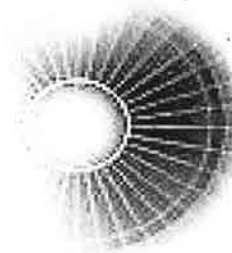
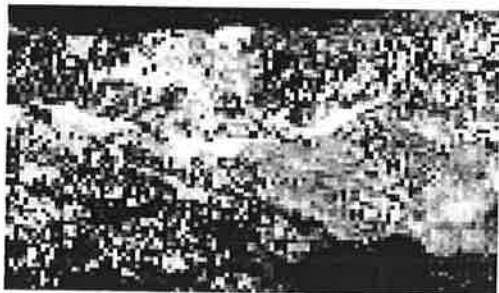
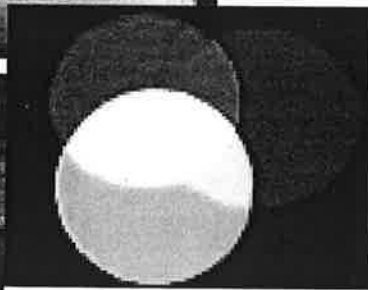
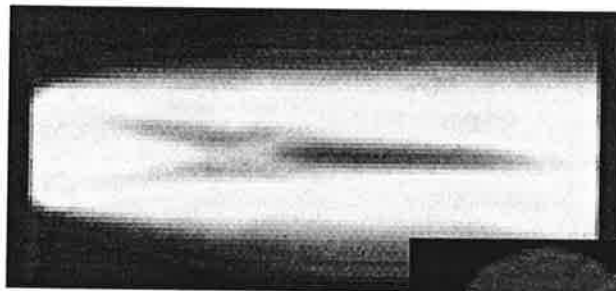
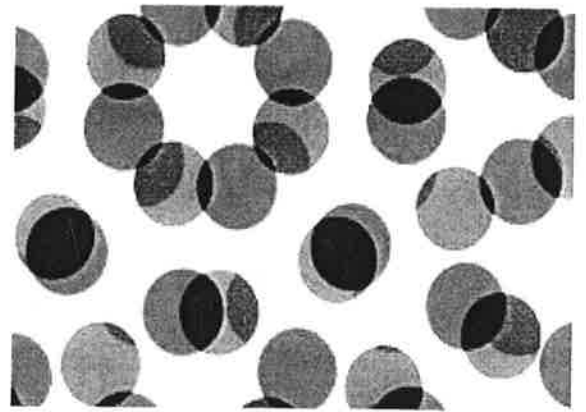
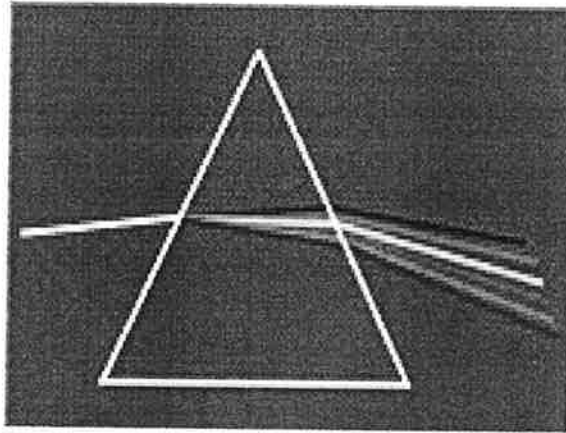


CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL COLOR

2008 WORKSHOP ON
"COLORIMETRY AND COLOR IMAGING"



Título: Ciencia y Tecnología del Color 2008. Workshop on "Colorimetry and Color Imaging"

Editores: Joaquín Campos Acosta y Rafael Huertas Roa, Red Temática "Ciencia y Tecnología del Color"

Depósito Legal: GR-4028/2009

ISBN: 978-84-92680-76-4

Edita e Imprime: Copicentro Granada S.L.

Índice

1. *Evaluating a colour difference formula in a new multistage colour vision model.* E. Chorro, E. Perales, F. M. Martínez-Verdú, D. de Fez, M. J. Luque, P. Capilla 9
2. *Analysis of the modulation transfer function (MTF) spectral behaviour in detector arrays.* A. Fernández-Oliveras, A. M. Pozo, M. Rubiño 13
3. *Color in virgin-olive-oil tasting glasses.* L. Gómez-Robledo, M. Melgosa, F. J. Heredia, M. J. Moyano, R. Roa, R. Huertas..... 20
4. *Iris color evaluation through multispectral systems.* J. Herrera, M. Vilaseca, J. Pujol, M. Arjona, M. de Lasarte 23
5. *Reproducción espectral de valores triestímulo mediante descripciones B-Spline: evaluación del error en el color.* C. Pizarro, J. Arasa, M. de Lasarte, J. Pujol, M. Arjona, M. Vilaseca..... 28
6. *Colorimetric properties of thermoplastic polymers coloured with nanopigments and conventional pigments.* V. Marchante, F. Martínez-Verdú, A. Marcilla, M. Beltrán 33
7. *The use of optimal stimuli in colour appearance modelling.* E. Perales, C. Li, E. Chorro, V. Viqueira, F. Martínez-Verdú, M. R. Luo..... 37
8. *Spectral and photometric analysis of textured surfaces.* C. Plata, J. L. Nieves, E. M. Valero, J. Romero..... 42
9. *¿Son temporalmente estables las fuentes luminosas de las cabinas de iluminación?* R. Roa, R. Huertas, L. Gómez-Robledo, M. Melgosa 46

¿Son temporalmente estables las fuentes luminosas de las cabinas de iluminación?

R. Roa, R. Huertas, L. Gómez-Robledo, M. Melgosa

Departamento de Óptica. Facultad de Ciencias (Edificio Mecenas).
Campus de Fuentenueva, Universidad de Granada, 18071 Granada (España).
Email: rafaroa@ugr.es

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución temporal de distintas fuentes de iluminación disponibles en cabinas de iluminación para evaluar cómo varían sus acuerdos con los iluminantes a los que representan. Para ello se emplean parámetros como la temperatura correlacionada de color, el índice CIE de rendimiento en color, distintas métricas espectrales y las diferencias de color CIEDE2000 entre las muestras de la carta GretagMacbeth ColorChecker iluminadas por la fuente simuladora o por su iluminante asociado. Se concluye que, cuando necesitamos realizar medidas colorimétricas de alta precisión, el estado de la fuente debería ser conocido, ya que es temporalmente dependiente y no siempre se puede asumir que sea idéntico a un iluminante CIE.

Palabras clave: Fuentes de luz, iluminantes, CCT, CRI, CSCM, SCI, RMSE, WRMSE, CIEDE2000.

REFERENCES AND LINKS

- [1] CIE 15:2004, *3rd Edition, Colorimetry*. Technical report, CIE Central Bureau, Vienna (2004).
- [2] R. Huertas, M. J. Rivas, M. Melgosa, M. Sánchez-Marañón, S. Bhosle, J. J. Damelin-court, "Uniformity of lighting in color assessment cabinets", in *SPIE Proceeding of 19th Congress of the International Commission for Optics (ICO XIX)*, Volume 4829, 879-880, Firenze, Italy (2002).
- [3] R. Huertas, R. Roa, M. A. López-Álvarez, L. Robledo, M. Melgosa, "Comparación entre fuentes simuladoras e iluminantes", en *Libro de Actas del VII Congreso Nacional de Color*, 37-38, Madrid, España (2007).
- [4] R. Roa, R. Huertas, M. A. López-Álvarez, L. Gómez-Robledo, M. Melgosa, "Comparación entre iluminantes y fuentes simuladoras", *Opt. Pura Apl.*, **41** (3) 291-300 (2008).
- [5] R. Roa, R. Huertas, L. Gómez-Robledo, M. Melgosa, "Temporal evolution of light sources available in commercial color cabinets", in *Proceedings of 4th Balkan Conference on Lighting – Balkan Light 2008*, 271-278, Ljubljana, Slovenia (2008).
- [6] J. Hernández-Andrés, R. L. Lee Jr., J. Romero, "Calculating correlated color temperatures across the entire gamut of daylight and skylight chromaticities", *Appl. Opt.*, **38**, 5703-5709 (1999).
- [7] CIE Publication 13.3-1995, *Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources*. Technical report, CIE Central Bureau, Vienna (1995).
- [8] CIE Publication 142-2001, *Improvement to industrial colour-difference evaluation*. Technical report, CIE Central Bureau, Vienna (2001).

1. Introducción

En primera aproximación, el color percibido de un objeto depende de la fuente de iluminación o iluminante escogido, de la reflectancia espectral del propio objeto y del Observador Estándar empleado¹. Para el observador, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) recomienda el uso de los Observadores Estándar 1931 ó 1964, dependiendo del ángulo subtendido por la muestra. Estos observadores están definidos por sus respectivas funciones de mezcla. Históricamente, como fuentes de iluminación, la CIE propone los siguientes iluminantes: A, C, D50, D55, D65 y D75. Recientemente se han añadido otros iluminantes que representan lámparas fluorescentes (iluminantes FL1 a FL12). Actualmente, la CIE también proporciona las distribuciones espectrales de nuevas lámparas fluorescentes (FL3.1 a FL3.15) y de lámparas de descarga de alta presión (HP1 a HP5)¹.

Trabajos anteriores nos han mostrado que existe una importante ausencia de uniformidad en las cabinas de iluminación comerciales². Además, estudios previos nos indican que hay diferencias relevantes entre los iluminantes y sus fuentes simuladoras^{3,4}. Otros trabajos indican que es importante conocer el estado de la fuente de iluminación que estamos empleando, ya que es temporalmente dependiente⁵. El objetivo de este trabajo es profundizar en este último punto y por tanto estudiar la evolución temporal de distintas fuentes de cabinas de iluminación comerciales.

2. Método

Se han estudiado tres tipos de fuentes de iluminación: D65, A o F (según la cabina) y TL84, disponibles en dos cabinas de iluminación:

GretagMacbeth Spectralight III y VeriVide CAC 60. Las medidas de la radiancia de las fuentes luminosas fueron realizadas sobre un blanco de referencia PTFE empleando el espectrofotómetro Photo Research SpectraScan PR-704. Dichas medidas se realizaron a las siguientes horas de uso de las fuentes: 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 horas.

Se ha estudiado la evolución del acuerdo iluminante – fuente simuladora empleando las siguientes métricas para la comparación de valores espectrales: RMSE (Root Mean Square Error), WRMSE (Weighted Root Mean Square Error), SCI (Spectral Comparison Index) y CSCM (Colorimetric and Spectral Combined Metric). Una completa descripción de estas métricas se puede encontrar en el anexo final de la referencia⁵. También se ha calculado la temperatura correlacionada de color (CCT)⁶ de las fuentes de iluminación y su índice CIE de rendimiento en color (CRI)⁷. Finalmente se han obtenido las diferencias de color CIEDE2000⁸ entre los chips de la carta GretagMacbeth Color Checker iluminada por las fuentes simuladoras o por sus respectivos iluminantes.

3. Resultados y discusión

En la tabla I se presentan los valores para las distintas métricas. En la primera columna se muestra el promedio entre los distintos valores de las métricas a las diferentes horas de uso. En la segunda aparecen las desviaciones estándar de estos promedios y los coeficientes de variación entre paréntesis. En la tercera y cuarta columnas se presentan los valores máximos y mínimos para cada métrica y las horas a las que las fuentes alcanzan dichos valores.

TABLA I
Métricas para el análisis de datos espectrales.

Fuente	RMSE				WRMSE			
	Promedio	Desv. Est. (CV)	Máx	Mín	Promedio	Desv. Est. (CV)	Máx	Mín
SLIII D65	0.1315	0.0029 (2.2%)	0.1364 (10h)	0.1210 (100h)	0.0121	0.0005 (4.1%)	0.0135 (0h)	0.0110 (100h)
SLIII A	0.0419	0.0012 (2.9%)	0.0440 (75h)	0.0397 (2h)	0.0040	0.0001 (2.8%)	0.0042 (75h)	0.0037 (2h)
SLIII TL84	0.1712	0.0103 (6.0%)	0.2042 (0h)	0.1642 (0.5h)	0.0306	0.0005 (1.8%)	0.0314 (100h)	0.0296 (0h)
CAC 60 D65	0.3796	0.0087 (2.3%)	0.4078 (0h)	0.3738 (1h)	0.0450	0.0030 (6.6%)	0.0549 (0h)	0.0434 (1h)
CAC 60 F	0.0841	0.0037 (4.4%)	0.0909 (100h)	0.0768 (0h)	0.0113	0.0005 (4.8%)	0.0122 (100h)	0.0102 (0h)
CAC 60 TL84	0.1843	0.0071 (3.8%)	0.1905 (100h)	0.1615 (0h)	0.0325	0.0016 (4.8%)	0.0338 (100h)	0.0275 (0h)

Fuente	SCI				CSCM			
	Promedio	Desv. Est. (CV)	Máx	Mín	Promedio	Desv. Est. (CV)	Máx	Mín
SLIII D65	0.0473	0.0016 (3.3%)	0.0519 (0h)	0.0439 (100h)	8.81	0.51 (5.8%)	9.78 (0h)	7.36 (100h)
SLIII A	0.0095	0.0003 (3.1%)	0.0101 (75h)	0.0090 (2h)	9.34	0.40 (4.3%)	9.88 (2h)	8.51 (0h)
SLIII TL84	0.1297	0.0039 (3.0%)	0.1349 (100h)	0.1220 (1h)	24.84	1.90 (7.7%)	26.16 (5h)	18.84 (0h)
CAC 60 D65	0.1795	0.0114 (6.4%)	0.2169 (0h)	0.1728 (1h)	21.16	0.82 (3.9%)	22.42 (100h)	19.40 (0h)
CAC 60 F	0.0262	0.0012 (4.5%)	0.0283 (100h)	0.0239 (0h)	30.82	1.01 (3.3%)	32.65 (100h)	28.88 (0h)
CAC 60 TL84	0.1373	0.0051 (3.7%)	0.1434 (100h)	0.1210 (0h)	24.17	2.79 (11.6%)	26.02 (100h)	15.18 (0h)

En la tabla se observa que los resultados obtenidos para las cuatro métricas no son iguales. Esto se debe a que cada métrica está basada en distintas propiedades de las distribuciones espectrales de las fuentes. También se observa que los valores crecen ligeramente con el tiempo (esto es, el acuerdo iluminante - fuente simuladora empeora con el tiempo), excepto para la fuente D65 de la cabina Spectralight III, en la cual los valores de las métricas disminuyen con el envejecimiento de la fuente.

En la tabla II se muestran los resultados de los cálculos para la CCT. Puede verse como la fuente A de la cabina Spectralight III es la que tiene un menor coeficiente de variación. Por el contrario, la fuente D65 de la cabina CAC 60 es la que tiene el coeficiente de variación más grande. La fuente D65 de la cabina Spectralight III es la única cuya CCT aumenta con el envejecimiento de la fuente. La fuente D65 sufre una gran disminución en la CCT con el envejecimiento.

TABLA II

Evolución de la temperatura correlacionada de color.

Fuente	CCT (K)			
	Promedio	Desv. Est. (CV)	Máx	Mín
SLIII D65	6129 (6500)	36 (0.6%)	6263 (100h)	6084 (2h)
SLIII A	2823 (2856)	6 (0.2%)	2833 (0h)	2814 (2h)
SLIII TL84	3698 (4000)	30 (0.8%)	3761 (0.5h)	3663 (100h)
CAC 60 D65	6117 (6500)	133 (2.2%)	6539 (0h)	5992 (100h)
CAC 60 F	2549 (2856)	13 (0.5%)	2574 (0h)	2527 (100h)
CAC 60 TL84	3747 (4000)	47 (1.2%)	3883 (0h)	3705 (100h)

En la tabla III se muestran los cálculos de CRI. Las fuentes A de la cabina Spectralight III y TL84 de la CAC 60 son las que sufren las menores variaciones en CRI con el envejecimiento. Las variaciones de aproximadamente una unidad en este índice pueden considerarse no significativas para nuestros propósitos. Como las variaciones que hemos obtenido son de este orden o menores, podemos concluir que no son significativas.

TABLA III

Evolución temporal del índice CIE de rendimiento en color.

Fuente	CRI			
	Promedio	Desv. Est. (CV)	Máx	Mín
SLIII D65	95	0.44 (0.5%)	95 (20h)	94 (0h)
SLIII A	98	0.05 (0.1%)	98 (2h)	97 (0h)
SLIII TL84	97	0.27 (0.3%)	98 (0h)	96 (1h)
CAC 60 D65	95	0.44 (0.5%)	96 (0h)	94 (100h)
CAC 60 F	91	0.44 (0.5%)	92 (0h)	91 (100h)
CAC 60 TL84	97	0.09 (0.1%)	97 (0h)	97 (75h)

En la tabla IV se presentan las desviaciones estándar de las diferencias de color entre iluminante y fuente simuladora a lo largo del tiempo en unidades CIEDE2000. En la primera columna mostramos el promedio de estas desviaciones estándar para todos los chips a lo largo del tiempo para cada fuente. En la segunda se encuentra la máxima desviación estándar para cada fuente y el chip que la produce. En la tercera columna se encuentra la mínima desviación estándar y su chip asociado.

TABLA IV

Desviaciones estándar en las diferencias de color CIEDE2000 para los chips de la carta GretagMacbeth ColorChecker.

Fuente	Chips y Desv. Est. en unidades CIEDE2000		
	Promedio	Máx	Mín
SLIII D65	0.055	0.158 (13)	0.003 (24)
SLIII A	0.012	0.030 (15)	0.000 (23)
SLIII TL84	0.056	0.192 (13)	0.001 (24)
CAC 60 D65	0.091	0.409 (13)	0.002 (20)
CAC 60 F	0.039	0.118 (15)	0.002 (24)
CAC 60 TL84	0.120	0.437 (13)	0.000 (24)

Realizando un análisis completo, se encuentra que los chips 8 y 13 tienen las mayores desviaciones estándar en las diferencias de color entre iluminante y fuente simuladora. Además, la fuente A de la cabina Spectralight III es la que presenta las menores variaciones en las diferencias de color con el tiempo. Las mayores desviaciones estándar se obtienen con la fuente TL84 de la cabina CAC 60. Finalmente, puede verse como las muestras acromáticas (chips 19 a 24) sufren las menores variaciones con el envejecimiento de la fuente.

4. Conclusión

Este trabajo está relacionado con el trabajo actual del Comité Técnico de la CIE TC1-44. Se observa que la fuente A de la cabina Spectralight III es la que sufre las menores variaciones con el envejecimiento, atendiendo a la mayoría de los índices. La fuente D65 de la cabina Spectralight III se aproxima mejor a su iluminante asociado conforme envejece. Por el contrario, la fuente D65 de la cabina CAC 60 sufre un envejecimiento más acusado que el resto.

Podemos concluir que, cuando queremos realizar medidas colorimétricas de alta precisión (como experimentos sobre umbrales visuales), es necesario conocer el estado de la fuente de iluminación que estamos empleando, ya que es temporalmente dependiente y no siempre podemos asumir que es idéntica a un iluminante CIE.

Agradecimientos

Proyecto de Investigación FIS2007-64266, Ministerio de Educación y Ciencia, España.