

COLOR

Un la industria papelera hay una gran variedad de papeles de color para diferentes usos. Normalmente para darles color se emplean anilinas y pigmentos que son agregados en la pasta, antes de formar la hoja, aunque también puede teñirse la superficie del papel cuando éste ya se encuentra formado.

Ahora bien, el color de una hoja de papel lo determinan las características de absorción y reflexión de la luz de los componentes que la forman, es decir, el color de la hoja depende de la cantidad de luz de determinada longitud de onda (color), que absorba y refleje el papel. En los papeles de color la mayor parte de la absorción y reflexión de la luz se debe a los colorantes.

En la Figura 1, se puede apreciar la influencia de un colorante en las características de absorción de la luz en hojas de celulosa blanqueada, comparada con la misma celulosa teñida con los colores básicos.

Además, en la gráfica se muestran las curvas que resultan de graficar la reflectancia difusa de una pila de hojas a diferentes longitudes de onda a través del espectro visible; así como la curva que muestra el comportamiento de una pila de hojas de celulosa blanca y otras tres pilas de hojas de la misma celulosa teñidas de: rojo, azul y amarillo. (Estas curvas se llaman curvas espectrofotométricas). En los casos que se presentan en la Figura 1, se puede observar que el principal efecto que causan los colorantes es un cambio en la curva característica de la celulosa blanca. Con excepción de las anilinas fluorescentes, las anilinas y los pigmentos de color siempre reducen la reflectancia cuando se añaden a un material.

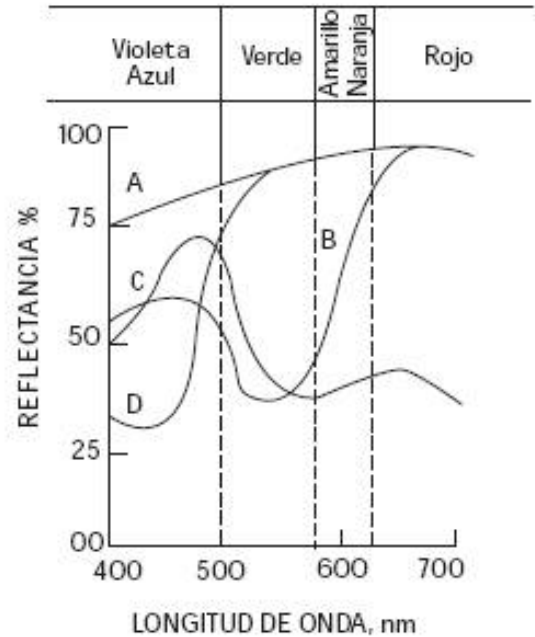


Figura 1. Curvas espectrofotométricas típicas de celulosa blanca y teñida: A blanco, B rojo, C azul, D amarillo.

En los casos que se presentan en la gráfica 1, se puede observar que el principal efecto que causan los colorantes es un cambio en la curva característica de la celulosa blanca. Con excepción de las anilinas fluorescentes, las anilinas y los pigmentos de color siempre reducen la reflectancia cuando se añaden a un material.

Los cambios que se observan en estas curvas de reflectancia del espectro se deben a la absorción selectiva de la luz por el colorante utilizado, por ejemplo, en el caso del rojo, se ve que la absorción selectiva es prácticamente cero (cerca del 100% de reflectancia), en la región roja del espectro que va de 660 a 700 nm de longitud de onda. En esta región, la reflectancia de las hojas blancas y las rojas es esencialmente la misma. En cambio, la absorción de ese papel rojo aumenta considerablemente en las longitudes de onda menores de 660 nm, hasta una absorción máxima de alrededor de 550 nm, que se localiza en la región del espectro que corresponde al verde. De esta forma las anilinas y los pigmentos del papel de color, absorben prácticamente toda la luz incidente, excepto en las longitudes de onda asociadas con su color. A los colorantes que actúan en esta forma se les llama sustractivos.

Lo anterior se demuestra colocando los filtros de los tres colores complementarios: magenta, cian y amarillo, sobre una luz blanca. Como se muestra en la Figura 2, en la parte en que se traslapan los tres filtros no se transmite la luz, por lo que se ve negro, mientras que en los sitios en que se traslapan dos filtros, la absorción selectiva produce los colores azul, rojo y verde. Este principio es el fundamento para la fabricación de papel de color.

Además de agregar anilinas para darle al papel diferentes colores, se acostumbra agregar éstas en cantidades muy pequeñas, en tonos rojos o azules, para matizar el papel blanco. Esto se hace debido a que las fibras con que se fabrica el papel tienen un tono amarillento, aunque estén blanqueadas y, al añadir algún colorante azul rojizo o azul violeta, se compensa dicho tono al provocar que la hoja absorba menos luz en la región magenta del espectro, que cuando tenía su tono natural. El ojo a simple vista registra la hoja más blanca.

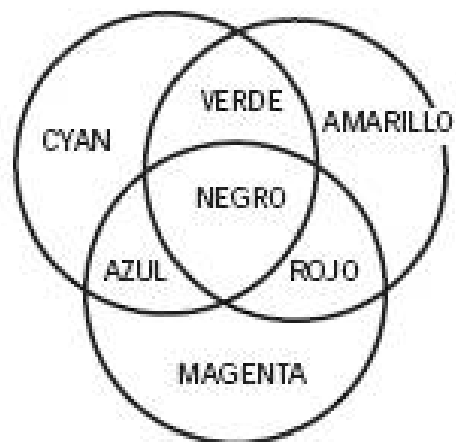


Figura 2. Efecto de la superposición de filtros magenta, cian y amarillo.

Descripción del color

Es necesario contar con un sistema adecuado para describir el color y poder establecer especificaciones de fabricación. Al fabricar un papel de color es importante que el color se aprecie igual a la muestra estándar, pero también que bajo condiciones normales, se mantenga ese color al paso del tiempo.

El color se describe en términos de tono, intensidad y brillo. El tono está dado sobre la base de los tres colores primarios: rojo, verde y azul. Un tono azul puede describirse como más rojizo o más verdoso que otro azul, y también puede ser más intenso o más brillante. La intensidad del color se refiere a la profundidad del tono, es decir, si es más claro o más oscuro, como cuando se agrega anilina roja a una pulpa, si la cantidad es pequeña se obtendrá un tono rosa, que es claro, pero con una cantidad mayor se obtendrá un tono rojo, que es oscuro. La comparación de la intensidad de un color sólo se puede hacer cuando se trata del mismo tono. El brillo se refiere a su capacidad de reflejar la luz, un tono brillante refleja mucha luz; para hacer mate un color brillante se agrega otro color complementario o negro. Dos colores son complementarios cuando cada uno de ellos absorbe la luz reflejada por el otro color, por ejemplo: rojo y verde, azul y rojo y verde y azul.

Sistema CIE

La “*Comission Internationale d'Éclairage*”, que significa Comisión Internacional de Iluminación, es un sistema que proporciona un método para describir el color. Y es que si bien durante muchos años la igualación de colores ha sido un arte adquirido a través de muchas horas de trabajo, en la actualidad se han desarrollado numerosos aparatos y sistemas, incluidas las computadoras digitales, que permiten definir un color y saber qué tono le falta o le sobra para igualar un estándar. Hoy en día numerosos instrumentos para medir el color se basan en el CIE, cuyo fundamento se encuentra en que cualquier color se puede reproducir por medio de los tres colores primarios, en un experimento controlado.

El CIE define numéricamente a la iluminación y al observador estándar, así como a los colores primarios: rojo, verde y azul, como las funciones triestímulos X, Y y Z, respectivamente. Para describir un color se utilizan tres coordenadas que corresponden a los valores triestímulos, mismos que se relacionan con la forma en que el observador ve un color.

Sistema Hunter L,a,b triestímulos

Sistema de color que se deriva del Sistema CIE; de gran aceptación debido a que es fácil de entender e interpretar. En la Figura 3, se muestra la representación de las coordenadas que se emplean en este sistema para designar los colores.

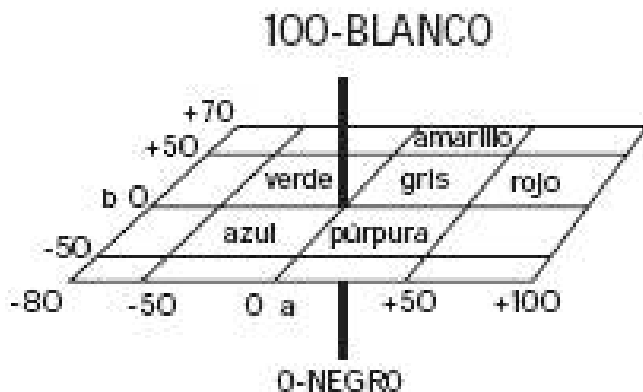


Figura 3. Representación tridimensional de las coordenadas que designan los colores de las superficies en el Hunter L, a, b.

El valor L representa la aproximación matemática de la respuesta del ojo al negro blanco. Un blanco perfecto tiene un valor de 100 y un negro perfecto tiene un valor de cero en la escala L. Un valor positivo en la escala a, indica lo rojo, un valor negativo en esa escala, lo verde; el cero es gris. Un valor positivo en la escala b, indica lo amarillo, un valor negativo lo azul; el cero es gris.

Por ejemplo, un papel que tiene los valores: L 70, a+30 y b+23, es un papel claro, como indica el valor relativamente alto de L, y de un tono rojo amarillento, de acuerdo con los valores a y b.

Instrumentos para medir el color

Todos los aparatos para medir el color se ubican dentro de las dos siguientes clasificaciones: espectrofotómetros y colorímetros. El espectrofotómetro es el instrumento básico para medir el color que facilita la obtención de resultados completamente objetivos. Sus mediciones dependen sólo de las características de la luz reflejada por la muestra, independientemente de las características del observador o de la fuente de luz. En la Figura 4, se muestra un esquema simplificado de un espectrofotómetro.

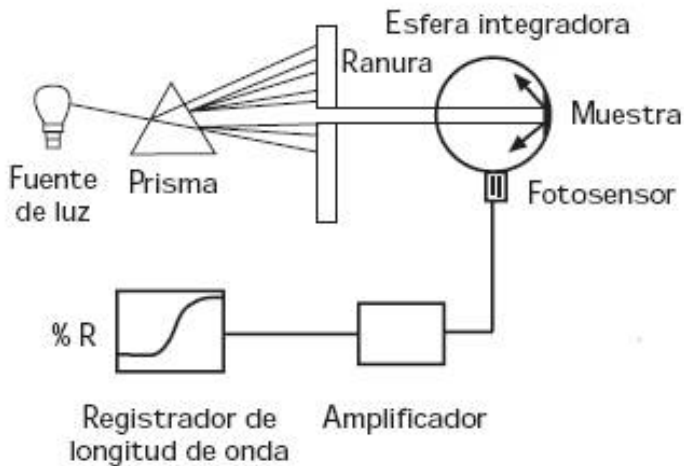


Figura 4. Diagrama simplificado de un espectrofotómetro

En este tipo de sistema, la muestra se ilumina esencialmente con luz monocromática y se mide la luz difusa reflejada en cada longitud de onda del espectro visible; la cantidad de luz reflejada por la muestra se expresa como porcentaje de la reflectancia difusa, a la misma longitud de onda, de un estándar de referencia blanco.

El espectrofotómetro automáticamente traza la curva de la reflectancia contra la longitud de onda; la curva resultante es la curva espectrofotométrica de la muestra que se midió. Estas curvas son como las que se presentaron en la Figura 1. Nota: Numerosos espectrofotómetros están diseñados para el proceso de transmisión de la luz y no pueden utilizarse para mediciones en papel; para dicha medición existen algunos como el Macbeth, el Hunter L, a, b y el Elrepho.

Estándares de referencia

La escala porcentual de reflectancia en las curvas va del 0 al 100, pero no se refiere a un porcentaje absoluto de reflectancia. El rango de reflectancia absoluta asociado con el porcentaje de reflectancia de la escala está determinado por el estándar de referencia utilizado para hacer la medición. Un estándar de referencia ideal debería de reflejar el 100% de la luz que incide en su superficie, en todas las longitudes de onda del espectro visible, sin embargo, no hay materiales conocidos que cumplan con este requerimiento; para la calibración de las escalas se ha considerado como 100% al óxido de magnesio, aunque en realidad tiene aproximadamente un 98.5%.

Colorímetros de filtros

Estos instrumentos, también llamados colorímetros de filtros triestímulos, sirven para medir el color. En la Figura 5, se presenta un diagrama simplificado de este tipo de aparatos, en el cual la muestra es iluminada por una fuente de luz blanca, y la luz reflejada por la muestra es dirigida a un fotodetector que genera una señal eléctrica proporcional a la cantidad de luz que incide en él. Entre la muestra y el fotodetector se encuentran los filtros triestímulos (azul, rojo y verde), diseñados para proporcionar la respuesta de acuerdo con el Sistema CIE, y basados en la distribución de la fuente de luz y la respuesta del fotodetector en el espectro. Las señales del fotodetector son operadas electrónicamente para dar los resultados en algunas de las escalas de color como la del Sistema L, a, b ó en los valores CIE.

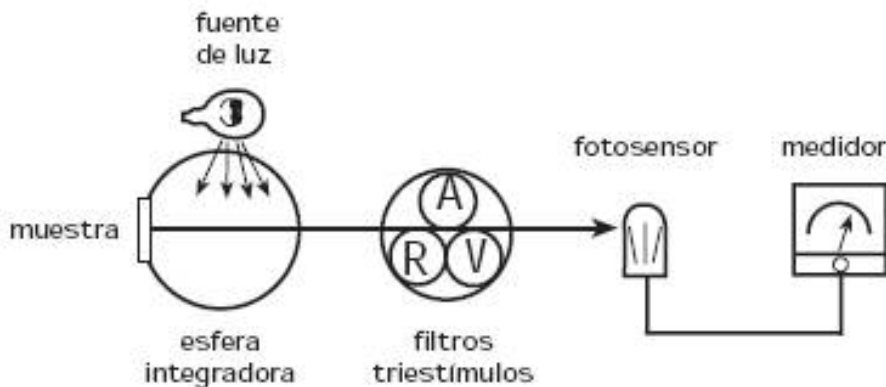


Figura 5. Diagrama simplificado de un colorímetro.

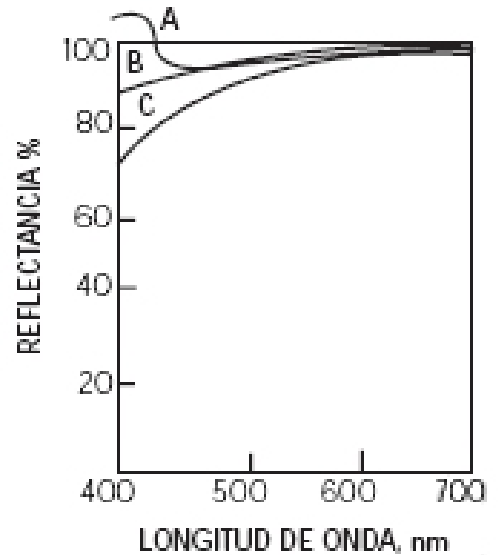
Hay que tener presente que cuando se utilizan instrumentos para medir el color de papeles blancos, puede haber complicaciones si se analizan papeles que contienen colorantes fluorescentes, también conocidos como blanqueadores ópticos, mismos que han sido ampliamente aceptados en la industria del papel porque dan al ojo humano una apariencia de mayor blancura.

Lo anterior se debe a que dichos papeles absorben la luz ultravioleta y la reemiten en el rango visual, produciendo un efecto fluorescente que a la luz del día neutraliza lo amarillento del papel. (De aquí la apariencia de mayor blancura). En caso de emplear un colorímetro para medir el color en papeles con colorantes fluorescentes, debe tenerse en cuenta la contribución de este tipo de colorantes a la medida de la reflectancia.

En la Figura 6, se presenta una gráfica en la que la muestra A, contiene un blanqueador óptico, es decir, un colorante fluorescente. El efecto de este colorante genera que en la porción azul del espectro, este papel posea un reflectancia mayor que la del estándar de sulfato de bario que se utiliza para calibrar a 100.

Figura 6. Curvas de reflectancia del espectro:

- A. papel bond de trazo con un colorante fluorescente.**
- B. pulpa de linters de algodón.**
- C. pulpa de pino blanqueada.**



También hay que considerar que en caso de medir muestras entre las que hay metamerismo, los colorímetros darán resultados erróneos, tal como sucede con la observación visual. El Metamerismo es un efecto físico por el cual dos superficies que se observan del mismo color cuando son iluminadas con determinada fuente de luz, al cambiar la fuente de luz, se ven de diferente color.

Si bien cualquier reflectancia corresponde a un punto determinado en el espacio del color, sin embargo, a muchos espectros de reflectancia les puede corresponder el mismo punto en el espacio del color y evocar la misma sensación de color. Cuando un par de espectros distintos corresponden al mismo punto en el espacio del color, el fenómeno se llama metamerismo.

Para que el color de dos superficies se vea igual bajo diferentes condiciones de iluminación, ya sea con luz de día o de interior, las curvas de reflectancia de las dos deben corresponder en todas las longitudes de onda del espectro visible.