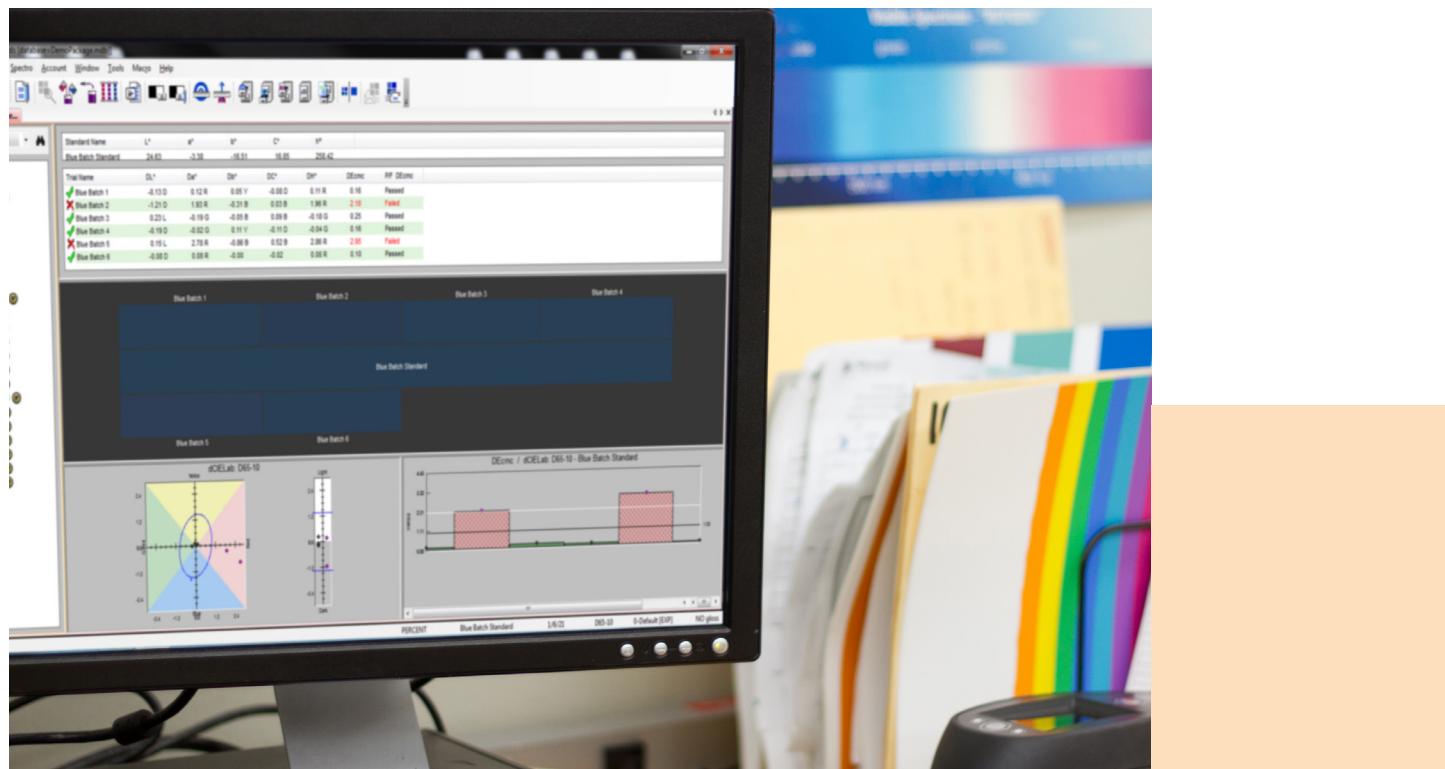


# Tolerancia: la clave para un color preciso



Las tolerancias se usan para controlar el color, asegurar la consistencia en una tirada de producción y minimizar la variabilidad entre lotes. Incluso cuando se usan datos espetrales y tolerancias para cuantificar el color, los clientes y los proveedores aún pueden disentir. Para asegurarse de que las expectativas sean claras y que todos estén alineados, es importante seleccionar y usar el método de tolerancia adecuado para su aplicación. El software de control de calidad Color iQC de X-Rite hace que sea fácil establecer tolerancias realistas y evaluar la calidad del color. Para tomar decisiones informadas sobre aprobación/rechazo debe saber cómo elegir el método correcto de tolerancia y establecer una tolerancia posible.

**Para tomar decisiones informadas sobre aprobación/rechazo debe saber cómo elegir el método correcto de tolerancia y establecer una tolerancia posible.**

## Seleccionar un modelo de color

Los modelos de color más comunes son  $L^*a^*b^*$  y  $L^*C^*h^{\circ}$ . El concepto detrás de ellos es similar a longitud, latitud y altitud. Con tres coordenadas puede describir la ubicación exacta de cualquier sitio en el planeta o, en este caso, cualquier color en el espacio del color.

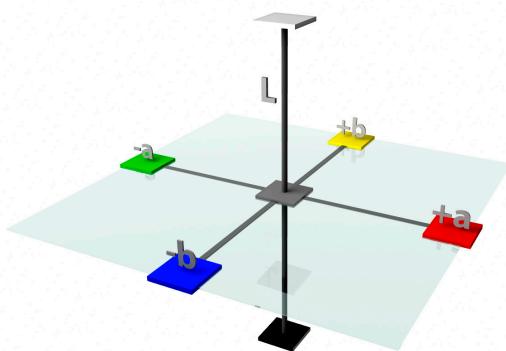


FIGURA 1 – El espacio de color  $L^*a^*b^*$

### $L^*a^*b^*$

CIELAB, o  $L^*a^*b^*$ , fue la primera definición del espacio de color internacionalmente aceptada. Los valores  $L^*a^*b^*$  se calculan a partir de los valores triestímulos (X, Y, Z), los cuales son el eje central de todos los modelos matemáticos del color. La ubicación de un color en el espacio de color CIELAB se define a partir de un sistema de coordenadas tridimensional de forma rectangular (Figura 1):

- $L^*$  indica la claridad o la oscuridad del color;
- $a^*$  es la posición del color en el eje rojo-verde;
- $b^*$  es la posición del color en el eje amarillo-azul.

Una vez que se determina la posición  $L^*a^*b^*$  de un color, se puede dibujar un cuadro de tolerancia alrededor para indicar la diferencia de color aceptable. Pero como la aceptabilidad visual es la forma de una elipse, no un rectángulo, hay algunas zonas en el espacio del color  $L^*a^*b^*$  en las que el uso de un cuadro de tolerancia puede provocar problemas. Se podrían aprobar algunos colores que no deberían ser aprobados y algunos colores aceptables podrían no ser aceptados.

### $L^*C^*h^{\circ}$

Los cálculos de la diferencia del color  $L^*C^*h^{\circ}$  se derivan de los valores  $L^*a^*b^*$ , pero las matemáticas convierten el sistema de coordenadas rectangulares en un sistema de coordenadas polares cilíndricas (Figura 2).

- $L^*$  es igual que en  $L^*a^*b^*$  y representa el plano de claridad.
- $C^*$  es la distancia del vector calculado desde el centro del espacio del color hasta el color medido. Los valores  $C^*$  más grandes indican una cromatidad o saturación mayor.
- $\Delta h^{\circ}$  es la diferencia del tono calculada entre dos colores.

El uso del sistema de coordenadas polares  $L^*C^*h^{\circ}$  para establecer la tolerancia permite que un cuadro de tolerancia rote en orientación al ángulo del tono. Esto iguala aún más la percepción humana del color, lo que reduce la posibilidad de discrepancias entre el observador humano y las lecturas de los instrumentos o los valores.

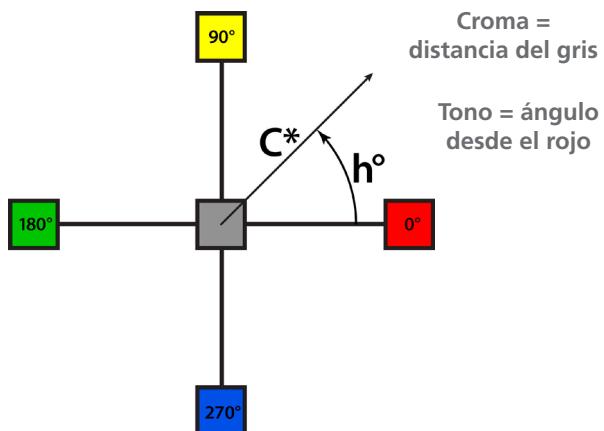


FIGURA 2 – El sistema de coordenadas polares  $L^*C^*h^{\circ}$

## Selección de un método de tolerancia

Si puede simular dos colores en un modelo de color, puede calcular la distancia entre ellos (el Delta) y seleccionar un rango de color aceptable (la tolerancia), similar a calcular la distancia entre dos ciudades en un mapa.

### DE\* (CIELab Delta E)

Delta E es una tolerancia esférica que usa un solo número para medir la diferencia entre dos colores (Figura 3). Considere que está viajando del punto A al punto B. Puede tomar diferentes rutas: eso significa usar  $L^*a^*b^*$  o  $L^*C^*h^{\circ}$ . Delta E\* es una medida de la distancia total entre los dos puntos "a vuelo de pájaro".

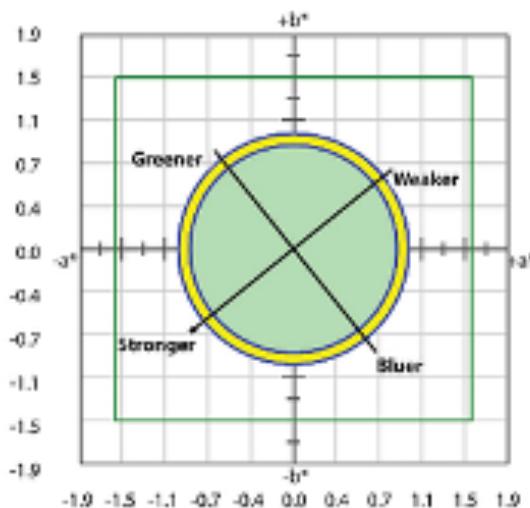


FIGURA 3 – Método de tolerancia Delta E

### DEcmc, DE94, DE2000

Estas tres tolerancias elípticas son progresiones que se usan en matemática y algoritmos para calcular las tolerancias a través de la medición de la distancia entre dos colores (Figura 4). Son únicas porque las tolerancias cambian de forma y tamaño según el color para poder igualar de la mejor manera la visión humana.

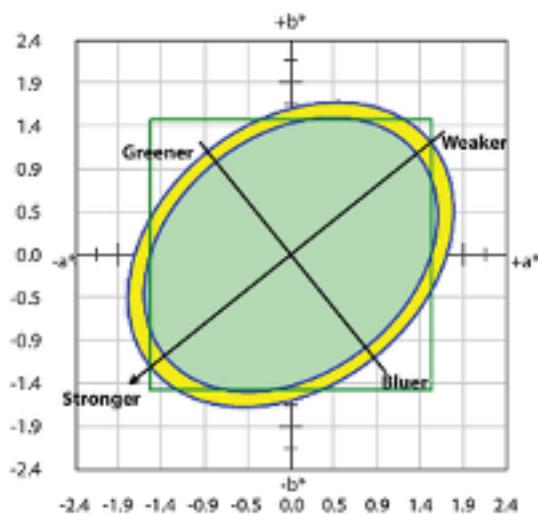


FIGURA 4 – DEcmc, DE94, método de tolerancia DE2000

## Alineación de su tolerancia con la evaluación visual

Como el objetivo es ofrecer un color visualmente agradable, la mayoría de los fabricantes quieren seleccionar un método de tolerancia que concuerde lo más posible con la evaluación visual. Los ojos humanos estarán de acuerdo con una evaluación de aprobación/rechazo de una tolerancia  $L^*a^*b^*$  cerca del 75 % de las veces. Obtendrá una concordancia cercana al 85 % con  $L^*C^*h^{\circ}$  y cercana al 95 % o mejor con CMC2:1. Con DE2000 puede alcanzar una concordancia visual cercana al 98 %.

A veces los clientes especifican qué método de tolerancia deben usar para ganar mercado, pero sugerimos que observe varias métricas para asegurarse de que esté produciendo un buen color. El hecho de que evalúe la aprobación/rechazo con un método no significa que no pueda hacer la evaluación usándolos a todos, y siempre es una buena idea evaluar visualmente los colores que recaen cerca del límite externo de la tolerancia.



## Configuración de una tolerancia posible

Con Color iQC puede configurar tolerancias y evaluarlas con diferentes métricas. Los ejemplos en esta sección ilustran los pasos más importantes para definir una tolerancia posible con los datos de color reales de Color iQC.

### Desarrollo de una tolerancia con muestras reales

Si recién comienza y no ha establecido parámetros de tolerancia, empiece a capturar muestras buenas y malas. Seleccione muestras que su cliente haya y no haya aprobado, luego mida y evalúe al menos 10 a 20 muestras para determinar los límites apropiados.

Por ejemplo, la Figura 5 muestra una simulación de Color iQC usando DEcmc (una tolerancia elíptica) con una cantidad de muestras simuladas. Los que simulan con un círculo verde se encuentran dentro de la tolerancia actual, y los círculos rojos están fuera de la tolerancia. Los círculos rojos que parecen estar en el centro en realidad están fallando ya que están fuera de la elipse tridimensional. Si observa los datos a la derecha, verá que estos círculos rojos son muy oscuros o muy claros. Gráficamente, es muy fácil ver qué muestras se aprobaron y cuáles no.

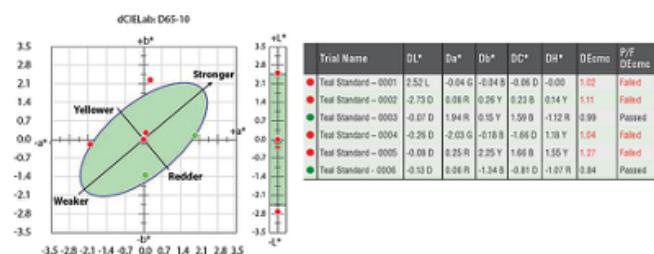


FIGURA 5 – Una simulación usando DEcmc (una tolerancia elíptica) con varias muestras simuladas.

Para este ejemplo, supongamos que las muestras 0001 y 0004 son visualmente aceptables y están aprobadas por el cliente. Como recaen en los valores 1,02 y 1,04, una tolerancia de 1,0 es probablemente muy pequeña. Si ajusta la tolerancia a 1,05, se simularán más muestras con un círculo verde y una marca de verificación verde de aprobación.

Por supuesto, nunca es tan sencillo. No es poco común que un cliente acepte un color con un DEcmc superior a un color que haya rechazado. Por ese motivo, la evaluación visual también es importante. Para definir una tolerancia posible, busque la muestra con el menor DE que quiera rechazar, y asegúrese de que la tolerancia sea menor para evitar que se le pase por alto algo que el cliente rechazaría.

### Haga que su tolerancia sea útil

La diferencia entre un color bueno y uno malo no es tan estricta. Por ejemplo, si su tolerancia es 1,00 no significa que 0,99 es un gran color y 1,01 es pésimo, visualmente son en esencia el mismo color. Definir un margen en Color iQC puede ayudarlo a tomar acciones antes de que se acerque demasiado al límite de la tolerancia.

En este ejemplo en la Figura 6, la tolerancia predeterminada es 1,0 con un margen del 10 %. Los colores por debajo de 0,9 serán aprobados con un círculo verde, los colores por encima de 1,0 serán rechazados con un círculo rojo, y los colores que se encuentren en el medio aparecerán con un círculo amarillo.

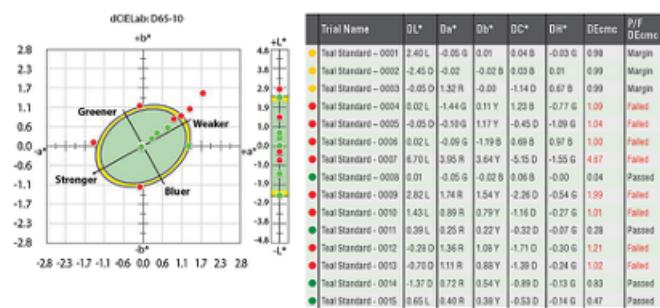


FIGURA 6 – Definición de un margen que puede ayudarlo a tomar acciones antes de que se acerque demasiado al límite de la tolerancia

Si observa las tendencias de producción y ve que el Delta E se encuentra en el margen amarillo, puede detenerse y tomar alguna medida. El margen también le permitirá aprobar círculos verdes con confianza porque sabrá que no corre riesgo de ser rechazados. El margen a definir depende de usted. Simplemente hace que la tolerancia sea un poco más estricta para que pueda evaluar visualmente todo lo que corra el riesgo de ser rechazado durante una inspección del cliente.

## Use múltiples métricas

Mientras que las tolerancias elípticas como Delta E o Delta E CMC son muy buenas para mostrarle los colores que se aprueban y los que se rechazan, no le ofrecen soluciones sobre cómo solucionar los problemas. Recomendamos combinar L\*a\*b\* o L\*C\*H\* (cualquiera de los espacios de color tridimensionales con el que se sienta más cómodo) para corregir los problemas.

En la Figura 6 podemos ver que la segunda muestra (0002) está en el margen, casi en rechazo, pero ¿por qué? ¿Y qué deberíamos hacer para corregir este color antes de que empiece a ser rechazado? Cuando mira a DL\*, Da\* y Db\* puede ver que son 2,45 unidades demasiado oscuras y casi perfectas en Da\* y Db\*. Esto nos da la dirección que necesitamos para ajustar este color para que vuelva a estar dentro de la tolerancia.

Usar Color iQC facilita mantener la tolerancia tanto con Delta L\*a\*b\* (o L\*C\*H\*) y Delta E. La Figura 7 muestra la tolerancia en Delta Ecmc con instrucciones para evaluar también DL\*, Da\* y Db\*. Aunque pareciera simular las mismas cosas, en realidad son dos tolerancias. Para que se apruebe una muestra debe estar dentro del cuadro Y dentro de la elipse, de manera tridimensional.

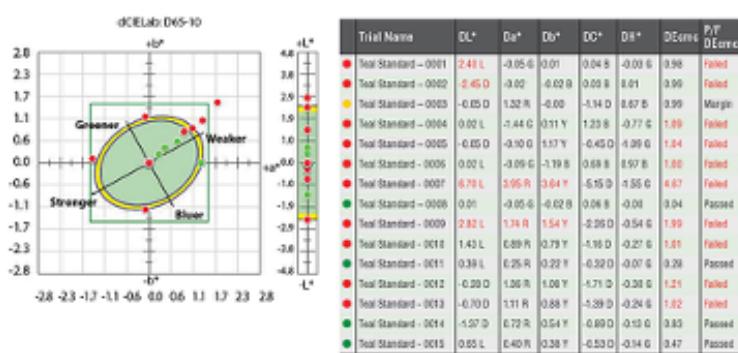


FIGURA 7 –Tolerancia en Delta E CMC con instrucciones para también hacer una prueba DL\*, Da\* y Db\*

Mientras que las dos muestras fueron aprobadas con DEcmc, ambas fueron rechazadas cuando se agregó DL\*, Da\* y Db\*. Aprovechar este método de tolerancia adicional no solo evita que acepte un color que su cliente probablemente rechazaría, sino que también muestra por qué el color falló.

## Conclusión

Si bien Color iQC puede eliminar la subjetividad de la tolerancia, no reemplaza la necesidad de la interacción humana. Asegúrese de entender bien las elecciones que haga en el software e incorpore una evaluación visual para obtener el programa de tolerancia más efectivo.