



IX  
CONGRESO NACIONAL  
DEL COLOR  
ALICANTE 2010

ALICANTE, 29 Y 30 DE JUNIO,  
1 Y 2 DE JULIO DE 2010  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



**SEDOPTICA**  
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ÓPTICA  
COMITÉ ESPAÑOL DE COLOR

PUBLICACIONES  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado por evaluadores ajenos a la Universidad de Alicante,  
con el fin de garantizar la calidad científica del mismo.

Publicaciones de la Universidad de Alicante  
Campus de San Vicente s/n  
03690 San Vicente del Raspeig  
Publicaciones@ua.es  
<http://publicaciones.ua.es>  
Teléfono: 965903480  
Fax: 965909445

© Varios autores, 2010  
© de la presente edición: Universidad de Alicante

ISBN: 978-84-9717-144-1

Diseño de portada: candelaInk

Reservados todos los derechos. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

El IX Congreso Nacional de Color cuenta con el apoyo de las siguientes entidades:



**IX CONGRESO NACIONAL DE COLOR  
ALICANTE,  
29 Y 30 DE JUNIO, 1 Y 2 DE JULIO  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE**

Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía  
Facultad de Ciencias

Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías (IUFACyT)  
Universidad de Alicante

## COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente	<b>Francisco M. Martínez Verdú</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Vicepresidente I	<b>Eduardo Gilabert Pérez</b>	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
Vicepresidente II	<b>Joaquín Campos Acosta</b>	<i>IFA-CSIC</i>
Secretaria Científica	<b>Esther Perales Romero</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Secretaria Administrativa	<b>Olimpia Mas Martínez</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Secretaria Técnica	<b>Sabrina Dal Pont</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Tesorero	<b>Valentín Viqueira Pérez</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	<b>Elísabet Chorro Calderón</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	<b>Verónica Marchante</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	<b>Bárbara Micó Vicent</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	<b>Elena Marchante</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	<b>Ernesto R. Baena Murillo</b>	<i>Universidad de Alicante</i>

## COMITÉ CIENTÍFICO

<b>Natividad Alcón Gargallo</b>	<i>Instituto de Óptica, Color e Imagen, AIDO</i>
<b>Joaquín Campos Acosta</b>	<i>Instituto de Física Aplicada CSIC</i>
<b>Pascual Capilla Perea</b>	<i>Universidad de Valencia</i>
<b>Ángela García Codoner</b>	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
<b>Eduardo Gilabert Pérez</b>	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
<b>José M<sup>a</sup> González Cuasante</b>	<i>Universidad Complutense de Madrid</i>
<b>Francisco José Heredia Mira</b>	<i>Universidad de Sevilla</i>
<b>Enrique Hita Villaverde</b>	<i>Universidad de Granada</i>
<b>Luis Jiménez del Barco Jaldo</b>	<i>Universidad de Granada</i>
<b>Julio Antonio Lillo Jover</b>	<i>Universidad Complutense de Madrid</i>
<b>Francisco M. Martínez Verdú</b>	<i>Universidad de Alicante</i>
<b>Manuel Melgosa Latorre</b>	<i>Universidad de Granada</i>
<b>Ángel Ignacio Negueruela</b>	<i>Universidad de Zaragoza</i>
<b>Susana Otero Belmar</b>	<i>Instituto de Óptica, Color e Imagen, AIDO</i>
<b>Jaume Pujol Ramo</b>	<i>Universidad Politécnica de Cataluña</i>
<b>Javier Romero Mora</b>	<i>Universidad de Granada</i>
<b>M<sup>a</sup> Isabel Suero López</b>	<i>Universidad de Extremadura</i>
<b>Meritxell Vilaseca Ricart</b>	<i>Universidad Politécnica de Cataluña</i>

## CARACTERÍSTICAS COLORIMÉTRICAS DE UNA PANTALLA CON TECNOLOGÍA OLED

**Esther Perales**, Elisabet Chorro, M<sup>a</sup> Carmen García-Domene, Dolores de Fez  
Dpto. de Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante, Alicante.  
esther.perales@ua.es

### Resumen:

En este trabajo presentamos las características colorimétricas de una pantalla OLED, valorando la luminancia, rango dinámico, constancia de primarios, aditividad y dependencia de canales, además de comprobar si puede aplicarse un método físico de caracterización.

**Palabras clave:** tecnología OLED, caracterización

### INTRODUCCIÓN

El proceso de generación de la radiación en la pantalla de un dispositivo de visualización depende del tipo de pantalla. Actualmente, podemos encontrar en el mercado pantallas de rayos catódicos (CRT), de cristal líquido (LCD), de plasma, multiprimarios y de diodos orgánicos e inorgánicos de emisión de luz (OLED, LED). En este trabajo nos centraremos en los dispositivos OLED. Son diodos que se basan en capas electroluminiscentes formadas por películas de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos.

Para generar correctamente colores en una pantalla es necesario caracterizarla. El método físico más conocido y utilizado es el método “gain-offset-gamma” (GOG) [1, 2], que ajusta perfectamente los resultados en el caso de las pantallas CRTs, pero no necesariamente en otros casos [3 - 5]. Este modelo supone considerar constancia de las cromaticidades de los primarios así como independencia entre canales y la ley de aditividad de los valores triestímulo, cosa que no siempre es cierta y que en ocasiones puede ocasionar falta de precisión entre el color predicho por el modelo y el color medido. Es razonable pensar que el conjunto de circuitos digitales para otra tecnología sea diseñado imitando o reproduciendo el comportamiento de un CRT tal que las imágenes presentadas al usuario parezcan similares. Es por esto que, dependiendo del dispositivo, existe la posibilidad de caracterizar la función de transferencia electro-óptica igual que para un CRT.

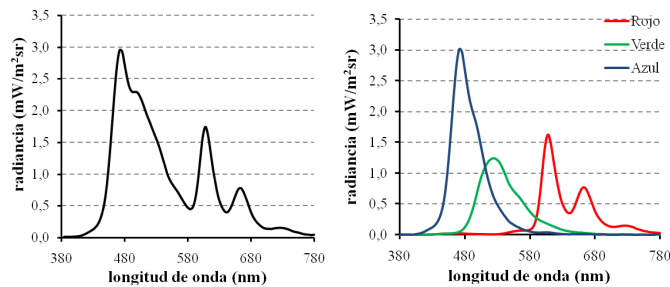
### MATERIALES Y MÉTODOS

Como la mayoría de las pantallas OLED disponibles en el mercado forman parte de dispositivos de reducido tamaño (móviles principalmente) se optó por una de las de mayor tamaño que forma parte de un dispositivo mp3, el reproductor digital CREATIVE ZEN, modelo DAP- HD0019, con un tamaño en diagonal de 2 pulgadas, una resolución espacial de 1280 x 1024, y una resolución de color de 8 bits, lo que proporciona 262144 colores.

Se ha procedido a evaluar diferentes características de la pantalla OLED: características espectrales, luminancia y contraste, constancia de la cromaticidad de los primarios, aditividad tanto a nivel de luminancia como a nivel de valores triestímulo y función de transferencia electro-óptica evaluada en diferentes regiones de la pantalla para valorar su uniformidad. Para todas las medidas colorimétricas se ha utilizado el tele-espectro-radiómetro SpectraScan PR-650.

## RESULTADOS

En primer lugar se obtuvo la distribución espectral del blanco y de los primarios RGB del dispositivo, en el rango de longitud de onda de 380 a 780 nm con un paso de 4 nm para estímulos con el nivel de encendido al máximo. La medida para el negro no está incluida por ser inferior a la sensibilidad del instrumento de medida.



**Figura 1.** Distribución espectral del blanco del dispositivo (izquierda) y de los primarios RGB del dispositivo (derecha).

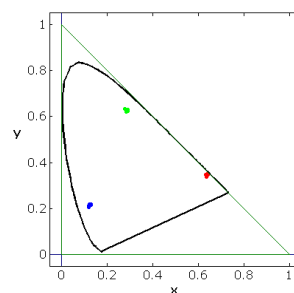
Se puede comprobar que el blanco no corresponde exactamente a la suma de las distribuciones espectrales de los tres primarios RGB, por tanto, a priori se podría decir que existe una dependencia entre canales.

La luminancia de los tres primarios RGB y del blanco pueden observarse en la Tabla 1, junto a los resultados para el contraste máximo y el rango dinámico (DR). El DR es muy superior a las capacidades que hoy en día tiene un típico CRT. Sin embargo, la luminancia máxima para el blanco sólo es algo inferior a lo que suele ser habitual en un CRT, por lo que un DR tan elevado se debe a la reproducción del negro con valores muy bajos de luminancia.

**Tabla 1.** Luminancia máxima y rango dinámico obtenidos para los tres canales-color (RGB) y el blanco

	R	G	B	W
$L_{max}$ (cd/m <sup>2</sup> )	18.8	46.55	30	88.3
$C_{max}$	0.98	0.99	0.99	0.99
DR	111 : 1	161 : 1	200 : 1	434 : 1

La constancia de cromaticidad de los primarios se evaluó obteniendo las coordenadas cromáticas para 10 valores de encendido de los fósforos. Puede observarse en la Figura 2 que este dispositivo presenta casi una perfecta constancia de primarios, lo que a priori nos garantizaría poder utilizar la matriz de primarios para su caracterización.



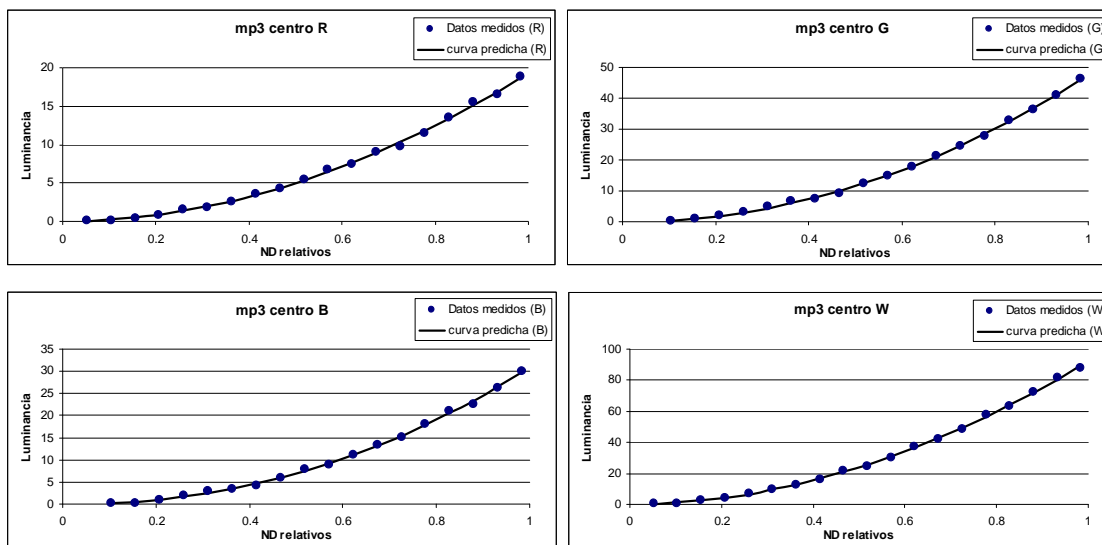
**Figura 2.** Representación de las coordenadas cromáticas en el espacio CIE<sub>xy</sub> de los primarios RGB a diferentes niveles de encendido para comprobar la constancia de cromaticidad de los primarios.

La aditividad se estudió únicamente para el blanco, comparando los valores triestímulo del blanco con la suma de los valores triestímulo de los primarios rojo, verde y azul.

**Tabla 2.** Valores triestímulo medidos para el blanco de la pantalla comparados con la suma de los tres primarios RGB.

	X	Y	Z
<b>blanco</b>	68.87	88.30	95.11
<b>R+G+B</b>	73.63	95.40	99.44
<b>dif (%)</b>	6.91	8.04	4.55

Puede comprobarse que la pantalla OLED se aleja bastante de la ley de aditividad, sobre todo en el caso de la luminancia (8%). Este hecho, en principio implicaría no utilizar un método de caracterización físico, ya que no podría usarse la matriz de primarios. Pero como existen diferentes soluciones/aproximaciones a este problema, evaluamos la relación existente entre el nivel digital y la luminancia de la pantalla, es decir, medimos la función de transferencia electro-óptica para conocer si, a pesar de todo, se ajusta a la típica curva “gamma” característica de los CRTs. En la figura 3 pueden observarse los resultados obtenidos para el punto central de la pantalla para cada uno de los canales. La curva obtenida se ajusta relativamente bien a la curva típica de los CRTs, por tanto, a la vista de estos resultados también podríamos utilizar el método GOG para la caracterización a falta de corregir el error de la aditividad. En cualquier caso, teniendo en cuenta que estas pantallas en la actualidad forman parte de dispositivos pequeños como teléfonos o reproductores de video y en el futuro se prevé su uso en televisores, puede que la reproducción exacta del color sea una exigencia demasiado fuerte. Hay que tener en cuenta que ninguno de estos dispositivos será usado en principio para realizar experimentos visuales.

**Figura 3.** Función de transferencia electro-óptica para cada canal RGB y para el blanco.

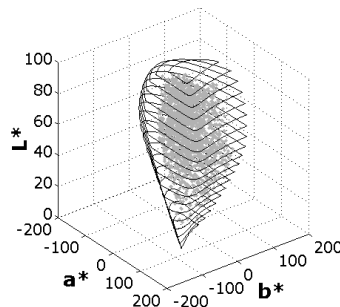
Para complementar el estudio de las características de esta pantalla OLED, se realizó un estudio sobre la uniformidad de esta pantalla. Para ello se repitieron las medidas en otras 4 regiones de la pantalla, obteniéndose que las funciones de transferencia electro-óptica presentaban ajustes similares a las obtenidas para el punto central, pero no ocurría lo mismo con los valores de luminancia. Encontramos una fuerte dependencia del valor de luminancia con la posición, de forma que la aditividad de luminancia se mantiene mejor en un lado de la pantalla que en el otro. Esto nos lleva a pensar en un problema de diseño de conexiones en el dispositivo.



**Tabla 3.** Resultados del ajuste GOG ( $L=a*n^9$ ) para el blanco, así como de la aditividad de la luminancia. Los puntos corresponden a: 1-superior izquierda, 2-superior derecha, 3-inferior derecha, 4-inferior izquierda, 5-centro

Punto	R+G+B	Blanco	dif (%)	a	g	r
1	91.173	93.235	2.2	93.235	1.947	0.968
2	89.717	80.732	11.1	80.732	1.959	0.967
3	91.436	85.876	6.5	85.876	1.963	0.967
4	96.695	93.944	2.9	93.944	1.946	0.968
5	95.40	88.30	8.0	89.344	1.943	0.968

Por último, considerando el método GOG, se obtuvieron los colores reproducibles. A partir de los valores  $L^*a^*b^*$  se calcularon cuántos colores distinguibles existen del total de colores reproducibles. Para este cálculo se utilizó una técnica de análisis jerárquico [6] donde las agrupaciones se realizaron considerando la ecuación  $\Delta E^*_{ab} < 1$ . Se obtuvo que de los 262144 colores reproducibles, existen 196324 colores distinguibles por el sistema visual humano. En la Figura 4 se puede observar el conjunto de colores reproducibles (puntos grises) junto con el sólido de color teórico asociado al blanco.



**Figura 4.** Comparación entre el sólido de color teórico y los colores reales reproducidos.

## CONCLUSIONES

Se han estudiado diferentes características de una pantalla OLED. Se ha comprobado que esta pantalla presenta un gran rango dinámico y contraste, superior a los típicos CRT, buena constancia de primarios, pero una baja luminancia máxima, falta de uniformidad espacial y aditividad y una mejorable gama de colores reproducible. Sería necesario un estudio más profundo con diferentes pantallas para ver si este comportamiento es común para cualquier OLED, así como analizar más extensamente los problemas de uniformidad y la caracterización colorimétrica más adecuada.

## AGRADECIMIENTOS

A la Generalitat Valenciana por la concesión del proyecto GV06/185. Esther Perales agradece al Ministerio de Investigación y Ciencia la beca recibida (BES-2006-13518).

## REFERENCIAS

- [1] R.S. Berns: "Methods for Characterizing CRT Displays", *Displays* 16, 173-182 (1996).
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), *The relationship between digital and colorimetric data for computer-controlled CRT displays*, Publication 122 (CIE: Vienna, 1996).
- [3] M. D. Fairchild, D.R. Wyble: "Colorimetric Characterization of the Apple Studio Display (Flat Panel LCD)", Munsell Color Science Laboratory Technical Report, 1998.
- [4] L. Seime, J.Y. Hardeberg: "Colorimetric characterization of LCD and DLP projection displays", *J Society Information Display*, 11, 349-358 (2003).
- [5] J.B. Thomas, J.Y. Hardeberg, I. Foucherot, P. Gouton: "The PLVC Display Color Characterization Model Revisited", *Col. Res. Appl.*, 33, 6, 449-460 (2008).
- [6] J. Hartigan, *Clustering Algorithms* (John Wiley & Sons: New York, 1975).