Y = 17,6 Z = 6,1
X = 29,5

Oleo rojo después de 492 h. Sobre carbono.
Muestra que pone resina 3501-65

DE = 1,5 Da = 1,4 Db = 0,2
DL = 0,4 DS = 1,3 DT = 0,6
DC = 1,4

Oleo blanco después de 492 h. de fibra de carbono.
Resina 3501-65

L* = 96,9 a* = -1,5 b* = 8,6
C* = 8,7 Y = 92,3 Z = 86,5
X = 86,7

Oleo blanco después de 492 h. de fibra de carbono.
Resina 3501-65

L* = 97,5 a* = -0,9 b* = 2,9
C* = 3,0 Y = 93,8 Z = 96,1
X = 88,3

Oleo blanco después de 492 h. de fibra de carbono.
Resina 3501-65

DE = 5,8 Da = 0,6 Db = -5,7
DL = 0,6 DS = -5,7 DT = 0,6
DC = 5,8

94006/3062. Óleo azul ultramar sobre fibra de carbono.
Después de 492 h.

L* = 25,9 a* = -0,1 b* = -5,8
C* = 5,8 Y = 4,7 Z = 6,4
X = 4,5

94006/3062. Óleo azul ultramar sobre fibra de carbono.
Después de 492 h.

L* = 22,3 a* = 2,1 b* = -13,2
C* = 13,4 Y = 3,6 Z = 6,7
X = 3,5

94006/3062. Óleo azul ultramar sobre fibra de carbono.
Después de 492 h.

DE = 8,5 Da = 2,2 Db = -7,4
DL = -3,6 DS = 7,8 DT = 1,5
DC = 7,7

Oleo amarillo sobre fibra de carbono después de 492 h.
94006/3062

L* = 80,4 a* = 13,7 b* = 85,4
C* = 86,5 Y = 57,4 Z = 7,1
X = 60,0

Oleo amarillo sobre fibra de carbono después de 492 h.
94006/3062

L* = 83,2 a* = 10,9 b* = 89,9
C* = 90,5 Y = 62,5 Z = 7,2
X = 63,9

Oleo amarillo sobre fibra de carbono después de 492 h.
94006/3062

DE = 6,0 Da = -2,8 Db = 4,5
DL = 2,8 DS = 4,1 DT = 3,4
DC = 5,3

Oleo blanco después de 492 h. de fibra de carbono.
94006/3062

L* = 97,1 a* = -1,5 b* = 9,6
C* = 9,7 Y = 92,8 Z = 85,6
X = 87,1

Oleo blanco después de 492 h. de fibra de carbono.
94006/3062

L* = 97,6 a* = -0,9 b* = 2,9
C* = 3,0 Y = 94,1 Z = 96,6
X = 88,7

Oleo blanco después de 492 h. de fibra de carbono.
94006/3062

DE = 6,7 Da = 0,6 Db = -6,7
DL = 0,5 DS = -6,7 DT = 0,7
DC = 6,7

Oleo rojo después de 492 h. sobre fibra de carbono.
Muestra 94006/3062

L* = 48,6 a* = 57,8 b* = 34,9
C* = 67,6 Y = 17,2 Z = 6,0
X = 28,8

Oleo rojo después de 492 h. sobre fibra de carbono.
Muestra 94006/3062

L* = 49,3 a* = 59,6 b* = 36,0
C* = 69,6 Y = 17,8 Z = 6,0
X = 30,1

Oleo rojo después de 492 h. sobre fibra de carbono.
Muestra 94006/3062

DE = 2,2 Da = 1,8 Db = 1,0
DL = 0,7 DS = 2,1 DT = 0,0
DC = 2,1

Oleo azul ultramar después de 492 h. sobre fenólica.

L* =	26,3	a* =	0,1	b* =	-6,4
C* =	6,4	Y =	4,8	Z =	6,7
X =	4,6				

Oleo azul ultramar después de 492 h. sobre fenólica.

L* =	22,2	a* =	1,9	b* =	-10,9
C* =	11,1	Y =	3,6	Z =	6,2
X =	3,5				

Oleo azul ultramar después de 492 h. sobre fenólica.

DE =	6,4	Da =	1,9	Db =	-4,5
DL =	-4,1	DS =	4,7	DT =	1,4
DC =	4,9				

Oleo amarillo después de 492 horas sobre fenólica.

L* =	80,5	a* =	12,5	b* =	85,1
C* =	86,1	Y =	57,5	Z =	7,2
X =	59,6				

Oleo amarillo después de 492 horas sobre fenólica.

L* =	82,6	a* =	10,8	b* =	89,1
C* =	89,7	Y =	61,5	Z =	7,1
X =	62,8				

Oleo amarillo después de 492 horas sobre fenólica.

DE =	4,8	Da =	-1,7	Db =	3,9
DL =	2,1	DS =	3,7	DT =	2,2
DC =	4,3				

Después de 492 horas. Rojo óleo sobre fenólica

L* =	48,5	a* =	58,4	b* =	35,3
C* =	68,2	Y =	17,2	Z =	5,9
X =	28,9				

Después de 492 horas. Rojo óleo sobre fenólica

L* =	49,2	a* =	59,3	b* =	35,3
C* =	69,0	Y =	17,8	Z =	6,2
X =	29,9				

Después de 492 horas. Rojo óleo sobre fenólica

DE =	1,1	Da =	0,9	Db =	-0,0
DL =	0,7	DS =	0,7	DT =	0,5
DC =	0,9				

Después de 492 horas. Oleo blanco sobre fenólica.

L* =	97,0	a* =	-1,5	b* =	8,5
C* =	8,6	Y =	92,5	Z =	86,9
X =	86,9				

Después de 492 horas. Oleo blanco sobre fenólica.

L* =	97,4	a* =	-1,0	b* =	2,8
C* =	2,9	Y =	93,4	Z =	96,0
X =	88,1				

Después de 492 horas. Oleo blanco sobre fenólica.

DE =	5,7	Da =	0,5	Db =	-5,7
DL =	0,4	DS =	-5,7	DT =	0,8
DC =	5,7				

BLANCOS

DATOS MEDIOS (PRINCIPIO)

Acrílico blanco después de 492h. sobre fibra de carbono. Encima de cristal.

L* = 88,2 a* = -2,8 b* = 9,2
 C* = 9,6
 X = 67,5 Y = 72,5 Z = 66,5

Blanco oleo sobre fibra de carbono.
 Después de 492 h. Sobre cristal

L* = 88,6 a* = -1,9 b* = 7,8
 C* = 8,1
 X = 68,7 Y = 73,4 Z = 68,9

Blanco muestra óleo B epoxy sin polimerizar.
 En fibra de vidrio. Marco de cristal

L* = 87,4 a* = -1,9 b* = 10,0
 C* = 10,2
 X = 66,2 Y = 70,8 Z = 63,9

Después de 492h
 Acrílico blanco sobre fibra de carbono - Sobre cristal

L* = 86,2 a* = -2,5 b* = 9,3
 C* = 9,6
 X = 63,7 Y = 68,4 Z = 62,4

Oleo blanco sobre fibra de carbono
 Después de 492h. Sobre cristal

L* = 90,5 a* = -1,9 b* = 5,1
 C* = 5,5
 X = 72,5 Y = 77,4 Z = 76,4

Oleo blanco sobre carbono. Después de 492 h.
 Resina 8552 2150 92108

L* = 97,3 a* = -1,5 b* = 8,4
 C* = 8,5
 X = 87,6 Y = 93,2 Z = 87,7

DATOS MEDIOS (FINAL)

Acrílico blanco después de 492h. sobre fibra de carbono. Encima de cristal.

L* = 86,5 a* = -1,9 b* = 9,9
 C* = 10,1
 X = 64,6 Y = 69,0 Z = 62,3

Blanco oleo sobre fibra de carbono.
 Después de 492 h. Sobre cristal

L* = 87,8 a* = -1,5 b* = 7,4
 C* = 7,6
 X = 67,2 Y = 71,6 Z = 67,7

Blanco muestra óleo B epoxy sin polimerizar.
 En fibra de vidrio. Marco de cristal

L* = 86,5 a* = -1,2 b* = 10,9
 C* = 11,0
 X = 64,8 Y = 68,9 Z = 61,1

Después de 492h
 Acrílico blanco sobre fibra de carbono - Sobre cristal

L* = 87,0 a* = -1,9 b* = 9,5
 C* = 9,7
 X = 65,5 Y = 70,0 Z = 63,7

Oleo blanco sobre fibra de carbono
 Después de 492h. Sobre cristal

L* = 90,8 a* = -2,0 b* = 5,4
 C* = 5,7
 X = 73,0 Y = 78,0 Z = 76,6

Oleo blanco sobre carbono. Después de 492 h.
 Resina 8552 2150 92108

L* = 97,6 a* = -0,8 b* = 3,1
 C* = 3,1
 X = 88,7 Y = 94,0 Z = 96,2

CALCULO DE VARIACIONES

Acrílico blanco después de 492h. sobre fibra de carbono. Encima de cri

DE = 2,1 Da = 0,9 Db = 0,8
 DL = -1,7
 DC = 1,2 DS = 0,5 DT = 1,0

Blanco oleo sobre fibra de carbono.
 Después de 492 h. Sobre cristal

DE = 1,0 Da = 0,4 Db = -0,4
 DL = -0,8
 DC = 0,6 DS = -0,5 DT = 0,3

Blanco muestra óleo B epoxy sin polimerizar.
 En fibra de vidrio. Marco de cristal

DE = 1,5 Da = 0,8 Db = 0,9
 DL = -0,9
 DC = 1,2 DS = 0,7 DT = 0,9

Después de 492h
 Acrílico blanco sobre fibra de carbono - Sobre cristal

DE = 1,0 Da = 0,6 Db = 0,2
 DL = 0,8
 DC = 0,6 DS = 0,1 DT = 0,6

Oleo blanco sobre fibra de carbono
 Después de 492h. Sobre cristal

DE = 0,4 Da = -0,0 Db = 0,3
 DL = 0,3
 DC = 0,3 DS = 0,3 DT = 0,1

Oleo blanco sobre carbono. Después de 492 h.
 Resina 8552 2150 92108

DE = 5,4 Da = 0,7 Db = -5,3
 DL = 0,3
 DC = 5,4 DS = -5,4 DT = 0,4

**Acrílico blanco. Después de 492 h.
Resina 8552/2150/92108**

L* = 94,1 a* = -2,9 b* = 14,2
C* = 14,5
X = 79,5 Y = 85,4 Z = 72,6

**Muestra acrílico epoxy sin polimerizar blanco
Después de 492h.**

L* = 94,8 a* = -1,7 b* = 9,9
C* = 10,0
X = 81,8 Y = 87,2 Z = 79,9

Después de 492h. Acrílico blanco sobre fibra de vidrio

L* = 94,7 a* = -1,8 b* = 8,8
C* = 8,8
X = 81,5 Y = 88,9 Z = 81,2

parte más amarilla

L* = 92,6 a* = -1,9 b* = 22,4
C* = 22,5
X = 76,9 Y = 82,1 Z = 60,1

**Oleo blanco después de 492h.
B sobre fibra de vidrio**

L* = 97,1 a* = -1,0 b* = 4,1
C* = 4,2
X = 87,3 Y = 92,7 Z = 93,3

**Acrílico blanco. Después de 492 h.
Resina 8552/2150/92108**

L* = 93,6 a* = -1,8 b* = 8,1
C* = 8,4
X = 79,1 Y = 84,4 Z = 79,4

**Muestra acrílico epoxy sin polimerizar blanco
Después de 492h.**

L* = 92,0 a* = -1,5 b* = 16,4
C* = 16,5
X = 75,8 Y = 80,7 Z = 65,7

Después de 492h. Acrílico blanco sobre fibra de vidrio

L* = 94,9 a* = -1,1 b* = 4,5
C* = 4,6
X = 82,4 Y = 87,4 Z = 87,4

parte más amarilla

L* = 94,9 a* = -1,1 b* = 4,5
C* = 4,6
X = 82,4 Y = 87,4 Z = 87,4

**Oleo blanco después de 492h.
B sobre fibra de vidrio**

L* = 96,3 a* = -0,6 b* = 4,2
C* = 4,2
X = 85,7 Y = 90,8 Z = 91,3

**Acrílico blanco. Después de 492 h.
Resina 8552/2150/92108**

DE = 6,2 Da = 1,0 Db = -6,1
DL = -0,5
DC = 6,2 DS = -6,1 DT = 0,3

**Muestra acrílico epoxy sin polimerizar blanco
Después de 492h.**

DE = 7,2 Da = 0,2 Db = 6,6
DL = -2,9
DC = 6,6 DS = 6,5 DT = 1,0

Después de 492h. Acrílico blanco sobre fibra de vidrio

DE = 4,2 Da = 0,7 Db = -4,2
DL = 0,3
DC = 4,2 DS = -4,2 DT = 0,2

parte más amarilla

Comprobar estos datos en las conclusiones

DE = 18,1 Da = 0,6 Db = -18,0
DL = 2,3
DC = 18,0 DS = -17,9 DT = 1,5

**Oleo blanco después de 492h.
B sobre fibra de vidrio**

DE = 0,9 Da = 0,4 Db = 0,1
DL = -0,8
DC = 0,4 DS = -0,0 DT = 0,4

III.4.3.1.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE DIFERENCIAS DE COLOR DE LAS TERCERAS PRUEBAS REALIZADAS.

A continuación se hace un breve comentario sobre los resultados obtenidos en cada una de las muestras y su comportamiento durante el ensayo:

ÓLEO ROJO SOBRE FIBRA DE CARBONO.

Visualmente no se aprecia ningún cambio en el color. Los valores obtenidos indican una ligera variación de éste y una tendencia hacia el verde y el azul. También ha sido ligera la desviación en el caso de la cromaticidad y la saturación.

FIBRA DE VIDRIO CON ÓLEO ROJO.

Sin cambio apreciable. Los resultados muestran cambios insignificantes.

ÓLEO AZUL ULTRAMAR SOBRE FIBRA DE VIDRIO. SIN POLIMERIZAR.

(No se ha secado) En esta muestra todas las variaciones han sido ligeras, con una pequeña tendencia hacia el amarillo.

FIBRA DE VIDRIO CON ÓLEO AZUL ULTRAMAR.

(Detrás aparece más oscuro en unos sitios y blanquecino en otros, viéndose claramente en la muestra) Es el que ha tenido una mayor diferencia de color. También ha sido uno de los que más ha variado su cromaticidad y el que más ha variado en saturación. La variación de tono es despreciable. Su desviación ha sido acentuada disminuyendo su proporción de amarillo.

ÓLEO AZUL SOBRE FIBRA DE CARBONO. MUESTRA QUE PONE QUITADO APRESTO CON ACETONA.

No se aprecian cambios en el color y los resultados obtenidos indican una ligera variación en todas sus cualidades. Ha sufrido una pequeña variación hacia el verde y el amarillo.

ÓLEO ROJO ENCIMA DE FIBRA DE VIDRIO. MUESTRA QUE PONE EPOXY SIN POLIMERIZAR.

Sin cambio apreciable. La variación de color ha sido ligera, con pequeñas diferencias en la cromaticidad y la saturación. No ha habido cambio en el tono. Los resultados indican una ligera desviación hacia el verde y el azul.

ÓLEO ROJO SOBRE FIBRA DE CARBONO. MUESTRA QUE PONE QUITADO APRESTO CON ACETONA.

Ha sufrido una ligera modificación de color, reflejada sobre todo en los cambios en la saturación y la cromaticidad. La desviación del color ha sido ligera hacia el verde y algo mayor hacia el azul.

ÓLEO AMARILLO SOBRE FIBRA DE CARBONO. MUESTRA QUE PONE QUITADO APRESTO CON ACETONA.

Se percibe un cambio de color. Las variaciones que indican los resultados pueden considerarse ya apreciables. El cambio más importante ha sido en la cromaticidad y su tendencia ha sido ligera hacia el verde y algo más acusada en la disminución del azul.

ÓLEO AZUL SOBRE FIBRA DE CARBONO. MUESTRA QUE PONE AZUL ULTRAMAR
CON FIBRA DE CARBONO.

(Se observa decolorado en algunas partes y en otras no. Se ve un color más claro) Ha sufrido un importante cambio de color, reflejado sobre todo en los cambios de la cromaticidad y la saturación. La variación del tono ha sido ligera. Su proporción de amarillo ha disminuido en gran medida.

AMARILLO ÓLEO. MUESTRA QUE PONE SIN POLIMERIZAR.

Los valores de las variaciones son pequeños, siendo los mayores los correspondientes a la cromaticidad y la saturación. La desviación le ha llevado ligeramente hacia el verde y el azul.

ÓLEO AMARILLO EN FIBRA DE CARBONO.

(Le ha salido ojillo. Se ve cambio ligero de color) El cambio en el color ha sido considerable, sobre todo en la cromaticidad y la saturación. Su variación de tono es ligera. Su proporción de azul ha disminuido de forma considerable y también se ha desviado hacia el verde.

MUESTRA A. ÓLEO AMARILLO. EN FIBRA DE VIDRIO.

(Se percibe un cambio de color) El valor de la diferencia de color es apreciable, así como el de la cromaticidad. Saturación y tono también han tenido una ligera variación. Ha variado ligeramente hacia el verde, con una disminución de su contenido de azul.

AZUL ÓLEO ULTRAMAR EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE TODOS ESTÁN EN LA MISMA PRUEBA 3833 sf298. RESINA 3501-65²⁹. (Se nota en la muestra algo de gradiente, pero menor que en la resina fenólica y en la otra de fibra de carbono de Hércules. Se ve un cambio ligero) Ha tenido ligeras variaciones de color. Cromaticidad y saturación son las más acentuadas. Presenta desviaciones en pequeña medida hacia el rojo y en la disminución del amarillo.

AMARILLO ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE. TODOS ESTÁN EN LA MISMA PRUEBA 3833 sf298. RESINA 3501-65. (Se ve cambio ligero de color) El valor de la variación del color es considerable, siendo más acentuado en la cromaticidad. La saturación y el tono tienen variaciones ligeras. Ha perdido parte de su contenido en azul y se ha desviado hacia el verde.

ROJO ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE. TODOS ESTÁN EN LA MISMA PRUEBA 3833 sf298. RESINA 3501-65. Variación ligera de color, con valores pequeños en los incrementos de saturación y cromaticidad. El cambio de tono ha sido menor. Ha variado hacia el amarillo y ha perdido algo de verde.

²⁹ Según las informaciones recibidas de la empresa suministradora del material, la resina 3501-65 es una resina epoxy para alta temperatura, sin modificar.

BLANCO ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE. TODOS ESTÁN EN LA MISMA PRUEBA 3833 sf298. RESINA 3501-65.

(Se ve un cambio ligero de color) Su cambio de color ha sido considerable. La cromaticidad y la saturación han sufrido alteraciones apreciables. El cambio en el tono ha sido menor. Ha experimentado sobre todo una fuerte variación hacia el azul.

MUESTRA RESINA 8552 9400673062. AZUL ULTRAMAR ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE³⁰.

(Hay, igual que en la fenólica, un cambio de color, un gradiente de más claro a más oscuro. Se ve un cambio apreciable en la muestra y esa gradación de color) Es uno de los que ha sufrido una mayor variación en el color. Los cambios en la cromaticidad y la saturación han sido fuertes. Sin embargo, la variación de tono ha sido mucho menor. La pérdida de amarillo ha sido muy importante.

MUESTRA RESINA 8552 9400673062. AMARILLO ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

(Se ve un cambio ligero) Las variaciones sufridas por la muestra son considerables. La cromaticidad y saturación han experimentado cambios apreciables y el tono ha tenido la mayor variación de todas las muestras. Su variación se ha traducido en una pérdida de azul y una tendencia hacia el verde.

³⁰ Los químicos especialistas de la empresa que proporcionó el material, describieron la resina 8552 como una formulación de resina epoxy modificada con resina termoplástica.

MUESTRA RESINA 8552 9400673062. BLANCO ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

(Se ve un cambio ligero) El cambio de color puede considerarse importante, siendo la cromaticidad y la saturación las propiedades que más han variado. Ha sufrido una fuerte variación hacia el azul.

MUESTRA RESINA 8552 9400673062. ROJO ÓLEO EN FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

Los valores de sus variaciones son ligeros. La cromaticidad y saturación tienen variaciones pequeñas y el tono no ha cambiado. Ha sufrido una pérdida de verde y ha variado hacia el amarillo.

AZUL ULTRAMAR EN MUESTRA FENÓLICA PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

(Se percibe un cambio de color) Los datos obtenidos para las variaciones indican un cambio bastante apreciable de color. Cromaticidad y saturación han cambiado de forma considerable y el tono lo ha hecho ligeramente. Se ha desviado bastante hacia el amarillo y algo menos hacia el rojo.

AMARILLO ÓLEO EN MUESTRA FENÓLICA PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

(Se percibe un cambio de color) Ha experimentado un cambio de color considerable. Tanto la cromaticidad como la saturación han tenido cambios acusados y el tono una variación más ligera. Ha variado hacia el verde y ha perdido proporción de azul de forma más acentuada.

ROJO ÓLEO EN MUESTRA FENÓLICA PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

Su cambio de color ha sido muy ligero, quedando sus propiedades casi sin variación. Sus desviaciones han sido mínimas.

BLANCO ÓLEO EN MUESTRA FENÓLICA PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE.

(Se ve cambio de color) Ha tenido una variación considerable del color y su cromaticidad y saturación han sufrido cambios acusados. Su desviación hacia el azul ha sido importante.

ACRÍLICO SOBRE FIBRA DE CARBONO EN LA MUESTRA QUE PONE SOLO ACRÍLICO, DE LOS DEL CRISTAL

Su ligero cambio de color ha venido determinado por una variación pequeña en la cromaticidad, mientras que la saturación y el tono no han tenido cambios considerables. Ha tenido una pequeña desviación hacia el rojo y el amarillo.

BLANCO ÓLEO SOBRE FIBRA DE CARBONO. MUESTRA QUE PONE SOLO ACRÍLICO.
EN EL CRISTAL.

Ha tenido una ligera variación de color, con muy ligeras variaciones de cromaticidad, saturación y tono. Las desviaciones han sido de pequeña cuantía hacia el rojo y el azul.

BLANCO MUESTRA ÓLEO B EPOXY SIN POLIMERIZAR. ÓLEO BLANCO. EPOXY SIN
POLIMERIZAR EN FIBRA DE VIDRIO. MARCO DE CRISTAL.

(No ha secado y ha amarilleado un poco) El ligero cambio de color que indican sus resultados viene determinado sobre todo por el cambio de la cromaticidad. Saturación y tono han permanecido casi sin variación. La desviación sufrida ha sido hacia el rojo y el amarillo.

BLANCO ACRÍLICO. DETRÁS PONE ACRÍLICO Y QUITADO APRESTO CON
ACETONA. FIBRA DE CARBONO. MARCO DE CRISTAL.

Su variación ha sido mínima en todas sus cualidades. Hay una variación casi despreciable hacia el rojo y el amarillo.

ÓLEO BLANCO MUESTRA QUE PONE QUITADO APRESTO CON ACETONA. FIBRA
DE CARBONO. MARCO DE CRISTAL.

Las variaciones han sido en todos los casos insignificantes.

ÓLEO BLANCO EN MUESTRA DE FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE RESINA 8552 2150 92108.

(Se ve un cambio ligero) El cambio de color de la muestra ha sido considerable. La cromaticidad y la saturación han variado apreciablemente y su desviación hacia el azul es muy acusada.

BLANCO ACRÍLICO EN MUESTRA DE FIBRA DE CARBONO PROPORCIONADA POR HÉRCULES AEROSPACE. RESINA 8552 2150 92108.

Ha sufrido una importante alteración de color. La cromaticidad y la saturación han tenido desviaciones muy considerables. Ha variado importantemente hacia el azul.

MUESTRA ACRÍLICO EPOXY SIN POLIMERIZAR

(Tiene partes totalmente amarillentas y ha tenido un gran cambio) Esta muestra es una de las que han experimentado una mayor variación de color. Los cambios de cromaticidad y saturación son grandes y su desviación hacia el amarillo de las más importantes entre el conjunto de muestras.

MUESTRA ACRÍLICO. ACRÍLICO BLANCO SOBRE FIBRA DE VIDRIO.

(Ha tenido un cambio apreciable, ha amarilleado) La variación de color ha sido algo más que ligera. Su cromaticidad y saturación han cambiado apreciablemente y se ha desviado de forma sensible hacia el azul.

MUESTRA ÓLEO B. ÓLEO BLANCO FIBRA DE VIDRIO.

Sus cambios han sido mínimos, así como las desviaciones sufridas por el color.

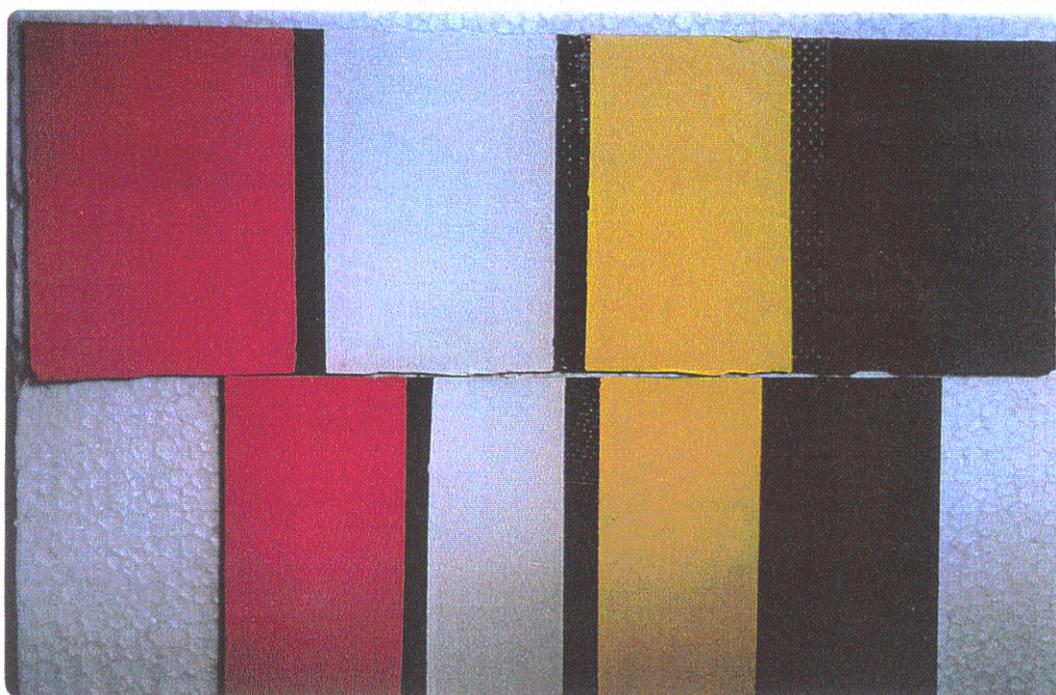


Figura III.13 Muestras sobre diferentes laminados (resina fenólica y epoxy) utilizadas para el ensayo de diferencias de color, después del proceso de envejecimiento.

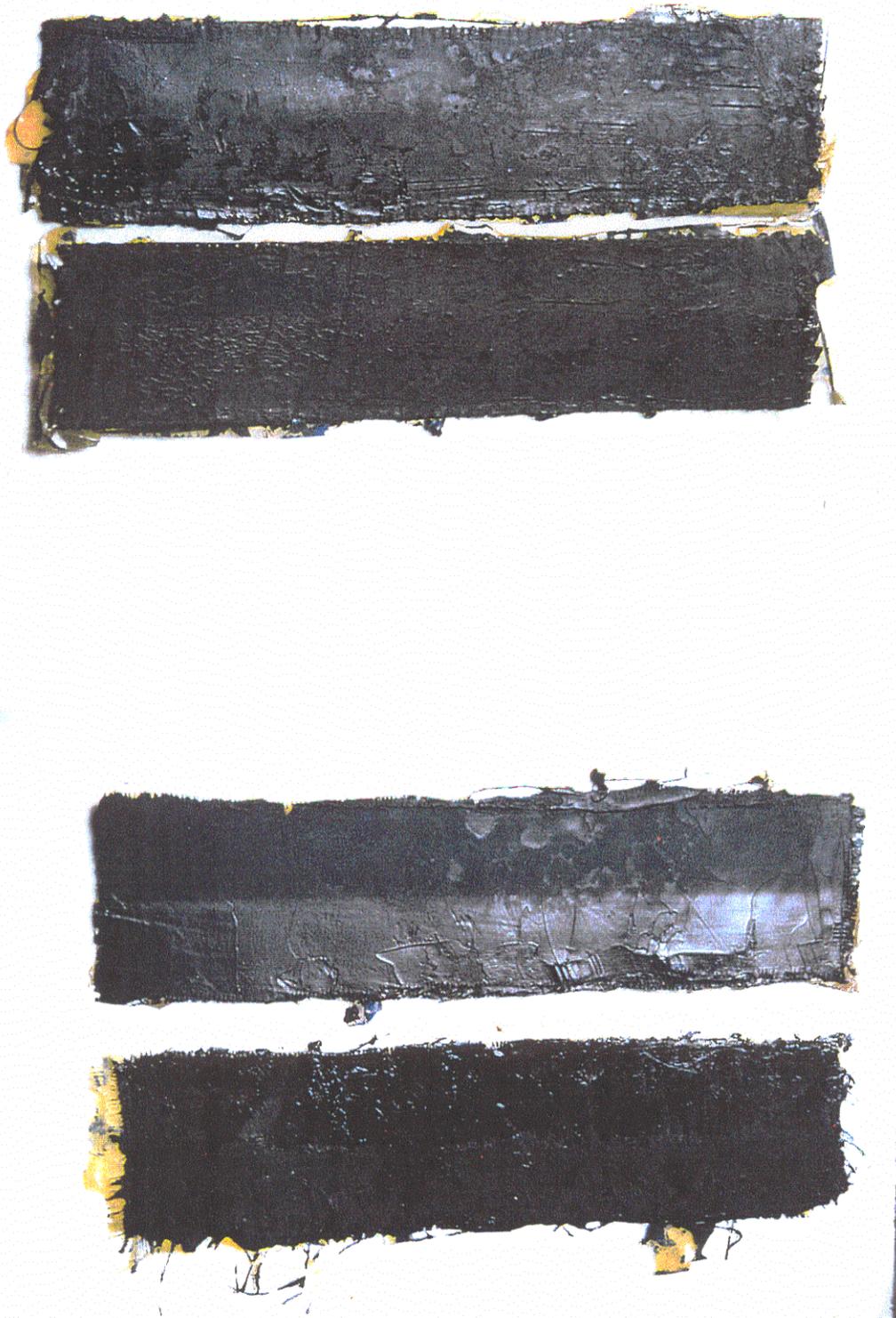


Figura III.14 Muestras de color azul utilizadas para el ensayo de diferencias de color, después del mismo. Puede apreciarse una variación en el color.

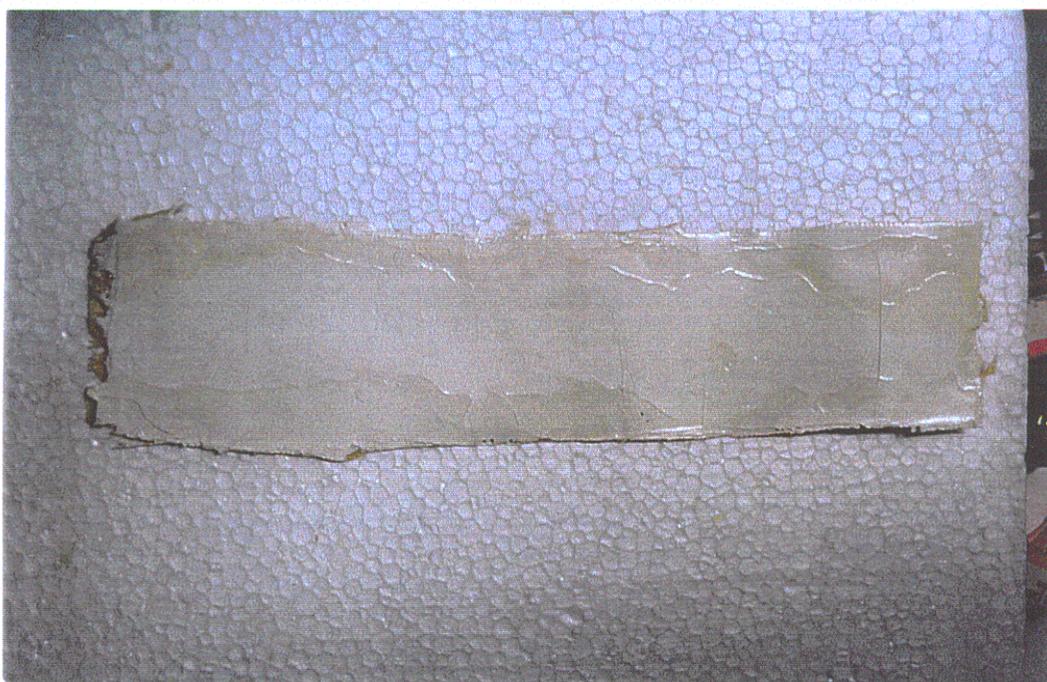


Figura III.15 Muestras de color blanco utilizadas para el ensayo de diferencias de color, después del proceso de envejecimiento.

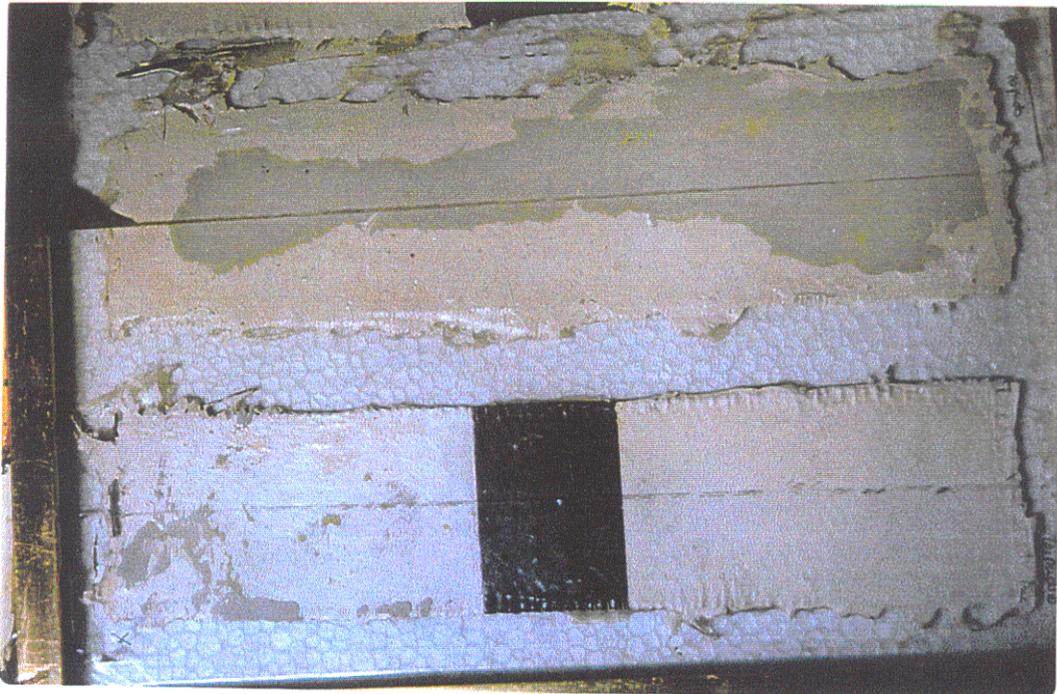
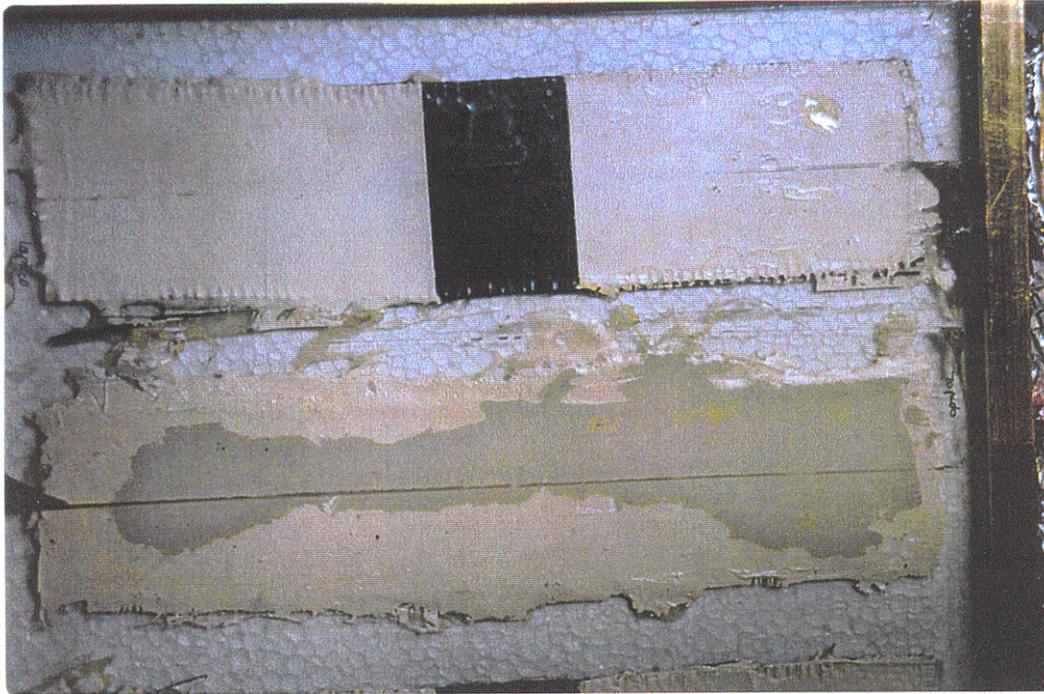


Figura III.16 Muestras de color blanco en soporte no polimerizado, después del proceso de envejecimiento. Se observa que parte de la capa de color aún no ha secado.

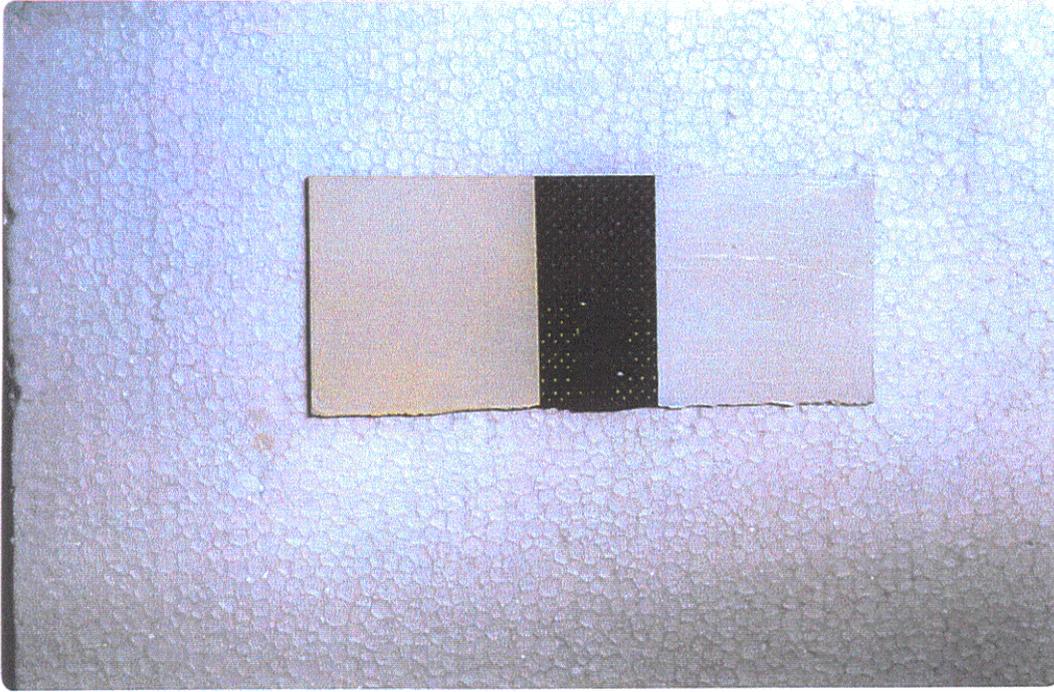


Figura III.17 Muestra de color blanco utilizadas para el ensayo de diferencias de color, después del proceso de envejecimiento.



Figura III.18 Parte de atrás de una muestra donde se ve claramente el amarilleo del soporte.

III.4.4.- RESULTADOS FINALES OBTENIDOS DE LAS TERCERAS PRUEBAS DE COLORIMETRÍA

De las muestras ensayadas en esta serie de pruebas, las que han experimentado una mayor variación han sido las del óleo azul ultramar sobre soporte de fibra de vidrio con resina epoxy, sobre fibra de carbono con resina epoxy 8552, sobre fibra de carbono y resina epoxy sin polimerizar y sobre soporte de fibra de vidrio con resina fenólica.

Con una variación importante se encuentran los acrílicos blancos sobre fibra de carbono y epoxy sin polimerizar y sobre fibra de carbono con resina epoxy 8552, además de los colores blancos sobre este mismo soporte.

El resto de las muestras de óleo azul que no se han citado anteriormente han tenido una variación visible, tanto el que se encuentra en fibra de vidrio con resina epoxy como el aplicado sobre fibra de carbono con resina epoxy sin polimerizar, fibra de carbono de la prueba 3833.

Los óleos rojos también han tenido una variación notable, tanto el que se encuentra sobre fibra de carbono, como sobre fibra de carbono sin apresto y sobre fibra de carbono con resina 8552.

Los amarillos también han sufrido variación (en especial el realizado sobre fibra de carbono con resina 8552).

El resto de los óleos blancos han sufrido una variación pero muy igualada entre ellos. El acrílico también sufrió una variación similar a los óleos.

Los que menos han variado han sido los óleos blancos en fibra de vidrio, en fibra de carbono sin apresto, en fibra de vidrio muestra B, y fibra de carbono y resina epoxy en húmedo.

Tampoco ha variado el acrílico sobre fibra de carbono ni los óleos rojos en fibra de vidrio, fenólica, fibra de carbono 3833, ni el rojo de la muestra que pone fibra de vidrio.

En las pruebas realizadas sobre el soporte sin polimerizar totalmente, se pudo observar que tanto en el óleo rojo como en el acrílico blanco aparecieron unas alteraciones en la superficie en forma de "ojillo". Además, en la muestra de acrílico blanco se podía observar claramente la presencia de resina que había aflorado a la superficie contribuyendo a la modificación del color³¹.

El óleo azul y los óleos blancos han permanecido sin secarse y en el óleo amarillo han aparecido craquelados.

³¹ La empresa que proporcionó el material apuntó como posible razón que la resina no polimerizada se difundía con el aceite de linaza, mezclándose y migrando a la superficie del soporte, no permitiendo el secado.

A la vista de los resultados obtenidos en esta serie de pruebas, puede hacerse un resumen de ellos y extraer unas conclusiones generales sobre los puntos que se pretendía estudiar.

- las pruebas realizadas sobre el soporte sin polimerizar han producido resultados de variaciones de color considerables y se han presentado alteraciones superficiales de distinta naturaleza. Este hecho permite determinar que la resina mal curada ha sido la causa que ha provocado las alteraciones y hace aconsejable prestar una especial atención al correcto curado de la resina durante el proceso de elaboración de los soportes destinados a servir de base a las técnicas pictóricas.

- En el resto de las pruebas se han producido variaciones equivalentes de los colores en cada uno de los soportes ensayados. En el caso de óleo azul y el acrílico blanco las desviaciones han sido especialmente importantes pero siempre extendiendo su incidencia a todos los tipos de soporte. Así pues, queda demostrado una vez más que el tipo de material compuesto empleado como soporte, incluido el fabricado a base de resina fenólica, no ha afectado de forma diferente a las técnicas pictóricas utilizadas, mostrándose todos en todo momento compatibles con ellas.

Sería aconsejable continuar como trabajo futuro con posteriores estudios sobre este tema.

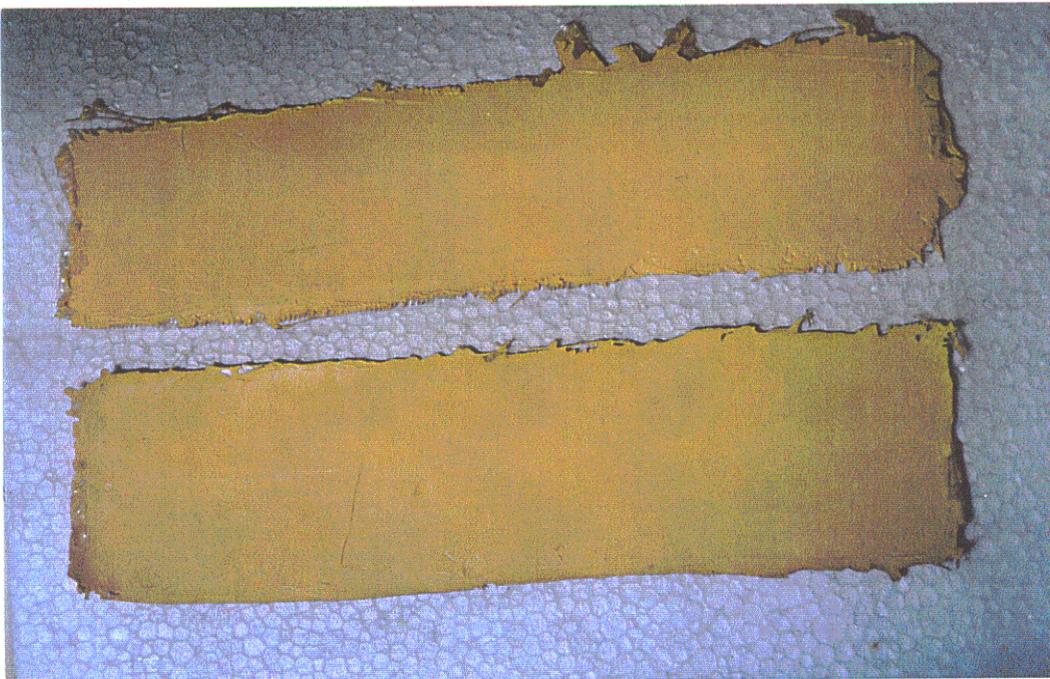
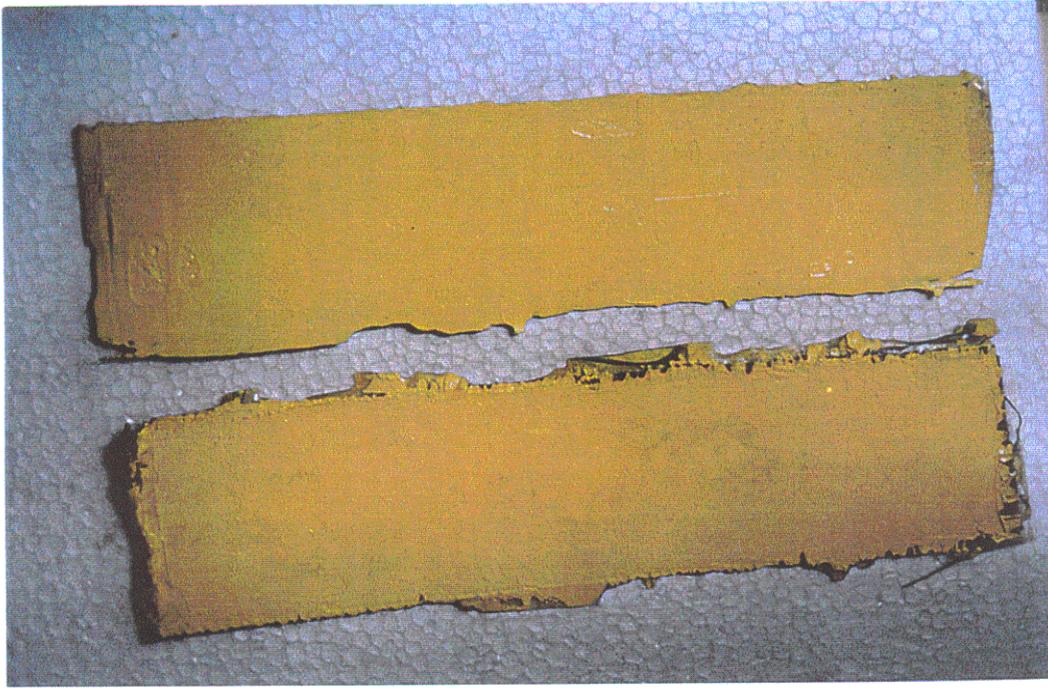


Figura III.19 Muestras de color amarillo utilizadas para el ensayo de diferencias de color, después del proceso de envejecimiento.

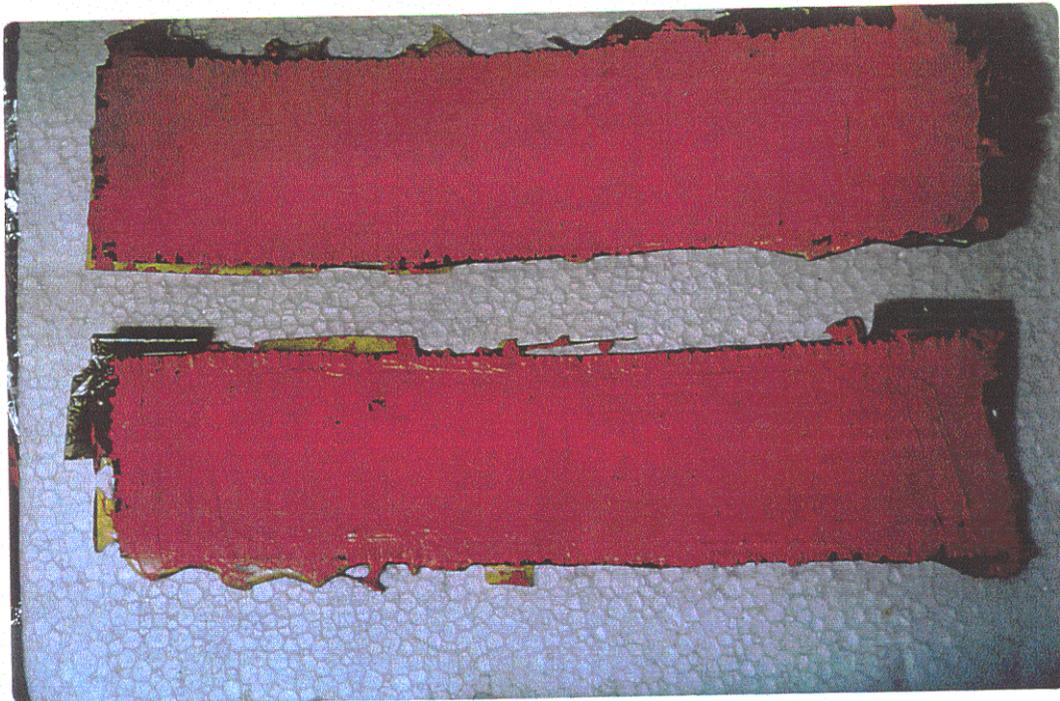
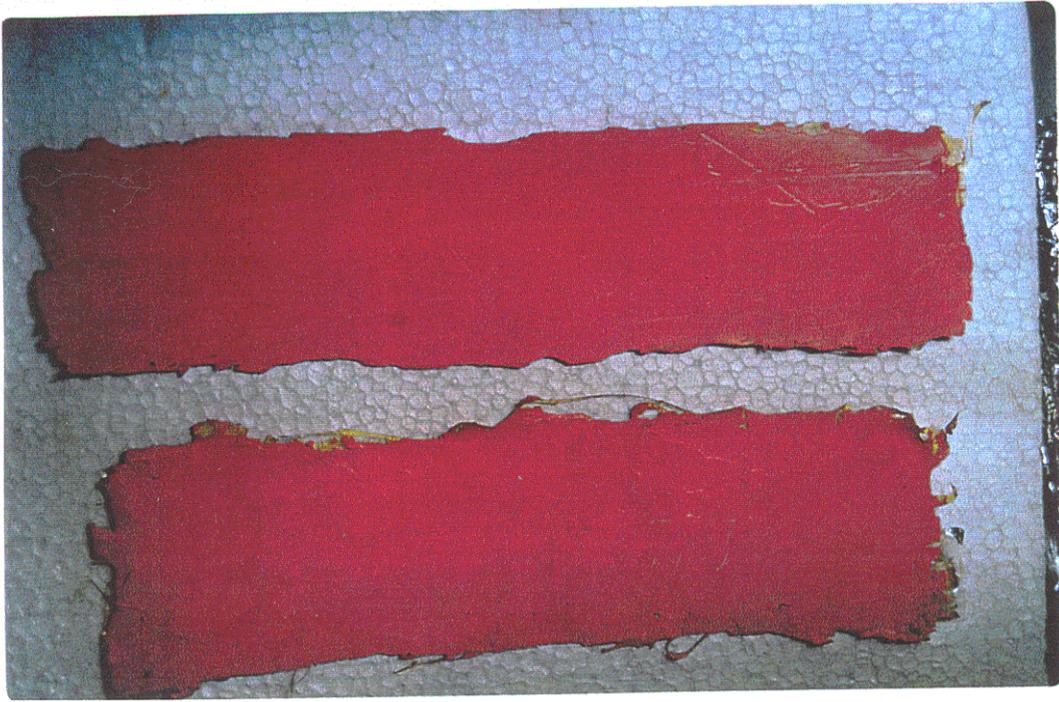


Figura III.20 Muestras de color rojo utilizadas para el ensayo de diferencias de color, después del proceso de envejecimiento.

ABRIR TOMO II

