



---

## EVALUACIÓN DEL COLOR EN MATERIALES MULTIMEDIA. UNA EXPERIENCIA CON EYE TRACKING

### ASSESSMENT OF COLOR IN MULTIMEDIA MATERIALS. AN EXPERIENCE WITH EYE TRACKING

Óscar Navarro Martínez; [oscarnavarromartinez@gmail.com](mailto:oscarnavarromartinez@gmail.com)

*C.P. San José de Calasanz*

Ana Isabel Molina Díaz; [anaisabel.molina@uclm.es](mailto:anaisabel.molina@uclm.es)

Miguel Lacruz Alcocer; [miguel.lacruz@uclm.es](mailto:miguel.lacruz@uclm.es)

*Universidad de Castilla-La Mancha*

#### RESUMEN

A lo largo de las dos últimas décadas se ha producido en el ámbito educativo un importante desarrollo tecnológico, generalizándose el uso de materiales multimedia en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El objetivo de este artículo es mostrar el uso de una técnica de evaluación de materiales educativos novedosa: la técnica de eye tracking. Para mostrar un caso de aplicación de esta técnica de evaluación se realizó una experiencia en la cual fue incluido un dispositivo de seguimiento de la mirada en el proceso de recogida de datos. En el experimento se mostró una presentación con información en blanco y negro, frente a otra en la que se hace uso del color. Una vez analizados los datos concluimos que se realiza un aprendizaje más eficiente cuando señalamos algunas áreas de interés con colorido que permiten resaltar aquellas zonas en las que queremos que los niños centren su atención. Frente a otros estudios que pueden llegar a esta misma conclusión, el empleo de técnicas de seguimiento ocular proporciona una forma de validar de forma objetiva, cuantitativa y fisiológica dicho resultado.

**PALABRAS CLAVE:** Materiales multimedia, seguimiento ocular, color, Educación Primaria, evaluación, eficiencia.

## ABSTRACT

A significant technological development in the educational area there has been in the last two decades, and now the use of multimedia materials in the teaching and learning process is widespread. The objective of this article is to show the use of an innovative educational materials evaluation tool: the eye tracking technique. An experiment involving an eye tracking device in the data collection process was carried out in order to show the application of this evaluation technique. A presentation with information in black and white was compared with another in which colors are used. Once analyzed the data it is concluded that a more efficient learning occurs when color is used to highlight some areas of interest in which we want the pupils to focus their attention.

**KEYWORDS:** Multimedia materials, eye tracking, color, Primary Education, assessment, efficiency.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo se está experimentando una importante transformación del proceso de enseñanza y aprendizaje debido al gran desarrollo tecnológico que se ha producido en la sociedad en general. Es muy importante que todo el sistema educativo tome conciencia de estas necesidades, pues “la velocidad a la que se producen las innovaciones y los cambios tecnológicos exige actualizar continuamente los conocimientos” (Martín-Laborda, 2005).

Según explica Marquès, “los temas de atención preferente en la investigación educativa dentro del campo de conocimiento de la Tecnología Educativa han ido evolucionando de acuerdo con la aparición de las diversas teorías psicológicas sobre el aprendizaje, los planteamientos didáctico-curriculares dominantes, y el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones” (Marquès, 1999).

Muchas veces los materiales multimedia utilizados en los centros educativos son innecesariamente difíciles de entender y complicados de usar tanto por el profesorado como por el alumnado. Las dificultades en el manejo de software requieren tiempo y esfuerzo y que en ocasiones causa frustración y no anima a que los alumnos utilicen estos recursos. Es muy difícil especificar las características y atributos que debería presentar la estructura de estos materiales, pero sí se pueden dar unas pautas. En gran medida también dependerá del contexto en el que se utilice el producto (Bevan & Macleod, 1994).

Cada situación educativa requerirá un diseño de intervenciones educativas que consideren elementos contextuales, siendo “factores clave para el logro de los objetivos educativos que se pretenden”. Las estrategias de enseñanza se adaptarán a las características de los alumnos, los recursos disponibles, así como los objetivos y contenidos, determinando la utilización de medios y metodologías en un marco concreto, aportando a los alumnos los necesarios sistemas de información, motivación y orientación

(Marquès, 2001).

Cervera afirma que “los materiales didácticos no son buenos o malos en un sentido absoluto: en unos supuestos son más efectivos unos que otros. Para acertar con la elección, es fundamental que el profesor identifique claramente qué quiere conseguir, qué contenidos va a abordar, cómo va a hacerlo y cuál es su situación y la de sus alumnos” (Cervera et al., 2010). Podemos afirmar que los recursos multimedia tienen “como propósito acercar al estudiante a la realidad de su aprendizaje, potencializando la representación de información”, e integrando las actuales tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumno para lograr los objetivos didácticos que nos proponemos (Poveda, 2010).

Todo este entorno exige un continuo reciclaje y ajuste a los requerimientos y demandas de las emergentes tecnologías, y obliga a realizar un esfuerzo formativo encaminado a asimilar las competencias derivadas del uso de las tecnologías digitales. De no ser así implicará “entrar en la nómina de los nuevos analfabetos tecnológicos” (Area, 2009).

A la hora de diseñar materiales educativos multimedia válidos y útiles para nuestra actividad pedagógica es prioritario que dichos materiales sean de calidad, que sean usables. Si atendemos a la definición del concepto usabilidad (ISO 9241-11, 1998), es la “eficacia, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico”. En torno a estos dos primeros conceptos gira la presente investigación. Se pretende rentabilizar al máximo la utilización de materiales multimedia, logrando una mayor eficacia en el rendimiento académico de los alumnos, o la misma eficacia, pero con una mayor eficiencia. En la misma línea podemos encontrar otros estudios en los que indaga acerca de la creación de ambientes de aprendizaje de máxima efectividad y eficiencia de los materiales educativos multimedia (Aleven, Rau, & Rummel, 2012) (Mayer, 2010) (Pretorius, Calitz, & van Greunen, 2005) (Tsai, Hou, Lai, Liu, & Yang, 2012).

Esta investigación incluye la utilización de la técnica de seguimiento ocular (en inglés, eye tracking), la cual permite grabar fijaciones (puntos de estabilización de la mirada) que realiza un individuo al visualizar un contenido mostrado en pantalla. A partir de dichas fijaciones se pueden calcular una serie de métricas que permitirán evaluar y comparar de forma objetiva distintas configuraciones de los materiales mostrados (“Tobii,” 2014). A continuación se realiza una breve reseña sobre la utilización del color en la elaboración de presentaciones multimedia, basándose en varios autores que han investigado sobre el tema. Posteriormente se presenta la técnica de seguimiento ocular como una herramienta muy útil y objetiva en la evaluación y valoración de elementos multimedia, describiendo una experiencia del uso del color en presentaciones multimedia con el uso de esta técnica. Por último, se exponen las conclusiones del experimento realizado.

## **2. UTILIZACIÓN DEL COLOR EN PRESENTACIONES MULTIMEDIA**

Esta investigación centra su interés en el uso del color, siendo éste un componente esencial en el diseño. Debe ofrecer simplicidad, equilibrio y armonía en su aspecto,

resaltando algunos elementos en los que se quiera enfocar la atención (Infante, 2003). Es de especial relevancia la utilización de una combinación adecuada de colores que permita diferenciar y distinguir los componentes por saturación, brillo y tono (Johnson, 2010) (Ware, 2008). Es muy recomendable el uso de colores primarios y cálidos cuando se elaboran materiales que van dirigido a niños (Romero, 2003). Podemos encontrar algunas experiencias (con individuos adultos) que utilizan técnicas similares para analizar los efectos del color ante la observación de textos y/o ilustraciones (McMurray & Aslin, 2004) (García-Hernández, 2008) (Ozcelik, Karakus, Kursun, & Cagiltay, 2009) (Boucheix & Lowe, 2010) (Boucheix, Lowe, Putri, & Groff, 2013).

Únicamente el canal negro-blanco es capaz de transmitir con mucho detalle, siendo esencial el contraste para el detalle que se muestra. Es muy válido para texto, líneas finas y texturas finas. Igualmente esencial para mostrar la forma de superficies curvas a través de sombreado (Ware, 2008).

Si queremos dirigir al lector a un punto de nuestro interés, podemos usar colores llamativos como el naranja, rojo y amarillo (Delgado, 2010). Sin embargo no se deben utilizar demasiado porque pueden provocar cansancio y no desempeñarán la función que les hemos encomendado. En nuestro caso hemos seleccionado el color rojo para señalar las áreas de interés que observarán nuestros alumnos.

Se ha utilizado esta metodología para analizar la respuesta de los individuos cuando observan distintas combinaciones de los colores más representativos como el negro, blanco, amarillo, rojo, azul y verde (García-Hernández, 2008). Aunque debemos tener en cuenta que hay algunas combinaciones de colores oponentes que será necesario evitar para que no afecten a la percepción del individuo: color rojo-verde, amarillo- azul y negro-blanco (Ware, 2008).

También se ha comparado la utilización del color frente al blanco y negro para señalar alguna zona de especial relevancia para el participante (Boucheix & Lowe, 2010). En la misma línea que esta investigación, se ha estudiado la codificación por colores para promover un aprendizaje más efectivo, esperando que los participantes encontraran elementos asociados entre el texto y la ilustración en un formato de color, en contraposición a un formato convencional (Ozcelik et al., 2009).

Podemos encontrar tres factores de presentación que pueden afectar a nuestra capacidad para distinguir los colores entre sí. La primera es la palidez. Cuanto más pálido (menos saturado) sea un color, será más difícil distinguirlo. Igualmente será más complicado cuanto más pequeña o delgada sea la superficie coloreada. También, dependiendo de la separación entre las áreas coloreadas, habrá una mayor o menor dificultad para distinguir los tonos de color usados. Podemos hablar de unos factores externos que influyen en la habilidad para distinguir colores, como son la variación entre pantalla a color, la escala de grises, el ángulo de visualización o el ambiente de iluminación. También hay una serie de condicionantes de la percepción humana del color, con una serie de limitaciones y fortalezas: nuestra visión está optimizada para detectar contraste (bordes), no brillo

absoluto; nuestra capacidad para distinguir los colores depende de la cantidad de colores que se presentan; algunas personas tienen daltonismo; y la pantalla del usuario y las condiciones de visualización afectan a la percepción del color (Johnson, 2010).

Si queremos establecer unos principios generales a la hora de diferenciar con colores las distintas áreas de una presentación, podemos citar los aportados por Alpiste et al.: el color es complementario, se agrega en forma modesta, para resaltar puntos cruciales, dar advertencias y cuando existe un cambio de modo en una aplicación; dependiendo de las diferentes culturas, los colores pueden tener distintos significados; el color se justifica cuando la aplicación está enriquecida con muchos elementos gráficos; la gente no puede discriminar fácilmente pequeñas áreas de color, no se recomienda en objetos muy pequeños; los textos en negro sobre fondo blanco son más fáciles de leer; el color azul es el más ilegible y menos sensibilizador del ojo, se deben evitar sombras, líneas muy delgadas o textos en este color (Alpiste, Brigos, & Monguet, 1993).

### 3. APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO OCULAR (EYE TRACKING) PARA LA EVALUACIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS MULTIMEDIA

En el experimento que se detalla a continuación se utiliza la técnica de seguimiento ocular o eye tracking. Hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten localizar el punto concreto en el que fija la mirada una persona. De esta forma se puede saber qué áreas observa, durante cuánto tiempo y qué orden sigue en su exploración visual. El dispositivo que se utiliza se denomina eye tracker. Envía rayos infrarrojos a los ojos del usuario, que rebotan en su pupila y vuelven al dispositivo de rastreo, lo que permite calcular con precisión dónde está mirando el individuo.



Figuras 1. Dispositivo Tobii X60 (eye tracker)

En este caso concreto se utilizó un dispositivo modelo Tobii X60 (Figura 1) para realizar el seguimiento (eye tracker), además de un software específico (Tobii Estudio 3.0.5.301) necesario para la calibración, el diseño de la presentación, la recogida de datos y el posterior cálculo de las diferentes métricas. Esta marca es posiblemente una de las empresas de referencia de esta técnica, ofreciendo distintos tipos de dispositivos.

El utilizado en este experimento es de seguimiento remoto, en el que el eye tracker permanece fijo debajo del monitor y el usuario se sienta enfrente para realizar la grabación (Figura 2). También podemos encontrar otro tipo de aparato que se instala sobre la cabeza, con unas gafas que incorporan la cámara y los infrarrojos. Estos últimos son adecuados para testear entornos de exterior. Nuestro estudio se adaptaba mejor al primer tipo ("Tobii," 2014).

El eye tracking tiene un gran potencial de aplicación en una amplia variedad de disciplinas y áreas de estudio, desde el marketing y la publicidad hasta la investigación médica o la psicolingüística, pasando por los estudios de usabilidad (Hassan & Herrero, 2007). Pero en el ámbito educativo cada vez es más frecuente la aparición de estudios referentes a la evaluación de materiales educativos (Hyönä, 2010) (Tsai et al., 2012) (Ozcelik, Arslan-Ari, & Cagiltay, 2010) (Jamet, 2014). La mayoría de investigaciones realizadas centra su trabajo en las etapas de Educación Secundaria y Universitaria. En los últimos años, aunque en menor proporción, podemos encontrar trabajos realizados con alumnos de Educación Primaria e incluso de varios meses de vida (Mason, Tornatora, & Pluchino, 2013) (Mayer, 2010) (Sim, Cassidy, & Read, 2013) (Navarro, Molina, & Lacruz, 2014).

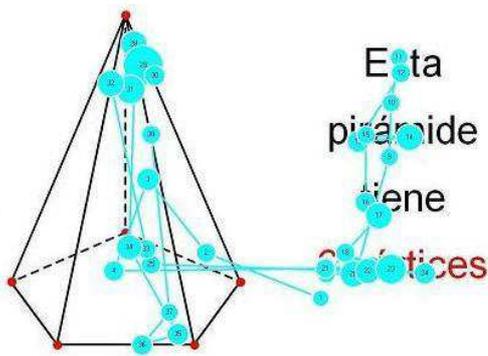


Figura 2. Ejemplo de scanpath

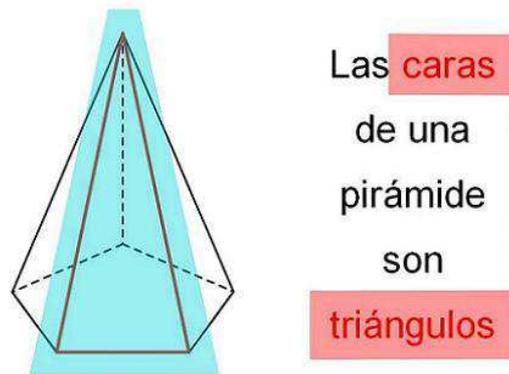


Figura 3. Áreas de interés (AOIs)

Cuando alguien observa una escena, el rastreo ocular no se realiza secuencialmente, sino que se producen saltos o movimientos muy rápidos que se denominan sacadas. Entre una sacada y la siguiente se produce una fijación. Durante este periodo, el individuo mira la zona enfocada y la técnica de eye tracking registra todas estas fijaciones. En la Figura 2 podemos ver la secuencia de fijaciones que genera un alumno al mirar una pantalla. Cada círculo es una fijación y su tamaño es directamente proporcional a la duración de la misma. El grafo resultante de la serie de fijaciones generadas y las sacadas recibe el nombre de scanpath. Nos permite representar gráficamente la ruta de exploración visual o rastreo ocular que ha seguido el individuo. Para extraer información en las métricas comentadas, más adelante se señalan una serie de áreas de interés (AOIs) en la pantalla o imagen observada en pantalla. Las AOIs son las áreas de la pantalla de las cuales queremos analizar la atención visual de los usuarios (esto es el tiempo que dedican a mirar dicha área o las veces que la consultan). Puesto que queremos evaluar contenido

multimedia, se crearán AOIs asociadas a las zonas de la pantalla que contienen la información más relevante o que se pretende transmitir mediante las imágenes y textos mostrados en la presentación multimedia (Figura 3).

Analizando estas áreas concretas y la disposición de las fijaciones en las mismas, podremos evaluar y comparar diferentes configuraciones de los materiales expuestos.

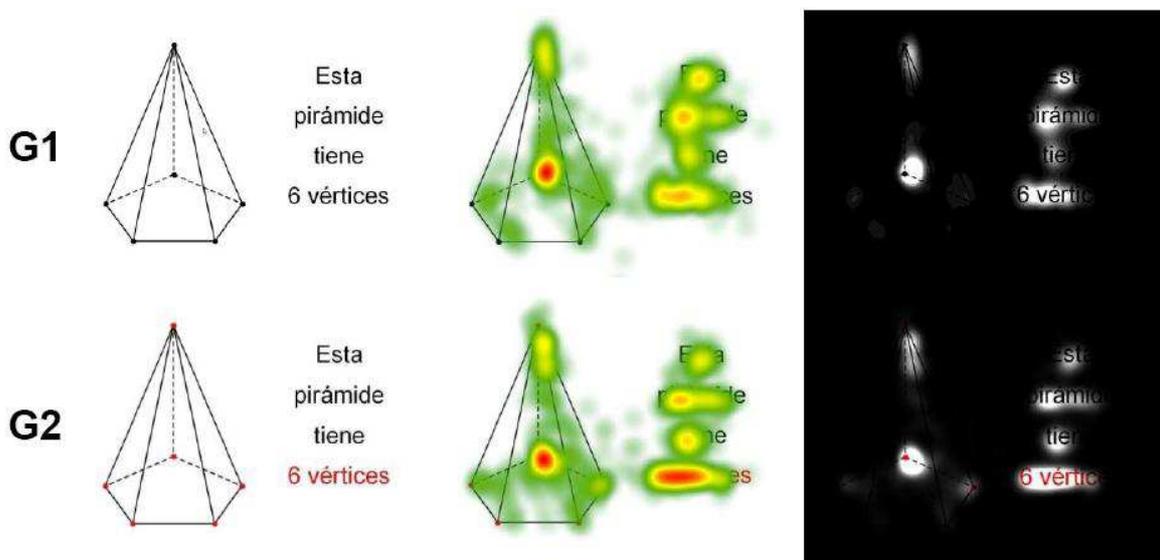


Figura 4. Ejemplo de una de las diapositivas presentada, mapas de calor y mapas de opacidad.

También podemos obtener información mediante otra representación estática, denominada mapas de calor (heatmaps) y, su representación inversa, los mapas de opacidad (gaze opacity). En la Figura 4 se muestra una de las diapositivas mostradas al Grupo 1 (de Control) y al Grupo 2 (Experimental). Al lado podemos observar los heatmaps, en los que se observan áreas con una mayor densidad de fijaciones, marcando con el color rojo las zonas de mayor afluencia, y gradualmente varía hacia tonalidades amarillas y verdes según disminuye la cantidad de fijaciones. Se aprecian principalmente diferencias en el rastreo de los textos, fijando más la mirada los alumnos del Grupo 2 en las palabras que están señaladas en rojo, tal y como era nuestra intención con la configuración presentada. Respecto a las imágenes, encontramos más similitud, aunque también hay ligeramente más fijaciones para el Grupo Experimental, principalmente en tres de los vértices. En la imagen contigua aparecen los mapas de opacidad, que aportan la misma información pero de un modo diferente. Cuando una zona ha sido más observada, se aprecia con más nitidez.

Pero la información más relevante que obtenemos tras una sesión de eye tracking la proporcionan las métricas que registra el eye tracker, a partir de las fijaciones que realizan los alumnos. Podemos calcular una serie de indicadores que nos van a aportar una información precisa sobre cómo se ha producido el rastreo ocular. En función del dispositivo y el software utilizado se obtienen diferentes métricas. El principal inconveniente es la diversidad y cantidad de ellas que se pueden utilizar, no habiendo

unanimidad sobre la conveniencia de emplear unas u otras (Hyönä, Lorch, & Rinck, 2003).

Hay una gran variedad de métricas que miden aspectos como la atención, complejidad o la utilidad de la información contenida en una AOI (Jacob & Karn, 2003) (Poole & Ball, 2005) (Birkett, Galpin, Cassidy, Marrow, & Norgate, 2011) (Mason, Tornatora, et al., 2013) (Bojko, 2013). En este experimento se han seleccionado varias de estas métricas, aunque los resultados de esta investigación se han basado en las que nos informan si se produce una mayor o menor eficiencia. Pueden ser observadas en la Tabla 1.

Métricas Eye-tracking	Definición
Time to First Fixation (TFF)*	Tiempo hasta la primera fijación en un área de interés
Fixations Before (FB)*	Número de fijaciones antes de centrar la mirada en un área de interés
Otras métricas	Definición
Fixation Count (All-Sc)	Número total de fijaciones en la pantalla
Fixation Count (FC/All-Sc)	Proporción de fijaciones en un área de interés

Tabla 1. Registro de las fijaciones en las áreas de interés (AOI)

\* Se detallan las fijaciones en imágenes (Im), textos (Tx) y teniendo en cuenta ambas (All).

El dispositivo de seguimiento ocular también podría registrar información de otras métricas como el diámetro de la pupila, la duración total o el número de fijaciones en las AOIs, duración de la primera fijación o el número y duración de las visitas realizadas a cada AOI. Sin embargo no aportan información de especial relevancia en nuestra investigación y nos hemos centrado en las mencionadas anteriormente.

#### 4. EXPERIENCIA DE EVALUACIÓN DEL USO DEL COLOR EN PRESENTACIONES MULTIMEDIA MEDIANTE EYE TRACKING

En esta sección se describe una experiencia en la que se pretende testear uno de los principios de aprendizaje multimedia de Richard Mayer (Mayer, 2003) (Mayer, 2005) (Mayer, 2010): el Principio de Señalización (Signaling Principle). Dicho principio hace referencia a que los alumnos realizan un mejor aprendizaje si se añaden señales que resaltan la organización de los elementos más relevantes. Podemos encontrar varios trabajos que hacen referencia a este principio en concreto (Ozcelik et al., 2010) (Mayer, 2010) (Kiili & Ketamo, 2010).

El objetivo de este experimento fue investigar los efectos del color en una presentación multimedia dirigida a alumnos de 7 y 11 años. Esta investigación se llevó a cabo en un colegio público de Tomelloso (Ciudad Real). El equipo directivo del centro, así como los alumnos y tutores del segundo y sexto curso de Educación Primaria colaboraron en este estudio. Estos dos niveles educativos fueron seleccionados porque representan dos estadios del desarrollo clave con características muy diferentes desde el punto de vista psicoevolutivo. Nuestra hipótesis de investigación fue:

**H<sub>1</sub>:** Se producirá una mayor eficiencia en la retención de contenidos si se destaca un área

con colorido de un fondo en blanco y negro. Inicialmente, 89 estudiantes participaron en el experimento. Debido a que algunos alumnos no calibraron bien o no se registraron correctamente las fijaciones, sólo se consideran los datos de 79 alumnos (42 niños y 37 niñas), con una edad media de 7,4 años (SD =0,36) para segundo curso y 11,57 años (SD =0,38) en sexto.

Los materiales presentados a los estudiantes consistían en presentaciones realizadas con diferente software (Adobe Flash CS5, PowerPoint 2007, Gimp y Paint). El material estaba compuesto de diferentes imágenes en las que se incluyó color con diferentes formatos. Al final de la presentación, los participantes completaron una actividad destinada a determinar el nivel de asimilación de los contenidos que se muestran. Estos contenidos están enmarcados en el anexo II del Real Decreto 1513/2006 de 7 de diciembre, que establece las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Los contenidos pertenecen al bloque de contenidos número tres del área de las matemáticas (geometría), que se refiere a "la identificación y descripción de formas planas, sus elementos, así como la situación en términos de ángulos y giros, y el reconocimiento de simetrías y regularidades"

(RD 1513/06, 2006). Algunos estudios anteriores también centraron su trabajo en el área de Matemáticas (Andrà et al., 2009) (Moreno & Durán, 2004), e incluso haciendo referencias explícitas a las figuras geométricas (García-Hernández, 2008).

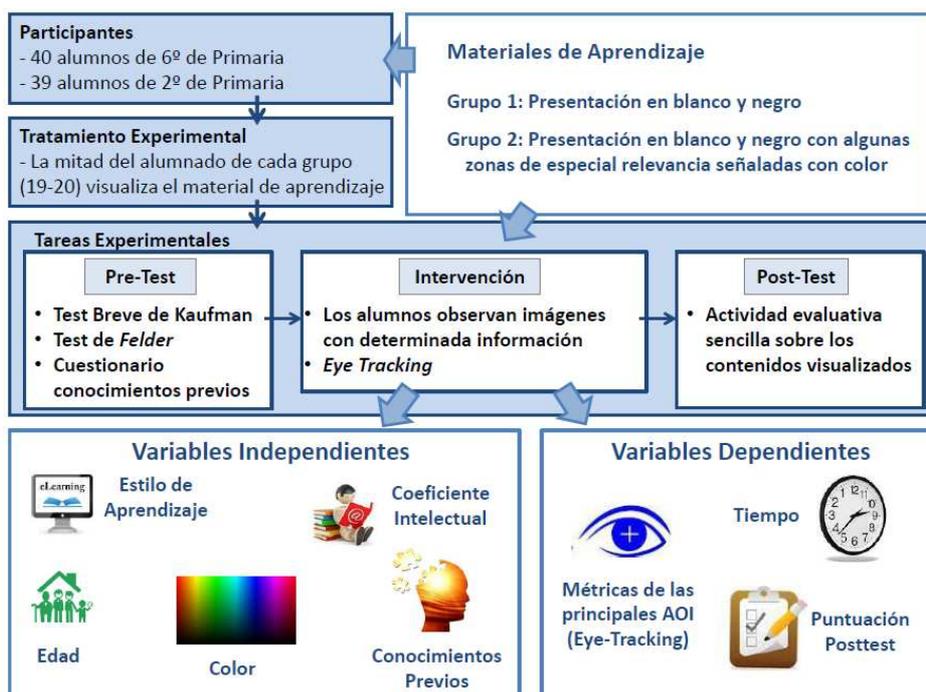


Figura 5. Esquema de la investigación

En la Figura 5 podemos ver el esquema que se ha seguido para realizar esta investigación. Se utilizó el método de Muestreo por Cuotas (Kish, 1972) para la composición de dos grupos homogéneos, a partir de los resultados obtenidos en el Test Breve de Inteligencia

de Kaufman (Kaufman & Kaufman, 2011) y el Inventario de Estilos de Aprendizaje de Felder (Felder & Silverman, 1988). Estas pruebas se utilizan para conocer el coeficiente intelectual y el estilo de aprendizaje respectivamente. A partir de esta muestra se establece un Grupo Experimental (Grupo 2) a cuyos participantes se les mostró la versión que incluyen color en la presentación, y un Grupo Control (Grupo 1) al que se les presentó la versión en blanco y negro.

Los alumnos realizaron individualmente un cuestionario sobre conocimientos previos de los contenidos que aparecerían a continuación. Esta prueba, en consonancia con otras prácticas similares (Mason et al., 2013), contenía preguntas abiertas en las que se pidió a los alumnos dibujar y escribir su conocimiento sobre ese tema. Después de realizar dicho cuestionario, se realizó la fase de calibrado del eye tracker, resultando muy favorable en casi todos los casos, con medidas por encima de 90%. Después de la calibración comenzó la presentación de los contenidos en el monitor. Los estudiantes completaron una prueba posterior para evaluar los conocimientos adquiridos durante la observación de las diapositivas. Las actividades que se mostraron tenían la misma estructura y características que las realizadas en el centro, ya que los alumnos están acostumbrados a esta configuración. Antes de mostrar los materiales a los estudiantes se les dieron instrucciones, siempre en el mismo orden, con un lenguaje sencillo y fácil de entender. Dichas instrucciones fueron ofrecidas aún más claras y simplificadas para los estudiantes de segundo curso, ya que su desarrollo evolutivo requiere un tratamiento diferente a los niños de sexto. Por último, podemos ver en la Figura 4 las variables dependientes e independientes que intervienen en la investigación.

Se manipulan una serie de variables como son el Estilo de Aprendizaje, el Coeficiente intelectual, la Edad, los Conocimientos Previos y el Color, para comprobar su efecto en la Puntuación final del Posttest, el Tiempo y las Métricas registradas por el eye tracker.

El Grupo de Control observó una imagen y texto en blanco y negro, mientras que para el Grupo Experimental se destacan con colorido algunos elementos importantes, parte del texto y el área de la imagen a la que hace referencia. En la Figura 4 se puede apreciar la diferencia en el formato de presentación mostrado a cada uno de los dos grupos. Cuando los alumnos encuentran elementos de correspondencia entre el texto y las ilustraciones, consiguen mejor rendimiento. La utilización del color frente al blanco y negro ayuda a los participantes a encontrar la información requerida (Ozcelik et al., 2009).

Los datos recopilados en los distintos tests y las métricas del eye tracker se analizaron con Excel y SPSS para realizar el análisis estadístico. Se realizó un contraste unilateral de medias para comprobar las hipótesis, con un análisis de varianzas y el cálculo de la t de Student. Se van a aplicar distintos niveles de confianza del 95% y 99%, y como la muestra no es muy elevada también se tuvieron en cuenta resultados significativos en el nivel de 90%. Se contrastarán los datos obtenidos en el Posttest y el tiempo empleado por los alumnos, además de las métricas registradas con el dispositivo Tobii.

## 5. RESULTADOS

En la Figura 6, el Grupo 2, Experimental (amarillo), representa a los alumnos a los que se muestra una presentación en blanco y negro con algunas zonas señaladas en color. Por el contrario, al Grupo 1, de Control (verde), se presentan las mismas diapositivas pero solamente en blanco y negro.

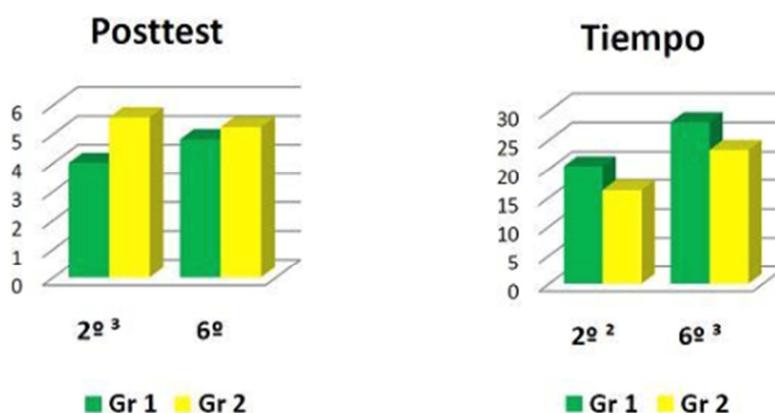


Figura 6. Gráficas del Posttest y la duración total de observación

Para los alumnos de segundo curso se observa una clara diferencia en la duración total empleada para observar la pantalla. El valor de  $t=2,06$  ( $p=0,023$ ) es mayor que el valor crítico, con un nivel de significación de 0,05. Por tanto, afirmamos que el Grupo 2 permanece observando la pantalla durante un menor tiempo. Respecto a la puntuación del Posttest, el Grupo Experimental obtiene un valor superior que el Grupo 1. Además, se confirma esta diferencia, pues el valor de la  $t$  de Student es superior al valor crítico  $t=1,57$  ( $p=0,062$ ), pero sólo lo podemos afirmar con un nivel de significación de 0,1.

Respecto a 6º curso, se observa también que el tiempo empleado por el Grupo 2 es menor que para el Grupo 1, confirmado al obtener valores de  $t=1,44$  ( $p=0,081$ ) con un nivel de significación de 0,1. En cuanto al Posttest, el Grupo Experimental obtiene una puntuación ligeramente superior. Sin embargo no se aprecian diferencias significativas.

	Time First Fix.			Fix. Before			Other	
	Im	Tx	All	Im	Tx	All	All-Sc	FC-T / All-Sc
G1 2º	2,80 <sup>1</sup>	1,78 <sup>2</sup>	1,15 <sup>1</sup>	17,25 <sup>3</sup>	12,65 <sup>3</sup>	8,40 <sup>1</sup>	64,95	0,46 <sup>3</sup>
G2 2º	1,48 <sup>1</sup>	1,10 <sup>2</sup>	0,33 <sup>1</sup>	12,10 <sup>3</sup>	8,95 <sup>3</sup>	2,90 <sup>1</sup>	60,90	0,49 <sup>3</sup>
G1 6º	1,24 <sup>2</sup>	0,54	0,13	13,89 <sup>2</sup>	6,53	1,16	107,74	0,72
G2 6º	0,46 <sup>2</sup>	0,61	0,12	5,16 <sup>2</sup>	7,53	1,37	93,21	0,73

Tabla 2. Métricas eye tracking. <sup>1</sup>  $p<0.01$  <sup>2</sup>  $p<0.05$  <sup>3</sup>  $p<0.1$

En la Tabla 2 podemos ver las métricas proporcionadas por el eye tracker. En segundo curso se observa que no hay diferencias significativas en una de las métricas utilizadas, el número de todas las fijaciones en la pantalla (All-Sc). En cambio sí podemos afirmar que

para el Grupo 2 es menor la duración (TFF) y el número (FB) de todas las fijaciones antes de centrar la mirada en las AOIs. Se obtienen valores de la *t* de Student superiores al valor crítico, aunque con distintos niveles de significación. En cuanto al tiempo empleado hasta la primera fijación en imágenes (TFF-im) y en total (TFF-all) obtenemos valores de  $t=2,46$  ( $p=0,009$ ) y  $t=3,54$  ( $p<0,001$ ), y el número de fijaciones antes de enfocar la mirada (FB-all) con  $t=3,28$  ( $p=0,001$ ), todas ellas con un nivel de significación de 0,01. El tiempo hasta la primera fijación en los textos (TFF-tx) proporciona un resultado de  $t=2,30$  ( $p=0,014$ ), con un nivel de significación de 0,05. Respecto al número de fijaciones antes de enfocar la mirada en imágenes (FB-im) y textos (FB-tx),  $t=1,40$  ( $p=0,084$ ) y  $t=1,65$  ( $p=0,054$ ) respectivamente, pero únicamente lo podemos afirmar con un nivel de significación de 0,1. También se obtiene para el Grupo 2 un valor superior en la proporción de fijaciones en un AOI (FC-T/All-Sc), con  $t=1,40$  ( $p=0,085$ ).

En el caso de los alumnos de sexto curso, la mayoría de las métricas no muestran diferencias significativas. Únicamente se registran valores inferiores para el Grupo Experimental en el tiempo empleado (TFF-im) y número de fijaciones (FB-im) hasta centrar la mirada en las imágenes, con un nivel de significación de 0,05. Se obtienen valores de  $t=2,17$  ( $p=0,02$ ) y  $t=2,34$  ( $p=0,013$ ) respectivamente.

El Grupo Experimental incluye a los niños que observan una presentación en la que se utiliza el color para señalar algunos elementos relevantes. Estos alumnos dedican menos tiempo para ver las presentaciones en ambos niveles educativos. Además los alumnos de segundo curso obtienen un valor superior en el Posttest, aunque sólo con un nivel de significación de 0,1. Por tanto, se consigue mayor eficiencia en el aprendizaje, confirmando el Principio de Señalización de Mayer. Sin embargo, tendrá una especial relevancia en segundo curso. Al revisar los datos registrados por el eye tracker, hay unas marcadas diferencias entre los dos niveles educativos. Para segundo curso, los alumnos del Grupo Experimental centran su atención en las AOIs en menos tiempo y con un número menor de fijaciones. También es mayor la proporción de fijaciones en un AOI para el Grupo 2. Además, en algunas de estas métricas el nivel de significación era 0,01. En sexto curso sólo se obtienen valores menores para el Grupo Experimental en el tiempo empleado y el número de fijaciones hasta centrar la mirada en las imágenes.

Por tanto, teniendo en cuenta los datos recopilados en el tiempo total de observación, el Posttest y las métricas del eye tracker comentadas, se puede concluir que los alumnos a los que se muestra una presentación con algunas zonas señaladas en color logran una mayor eficiencia en su aprendizaje, siendo más marcada esta diferencia en el caso de los alumnos de segundo curso.

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El color es un elemento muy utilizado en los libros de texto destinado a alumnos de

Educación Primaria. Una adecuada codificación puede aumentar la eficiencia de procesamiento de la información y reducir el proceso de búsqueda de la información relevante en los materiales educativos (Folker, Sichelschmidt, & Ritter, 2005). En el presente estudio se pretendió analizar la eficiencia en el aprendizaje cuando se les mostraba a los alumnos una presentación multimedia con distintos formatos que incluían color.

Al Grupo de Control se le mostraba una presentación en blanco y negro, mientras que en las presentaciones que se mostraban a los miembros del Grupo Experimental se señalaban en rojo las áreas donde queríamos que fijaran más la atención los alumnos. El uso del color ayuda a los participantes a encontrar la información en textos e ilustraciones, ya que llama la atención sobre los elementos más importantes de los contenidos (Ozcelik et al., 2009). Según Lowe y Bouecheix, la coloración de las características relevantes en una presentación mejora la comprensión del material por parte del alumno (Lowe & Boucheix, 2007). A partir de los datos recopilados en este experimento, observamos que el Grupo Experimental realiza la observación de la presentación en menos tiempo, para ambos niveles educativos. Además en el caso de segundo curso obtiene un valor del Posttest superior al Grupo de Control. En cuanto a los datos registrados por el eye tracker, en segundo curso se obtienen datos muy favorables para el Grupo Experimental, mientras en sexto curso sólo para las imágenes. Los resultados obtenidos en esta segunda experiencia realizada nos permiten aceptar la hipótesis  $H_1$  para ambos niveles educativos, pero con una mayor relevancia en el caso de segundo curso.

Por tanto, podemos concluir que la presentación de contenidos mediante una adecuada configuración de colores favorece la adquisición de conocimientos, especialmente con los alumnos de segundo curso, que consiguen una mayor eficiencia en su aprendizaje si se destacan las áreas de mayor interés con colorido en una presentación en blanco y negro.

## 7. REFERENCIAS

- ALEVEN, V., RAU, M., & RUMMEL, N. (2012). Planned Use of Eye Movement Data to Explore Complementary Strengths of Individual and Collaborative Learning. In *Proceeding of the DUET 2012*. Seattle. Retrieved from [http://www.dualeyetracking.org/duet2012/Program\\_files/DUET2012\\_1.pdf](http://www.dualeyetracking.org/duet2012/Program_files/DUET2012_1.pdf)
- ALPISTE, F., BRIGOS, M., & MONGUET, J. M. (1993). *Aplicaciones multimedia: presente y futuro*. Barcelona: Técnicas Rede.
- ANDRÀ, C., ARZARELLO, F., FERRARA, F., HOLMQVIST, K., LINDSTRÖM, P., RO BUTTI, O., & SABENA, C. (2009). How students read mathematical representations: an eye tracking study. In *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 2, pp. 49–56)*. Thessaloniki (Greece).

- AREA, M. (2009). *Introducción a la Tecnología Educativa*. Tenerife: Universidad La Laguna. Retrieved from <http://manarea.webs.ull.es/wp-content/uploads/2010/06/ebookte.pdf>
- BEVAN, N., & MACLEOD, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour & Information Technology*, 13(1-2), 3–7,132–145. doi: 10.1080/01449299408914592
- BIRKETT, S., GALPIN, A., CASSIDY, S., MARROW, L., & NORGATE, S. (2011). How revealing are eye- movements for understanding web engagement in young children (p. 2251). *ACM Press*. doi:10.1145/1979742.1979900
- BOJKO, A. (2013). *Eye tracking the user experience: a practical guide to research*. Brooklyn, New York: Rosenfeld Media.
- BOUCHEIX, J.-M., & LOWE, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123–135. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.015
- BOUCHEIX, J.-M., LOWE, R. K., PUTRI, D. K., & GROFF, J. (2013). Cueing animations: Dynamic signaling aids information extraction and comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 71–84. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.11.005
- CERVERA, D., BLANCO, R., UTIEL, M. C., MEDIANO, F. J., RAMOS, M. J., CASADO, M. L., & MARTÍN, F. J. (2010). *Didáctica de la tecnología*. Barcelona: Graó ; Ministerio de Educación, IFIIE.
- DELGADO, J. (2010). ¿Qué colores usar en el blog? Diez tips para el diseño. Retrieved from <http://www.rinconpsicologia.com/2010/08/que-colores-usar-en-el-blog-diez-tips.html>
- FELDER, R. M., & SILVERMAN, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- FOLKER, S., SICHELSCMIDT, L., & RITTER, H. (2005). Processing and integrating multimodal material – The influence of color coding. In *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 690–695). New York: Erlbaum. Retrieved from <http://www.psych.unito.it/csc/cogsci05/frame/poster/3/f496-folker.pdf>
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, C. (2008). Eye Tracking technology applied to the design of safety and health signs at work. Presented at the VI Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales, A Coruña.
- HASSAN, Y., & HERRERO, V. (2007). Eye-Tracking en Interacción Persona-Ordenador. No Sólo Usabilidad. Retrieved from <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/eye-tracking.htm>
- HYÖNÄ, J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning. *Learning*

- and Instruction, 20(2), 172–176. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.013
- HYÖNÄ, J., LORCH, R. F., & RINCK, M. (2003). Eye Movement Measures to Study Global Text Processing. In *The Mind's Eye. Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam: Elsevier.
- INFANTE, P. (2003). Internet en la escuela. Documento estratégico del proyecto para el diseño y elaboración de recursos educativos multimedia de Lengua castellana para Educación primaria. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia. Retrieved from <http://recursostic.educacion.es/primaria/enpocaspalabras/web/generales/unidad8/dep.pdf>
- ISO 9241-11. (1998) (1st ed., Vol. Part 11: Guidance on usability). Technical report International Standard Organization. Retrieved from [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=16883](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=16883)
- JACOB, R. J. K., & KARN, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In *The Mind's Eye. Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam: Elsevier.
- JAMET, E. (2014). An eye-tracking study of cueing effects in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 32, 47–53. doi:10.1016/j.chb.2013.11.013
- JOHNSON, J. (2010). *Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design rules*. Amsterdam ; Boston: Morgan Kaufmann Publishers/Elsevier.
- KAUFMAN, A. S., & KAUFMAN, N. L. (2011). K-BIT: test breve de inteligencia de Kaufman. Madrid: Pearson. Retrieved from <http://www.pearsonpsychcorp.es/producto/58/k-bit-test-breve-de-inteligencia-de-kaufman#Autores>
- KIILI, K., & KETAMO, H. (2010). Eye-Tracking in Educational Game Design. In *The Danish School of Education* (pp. 160–167). Copenhagen: Academic Publishing.
- KISH, L. (1972). *Muestreo de encuestas*. México: Trillas.
- LOWE, R., & BOUCHEIX, J. (2007). Eye tracking as a basis for animation design. Presented at the Bi-annual meeting of the European Association of Research on Learning and Instruction, Budapest.
- MARQUÈS, P. (1999). *La Investigación en Tecnología Educativa*. Retrieved from <http://peremarques.pangea.org/uabinvte.htm>
- MARQUÈS, P. (2001). *La Enseñanza. Buenas Prácticas. La Motivación*. Retrieved from <http://peremarques.pangea.org/actodid.htm>
- MARTÍN-LABORDA, R. (2005). *Las Nuevas Tecnologías de la Educación*. AUNA Fundación,

(5), 5, 22.

- MASON, L., TORNATORA, M. C., & PLUCHINO, P. (2013). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers & Education*, 60(1), 95–109. doi:10.1016/j.compedu.2012.07.011
- MAYER, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125–139. doi: 10.1016/S0959-4752(02)00016-6
- MAYER, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, U.K. ; New York: Cambridge University Press.
- MAYER, R. E. (2010). Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 167–171. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.012
- MCMURRAY, B., & ASLIN, R. N. (2004). Anticipatory Eye Movements Reveal Infants' Auditory and Visual Categories. *Infancy*, 6(2), 203–229. doi:10.1207/s15327078in0602\_4
- MORENO, R., & DURÁN, R. (2004). Do Multiple Representations Need Explanations? The Role of Verbal Guidance and Individual Differences in Multimedia Mathematics Learning. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 492–503. doi:10.1037/0022-0663.96.3.492
- NAVARRO, Ó., MOLINA, A. I., & LACRUZ, M. (2014). An experience of evaluating designs of multimedia educational materials for primary education. In *Computers in Education (SIIE), 2014 International Symposium on* (pp. 173–178). Logroño: IEEE. doi:10.1109/SIIE.2014.7017725
- OZCELIK, E., ARSLAN-ARI, I., & CAGILTAY, K. (2010). Why does signaling enhance multimedia learning? Evidence from eye movements. *Computers in Human Behavior*, 26(1), 110–117. doi:10.1016/j.chb.2009.09.001
- OZCELIK, E., KARAKUS, T., KURSUN, E., & CAGILTAY, K. (2009). An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53(2), 445–453. doi:10.1016/j.compedu.2009.03.002
- POOLE, A., & BALL, L. J. (2005). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. *Encyclopedia of Human Computer Interaction*.
- POVEDA, D. (2010). Crisis analógica, futuro digital. In *Actas del IV Congreso Online del Observatorio para la Cibersociedad*. España: Meddia, cultura i comunicació.
- PRETORIUS, M. C., CALITZ, A. P., & VAN GREUNEN, D. (2005). The added value of eye

- tracking in the usability evaluation of a network management tool. In Proceedings of the 2005 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries (pp. 1–10). Pretoria: South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1145676&dl=ACM&coll=DL&CFID=412475087&CFTOKEN=52649067>
- REAL DECRETO 1513/2006, de 7/12, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación primaria, Pub. L. No. 1513 § BOE 293 (2006). Retrieved from <https://www.boe.es/boe/dias/2006/12/08/pdfs/A43053-43102.pdf>
- ROMERO, G. (2003). Pautas de Diseño de Interfaces Gráficas Basadas en el Modelo de Aprendizaje S.O.I., Plataformas: Microsoft, Linux. Docencia Universitaria, IV (2), 65–82.
- SIM, G., CASSIDY, B., & READ, J. C. (2013). Understanding the fidelity effect when evaluating games with children (pp. 193–200). ACM Press. doi:10.1145/2485760.2485769
- TOBII. (2014, November 28). [eye tracking]. Retrieved from <http://www.tobii.com/>
- TSAI, M. J., HOU, H. T., LAI, M. L., LIU, W. Y., & YANG, F. Y. (2012). Visual Attention for Solving Multiple-Choice Science Problem: An Eye-Tracking Analysis. Computers & Education, 58(1), 375–385. doi:10.1016/j.compedu.2011.07.012
- WARE, C. (2008). Visual thinking for design. Burlington, MA: Morgan Kaufmann. Retrieved from <http://www.engineeringvillage.com/controller/servlet/OpenURL?genre=book&isbn=9780123708960>

Para citar este artículo:

Navarro, O.; Molina, A. I.; & Lacruz, M. (2015). Evaluación del color en materiales multimedia. una experiencia con eye tracking. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 54. Recuperado el dd/mm/aa de <http://www.edutech.es/revista>