

PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE PERCEPCIÓN DE COLORES MEDIANTE EYE-TRACKING

Proposal for the Analysis of Color Perception Using Eye-tracking

María Fernanda Barrón Álvarez	al281026@edu.uaa.mx
Ángel Eduardo Villegas Ortíz	al235190@edu.uaa.mx
Francisco Javier Álvarez Rodríguez	francisco.alvarez@edu.uaa.mx

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.

RESUMEN

Este estudio investiga las posibles diferencias en la percepción del color entre hombres y mujeres. Se utilizó tecnología de seguimiento ocular, específicamente el eye-tracker Tobii Pro Nano, junto a un software experimental desarrollado para evaluar la identificación de colores. Las pruebas preliminares realizadas con estudiantes femeninos y masculinos revelaron patrones distintivos de atención visual. Estos hallazgos iniciales sugieren diferencias en la percepción del color, basadas en el género, que podrían influir en la experiencia de usuario (UX) y en los procesos de toma de decisiones. Es necesario realizar investigaciones adicionales con tamaños de muestra más grandes y metodologías refinadas para validar estos resultados.

Palabras Clave: percepción del color, seguimiento ocular, diferencias de género, atención visual, colorimetría, software experimental, diseño de interfaces, Tobii Pro Nano, modelos de color.

ABSTRACT

This study investigates potential differences in color perception between men and women. Eye-tracking technology, specifically the Tobii Pro Nano, was employed alongside experimental software developed to assess color discrimination. Preliminary tests conducted with male and female students revealed distinct visual

attention patterns. These initial findings suggest gender-based differences in color perception that could impact UX and decision-making processes. Further research with larger sample sizes and refined methodologies is necessary to validate these results.

Keywords: color perception, eye-tracking, gender differences, visual attention, colorimetry, experimental software, interface design, Tobii Pro Nano, color models.

► I. Introducción

La percepción del color ha sido objeto de estudio en diversas disciplinas, y una de las ideas que ha generado interés es la suposición de que las mujeres podrían tener una capacidad superior para distinguir colores en comparación con los hombres. Este trabajo se propone explorar esa diferencia de percepción utilizando tecnología de eye-tracking para obtener mediciones precisas y objetivas. A lo largo del artículo, se analizan estos datos con el objetivo de identificar posibles variaciones entre géneros en cuanto a la percepción de colores. Una vez definido el problema, se abordan los conceptos clave de la investigación, con el objetivo de comprender la experimentación y la posterior interpretación de las variables relacionadas con la tecnología de eye-tracking, así como la posible aplicación en el diseño de interfaces y mejorar la experiencia del usuario y su toma de decisiones.

» II. Problemática

El color influye en nuestras decisiones y emociones. Existen teorías sobre la relevancia de los colores en la interpretación del entorno. Basándose en esta idea, ha surgido un interés particular por investigar si existen diferencias en la percepción de colores entre hombres y mujeres. Para explorar este supuesto, se pretende desarrollar un software experimental que facilite la realización de pruebas y recopile información sobre la capacidad de distinción de colores en personas de ambos sexos. El objetivo final es identificar si realmente hay diferencias en cómo hombres y mujeres perciben los colores y su relevancia en diseño de interfaces y la UX del usuario al usarlas y en su toma de decisión.

» III. Marco Teórico

En esta sección se presentan conceptos clave para entender el análisis propuesto.

A. Colorimetría

La colorimetría es la ciencia que estudia el color, midiendo y describiendo a este de forma objetiva (Lindon et al., 2000).

B. Color: tono, luminosidad y saturación

El color, de manera física, se puede definir como la forma en que se ve la luz, pero para su entendimiento conceptual se puede dividir en tres elementos: tono, luminosidad y saturación. El tono, también llamado matiz, es la propiedad del color que refiere al estado puro o primario de nuestro color. El concepto de luminosidad simboliza la cantidad de luz añadida al tono. La saturación es la medida en que un tono se aleja del gris, a mayor saturación menor cercanía al gris (Itten, 1961).

C. Modelos de color

Un modelo de color es una forma de especificar un color numéricamente, es su abstracción matemática. Cada modelo establece los colores a través de elementos de color particulares. Los modelos más comunes son: RGB, HSV y CMYK (Ford & Roberts, 1998).

La emisión de colores en medios digitales se hace mediante píxeles que utilizan el modelo RGB, el cual consiste en tres colores primarios: rojo, verde y azul. Cada color mostrado en pantalla se compone de píxeles con distintos valores entre 0 y 255 de cada componente (Ford & Roberts, 1998; Süsstrunk et al., n.d.).

El sistema hexadecimal es utilizado para representar los valores de los componentes RGB de una manera en que es interpretable por computadoras y navegadores web. Se utilizan seis dígitos, donde los primeros dos dígitos corresponden al componente rojo, los siguientes dos al componente verde, y los últimos dos al componente azul. Cada par de dígitos puede tomar un valor entre '00' y 'FF', que en decimal corresponde a 0 y 255, respectivamente (Lamberta, 2011).

D. Eye-tracking

El eye-tracking es una técnica que mide y registra los movimientos oculares para analizar cómo es la atención visual de una persona. Utiliza sensores para capturar dónde y durante cuánto tiempo se enfoca la mirada (Colmenero et al., 2001; Duchowski A., 2017).

E. Atención visual

Es un proceso que permite a las personas enfocar y procesar información relevante en su entorno visual, mientras filtran la información irrelevante. Está estrechamente relacionada con los movimientos oculares, como las fijaciones y los sacádicos.

Las fijaciones indican dónde se está enfocando la atención en un momento dado, mientras que los movimientos sacádicos permiten que la atención se desplace rápidamente de un punto de interés a otro dentro del campo visual.

La atención puede ser dirigida tanto de manera voluntario como involuntaria por estímulos visuales. La comprensión de la atención visual es fundamental para entender cómo las personas interactúan con su entorno y para mejorar la

efectividad de las aplicaciones en diversos campos (Colmenero et al., 2001; Duchowski A., 2017).

F. Herramientas de Eye-tracking

La herramienta física para aplicar técnicas de eye-tracking es el eye-tracker Tobii Pro Nano, en conjunto con herramientas de software para la instalación y control de pruebas: Tobii Pro Lab, software de eye-tracking, y Tobii Pro Eye Tracker Manager, herramienta que permite configurar y ajustar el eye-tracker.

► IV. Metodología

Para el desarrollo del artículo se establecieron metodologías de investigación, desarrollo de software, así como metodologías de experimentación. En el caso de la primera, se utiliza una metodología basada en la experimentación ya que es preciso averiguar cómo las métricas que se propondrán posteriormente influyen en los resultados de la percepción de colores entre hombres y mujeres.

A. Metodología de desarrollo de software de experimentación

Para el desarrollo del software de experimentación se hará uso del entorno de desarrollo de Visual Studio Code, implementando código en HTML, CSS, JavaScript y Python junto al framework Flask y el módulo Python SQLite3 para integrar la base de datos. La herramienta utilizada para la creación y manejo de la base de datos es DB Browser (SQLite).

B. Metodología de experimentación

Respecto al protocolo de experimentación se tiene el siguiente esquema:

El proceso de experimentación consiste en la selección de un sujeto de prueba: estudiante de sexo masculino o femenino, de 18 a 25 años. Se prepara el entorno, incluyendo la configuración de las herramientas de eye-tracking: eye-tracker Tobii Pro.

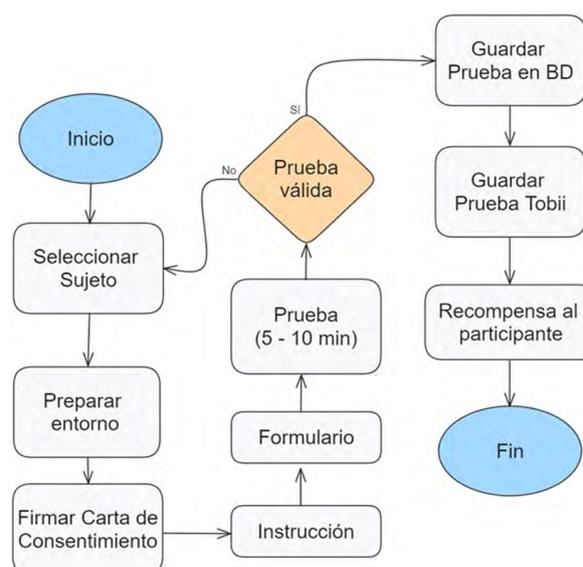


Fig. 1. Protocolo de investigación (elaboración propia, 2024).

El proceso de experimentación consiste en la selección de un sujeto de prueba: estudiante de sexo masculino o femenino, de 18 a 25 años. Se prepara el entorno, incluyendo la configuración de las herramientas de eye-tracking: eye-tracker Tobii Pro Nano y el software Tobii Pro Lab, así como el entorno del software de experimentación. Se extiende una carta de consentimiento al sujeto de prueba, la cual tiene que leer y firmar. Tras el consentimiento, se inicia la prueba, dando instrucciones al sujeto, especificando posturas y materiales a usar. El sujeto parte en un formulario para después seguir a la fase de los estímulos visuales. Al terminar la prueba el supervisor de la prueba determina si ésta es válida o no. En caso de ser una prueba válida, se guardan los datos obtenidos en la base de datos, de igual forma se guarda la grabación de Tobii Pro Lab y finalmente se da una recompensa al sujeto de prueba. En el caso contrario de tener una prueba no válida, se termina la prueba y se selecciona a otro sujeto de prueba.

C. Metodología de análisis mediante eye-tracking

Se eligieron métricas extraídas de Tobii Pro Lab, las cuales se considera que tienen una interpretación significativa para el propósito del proyecto y se describen a continuación

Tabla I
MÉTRICAS CONSIDERADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN INICIAL (ELABORACIÓN PROPIA, 2024).

Métrica de eye-tracking	Descripción	Referencias
Cantidad de fijaciones	El número de fijaciones en un intervalo de tiempo está relacionado con la cantidad de información que se puede obtener de un elemento específico. En este contexto, las fijaciones se producen para identificar cuál de los recuadros de despliegue de color tiene una diferencia de color.	(Colmenero et al., 2001; Tobii Technology, 2023)
Duración total de fijaciones	Es la suma de todos los periodos de fijación en un área de interés, en este caso, en uno de los recuadros de despliegue de color. Refleja el tiempo total que se dedica a observar y procesar esa área particular.	(Colmenero et al., 2001; Tobii Technology, 2023)
Tiempo a primera fijación	Tiempo transcurrido desde el inicio del estímulo visual hasta la primera fijación que se posa en uno de los recuadros de despliegue de color.	(Colmenero et al., 2001)
Cantidad de Sacádicos	El número total de movimientos sacádicos realizados durante la observación de un recuadro de color indica cuántas veces los ojos se desplazan rápidamente entre diferentes puntos de interés, mostrando cómo se explora visualmente el área.	(Ramírez Coronel, 2018)

» V. Experimentación inicial

Con el fin de estudiar cómo se pueden implementar las técnicas de eye-tracking con la percepción de color se decidió comenzar con un estudio de control con una serie de colores desplegados sobre una pantalla blanca. Uno de estos estímulos de colores tendría una diferencia de color, la cual, conforme el avance en las pruebas, disminuiría. Para el manejo de colores se emplearon listas, una lista con los colores de los recuadros sin diferencia y otro para el recuadro con diferencia, ambos en formato hexadecimal (tabla II).

Tabla II
COLORES USADOS EN EXPERIMENTACIÓN INICIAL (ELABORACIÓN PROPIA, 2024).

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
Recuadros sin diferencia	#93291E	#FF416C	#74DB1F	#2727BA	#F7E11B
Recuadro con diferencia		#ED4269	#77E01F	#2626B5	#F5DE0F
Fondo	#FFFFFF				

Estos colores están definidos debido a que pertenecen al espectro visible del ojo humano.

Para la realización de las pruebas, se utilizó un ambiente controlado que consistía en una silla y una mesa para el sujeto de prueba, junto con una laptop equipada con el eye-tracker Tobii Pro Nano. Las pruebas comenzaban preparando el entorno: se colocaba el eye-tracker en la parte central inferior de la pantalla de la laptop y se creaba una prueba individual en Tobii Pro Lab para cada sujeto de prueba.

Después de esta preparación, se solicitaba a los usuarios que se posicionaran en la silla y realizaran una calibración (proceso de ajustar el sistema para que pueda medir con precisión la dirección de la mirada del usuario). Una vez completada la calibración, se iniciaba la ejecución del software de experimentación, el cual mostraba una interfaz con instrucciones y luego procedía a la fase de pruebas con los recuadros de despliegue de color (Fig. 2).

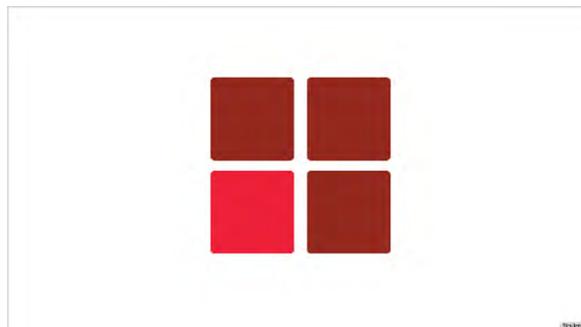


Fig. 2. Captura de ejecución: Prueba 1 (elaboración propia, 2024).

Los sujetos de prueba debían seleccionar un recuadro, hacer clic en él y luego hacer clic en el botón "Siguiente" para pasar a la siguiente prueba que contenía otros colores. Este procedimiento se repetía hasta completar las 5 pruebas.

Estos sujetos de prueba fueron estudiantes de 18 a 25 años de carreras dentro del área de Ciencias de la Computación: tres mujeres y tres hombres.

Durante esta fase se observó que al no haber un indicador de que el recuadro que seleccionaron sí había sido seleccionado correctamente, estos trataban de dar más clics en el estímulo por lo que

será necesario agregar este indicador para una mejor fluidez en las pruebas.

No se tomaron en cuenta condiciones visuales que pudieran presentar los usuarios seleccionados, sin embargo, este es un punto que se está abordando para obtener una base de datos más enriquecida y resultados más precisos.

► VI. Resultados

Las métricas seleccionadas son una propuesta inicial y se sigue trabajando en desarrollar un modelo que permita diferenciar y analizar con mayor detalle, junto a las técnicas de eye-tracking, el estudio de la percepción del color entre hombres y mujeres.

Resultados preliminares (tabla III): se presentan las sumatorias de las métricas de las áreas de interés de las tres mujeres y tres hombres participantes durante los cinco colores de la prueba. Estas métricas se seleccionaron con la intención de buscar diferencias significativas entre los dos perfiles seleccionados sobre su capacidad de percepción de colores. A continuación, se enlistan las interpretaciones de las métricas que se encontraron en estas pruebas.

Las mujeres y los hombres muestran patrones diferentes de atención visual en los cuatro recuadros de color (SuperiorIZQ, SuperiorDER, InferiorIZQ, InferiorDER).

Duración total de fijaciones: Las mujeres dedican más tiempo al recuadro inferior izquierdo, mientras que los hombres pasan más tiempo en el recuadro superior derecho.

Cantidad de fijaciones: Ambos géneros fijan más su mirada en el recuadro superior derecho, aunque las mujeres también muestran interés en el recuadro inferior izquierdo.

Tiempo a primera fijación: Las mujeres miran más rápidamente el recuadro superior derecho, mientras que los hombres lo hacen en el recuadro inferior derecho.

Cantidad de Sacádicos: Los movimientos de ojos son más frecuentes en el recuadro superior derecho para ambos géneros.

En general, estos datos sugieren que los recuadros superiores, especialmente el derecho, atraen más la atención de los participantes.

Tabla III
RESULTADOS GENERALES DE EXPERIMENTACIÓN INICIAL (ELABORACIÓN PROPIA, 2024).

Género	AOI (Recuadro)	Duración total de fijaciones (ms)	Cantidad de fijaciones	Tiempo a primera fijación	Cantidad de Sacádicos
Mujeres	Color1 SuperiorIZQ	8714	33	8402	3
	Color2 SuperiorDER	10741	41	6611	11
	Color3 InferiorIZQ	11242	37	13922	6
	Color4 InferiorDER	8812	37	15022	7
Hombres	Color1 SuperiorIZQ	3256	11	13716	1
	Color2 SuperiorDER	14888	32	15815	8
	Color3 InferiorIZQ	5055	11	19852	3
	Color4 InferiorDER	4266	13	9791	1

► VII. Conclusiones

Los resultados iniciales muestran diferencias en la atención visual entre hombres y mujeres, lo que sugiere posibles variaciones en la percepción de colores. Para mejorar la precisión y validez de estos hallazgos, es crucial ampliar y refinar las métricas de eye-tracking utilizadas, así como implementar un análisis estadístico más detallado. Es importante considerar factores adicionales, como las condiciones visuales de los participantes, y aumentar tanto el número de pruebas como la variedad de colores. Esto es fundamental para obtener resultados más robustos y comprensivos en futuras experimentaciones.

► VIII. Agradecimientos

Agradecimientos al MC. Ángel Eduardo Villegas Ortíz y al Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez por el apoyo y la guía durante todo el trabajo.

» **IX. Referencias**

- [1] Colmenero, J. M., Catena, A., & Fuentes, L. J. (2001). Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro. *17(1)*, 45–67.
- [2] Duchowski A. (2017). Eye Tracking Methodology.
- [3] Ford, A., & Roberts, A. (1998). Colour Space Conversions. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://poynton.ca/PDFs/coloureq.pdf>
- [4] Itten, J. (1961). *Arte del Color*.
- [5] Lamberta, B. (2011). Trigonometry for Animation. *Foundation HTML5 Animation with JavaScript*, 69–101. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-3666-5_4
- [6] Lindon, J. C., Tranter, G. E., & Holmes, J. L. (John L. (2000). *Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry*. Academic Press.
- [7] Ramírez Coronel, A. (2018). Relación entre los movimientos sacádicos, lateralidad y proceso lector. *Espirales*.
- [8] Süsstrunk, S., Buckley, R., & Swen, S. (n.d.). *Standard RGB Color Spaces*.
- [9] Tobii Techonology. (2023, June 19). Understanding Tobii Pro Lab's eye tracking metrics. Sitio Oficial Tobii. https://connect.tobii.com/s/article/understanding-tobii-pro-lab-eye-tracking-metrics?language=en_US