

# Herramienta para la valoración de la capacidad de discriminación del color de observadores normales y defectivos mediante un test de ordenación de color, reproducido en un entorno de realidad virtual

Halina Cwierz<sup>1\*</sup>, Francisco Díaz-Barrancas<sup>1</sup>, P. J. Pardo<sup>1</sup>, A. L. Pérez<sup>2</sup> y  
M. I. Suero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos, Universidad de Extremadura, Centro Universitario de Mérida, C/Santa Teresa de Jornet 38, Mérida E06800, España*

<sup>2</sup> *Departamento de Física, Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias, Avda. de Elvas s/n, Badajoz E06071, España*

<http://grupoorion.unex.es>

## 1. Introducción

La realidad virtual (VR) se está introduciendo, en mayor o menor medida, en casi todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana. Cuando oímos VR, generalmente lo asociamos a los videojuegos, pero actualmente podemos encontrar VR en visitas a museos, en el sector del turismo, en el ámbito de la medicina (simuladores para la formación médica, tratamientos de fobias y traumas psicológicos), simulaciones de vuelo, simulaciones para conductores, aplicaciones de meditación, en el sector inmobiliario, tiendas, cine, retransmisiones en directo, en el ámbito educativo, etc. El uso de la VR en algunos casos puede suponer una reducción de costes y del grado de contaminación, como el caso de simuladores de vehículos, además de mejorar las habilidades de los usuarios. En otros casos, el aprendizaje de determinados conocimientos se puede acelerar, ya que las aplicaciones con VR muestran los contenidos de forma más atractiva.

En trabajos previos, los autores han puesto de manifiesto que el color es uno de los factores más influyentes de cara a mejorar la calidad de la experiencia de VR en términos de generación de la imagen virtual en relación con la original [1]. En consecuencia, la mejora de la fidelidad en la reproducción cromática puede considerarse como un paso adicional adecuado hacia la evolución de la calidad de los sistemas de realidad virtual.

En este trabajo se ha realizado un estudio de las herramientas que existen en el mercado en entornos de VR para simular la experiencia de los usuarios que padecen deficiencias en la visión de color (CVD) y las herramientas de VR que permiten detectar la CVD. Se proporciona una descripción de estas herramientas y se presenta una propuesta propia, desarrollada usando el software de *Unity* [2] y el dispositivo de visualización Head Mounted Display (HMD) *HTC Vive*. El objetivo es poder valorar la capacidad de discriminación del color de observadores normales y defectivos mediante un test de ordenación de color en un entorno de realidad virtual. El entorno virtual que se ha generado permite a los observadores realizar el test de ordenación del color *Farnsworth-Munsell 100 Hue* y obtener una valoración de su capacidad de discriminación del color.

## 2. Herramientas y aplicaciones disponibles en el mercado para VR

En la actualidad, las principales aplicaciones o complementos relacionados con VR que se encuentran en el mercado son: “Experience: Colorblindness” y “ColorBlind Effect”, que describiremos a continuación.

**Experience: Colorblindness** es un juego de realidad virtual, que se anuncia en la página de *Steam Storage* con el interrogante: “¿Te has preguntado alguna vez cómo las personas con deficiencias visuales ven el mundo?”. En esta página ofrecen la posibilidad de experimentar esta sensación, mediante juegos que simulan comprar frutas o pintar. Además, incluye un test de visión del color. Este juego, está disponible de

---

\* e-mail: hccwierz@unex.es

forma gratuita en *Steam* [3], plataforma de distribución digital desarrollada por *Valve Corporation* y que está relacionada con videojuegos en ordenador. Es necesario un visor de VR, que podría ser: *HTC Vive*, *Oculus Rift* o *Windows Mixed Reality*.

**ColorBlind Effect:** Es un complemento (plugin) para Unity que produce determinados efectos sobre los colores mostrados en la pantalla. La escena inicial del ejemplo que proporcionan (Fig. 1 a) es para una visión normal, pero nos permite cambiar el parámetro Type del script "colorblind", a los tres tipos más comunes de ceguera al color (Protonopia, Deuteranopia y Tritanopia). Es de sencilla configuración y control. Compatible con todas las rutas de renderizado de Unity (Forward, Deferred y Legacy) y anti-aliasing. No hay impacto de rendimiento perceptible. Funciona con componentes GUI (con el modo de renderizado Canvas establecido en Screen Space - Cámara). Se recomienda a los diseñadores de videojuegos, ya que les puede servir de ayuda para diseñar una mejor experiencia de usuario y ver cómo perciben los juegos las personas con deficiencias visuales.

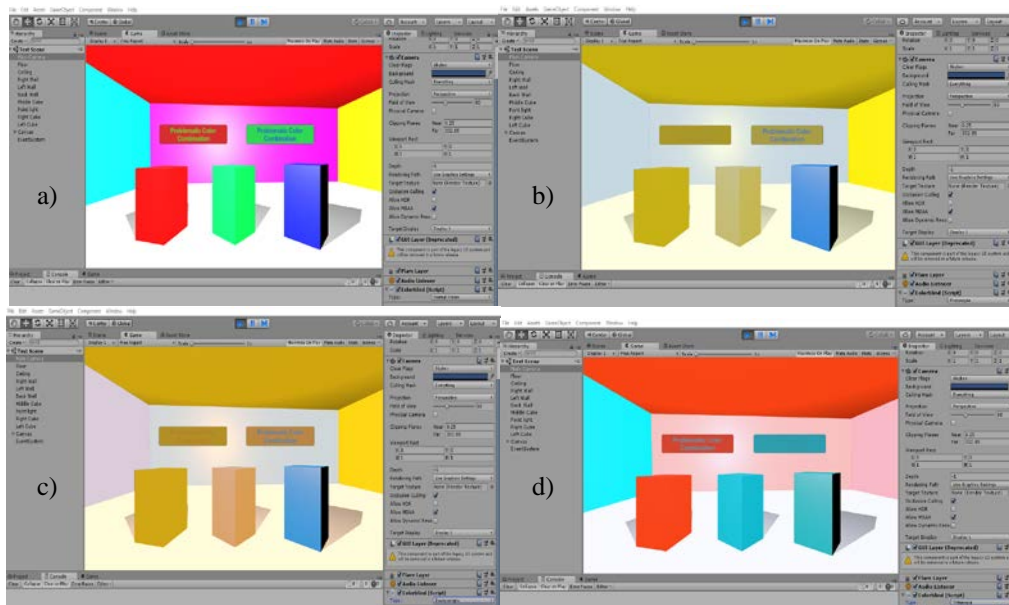


Figura 1: Ejemplo de funcionamiento de ColorBlindEffect en Unity. a) Visión Normal b) Protonopia c) Deuteranopia d) Tritanopia

### 3. Test de visión del color.

El origen de los test de visión del color responde a un triple aspecto histórico:

- El descubrimiento de casos aislados de ceguera al color.
- La introducción de nuevas teorías e hipotéticos tipos de defectos.
- La detección de anomalías en personas cuyo trabajo a desempeñar pueda verse influenciado.

En la actualidad, existen diferentes pruebas para detectar la deficiencia cromática, las describimos a continuación:

#### *Pruebas Pseudoisocromáticas*

Este tipo de pruebas se basa en la utilización de láminas compuestas de pequeñas superficies coloreadas (fondo) de las que destacan unas zonas también coloreadas que forman una figura que será solo visible para observadores normales en unas ocasiones y en otras sólo será visible por observadores anómalos o defectivos. El Test de Ishihara, es probablemente el test pseudoisocromático más extendido.

#### *Pruebas de ordenación*

Otro tipo de test de visión cromática son las llamadas pruebas de ordenación que, como su propio nombre indica, consisten en la clasificación secuencial de sus elementos constituyentes en función de su

tono o saturación. Los modelos más extendidos son el *100-Hue* y el *Dichotomous de Farnsworth y Munsell (1943)* y a los que posteriormente se ha unido una versión reducida del primero 15-Hue y otra versión del mismo desaturado D-15.

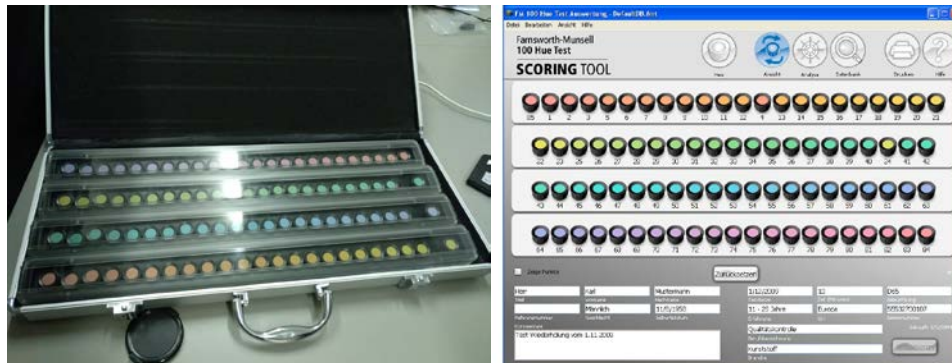


Figura 2: Farnsworth Munsell 100 Hue Test Kit (izda.) y aplicación de evaluación (dcha.)

El test *FM100-Hue*, editado en 1943, es un test de discriminación de color constituido por 8 cápsulas de referencia y 84 cápsulas para ser manipuladas, con colores pertenecientes a la escala de *Munsell* tales que entre dos colores vecinos exista una variación en su tono, pero manteniendo iguales sus luminancias y saturaciones. Los colores seleccionados para completar las 85 cápsulas fueron elegidos para que se distribuyesen a lo largo de una circunferencia en el diagrama cromático de escala uniforme (U.C.S.D.) de *Farnsworth* [4].

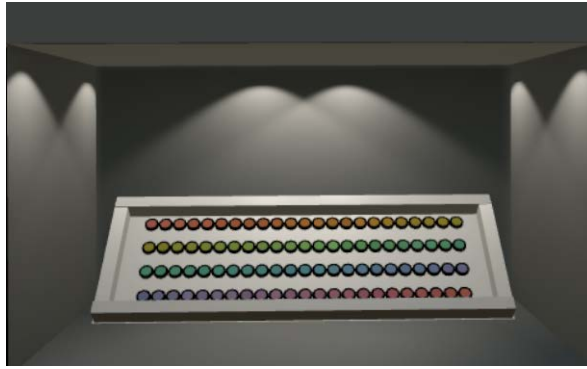
#### 4. Metodología

Como se ha indicado anteriormente, nuestro principal objetivo es desarrollar e implementar una prueba completa de *Farnsworth Munsell 100 Hue*, en un entorno VR controlado, para realizar una evaluación efectiva. Una de las ventajas de la VR es que suprimimos los factores externos que podrían modificar los resultados de una prueba, ya que el observador al ponerse las gafas de realidad virtual, se abstrae del mundo que lo rodea, sumergiéndose en el entorno que crearemos para esta experiencia.

Para conseguir nuestro objetivo, hemos introducido un Sistema de Gestión de Color (CMS) en el software de Unity, cuyo espacio de color nativo es RGB. Se ha partido de la caracterización cromática del dispositivo de visualización HMD *HTC Vive* y la definición de su perfil colorimétrico asociado. Se ha introducido la biblioteca de gestión de color *LittleCMS* y, mediante transformaciones colorimétricas, se han calculado los valores triestímulos de diferentes fuentes de luz definidas por su distribución espectral de potencia. Posteriormente, se ha aplicado una transformación de color desde el espacio de color CIE XYZ 1931 al espacio de color RGB nativo de Unity, a través de los perfiles ICC y el sistema de gestión del color.

En cuanto a las muestras del test *FM-100 Hue*, se ha medido la reflectancia espectral de las 85 cápsulas del test, y se han introducido en el software Unity a modo de textura que permite atribuir un color distinto a cada muestra del test. Cada vez que se cambia la fuente luminosa en el entorno de realidad virtual, se realiza el proceso de cómputo de los nuevos colores RGB que se mostrarán en cada cápsula del test. Este cómputo se realiza utilizando el sistema gestor de color y otras funciones propias que permiten el cálculo colorimétrico partiendo de las reflectancias espectrales.

En cuanto a la metodología de aplicación del test, inicialmente se muestran al observador todas las muestras ordenadas (Fig. 3) para posteriormente mostrar únicamente las muestras pertenecientes a una única fila de forma aleatoria, dejando la primera y última cápsulas fijas (Fig. 4). El observador, con un mando del dispositivo *HTC Vive*, debe colocarlas en el orden que considere correcto y al terminar la prueba, incluyendo las cuatro filas, se lleva a cabo la evaluación de la sesión y se calcula la puntuación obtenida.



**Figura 3:** Ejemplo de simulación en Unity de las 85 cápsulas del test 100-Hue ordenadas



**Figura 4:** Simulación de la escena en Unity para ordenar la primera fila del test 100-Hue desordenadas

## 5. Resultados y Conclusiones

El resultado de este trabajo de investigación es el desarrollo y puesta a punto de una herramienta que permita evaluar la capacidad de discriminación del color en observadores normales y defectivos en un entorno de realidad virtual en términos similares al test *FM-100 Hue*. Para ello se han desarrollado técnicas de gestión del color en dispositivos de realidad virtual. En el futuro inmediato se procederá a validar la herramienta comparándola con el test original y mediante la evaluación de observadores reales.

### Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo de las subvenciones GR18131 e IB16004 de la Junta de Extremadura y ha sido parcialmente financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

### Bibliografía

- [1] P. J. Pardo, M. I. Suero y Á. L. Pérez, “Correlation between perception of color, shadows, and surface textures and the realism of a scene in virtual reality”, *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 35, n° 4, pp. B130-B135, 2018.
- [2] “Unity Technologies”, 2019. [En línea]. Available: <https://unity.com/es>. [Último acceso: 2 April 2019].
- [3] “Steam. Experience: Colorblindness”, iNFINITE Production, 27 Nov 2018. [En línea]. Available: [https://store.steampowered.com/app/979100/Experience\\_Colorblindness/](https://store.steampowered.com/app/979100/Experience_Colorblindness/). [Último acceso: 5 Feb 2019].
- [4] K. Bowman, “The farnsworth dichotomous test - the panel D-15”, *The Australian Journal of Optometry*, vol. 56, n° 1, pp. 13-24, 1973.