

# Camaleón: Detección de daltonismo y entorno virtual para la implementación social de la simbología ColorKivof

D. González Díaz<sup>1\*</sup>, N.A. Cruz Ramos<sup>2</sup>, A. Escobar García<sup>3</sup>, M. F. Cabrera Gutiérrez<sup>4</sup>, K. D. Cancino Rauda<sup>5</sup>,  
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,

Av. Universidad, No. 350, Localidad Dos caminos, C. P. 94910, Cuitláhuac, Veracruz, México

\*[daniel.gonzalez@utcv.edu.mx](mailto:daniel.gonzalez@utcv.edu.mx)

Área de participación: Sistemas Computacionales

## Resumen

El daltonismo es un defecto genético que no permite distinguir algunos colores y prevalece en mujeres de un 0.3% a 0.4% y en hombres de un 2.5% a 8.7% este padecimiento suele identificarse a través de pruebas que consisten en reconocer un número oculto en una plantilla de colores. Sin embargo, estos elementos dificultan el diagnóstico en pacientes analfabetas que no logran identificar números, además son pocos los esfuerzos que se realizan por concientizar e incluir en la sociedad actual a la población que padece daltonismo. Por lo anterior, se presenta “Camaleón”, un proyecto tecnológico, que propone: una aplicación móvil para aplicar pruebas basadas en símbolos parcialmente ocultos en imágenes con distintas tonalidades, un código de elementos gráficos que representa los colores a partir de tres formas básicas, y un entorno virtual que muestra un escenario desde la perspectiva de alguien que no es capaz de percibir correctamente los colores.

**Palabras clave:** *Aplicación móvil, ColorKivof, Daltonismo*

## Abstract

Color blindness is a genetic defect that does not allow to distinguish some colors. Prevails in women from 0.3% to 0.4%, and in men from 2.5% to 8.7%. This ailment is usually identified through tests that consist in recognizing the hidden number on a template with colors. However, these elements make the diagnostic in illiterate patients to be difficult because they cannot identify the numbers. Additionally, a few efforts are made in order to increase awareness and to include the population that has color blindness in the actual society. For the aforementioned, “Camaleón” is a technological project in which a mobile application is developed in order to administer tests based on symbols partially hidden by using different shades images, a code of different graphics that represent the colors by using three base symbols. There is also a virtual environment that shows a scene from the perspective of someone that cannot differentiate the colors correctly.

**Key words:** *Mobile App, ColorKivof, Colour blindness*

## Introducción

El término visión del color se refiere a nuestra capacidad de discriminar objetos según su color; de hecho, los humanos distinguen entre millones de tonos. Sin embargo, más del 8% de la población experimenta una deficiencia hereditaria en la discriminación de color (Dartt, 2010). En los niños a partir de los tres a cuatro años es cuando empiezan a conocer los colores, por lo que es ideal detectar el daltonismo en esta etapa para que el niño se adapte mejor a la situación ya que este defecto visual no tiene cura. El daltonismo normalmente es de nacimiento, por lo que para un niño daltónico la percepción de los colores es diferente, creyendo que la suya es normal, sin percibir que existen más tonalidades.

Al menos dos millones de hombres y alrededor de 50 mil mujeres padecen daltonismo en México, enfermedad que se caracteriza por la nula habilidad para identificar colores como el rojo y el verde, informaron especialistas del Instituto Mexicano del Seguro Social. (Diaria, 2016)

El 62% de las personas que tienen daltonismo indican que tiene dificultades para integrarse socialmente mientras que el 38% no saben que tienen daltonismo. Las actividades diarias como conducir, usar el transporte público o distinguir medicamentos se vuelven tareas muy complicadas. El 90% de la comunicación en la actualidad utiliza

gráficos e impactos visuales basados en el color. Sin embargo, esto supone que a casi 350 millones de daltónicos no les están llegando estos mensajes.

Por lo anterior, surge Camaleón, un proyecto que permite la detección y promueve la inclusión social de personas que padecen daltonismo, el proyecto consiste en una aplicación móvil que implementa una prueba visual donde el usuario debe reconocer una silueta en su totalidad, esta figura se encuentra parcialmente oculta en una plantilla que utiliza puntos de colores seleccionados estratégicamente para dificultar su reconocimiento, además, se presenta ColorKivof como un código de símbolos que representan colores y son implementados en un entorno virtual que permite a las personas que padecen daltonismo familiarizarse con la descripción de los colores a través de símbolos en situaciones cotidianas.

La implementación de la simbología en entornos virtuales considera también a los usuarios que no padecen daltonismo con el objetivo de resaltar la importancia de hacer parte de la vida cotidiana un conjunto de símbolos que permitan la inclusión social de personas que no son capaces de identificar una gama de colores.

El uso de métodos didácticos de aprendizaje ha sido probado según un amplio número de trabajos. Un estudio realizado por Bloxham y Wileman publicado en el *Journal of Virtual Studies*, los alumnos que experimentaron una educación práctica utilizando la VR incrementaron sus índices de retención hasta un 18.1% en el área de matemáticas, seguido por un 13.1% en mecánica y un 2.9% en ingeniería. (S., 2018).

## **Trabajos relacionados**

Este trabajo presenta un juego digital interactivo para niños que, mediante una serie de ejercicios con el color, detecta la afección. También propone una página web donde los padres y maestros de los niños con daltonismo obtienen e intercambian información que ayude a sobrellevar la situación (Gutiérrez Neira, 2019).

En (Bandyopadhyay & Rathod, 2017), se muestran los resultados de una aplicación basada en Android para proporcionar a los estudiantes daltónicos una percepción multisensorial del cambio de color. La aplicación registra y convierte la información de color en pitidos y pulsos de vibración, que son generados por el teléfono inteligente. Utiliza un umbral de rango de coordenadas de tono y saturación del espacio de color HSV (tono, saturación, valor) para detectar un cambio de color específico de un indicador. Este enfoque permite a los estudiantes realizar una actividad de evaluación de laboratorio bastante rutinario.

Una aplicación para teléfonos inteligentes que permite a los usuarios con deficiencia de color visualizar esos contrastes para ayudarlos con las tareas diarias se presenta en (Lau, Perdu, Rodríguez-Pardo, Sússtrunk, & Sharma, 2015). El usuario interactúa con la aplicación a través de la pantalla táctil. A medida que el usuario traza un camino alrededor de la pantalla táctil, los colores de la imagen cambian continuamente a través de una transformación que mejora los contrastes que son débiles o imperceptibles para el usuario en condiciones de visualización nativas. Entre los beneficios al usuario final está, facilitar las tareas diarias, como distinguir entre manzanas rojas y verdes o elegir plátanos maduros.

En este trabajo se presenta una aplicación móvil para evaluar el rendimiento de SiChARDa, un potenciador de imagen recientemente propuesto, inspirado en un modelo del sistema visual humano, que modifica la claridad de la imagen. Los resultados indican un papel de contraste y bordes en la legibilidad de las imágenes para personas con deficiencia de visión en color; sin embargo, no respaldan una interpretación clara e inequívoca (Bonanomi et al., 2017).

## **Metodología**

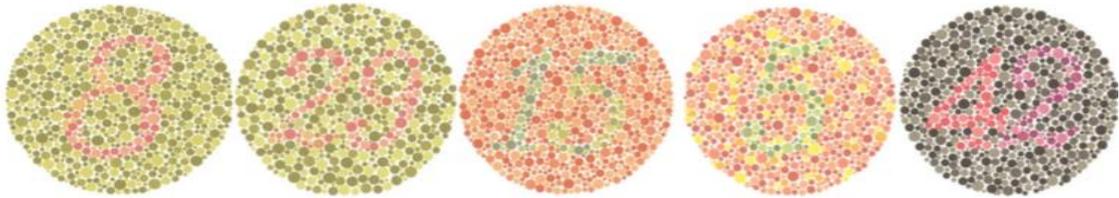
### **Incepción**

En esta primera etapa se analizaron las diferentes técnicas para detectar el daltonismo, destacando la prueba Ishihara y la prueba Farnsworth. Se identificó que para personas que presentan incapacidad de reconocer símbolos numéricos, resulta poco útil en la detección del daltonismo, con base en las ventajas identificadas en el

modelo de la prueba Ishihara, se eligió utilizar la misma técnica, pero se definió la posibilidad de crear nuevas plantillas con siluetas de fácil reconocimiento para personas que no son capaces de identificar números.

### Elaboración

En esta fase se realizaron pruebas con el método *Ishihara* para identificar las plantillas necesarias para detectar los tipos de daltonismo y así diseñar las nuevas siluetas para la prueba. En la *figura 1*, se presentan las plantillas originales de la prueba *Ishihara*.

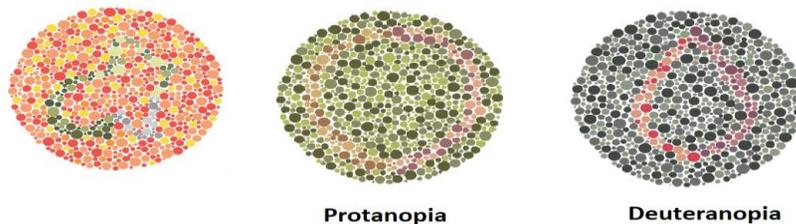


**Figura 1. Plantillas originales de la prueba Ishihara**

De los resultados de las pruebas se seleccionó el dicromatismo que es un defecto moderadamente grave en el cual falta o se padece una disfunción de uno de los tres mecanismos básicos del color, es hereditario y consta de tipos diferentes:

- **Protanopia** que consiste en la ausencia total de los fotorreceptores retinianos del rojo.
- **Deuteranopia** que es la ceguera al color verde o a la ausencia de los fotorreceptores retinianos del color verde.

En la *figura 2*, se muestran las plantillas nuevas que se diseñaron. En la primera plantilla se observan los colores cómo lo vería un ojo sano, en las otras dos plantillas se aprecian los colores detectados por pacientes que tienen algún tipo de daltonismo como *Protanopia* o *Deuteranopia*.



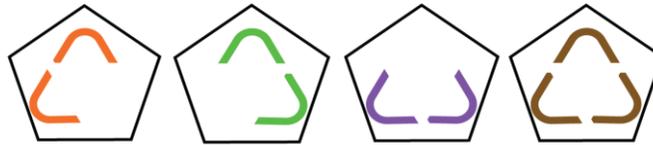
**Figura 2. Plantillas con nuevas siluetas.**

En esta fase se desarrolló la simbología denominada ColorKivof que representa los colores tomando como base una figura geométrica de cinco lados, utilizando una línea curva como indicador de color, si la línea está ubicada a la izquierda se representa el color amarillo, el indicador ubicado al lado derecho del pentágono representa el color azul y ubicado en la zona de arriba representa el color rojo. Los símbolos básicos se muestran en la *figura 3*.



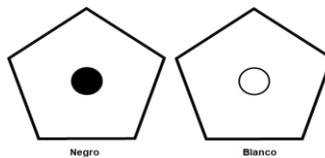
**Figura 3. Simbología de los colores primarios.**

Dentro de la figura base el indicador puede posicionarse de tal forma que permita representar colores secundarios, por ejemplo, si el indicador se muestra del lado izquierdo y en la zona de arriba representa la combinación del color amarillo y rojo, obteniendo como resultado el color naranja, como puede apreciarse en la *figura 4*.



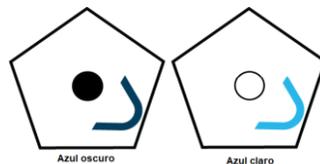
**Figura 4. Representación de los colores secundarios: naranja, verde, morado y café.**

Otro símbolo que se desarrolló en esta fase es un círculo que se presenta en el medio del pentágono, si el círculo contiene un sombreado representa el color negro y si carece de un sombreado representa el color blanco como se muestra en la *figura 5*.



**Figura 5. Representación de los colores negro y blanco.**

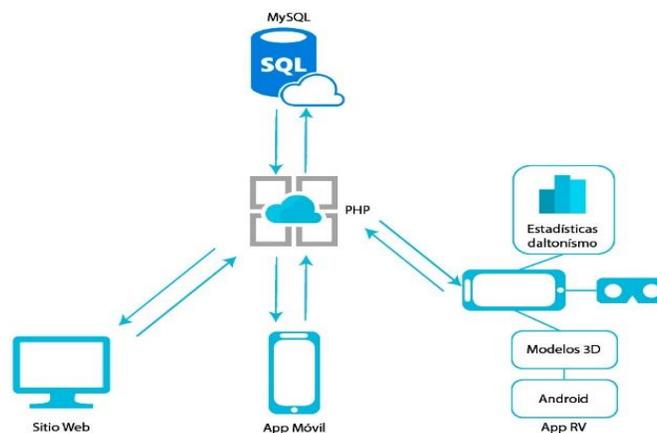
En la *figura 6*, se muestra la simbología que representa los tonos oscuros o claros que se obtienen al combinar el círculo con el indicador en el interior del pentágono, por ejemplo, si el indicador está en la parte derecha y el círculo contiene sombreado se representa el azul oscuro.



**Figura 6. Representación de azul oscuro y azul claro.**

### Construcción

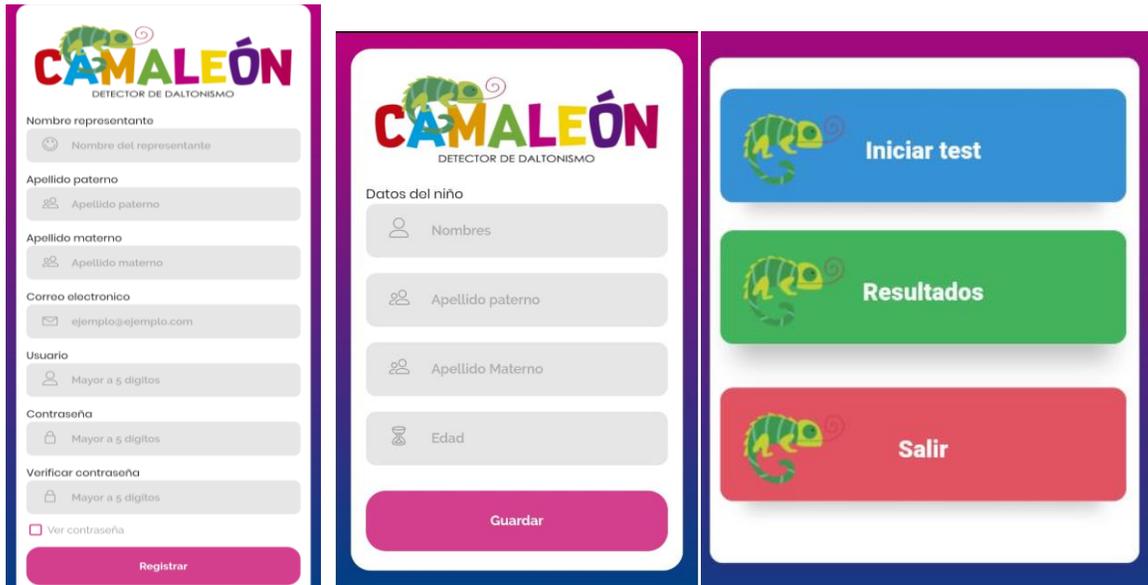
En esta fase se desarrolló la aplicación móvil y el entorno de realidad virtual, así como los servicios web y base de datos que permiten la persistencia de datos en las aplicaciones, se construyó un sitio web que brinda información a los usuarios de la aplicación y describe a detalle la simbología ColorKivof, estos elementos forman parte del proyecto Camaleón y se visualizan de forma gráfica en la *figura 7*.



**Figura 7. Componentes del proyecto Camaleón**

## Construcción de la aplicación móvil

Para la construcción de la aplicación móvil, se utilizaron Apache Córdoba y Node.js como marco de trabajo para el desarrollo. La aplicación móvil permite el registro e inicio de sesión de usuarios, donde pueden visualizar el menú principal y seleccionar una de las siguientes opciones: iniciar una prueba, ver los resultados de las pruebas que ha realizado o salir, como se aprecia en la *figura 8*.



The image displays three screens from the mobile application. The leftmost screen is the registration form, titled 'CAMALEÓN DETECTOR DE DALTONISMO'. It includes input fields for 'Nombre representante', 'Apellido paterno', 'Apellido materno', 'Correo electrónico', 'Usuario', 'Contraseña', and 'Verificar contraseña', along with a 'Registrar' button. The middle screen is the 'Datos del niño' form, with fields for 'Nombres', 'Apellido paterno', 'Apellido Materno', and 'Edad', and a 'Guardar' button. The rightmost screen is the main menu, featuring three large buttons: 'Iniciar test' (blue), 'Resultados' (green), and 'Salir' (red), each with a small chameleon icon.

Figura 8. Formulario de registro y menú principal

En caso de que el usuario sea un menor, al iniciar una nueva prueba se solicita a través de un formulario los datos del niño: nombre completo, género y edad que deben ser ingresados por un tutor. Una vez obtenidos los datos de entrada, se iniciará la prueba, donde se mostrarán las plantillas con la silueta de una figura parcialmente oculta en puntos de color, debajo de la imagen el usuario tiene tres opciones de respuesta que muestran los posibles resultados de la figura oculta como se puede apreciar en la *figura 9*.

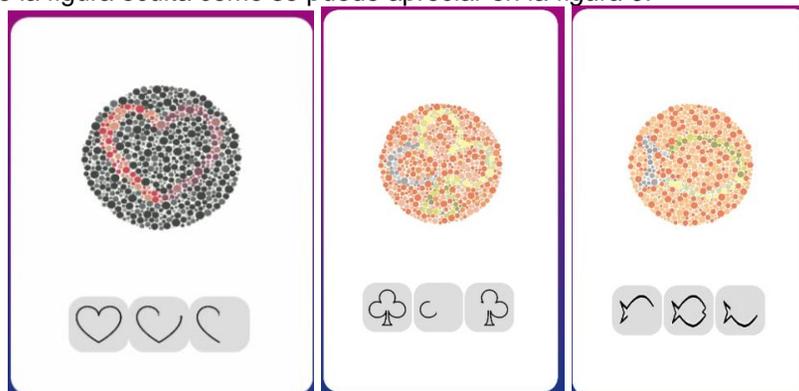


Figura 9. Plantilla con figura parcialmente oculta y opciones de respuesta

Se puede observar que en las opciones de respuesta disponibles para el usuario se encuentra la figura correcta, la figura que observaría alguien con daltonismo y un distractor, de este modo la aplicación asigna un valor numérico a cada opción de respuesta siendo cero para el distractor, lo cual permite discriminar entre un usuario que no tiene problemas de visión, uno con daltonismo y otro que solo intento adivinar la respuesta.

## Construcción de la aplicación de Realidad Virtual

Para la construcción de los escenarios de realidad virtual se utilizaron las herramientas Unity y Adobe Premiere Pro para diseñar escenarios que permiten resaltar la necesidad de contar con una simbología que permita reconocer señales basadas en colores a personas que padecen daltonismo, estos escenarios ofrecen al usuario la experiencia de visualizar elementos que son conocidos en el mundo real, pero que contienen el código de símbolos como apoyo visual para quien no es capaz de distinguir la tonalidad presentada, de este modo se busca resaltar la importancia de la inclusión social con la simbología ColorKivof, como se puede apreciar en la *figura 10*.



**Figura 10. Elementos del entorno virtual que emplean simbología ColorKivof.**

## Resultados y discusión

### Versiones de Camaleón

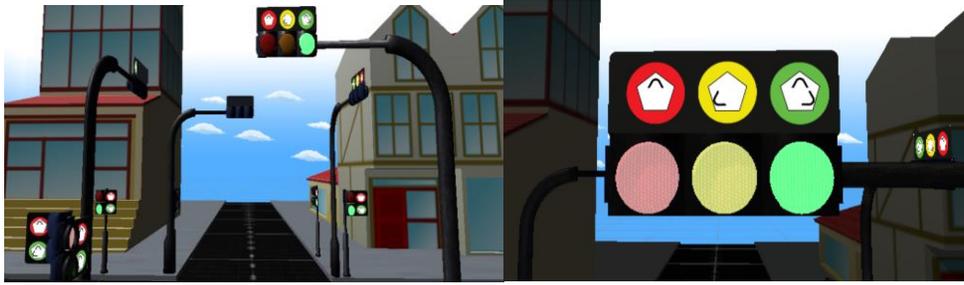
En la Tabla 1 se presenta un resumen de las versiones del proyecto Camaleón (hasta el momento de la redacción del artículo), con una breve descripción de las funcionalidades que se agregaron:

**Tabla 1. Resumen de versiones del proyecto Camaleón**

Versión	Descripción
1.0	Se diseñó la aplicación móvil con los formularios de registro e inicio de sesión, se diseñaron las plantillas con puntos de color que sirve como base para ocultar parcialmente figuras, se definieron los primeros elementos gráficos que componen la simbología ColorKivof.
1.1	Se modelaron los componentes que son utilizados en los escenarios virtuales, edificios, semáforos, calles, frutas, ropa, personajes. Se integró la prueba de daltonismo en la aplicación móvil a partir de las plantillas con puntos de color y figuras ocultas.
2.0	Se integraron los componentes virtuales en los escenarios, generando los entornos de realidad virtual que representan una vialidad, una tienda de ropa y una estación subterránea.

### Caso de estudio 1: Inclusión social usando la simbología ColorKivof en un entorno virtual.

Este escenario tiene como objetivo permitir al usuario visualizar objetos que reconoce del mundo real en un entorno virtual que representa una vialidad, donde el usuario identifica la simbología asociada al color presentado y que permite a personas con daltonismo reconocer el mensaje, como es, por ejemplo, el verde, rojo y amarillo en un semáforo y cuyo mensaje le indica a una persona si debe avanzar o no, estando implícita su seguridad vial como puede apreciarse en la *figura 11*.



**Figura 11. Semáforos con simbología ColorKivof**

El entorno virtual también presenta al usuario objetos de uso común que, si bien el reconocimiento del color asociado no es cuestión de seguridad, tiene un impacto en otros aspectos sociales como la imagen que proyecta a partir de una combinación apropiada de vestimenta, la *figura 12* presenta una prenda de vestir en donde la etiqueta implementa la simbología ColorKivof al igual que un contenedor de basura cuyo símbolo asociado al color determina el tipo de residuo que debe ingresarse.



**Figura 12. Elementos cotidianos del entorno virtual.**

Como se puede apreciar el entorno virtual permite a un usuario con daltonismo conocer el uso de la simbología para asociar colores y mensajes al símbolo presentado, también es aplicable a usuarios que no presentan ningún tipo de daltonismo y les permite familiarizarse con la simbología en objetos cotidianos promoviendo la inclusión social de personas con daltonismo.

## Trabajo a futuro

A partir de las pruebas de usabilidad se identificaron oportunidades de mejora para el proyecto. El primero de los requerimientos para Camaleón es diseñar nuevas plantillas con puntos de color que permitan detectar otros tipos de daltonismo, con respecto al entorno virtual se pretende diseñar nuevos escenarios que permitan representar entornos laborales con el objetivo de generar impacto en la igualdad de oportunidades laborales para las personas con daltonismo.

## Conclusiones

Camaleón permite detectar mediante una prueba, si el usuario tiene daltonismo, mostrando el porcentaje del tipo que presenta, ya sea *Protanopia* o *Deuteranopia* (rojo y verde). La simbología propuesta ColorKivof permite identificar los colores primarios, esto sirve de apoyo a las personas con daltonismo para desenvolverse en la vida cotidiana de forma más fácil. Con base en los resultados obtenidos en evaluaciones realizadas a niños de la región, se determinó que la aplicación móvil fue de gran ayuda en la detección de dos casos de daltonismo entre 68 niños, los cuales ya están en proceso de aprendizaje de la simbología ColorKivof para mejorar su calidad de vida.

## Referencias

- Aída Aleyda Jiménez – Martínez, L. H.-G.-C.-G.-P.-C.-V.-F. ( 2013). Prevalencia de daltonismo en niños de escuelas públicas de México: detección por el personal de enfermería. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 3.
- Albillos, S. P. (2018). Virtual Down: Un proyecto de realidad virtual social. *Facultad de educación de palencia* , 40.
- Belloch, C. (2012). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje. *Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación*, 9.
- Cornsweet, T. (1970). *Visual Perception*. Academic Press.
- Correa, J. M. (2009). NUEVAS TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN. *redalyc*, 133-145.
- Cruz, J. A. (2014). Virtual reality, an innovative technology. *Revista de innovación educativa*30, .
- Dartt, D. A. (2010). Daltonismo: Heredado. *Enciclopedia del ojo*, 318-325.
- Diaria, L. C. (11 de Abril de 2016). *La Crónica Diaria*. Obtenido de La Crónica Diaria: <http://www.cronica.com.mx/notas/2008/351281.html#>
- Flück, D. (Febrero de 2018 ). *Colblindor*. Obtenido de <https://www.color-blindness.com/ishihara-38-plates-cvd-test/>
- Guijosa, C. (19 de abril de 2018). *Observatorio de innovación educativa*. Obtenido de Tecnológico de Monterrey: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/impacto-de-la-realidad-virtual-en-ninos>
- Guillermo Vera Ocete, J. A. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades. *revistaeticanet*, 17.
- Jay Neitz, M. N. (13 April 2011). The genetics of normal and defective color vision . *Vision Research*, 633-651.
- Lilo Jover, J. M. (2013). *Percepción del color y daltonismo*. Madrid: Pirámide.
- Membrive, L. ( 2010). *¿de qué color lo ves?* Salvatella; Edición: 1.
- Monés, E. d. (2010). Verdmell, una herramienta para daltónicos. *Revista tematica de diseño*, 4-6.
- S., I. (15 de Septiembre de 2018). *U-planner*. Obtenido de U-planner: <https://www.u-planner.com/es/blog/las-aplicaciones-de-la-realidad-virtual-en-la-educacion-superior>
- Sánchez Duarte, E. (2008). LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIAL . *Revista Electrónica Educare*, 155-162 .
- Bandyopadhyay, S., & Rathod, B. B. (2017). The Sound and Feel of Titrations: A Smartphone Aid for Color-Blind and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 946–949. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00027>
- Bonomi, C., Sarioli, S., Mascetti, S., Gianini, G., Alampi, V., Lanaro, M. P., & Rizzi, A. (2017). An App-based Assessment of SiChaRDa, an Image Enhancer for Color-Blind People. *Color and Imaging Conference, 2017(25)*, 108–116. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2017.61.4.040405>
- Gutiérrez Neira, K. J. (2019). Diseño de un artefacto interactivo para detectar el tipo y amplitud de daltonismo en niños. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9095>
- Lau, C., Perdu, N., Rodríguez-Pardo, C. E., Sússtrunk, S., & Sharma, G. (2015). An interactive app for color deficient viewers. In R. Eschbach, G. G. Marcu, & A. Rizzi (Eds.) (Vol. 9395, p. 939512). International Society for Optics and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.2075162>