

Tecnicas de Medicion
en Colorimetria



Técnica de medición en la colorimetría

En las aplicaciones colorimétricas, el color se mide de forma objetiva. En tales casos, lo que se persigue es simular la percepción visual del color lo más exactamente posible con los sistemas de medición del color utilizados.

Cuando hablamos de “color”, lo que siempre tenemos en mente es la especificación del estímulo de color, es decir, la percepción de un estímulo de color por parte del ojo. El objetivo de esta medición no es el estímulo de color (físico, espectral), sino la especificación del estímulo de color

Los instrumentos de medición

En la medición del color se utilizan principalmente dos tipos de instrumentos de medición: los espectrofotómetros y los colorímetros de filtros

Los colorímetros de filtros

En la medición del color, el objeto o la muestra se iluminan con una fuente de luz ajustada sobre un iluminante determinado (p. ej. D 65). La proporción reflejada de esta luz se dispersa con tres filtros en luz roja, verde y azul.

Este proceso es comparable con el funcionamiento de la vista en los humanos. La función de filtro simula los tres tipos distintos de conos. Los datos numéricos que se obtienen así representan las medidas colorimétricas absolutas y la diferencia de color entre el estándar de color y la muestra de color que debe compararse con dicho estándar.

Los colorímetros de filtros se utilizan principalmente para el control de calidad. Con ellos se comprueba si los valores medidos se encuentran dentro de las tolerancias permitidas. Las ventajas de los colorímetros de filtros son el reducido tiempo de medición, la facilidad de uso y los relativamente pocos costes. En comparación con los espectrofotómetros, estos aparatos presentan desventajas en el reconocimiento del metamerismo o en el cálculo de la composición del color. El uso de colorímetros de filtros en la industria se encuentra fuertemente en retroceso debido a que hoy día ya se pueden encontrar espectrofotómetros muy asequibles en el mercado.



Los espectrofotómetros

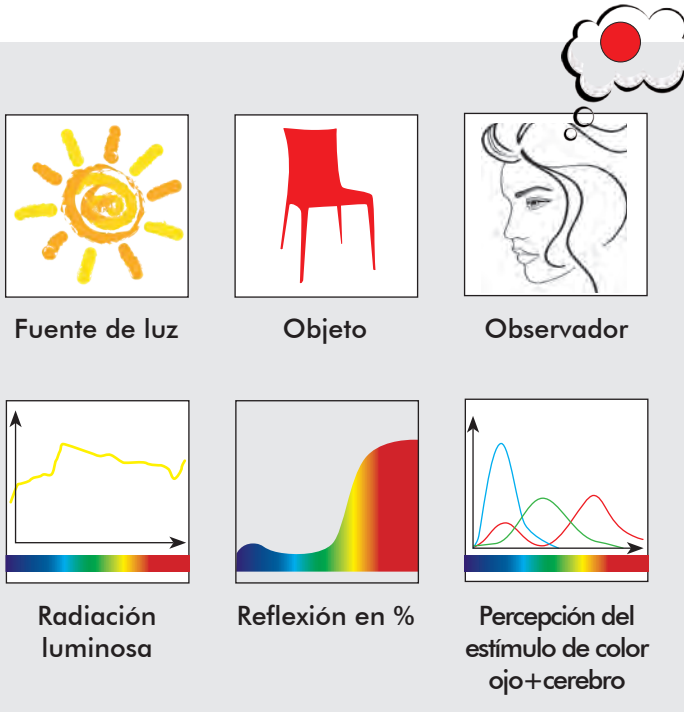
Los espectrofotómetros analizan la radiación reflejada o transmitida de una muestra para cada longitud de onda en el rango visible del espectro. En pequeños incrementos de 10 o 20 nm miden las propiedades fotométricas de la muestra o bien para la reflexión o bien para la transmisión y determinan sus funciones colorimétricas. Por ejemplo: Con un 100% de reflexión se observa un blanco puro, con un 0% un negro absoluto.

Entre muestra y receptor se encuentra el denominado monocromador. Éste es el responsable de que los valores de reflexión o transmisión puedan captarse cada 10 o 20 nm en el espectro visible. A partir de la curva de reflexión o transmisión así determinada se pueden calcular todos los datos colorimétricos. Se puede optar por relacionar los datos con el observador estándar de 2° o de 10° y con todos los iluminantes convencionales (p. ej. A, C, D65 o F11). Esta es la gran ventaja con respecto a los colorímetros de filtros, ya que gracias a esto también se puede determinar el efecto metamérico relacionado con dos tipos de iluminantes.

El espectrofotómetro es imprescindible para calcular la composición del color, ya que para el cálculo se necesita una función colorimétrica. Los espectrofotómetros se manejan con sencillez y rapidez y gracias al desarrollo técnico son cada vez más ligeros y portátiles. En cuanto al precio cada vez están más cerca de lo que cuestan los económicos colorímetros de filtros.

La tecnología de los instrumentos

Cuando surge el color hay siempre la presencia de tres cosas: luz, objeto (muestra) y observador (ojo y cerebro).



El triplete = fuente de luz – observador – objeto

En la medición del color, este triplete está representado también en los aparatos de medición. El objeto sigue siendo el mismo. La fuente de luz se consigue con una lámpara más algún filtro adicional. Un sistema dispersivo o un equipamiento con monocromador y un receptor de radiación relacionado con éste simulan el ojo y el observador. Con ayuda de una fijación o un soporte para la muestra se coloca el objeto con exactitud. La geometría de medición indica cómo debe iluminarse la muestra y cómo debe "observarla" el instrumento de medición. Cuando se trata de un observador humano, el cerebro transforma el estímulo de color en una percepción de color. En el aparato de medición, un sistema electrónico con procesamiento de la señal o un ordenador (miniordenador) asumen la tarea de realizar los cálculos colorimétricos.



La fuente de luz

Normalmente, los instrumentos de medición modernos utilizan 1 de estos 3 tipos de fuentes de luz: lámparas halógenas, de xenón o LED.

El sensor

El "ojo" del aparato colorimétrico depende del tipo de instrumento.

Los colorímetros de filtros funcionan con detectores de silicio equipados con 3 ó 4 filtros interferenciales. Normalmente, combinando sus respectivas propiedades se puede simular correctamente la percepción tricromática del estímulo de color (x, y, z) del observador humano medio con luz diurna.

Los espectrofotómetros utilizan un sistema dispersivo para luz reflejada o transmitida (monocromador), combinado con un sensor que permite el análisis en todo el rango espectral visible.

El objeto (la geometría de medición)

El color de un objeto depende de las condiciones de iluminación y observación. Dependiendo del ángulo desde el que se observa un objeto se genera una impresión de color diferente. Debido a ello, tanto el ángulo de observación como la dirección de la iluminación deben mantenerse constantes con unas definiciones de color exactas. En un aparato colorimétrico, la geometría de medición determina el ángulo (o campo angular) con el cual se ilumina la muestra, y el ángulo con el que se observa la muestra.

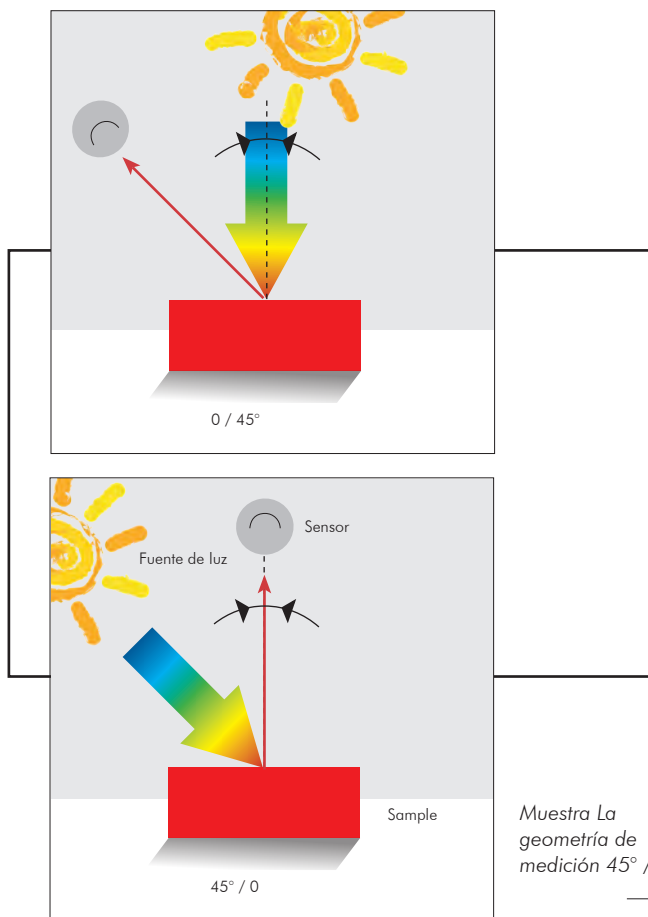
Con los espectrofotómetros se diferencian tres geometrías de medición:

- geometría de esfera (iluminación difusa y observación dirigida $d/8^\circ$ o iluminación dirigida y observación difusa $8^\circ/d$)
- geometría angular (iluminación y observación dirigidas con un ángulo fijo)
- geometría multi-angular (iluminación y observación dirigidas con ángulos variables)

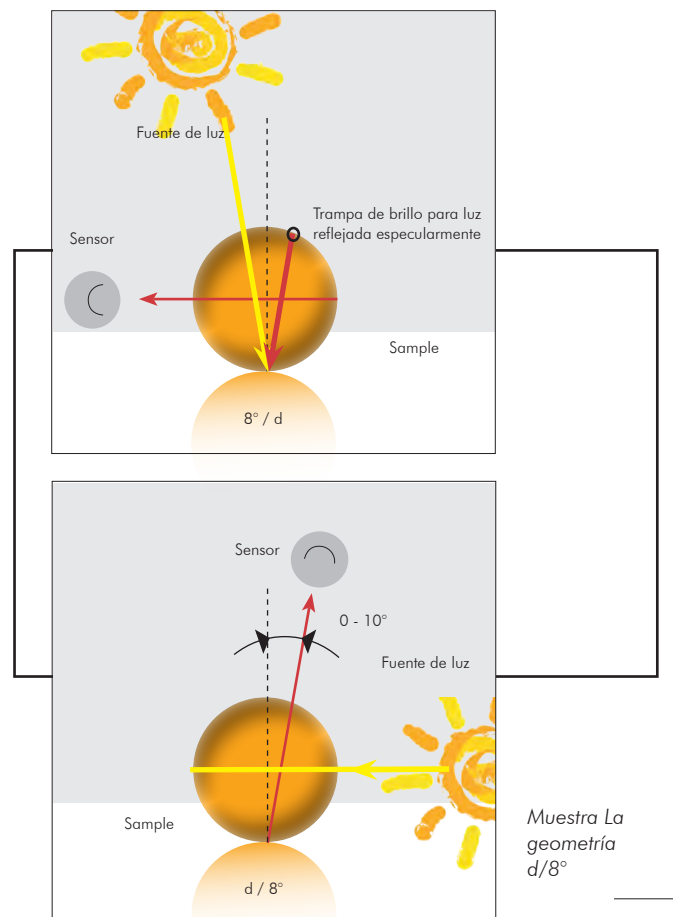
El ámbito de aplicación es el que determina qué geometría de medición se utiliza.

Los instrumentos de medición con la geometría angular ($45^\circ/0^\circ$) iluminan la muestra de forma dirigida con un ángulo de 45° y miden la luz que la muestra refleja en una dirección con 0° (o al revés $0^\circ/45^\circ$).

Los sistemas de medición con esta geometría de medición observan la muestra bajo condiciones similares a la observación natural por parte del ser humano. Esto significa que las mediciones con la geometría angular ($45^\circ/0^\circ$ o $0^\circ/45^\circ$) se realizan siempre excluyendo el brillo y por tanto conllevan una mejor coincidencia con nuestra percepción visual. Esta geometría se utiliza principalmente para el control del color de productos finales.



Muestra La geometría de medición 45° / 0°



Muestra La geometría d/8°

Los instrumentos de medición con la geometría de esfera ($d/8^\circ$) iluminan la muestra de forma difusa y miden la luz que la muestra refleja en una dirección con un ángulo de 8° con respecto a la perpendicular de la muestra.

El componente de luz reflejada especularmente (brillo) se incluye de forma sistemática en la medición. Esto significa que en el modo SCI sólo se capta el color de un objeto. Se integran también las influencias del brillo o la textura. Por tanto, los resultados no dependen del nivel de brillo o del estado de la superficie de una muestra. Además, los instrumentos de medición con la geometría $d/8^\circ$ disponen normalmente de una denominada trampa de brillo, gracias a la cual se evita iluminar la prueba con 8° , eliminando así el brillo. De este modo, estos aparatos permiten realizar mediciones excluyendo el componente de luz reflejada

especularmente (SCE = specular component excluded = sin brillo) o incluyendo este componente (SCI = specular component included = con brillo). Sin embargo, la medición con trampa de brillo sólo ha demostrado su eficacia con muestras con un alto brillo. La mayoría de aparatos con geometría $d/8^\circ$ también permiten medir la transmisión de muestras transparentes o traslúcidas. En la actualidad, para hacer formulaciones de color prácticamente sólo se utiliza la geometría $d/8^\circ$.

Conclusión

En las últimas décadas han tenido lugar avances cruciales en el desarrollo y fabricación de sistemas colorimétricos. En comparación con los aparatos antiguos, los sistemas modernos de hoy permiten realizar mediciones fiables con una mayor exactitud de repetición y precisión. Además, son más pequeños, ligeros y rápidos. También ofrecen más posibilidades de análisis para diferentes muestras, más flexibilidad a la hora de procesar los datos, son más sencillos de manejar y a menudo son mucho más económicos que antes.

Las últimas tecnologías en colorimetría permiten la comunicación con estándares digitales, es decir, la precisión de estos instrumentos de medición es tan elevada que prácticamente no se pueden constatar diferencias relevantes de un equipo a otro.

La preparación y presentación de las muestras para la medición del color

Información general

El triplete fuente de luz – observador – objeto también está presente en el análisis espectrofotométrico. En este caso, el instrumento de medición es fuente de luz y observador simultáneamente. Sin embargo, la calidad de los resultados colorimétricos no depende sólo del instrumento de medición, sino también del estado y la preparación de la muestra que desea medirse.

Los instrumentos de medición actuales son aparatos extremadamente precisos que ofrecen unos resultados muy exactos y siempre reproducibles. A un instrumento de medición no se le puede engañar, como puede suceder a menudo con el observador humano. No obstante, a pesar de la exactitud de los aparatos de medición, la medición del color puede verse influenciada negativamente por factores como la temperatura, humedad o preparación insuficiente de las muestras. Por tanto, para evitar mediciones erróneas, deben controlarse todos los factores y establecerse un procedimiento de preparación repetible de las muestras representativas.

En consecuencia, el primer paso es establecer métodos reproducibles y precisos para la preparación de las muestras.

El procedimiento de preparación de las muestras debe ser independiente del usuario, es decir, debe generar muestras idénticas en todo momento, independientemente de qué técnico haya aplicado dicho procedimiento.

La repetibilidad del procedimiento debe controlarse sistemática y periódicamente. De este modo se asegura la obtención de unos resultados óptimos. Además, estas pruebas ayudan a mejorar los métodos para la preparación de las muestras.



La muestra ideal para la medición del color es plana y tiene un color y estructura homogéneos. Sin embargo, en la práctica no todas las muestras cumplen estos requisitos. Por ello, mediante la preparación y presentación de la muestra se intenta descartar la mayor cantidad de errores posible.

Las propiedades de las muestras también pueden verse influidas por determinadas condiciones externas, las cuales, a su vez, pueden producir un efecto negativo sobre el resultado de la medición del color. Estas condiciones pueden ser:

- **Impurezas sobre la superficie de la muestra...**
Para poder realizar mediciones del color reproducibles se da por sentado que la superficie de la muestra debe estar limpia. A menudo es suficiente con la huella de un dedo (p.ej. sobre superficies brillantes) para que un resultado acabe siendo inservible. Por ello se debe limpiar el polvo y los restos de grasa de las muestras, para así eliminar las influencias negativas sobre los resultados de medición.
- **Temperatura y humedad...**
Lo que más comúnmente influye sobre la reproducibilidad de los resultados de medición son la temperatura y la humedad. Por tanto, al realizar la medición deben controlarse estos dos factores. Algunos pigmentos y colorantes (p. ej. amarillo, naranja y rojo) son termocrómicos. Si la fórmula contiene estas sustancias colorantes, durante la medición deberá asegurarse que la temperatura sea constante.
Además, cuando se trata de superficies rugosas (p. ej. productos de revestimiento o textiles mate), la humedad del aire también influye sobre los resultados de las mediciones del color. **La medición debería realizarse en una sala climatizada, en la que las muestras puedan acondicionarse de forma rápida y precisa utilizando una cámara climática.**
- **Presión, grosor, tensión, factor mecánico...**A la hora de medir polvos, p. je. carbonato cálcico, es especialmente importante preparar bien las muestras, porque durante el prensado de las



pastillas la humedad y la presión tendrán una gran influencia sobre el resultado. Las pastillas en polvo son muy higroscópicas, es decir, reaccionan de forma extrema a la humedad. Por tanto, siempre que sea posible, debe medirse el producto final y evitar medir el polvo.

Procedimiento recomendado para la preparación de muestras y la medición del color

1. Selección de pruebas representativas
2. Selección de un método de preparación cuya exactitud de repetición y reproducibilidad estén probadas
3. Aplicación de un procedimiento repetible y fiable para la presentación de las muestras
4. Uso de valores medios para medir superficies no uniformes
5. Definición de un procedimiento para asegurar la calidad y garantía de que todos los implicados en la cadena de suministro siguen el procedimiento de medición acordado
6. Creación de protocolos informativos en los que se describa también el procedimiento utilizado

Epílogo

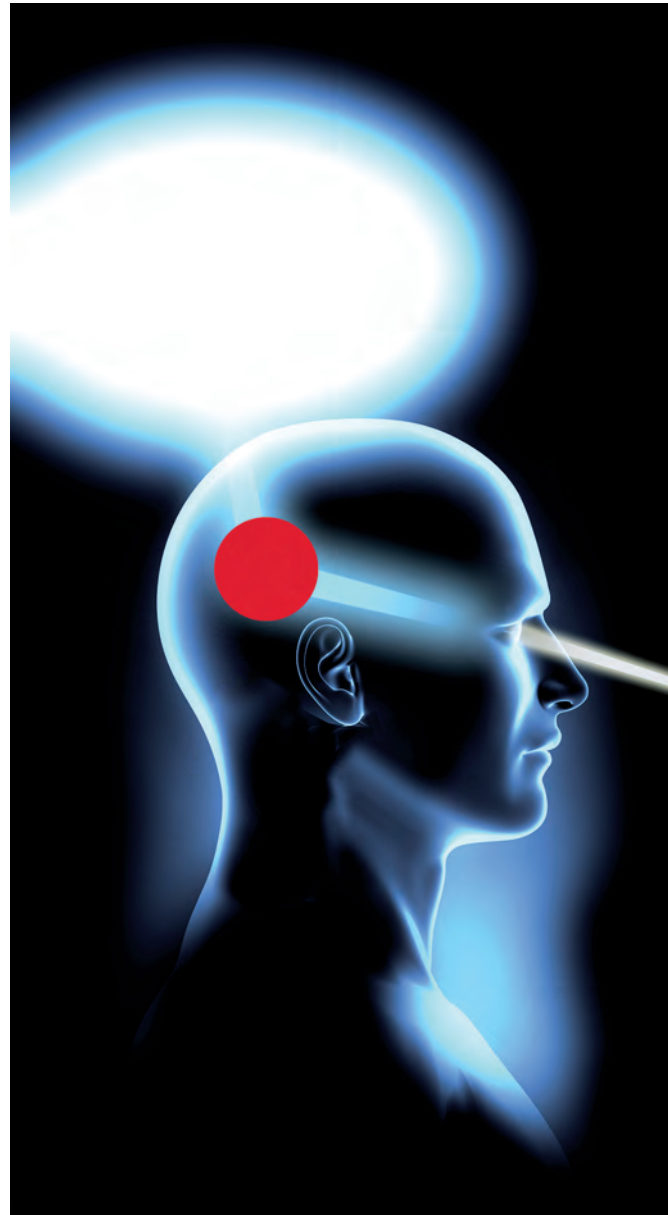
En todas aquellas industrias en las que el color es determinante, la calidad y la rapidez son factores cruciales para alcanzar el éxito. Los compradores de vehículos, ropa, productos electrónicos o electrodomésticos no sólo esperan una buena funcionalidad, sino también un diseño atractivo. En este aspecto, la armonía cromática es una importante característica que marca la diferencia.

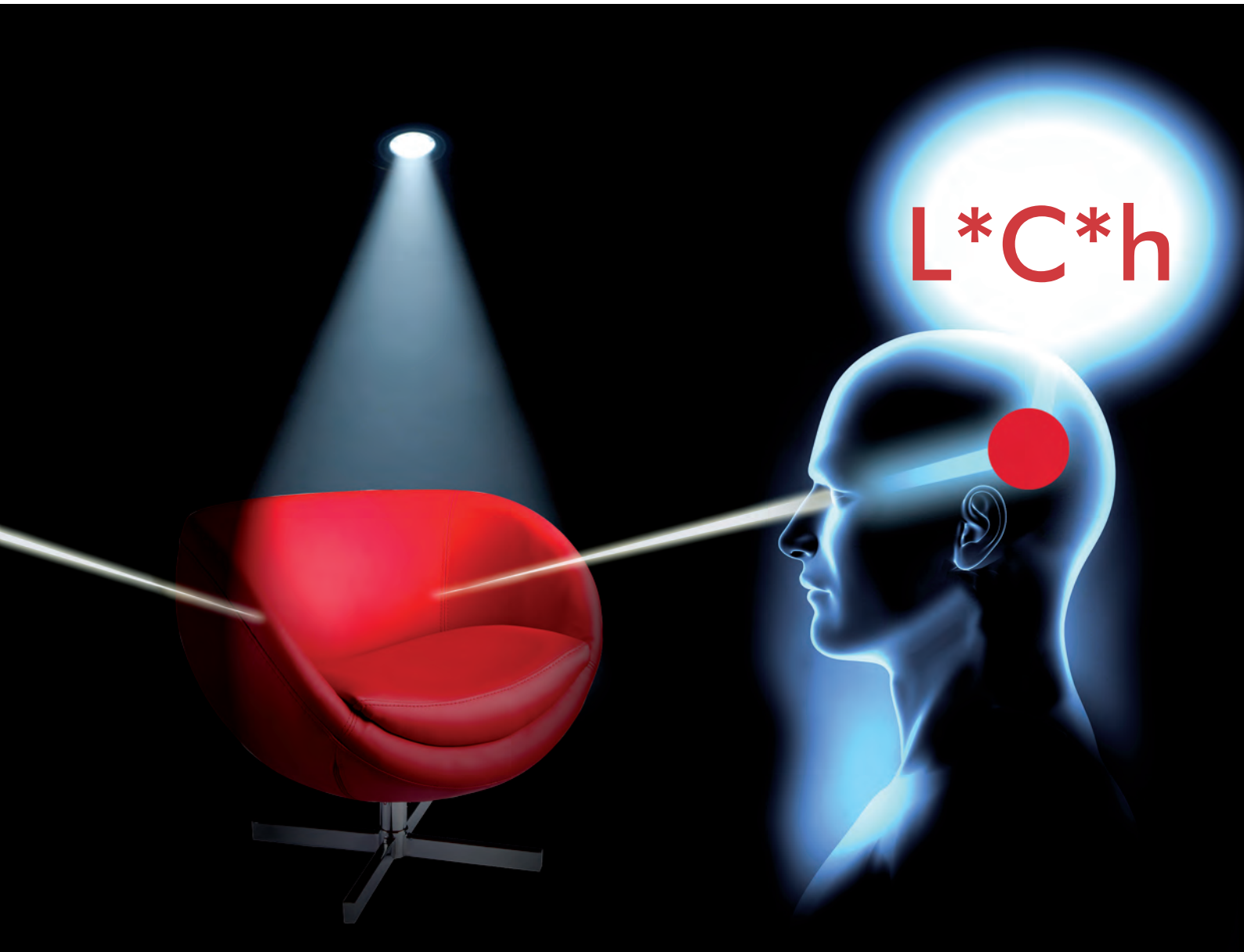
Todos los fabricantes de productos de color son parte de una cadena de suministro, independientemente de lo grande que ésta sea. Durante los últimos 10 años la producción de mercancías se ha internacionalizado cada vez más. Los proveedores ya no se encuentran cerca de los productores, sino allí donde la producción es más eficiente. Sin embargo, los componentes tienen que cumplir en todas partes los mismos elevados requisitos de calidad, independientemente de la fábrica y la ciudad donde se producen. Por tanto, para garantizar una elevada calidad cromática es indispensable contar con un procedimiento que garantice la calidad de los colores según unas normas acordadas.

Perspectivas.

La tendencia en todos los mercados se dirige inconfundiblemente hacia la comunicación digital de los estándares de color. El uso de muestras físicas es caro y arriesgado. En consecuencia, deben utilizarse espectrofotómetros de nueva generación, ya que sólo éstos ofrecen la necesaria coincidencia entre dispositivos.

Una garantía completa de la calidad del color reduce los costes y aumenta la llamada speed-to-market (velocidad de lanzamiento al mercado) y con ello también la competitividad.





La medición del color significa comunicación

Lista de referencias

- Farbe sehen, Corinna Watschke, 01.2009 [www.planet-wissen.de],
- Farbmanagement in der Digitalfotografie (ISBN 3-8266-1645-6), 2006, Redline GmbH, Heidelberg
- Beschreibung und Ordnung von Farben, Farbmeterik, Farbmodelle, DMA Digital Media for Artists – Archiv 2006-2011, Kunstuniversität Linz, Gerhard Funk
- Messen – Kontrollieren – Rezeptieren, Dr. Ludwig Gall [www.farbmeterik-gall.de]
- Farbabstandsformeln, 2012, Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. [www.fogra.org]
- Wikipedia, various articles about color and color measurement [<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbe>]
- Various representations of color models and color spaces [http://www.chemie-schule.de/chemieWiki_120]
- Praktische Farbmessung, Anni Berger-Schunn, 2. überarbeitete Auflage, 1994, Muster-Schmidt Verlag, Göttingen – Zürich
- Farbabstandsformeln in der Praxis, SIP 01.2011
- Schläpfer, K.: Farbmeterik in der grafischen Industrie, 3. Aufl. St. Gallen; UGRA 2002 (Tabelle S. 48)

Datos de publicación

Editor:

Datacolor, Inc. 5 Princess Road, Lawrenceville, NJ 08648, USA

Teléfono: 1-800-982-6497 | Fax: 609-895-7472 | marketing@datacolor.com | www.datacolor.com

Texto:

Gabriele Hiller, Hiller Direct Marketing, Stühren 41, 27211 Bassum, Alemania

www.hiller-direct-marketing.de

Agosto 2019

© Copyright Datacolor. Todos los derechos reservados

EUROPE

Datacolor AG Europe

6343 Rotkreuz

Teléfono: +41 44.835.3800

AMERICA

Datacolor Headquarters

Lawrenceville, NJ

Teléfono: +1 609.924.2189

ASIA

Datacolor Asia Pacific Limited

Hong Kong

Teléfono: +852 24208283