

MEDIDA DE COLOR DE PELICULAS DE PINTURA

II. DETERMINACION DE INDICES LIMITE DE ALTERACION CROMATICA

Dr. Walter O. Bruzzoni **

Ing. Quím. Alberto C. Aznar ***

SERIE II, N° 298

- * Trabajo realizado con subsidio del CONICET.
- ** Jefe de División del LEMIT; Responsable del Area Estudio de Propiedades de Películas de Pintura del CIDEPINT.
- *** Jefe de la Sección Pinturas y Barnices del LEMIT.

INTRODUCCION

En la primera parte de este trabajo (1) se estableció que el conocimiento del valor ΔE , diferencia de color, no resulta suficiente para definir la alteración de una superficie coloreada por acción de la luz. Se consideró, en cambio, que resultaba más correcto fijar los límites correspondientes a la variación de los índices cromáticos y de luminosidad (Δa , Δb y ΔL), de los cuales es función ΔE .

Las experiencias realizadas en esta segunda parte tienen por objeto fijar, desde el punto de vista de su normalización, las alteraciones máximas que se deben permitir para cada color.

SELECCION DE MUESTRAS

Las muestras empleadas corresponden a pintura esmalte sintético de diferentes marcas, las que fueron adquiridas directamente en el comercio. Al realizar la selección de las mismas se ha procedido de manera de tener representada la mayor parte de la gran variedad de colores con que estos productos aparecen en las cartas y catálogos de las diferentes fábricas nacionales que surten la plaza.

Se han ensayado 49 muestras, correspondientes a 5 fabricantes, que configuran distintas tonalidades de 12 colores diferentes.

En las tablas I y II las muestras se han identificado correlativamente con un número y los fabricantes con las letras A, B, C, D y E. En dichas tablas se indica además el color y la denominación del mismo, establecida por cada firma.

PARTE EXPERIMENTAL

Equipo

El aparato empleado para la determinación de los parámetros que definen el color, es un colorímetro Gardner AC-2A-CIE, de alta sensibilidad, construido de acuerdo con las características del sistema CIE. Determina por lectura directa los valores triestímulo X, Y, Z.

Preparación de los paneles y ensayos

Se trabajó sobre paneles de acero decapado, los que fueron lijados y desengrasados previo al pintado; se aplicó luego a pincel un fondo antióxido y dos manos de la muestra de esmalte sintético.

Para cada pintura se prepararon 15 paneles similares. Uno se reservó como testigo, determinando sobre el mismo los valores cromáticos correspondientes a la película sin envejecer.

Una serie de 7 paneles fue expuesta a la intemperie en La Plata, retirándose un panel luego de 15, 30, 45, 60, 80, 110 y 365 días de exposición. Valores correspondientes a humedad relativa (%), temperaturas máximas y mínimas (°C), días de lluvias mensuales y lluvia caída (mm) y heliofanía efectiva, de la zona de ensayo, ya han sido registradas en otras publicaciones anteriores (2, 3). Cada muestra se lavó con agua, se dejó secar y luego se procedió a determinar los valores triestímulo. Cada panel se reservó a los efectos de una comparación final entre la totalidad de las probetas expuestas.

Otra serie de 7 paneles se ensayó aceleradamente en el Weather Ometer Atlas BWM-C, a los efectos de establecer la correlación entre este equipo y la exposición a la intemperie, desde el punto de vista de la determinación de color. Los paneles se retiraron luego de 20, 40, 60, 80, 110, 150 y 500 horas de exposición a la luz de arco, y se procedió de

manera similar a la indicada en el párrafo anterior.

Con los valores triestímulo X, Y, Z obtenidos para cada caso, se calcularon las coordenadas xy y los índices de luminosidad y cromáticos L, a, b.

Para realizar esta tarea se hizo uso de las fórmulas indicadas en el trabajo al que se hizo mención anteriormente (1).

Con los valores de L, a, b se calcularon las variaciones ΔL , Δa y Δb , para los distintos períodos de exposición. En la tabla I se consignan los valores obtenidos para las diferentes muestras, en ensayos al exterior.

Luego de cada período de exposición se efectuó también una observación visual de las probetas, tanto para las de intemperie como para las del Weather-Ometer, lo que se registró en las tablas II y III. Esto tiene por objeto correlacionar los valores obtenidos con el colorímetro y los correspondientes al ojo humano. Para este último caso se fijó como límite máximo de alteración cromática el valor regular, en una escala que comprende los siguientes grados: nada (sin alteración), poco, regular y mucho.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

1. EXPOSICION A LA INTEMPERIE

En la primera parte de este trabajo (1) se indicó que las variaciones de los índices cromáticos y de luminosidad tienen un sentido físico de acuerdo a su signo, y su interpretación es la que se indica a continuación:

- + ΔL más claro
- ΔL más oscuro

- + Δa más rojo (menos verde)
- Δa más verde (menos rojo)

- + Δb más amarillo (menos azul)
- Δb más azul (menos amarillo)

Para estudiar las variaciones que experimentan estos índices con las modificaciones de color que sufren las pinturas por exposición a la intemperie, consideraremos en conjunto, muestras de diferente matiz para cada color (tabla I).

Color azul

Estos esmaltes (muestras 1 a 5) presentan baja retención de color por exposición a la intemperie. La mayor influencia en la variación de color la ejerce la modificación que sufre el índice de cromaticidad b . En todas las muestras la variación experimentada es de sentido positivo, lo que físicamente significa una modificación hacia la zona del amarillo.

La muestra 1 (azul oscuro) se altera prematuramente con variación muy marcada de los índices a y b . La muestra 2 (también azul oscuro) presenta, para la apreciación visual regular, establecida como límite de alteración del color, valores de $\Delta b = 2,96$; $\Delta L = 2,21$; $\Delta a = 0,93$.

Las muestras de color azul claro (3 a 5) para las mismas condiciones límites de apreciación visual, presentan valores de Δb comprendidos entre 2,70 y 3,40, Δa entre 0,78 y 1,34 y ΔL entre 0,47 y 0,97.

Cuando la exposición se prolonga se manifiesta un incremento de Δb ; visualmente, el color se aclara, lo que se corresponde con el incremento de ΔL en el sentido positivo.

La pintura de color celeste (muestra 6), tiene al comienzo de la exposición una variación apreciable de Δb , disminuye luego a valores cercanos a cero y vuelve a aumentar hasta alcanzar a los 110 días el valor de $-2,80$. A esta altura del ensayo se produce un incremento de ΔL positivo, indicando una decoloración. Las variaciones observadas coinciden en general con la apreciación visual consignada en la tabla II.

En el límite de alteración visual que ocurre a los 365 días de exposición, se obtienen valores de $\Delta a = 0,94$, $\Delta b = 1,98$ y $\Delta L = 3,37$.

La muestra 7, color cielo, durante la exposición sufre

una modificación de los índices cromáticos a y b en sentido positivo en magnitud similar, que implica una variación hacia el rojo y el amarillo respectivamente. Como consecuencia, la luminosidad varía poco respecto a la original. En el límite de alteración visual que ocurre a los 60 días de exposición los valores que se obtienen son: $\Delta a = 2,21$, $\Delta b = 2,48$ y $\Delta L = 1,23$.

El esmalte aguamarina (muestra 8) presenta al comienzo de la exposición una variación del índice cromático b hacia el azul, luego disminuye, y aumenta el índice a hacia la zona del rojo.

En el límite de alteración visual que se produce a los 110 días de ensayo los valores obtenidos son: $\Delta a = 1,30$, $\Delta b = 0,97$ y $\Delta L = 0,59$.

Color marrón

Las muestras color marrón (9 a 11) presentan baja retención del color durante el envejecimiento, tal como lo indica el registro de los índices para los distintos períodos de exposición. La apreciación visual es concordante con los mismos. El límite de alteración ocurre a los 110 días de exposición. En ese momento se aprecia que mientras en la muestra 9 (marrón oscuro) la modificación mayor la sufre el índice L ($\Delta L = 4,55$), en las restantes muestras de color marrón mediano (castaño y cedro), se modifican los índices entre los siguientes valores: Δa de 0,46 a -1,58; Δb de -1,76 a -1,97 y ΔL de 0,75 a 1,40.

Color rojo

En estas pinturas (muestras 12 a 16), el que manifiesta mayor variación con el cambio de color, experimentado durante la exposición, es el índice a en sentido negativo (hacia la zona del verde). En menor proporción varía el índice b (hacia la zona azul) y la luminosidad. En el límite de alteración estos parámetros toman los siguientes valores: Δa entre -4,22 y -7,24; Δb entre 0,99 y 2,31; ΔL entre 0,11 y 1,70.

Los esmaltes rojos ensayados presentan poca estabilidad del color durante el envejecimiento. La mayor resisten-

TABLA II
ALTERACION DE COLOR POR EXPOSICION A LA INTENSIDAD DE LA TEMPERATURA - OBSERVACION VISUAL

Muestra y fabricante	Denominación del fabricante	Tiempo de exposición (días)						365
		15	30	45	60	80	110	
AZUL								
1 (A)	Azul	Poco	Regular	Regular	Mucho	Mucho	Mucho	
2 (B)	Azul	-	-	Poco	Poco	Poco	Mucho	
3 (C)	Azul claro	-	-	Poco	Poco	Regular	Mucho	
4 (A)	Azulaje	Poco	Regular	Regular	Mucho	Mucho	Mucho	
5 (C)	Azulaje	-	-	-	Regular	Mucho	Mucho	
CELESTE								
6 (B)	Celeste	Poco	Poco	-	-	Poco	Regular	
7 (C)	Cielo	-	-	Poco	Regular	Mucho	Mucho	
8 (A)	Agua marina	-	-	-	-	-	Regular	
MARRON								
9 (A)	Marrón	-	-	-	-	Poco	Regular	
10 (C)	Castaño	-	-	Poco	Poco	Poco	Mucho	
11 (A)	Cedro	-	-	-	-	Poco	Mucho	
ROJO								
12 (C)	Cardenal	Poco	Regular	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho	
13 (A)	Rojo escipio	-	-	Poco	Poco	Regular	Mucho	
14 (B)	Bermellón	-	-	Poco	Poco	Mucho	Mucho	
15 (C)	Rojo	-	-	Poco	Poco	Regular	Mucho	
16 (A)	Bermellón	-	-	Poco	-	Regular	Mucho	
ANARANJADO								
17 (C)	Anaranjado	-	-	Poco	Poco	Poco	Mucho	
18 (A)	Anaranjado	Regular	Regular	Regular	Regular	Mucho	Mucho	
VERDE								
19 (C)	Verde selva	Poco	Poco	Regular	Regular	Regular	Mucho	
20 (B)	Verde	Poco	Poco	Regular	Regular	Mucho	Mucho	
21 (A)	Verde inglés	Poco	Poco	Regular	Regular	Mucho	Mucho	
22 (C)	Esmeralda	-	-	-	-	Mucho	Mucho	
23 (C)	Verde jade	-	-	-	-	Regular	Mucho	
24 (A)	Verde ilusión	-	-	-	-	Poco	Mucho	
25 (C)	Verde Nilo	-	-	Poco	Poco	Regular	Mucho	
26 (A)	Verde claro	-	-	Poco	Poco	Regular	Mucho	
27 (A)	Turquesa	-	-	-	-	Regular	Mucho	
28 (C)	Mar	-	-	Poco	Poco	Regular	Mucho	

AMARILLO									
29 (A)	Amarillo	-	-	Poco	Regular	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho
30 (C)	Amarillo	Mucho	-	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho
31 (D)	Amarillo	Poco	Regular	Regular	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho	Mucho
MARFIL - CREMA									
32 (A)	Marfil	-	-	-	-	-	-	-	Regular
33 (C)	Espuma	-	-	-	-	-	-	-	Regular
34 (A)	Marfil	-	-	Poco	Poco	Poco	Poco	Poco	Mucho
35 (A)	Crema	-	-	-	-	-	-	-	Mucho
DURAZNO									
36 (S)	Durazno	-	-	Poco	Regular	Regular	Mucho	Mucho	Mucho
37 (A)	Durazno	-	-	-	-	-	Poco	Regular	Regular
BEIGE									
38 (C)	Beige	-	-	Regular	Regular	Regular	Mucho	Mucho	Mucho
39 (C)	Habano	-	-	-	-	-	Poco	Regular	Regular
40 (A)	Beige	-	-	-	-	-	-	-	Poco
GRIS									
41 (C)	Gris plomo	-	-	-	-	-	-	-	Regular
42 (A)	Gris	-	-	-	-	-	-	-	Mucho
43 (C)	Gris perla	-	-	-	-	-	-	-	Mucho
44 (A)	Gris perla	-	-	-	-	-	-	-	Regular
45 (C)	Gris savado	-	-	-	-	-	-	-	Mucho
46 (A)	Gris vieón	-	-	-	-	-	-	-	Poco
BLANCO									
47 (A)	Blanco	-	-	-	-	-	Mucho	Poco	-
48 (C)	Blanco	-	-	Regular	Regular	Regular	Mucho	Poco	-
NEGR0									
49 (A)	Negro	-	-	-	-	-	-	-	Poco

cia la ofrece la muestra 16 con 110 días de exposición.

La modificación del color en función del tiempo de exposición, apreciada visualmente, en general tiene correspondencia con las variaciones de los índices cromáticos determinados.

Color anaranjado

La pintura 18 se altera inmediatamente de expuesta (15 días), mostrando una marcada variación del índice b hacia la zona del amarillo.

La muestra 17, aunque se comporta mejor que la anterior, alcanza el límite de alteración a los 110 días de exposición, presentando el índice a la mayor variación hacia la zona del verde. Los valores registrados para los tres parámetros son: $\Delta a = -4,00$; $\Delta b = -1,62$; $\Delta L = -1,20$.

Color verde

Estas pinturas (19 a 28) presentan en general baja retención del color durante el envejecimiento, siendo las muestras de color más claro las que se comportan mejor. El límite de alteración se alcanza entre 80 y 110 días de exposición (muestras 24 a 28). Las restantes (con excepción de la muestra 22, esmeralda, que resiste 110 días de exposición), presentan deterioro entre los 15 y 45 días de ensayo.

En todas las muestras, la alteración del color se manifiesta en una variación del índice a hacia la zona del rojo, y del índice b hacia la zona del azul. No se considera la muestra 23 (jade) por su prematura alteración.

En el límite de alteración visual, los parámetros varían entre los siguientes valores: $\Delta a = 1,90$ a $3,60$; $\Delta b = -0,81$ a $-3,47$; $\Delta L = -0,39$ a 2 .

Color amarillo

Las pinturas color amarillo (29 a 31) presentan poca estabilidad del color por acción de la intemperie. La muestra 30 se altera inmediatamente de comenzada la exposición, la 31 llega al límite de alteración visual a los 45 días y la 29 a los 80 días de exposición.

La variación de los índices que definen el color, toman en la condición límite, los valores máximos siguientes: $\Delta a = -4,40$; $\Delta b = -3,35$; $\Delta L = -3,78$. Estos indican una evolución del color original hacia la zona del verde (Δa) y del azul (Δb), lo que se manifiesta en un oscurecimiento, confirmado por el valor de ΔL .

Colores marfil y crema

En este grupo se incluyen las muestras 32 a 35. La pintura 32 presenta buena retención del color durante la exposición. La alteración límite fijada por observación visual se produce a los 365 días. Las restantes muestras llegan a este límite luego de 110 días. En este punto se nota la influencia de la variación del índice b en todas las pinturas, lo que indica una disminución del amarillo, con un valor máximo de $\Delta b = -3,53$. El valor máximo de Δa es 1,18 y el de ΔL , 1,06.

Color durazno

Estas pinturas (36 y 37) difieren apreciablemente en el tono original; en la muestra 36 predomina el amarillo y en la 37 el rojo.

La exposición afecta principalmente el índice a en la muestra 36, y el límite corresponde a un valor $\Delta a = -3,67$. En la muestra 37 se ven afectados los índices b y L con valores $\Delta b = -2,88$ y $\Delta L = 2,33$. Esta muestra presenta buena estabilidad del color, llegando al límite de alteración a los 365 días. La muestra 36 resiste sólo 60 días; luego se altera.

Color beige

Dentro de las pinturas de este grupo (muestras 38, 39 y 40), las dos últimas citadas muestran buena retención de color, resistiendo satisfactoriamente 12 meses; la pintura 38 se altera a los 45 días. Cuando se llega al límite de alteración, se modifican en las tres muestras principalmente los índices b y L. Los parámetros varían entre los siguientes valores: $\Delta a = 0,37$ a $0,75$; $\Delta b = -1,65$ a $-2,96$; $\Delta L = 1,78$ a $2,68$.

Color gris

En este grupo se tienen dos muestras oscuras (41 y 42) y cuatro claras (43 a 46). Estas últimas presentan mejor retención del color durante la exposición que las primeras.

Tres de las cuatro pinturas gris claro (43, 44 y 46) cumplen 365 días de exposición antes de llegar al límite de alteración; la restante alcanza el mismo límite con 110 días de exposición, al igual que las muestras color gris oscuro. En este punto los índices presentan variaciones entre los siguientes valores: $\Delta a = 0,32$ a $1,67$; $\Delta b = -0,45$ a $-1,59$; $\Delta L = 0,04$ a $2,00$.

Color blanco

Estas pinturas (47, 48) exhiben máxima alteración del color con 45 días de exposición; hay un marcado amarillamiento, que queda evidenciado con un valor de Δb , para ambas, del orden de 5 unidades positivas, ΔL con valores entre $-3,5$ y $-4,0$. Luego de ese lapso, esta alteración decrece y al cumplirse un año de exposición, la película ha adquirido prácticamente su aspecto original (los índices finales apenas muestran variación respecto de los valores iniciales).

Durante este proceso no se evidencia alteración de la película y el brillo se mantiene en valores cercanos a los de las probetas sin envejecer.

Color negro

Por observación visual se aprecia poca modificación del color de la muestra esmalte negro (49) al cabo de 365 días de exposición. A esta apreciación corresponden registros colorimétricos de $\Delta L = 7,07$; $\Delta a = -3,95$ y $\Delta b = -0,64$. Es notable el orden del valor de ΔL que debe registrarse, para que la alteración en el color pueda percibirse visualmente. Un caso similar ocurre con la muestra 16, de color rojo, y para el parámetro Δa .

En las restantes muestras coloreadas y en las blancas, la alteración visual límite del color corresponde a valores más pequeños de Δa , Δb y ΔL .

Ninguna de las pinturas presenta fallas desde el punto de vista de la capacidad protectora dentro del lapso de 365 días de exposición. Algunas de las muestras, además de las alteraciones de color ya descritas, evidencian modificaciones de brillo.

2. ENVEJECIMIENTO ACELERADO

Los valores calculados, correspondientes a las variaciones de los índices cromáticos y de luminosidad, no han sido tabulados en forma similar a los de exposición a la intemperie por la falta de concordancia observada.

Considerando los valores de Δa , Δb y ΔL obtenidos en ambos ensayos de envejecimiento, se pueden formular las siguientes consideraciones:

Color azul

Para alcanzar el límite de alteración visual, la muestra 1 requirió una exposición de 500 horas en el Weather Ometer (tipo BWM-c), lo que equivale a 25 días de ensayo, con 20 horas diarias de funcionamiento del aparato. Por exposición al exterior, la misma muestra alcanza dicho límite a los 30 días, es decir que la relación de envejecimiento es prácticamente 1:1, aún cuando los índices no varían en magnitudes similares.

En las restantes muestras azules, para alcanzar alteración similares en ambos ensayos, se requieren relaciones de envejecimiento del orden de 1:14, como consecuencia de la menor modificación del color experimentada por las muestras en el Weather-Ometer.

Otros colores

En las restantes muestras ensayadas, se aprecia que para obtener grados de alteración de color similares en ambos tipos de envejecimiento, se requieren relaciones muy dispares aún en muestras de una misma tonalidad.

Esto revela que cada pintura en particular requiere un distinto período de envejecimiento artificial para igual modificación del color producida en la exposición al exte-

TABLA III

VALORES MAXIMOS DE ALTERACION DEL COLOR PROPUESTOS
A LOS FINES DE NORMALIZACION

Color	Δa	Δb	ΔL
Azul oscuro.....	1,00	3,00	2,50
Azul claro.....	1,50	3,50	1,00
Celeste.....	1,00	- 2,00	3,50
Cielo.....	2,50	2,50	1,50
Aguamarina.....	1,50	- 1,00	1,00
Marrón.....	- 1,50	- 2,00	4,50
Castaño y cedro.....	- 1,60	- 2,00	1,50
Rojo.....	- 7,50	2,50	2,00
Anaranjado.....	- 4,00	- 1,50	- 1,50
Verde.....	3,50	- 3,50	2,00
Amarillo.....	- 4,50	- 3,50	- 4,00
Marfil.....	1,50	- 3,50	1,00
Crema.....	1,50	- 3,50	1,00
Durazno amarillento.....	- 4,00	0,50	1,00
Durazno rosado.....	- 1,00	- 3,00	2,50
Beige.....	3,00	- 3,00	1,00
Habano.....	3,00	- 3,00	1,00
Gris.....	2,00	- 1,50	2,00
Blanco.....	1,00	0,50	0,50
Negro.....	4,00	- 1,00	7,00

rior.

CONCLUSIONES

1. Las pinturas que presentan mejor retención del color durante el envejecimiento son las muestras 46 (gris visón), 47 y 48 (blanco) y 49 (negro), que llegan a cumplir un año de exposición a la intemperie sin mostrar prácticamente alteración cromática.
2. Se comportan satisfactoriamente, llegando al límite de alteración visual a los 365 días de exposición, las muestras 6 (celeste), 32 (marfil), 37 (durazno), 39 (habano), 40 (beige), 43 y 44 (gris perla).
3. Las pinturas que presentan menor resistencia del color a la acción de los agentes atmosféricos son las identificadas como 18 (naranja), 23 (verde) y 30 (amarillo) que se alteran en sólo 15 días de exposición. Luego deben ser consideradas las muestras 1, 4 y 5 (azul), 7 (cielo), 12 (cardenal), 19, 20 y 21 (verdes), 31 (amarillo) y 38 (beige) las cuales llegan al límite de alteración fijado en un lapso que oscila entre 30 y 60 días de exposición. Las restantes se alteran antes de cumplir 110 días de exposición.
4. No resulta posible correlacionar los resultados de la alteración cromática sufrida por las distintas pinturas durante el envejecimiento natural por exposición a la intemperie, con los obtenidos por envejecimiento artificial de las mismas en el Weather-Ometer BWM-C.

APENDICE

Proyecto de normalización

De acuerdo con las modificaciones de los índices cromá-

ticos y de luminosidad que presentan las distintas muestras expuestas a la intemperie, para el límite de alteración fijado, se proponen, a los fines de normalización, los valores máximos que se deben admitir para cada color. Dichos valores se presentan en la tabla III.

BIBLIOGRAFIA

1. Bruzzoni W. O. y J. F. Giunta. - Medida de color de películas de pintura. LEMIT-ANALES, 4-1972, 147-187.
2. Rascio V., J. J. Caprari y E. Saavedra. - Pinturas para obra muerta y superestructura. I. Formulaciones con vehículo alquídico de acabado brillante. LEMIT-ANALES, 4-1973, 53-89.
3. Caprari J. J., V. Rascio y O. Filocomo. - Propiedades de pinturas de protección temporaria ("Shop-primers"), LEMIT-ANALES, 4-1973, 91-137.