

MODELO PARA LA EVALUACIÓN OBJETIVA DE INTERFACES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ATENCIÓN VISUAL OBTENIDOS CON EYE-TRACKING.

Model for objective evaluation of interfaces by analyzing visual attention patterns obtained with eye-tracking

Ángel Villegas Ortíz ¹	al235190@edu.uaa.mx
Francisco Álvarez Rodríguez ¹	fjalvar@correo.uaa.mx
Eduardo Rodríguez López ¹	emlopez@correo.uaa.mx

¹Departamento Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.

RESUMEN

Con las herramientas actuales de diseño y evaluación de interfaces, es muy difícil estimar objetivamente la información sobre usabilidad. Tecnologías como el eye-tracking amplían los enfoques para obtener imparcialmente datos sobre la atención visual. Sin embargo, la obtención de información biométrica mediante eye-tracking no indica pe se la calidad y cantidad de información obtenida al evaluar una interfaz. Por ello, en este trabajo establecemos un modelo para relacionar las abstracciones de los procesos de atención visual que se despliegan al utilizar una interfaz y las interpretaciones de los valores cuantitativos que proporcionan los datos biométricos obtenidos por un eye-tracking.

Palabras Clave: Diseño de interfaces, Evaluación de interfaces, Patrones de diseño de interfaces, Patrones de atención visual, Eye-tracking.

ABSTRACT

With current interface design and evaluation tools, it is tough to objectively estimate usability information. Technologies such as eye-tracking extend the approaches to obtain data on visual attention impartially. However, obtaining biometric information through eye-tracking does not necessarily indicate the quality and quantity of information obtained when evaluating an interface. Therefore, in this work, we establish a model to relate the abstractions of the visual attention processes that are deployed when using an interface and the interpretations of the quantitative values provided by the biometric data obtained by eye-tracking.

Keywords: UI Design, UI Testing, Interface Pattern Design, Visual attention patterns, Eye-tracking.

» I. Introducción

La mayoría de los procesos de software cuentan con muchas herramientas para enfocar sus diseños, procesos, evaluaciones, despliegues y demás etapas mediante modelos metodológicos que permiten obtener buenos resultados, sin embargo, si los procesos de diseño de software y sus evaluaciones fueran perfectos no existirían experiencias pobres o productos que fracasaran en el mercado. Para poder mejorar la certidumbre de algunas de las etapas que conforman el desarrollo de un producto es de vital importancia obtener datos por parte del usuario para conocer de antemano la experiencia de algunas propuestas de diseño, entre más objetiva sea la información obtenida mejores probabilidades tendrá el producto de sobrevivir y destacar en el mercado una vez desplegado [1].

Con el fin de proporcionar una nueva fuente de información para que tanto diseñadores, como evaluadores y demás miembros del equipo que estén relacionados con la usabilidad de una interfaz y los mecanismos de interacción subsecuentes, la implementación de técnicas de eye-tracking surge como una aproximación para la obtención de datos biométricos de forma no invasiva y fácilmente implementable en la mayoría de los dispositivos y plataformas [2]. En particular, y como se abordará a lo largo del trabajo, se ha detectado que las etapas de diseño y evaluación de las interfaces son un punto neurálgico que determinan el agrado de usuario y otros aspectos como la eficacia, eficiencia, claridad de la información, etc., de una interfaz [3].

En la parte inicial de este trabajo se desarrolla sobre un conjunto de conceptos que hacen de piedra angular de muchas de las propuestas principales que se plantean. Dentro de este mismo marco teórico se abordan las principales variables de eye-tracking que permiten diseñar un conjunto de ecuaciones que, de manera cuantitativa, permite estimar la usabilidad de una interfaz al ser expuesta a un usuario.

Para poder analizar a detalle una interfaz es necesario establecer los elementos que la conforman, así como sus propiedades. En este trabajo se establece una nomenclatura para la

identificación de los elementos en pantalla, formalización de las métricas que rigen la atención visual y otros subprocesos que reflejan las áreas en dónde es más determinante obtener información durante una evaluación mediante eye-tracking y, además, descubrir cómo es posible usar esta información para motivar decisiones de diseño en iteraciones posteriores de las propuestas de interfaces. Por último, se abordan varios casos de estudio que implementaron las propuestas de este trabajo y permitieron encontrar los puntos débiles y fuertes de una propuesta de diseño de interfaz de manera efectiva.

» II. Problemática

En la actualidad muchos de los paradigmas del desarrollo de un producto de software están enfocados en evaluar de manera correctiva si los prototipos o versiones de un producto cumplen con los objetivos de uso deseables establecidos mucho antes en la etapa del análisis y diseño del producto [4]. Incluso en metodologías ágiles cada una de sus etapas como análisis, diseño, prototipado, etc. enfocan sus evaluaciones de manera correctiva [5].

Ahora bien, conceptos como el diseño centrado en el usuario (o DCU por sus siglas en inglés) se sugiere que para que el usuario final del producto le sea agradable usarlo, el proceso debe inmiscuirlo de lleno en las etapas de diseño y evaluación de interfaces, de ahí la relevancia de estas etapas en las propuestas de este trabajo. Como se menciona en [3], cuando se implementa el DCU una de las variables que mejora ampliamente la calidad de uso del producto desarrollado es la opinión precisa y objetiva obtenida del usuario.

De acuerdo con [6] los enfoques DCU son los encargados de modelar la experiencia de usuario, por lo que hace de vital importancia las aportaciones que este puede ofrecer como retroalimentación a los desarrolladores del producto. Este tipo de enfoques resulta mucho más beneficioso ya que se tiene poca información, pero esta es mucho más precisa y lo más objetiva posible. Es en este punto que entran las técnicas de obtención de señales biométricas en el análisis de la experiencia del usuario como una nueva fuente

de información que permita a los desarrolladores mejorar la certidumbre de sus diseños [2].

» III. Marco teórico

Con el fin de brindar propuestas metodológicas más completas y específicas se establecen un conjunto de conceptos relacionados con este trabajo. En esta sección se abordan conceptos como lo son los fundamentos del diseño de interfaces, así como las evaluaciones actuales que se realizan sobre ellas, para posteriormente, repasar conceptos de la tecnología de eye-tracking y sus principales métricas.

A. Diseño de Interfaces

El diseño de interfaces corresponde a toda actividad relacionada con la selección de los elementos de una o más propuestas de diseño que conforman un sistema. Una de las principales dificultades a la hora de proponer un diseño es que incluso en interfaces similares, las interacciones y agrado del usuario pueden diferir ampliamente [7]. Existe una gran cantidad de enfoques que abordan esta problemática de diferentes maneras, dentro de las más convencionales se define que un buen diseño puede ser propuesto tomando en cuenta, primeramente, la capacidad de los elementos para generar un entorno familiar y reconocible para el usuario, posteriormente, que los elementos sean uniformes y parecidos entre sí y que los colores ayuden a representar ideas abstractas de interacción. Con lo anterior se busca brindar al usuario de herramientas para evitar que este se frustre al intentar resolver una tarea, o se mantenga en la aplicación durante más tiempo.

Pero incluso aunque una interfaz tome en cuenta los conceptos anteriores, y añada otros, es muy complicado garantizar que las propuestas de diseño, al ser desplegadas, funcionen correctamente como lo planteó el diseñador. Uno de los enfoques que busca disminuir las probabilidades de que un usuario no perciba la interacción de manera agradable o efectiva es el concepto de diseño centrado en el usuario. Este enfoque da un giro de 180 grados en el proceso

de elaboración de interfaces ya que, en lugar de probar diseños generados exclusivamente con el criterio del diseñador, se inmiscuye al usuario en el propio diseño con el fin de considerar sus intereses, problemas de uso, errores no considerados, a la vez que se pule la experiencia de usuario [8]. La información obtenida por diversos usuarios reales o hipotéticos permite modelar perfiles de usuarios objetivo. Estos perfiles ayudan al diseñador a determinar qué elementos y que propiedades de estos ofrecen mejores interacciones para cada tipo de persona que los use [9].

B. Evaluación de Interfaces

Existen diferentes paradigmas para evaluar una propuesta de diseño de interfaz, anteriormente las evaluaciones estaban limitadas por la validación del funcionamiento técnico de los elementos que la conforman y los requerimientos establecidos durante el análisis. A este tipo de pruebas se les denomina pruebas de caja blanca y de caja negra. Si bien este tipo de pruebas sigue estando vigente en la mayoría de las evaluaciones actuales estas conforman solo una de las tantas etapas en la evaluación de software [10].

La evolución natural que sufrió la evaluación de interfaces se enfoca en integrar el concepto de usabilidad dentro de los parámetros de la evaluación del sistema. Las pruebas de usabilidad como las encuestas a usuarios o listas de verificación de requerimientos de uso han sido durante muchos años herramientas capaces para estimar errores muy notorios en una experiencia de uso [11], [12]. Este tipo de evaluación puede generar un tipo de evaluación cuantitativa que se asigna al cumplimiento de las rúbricas propuestas, sin embargo, la fuente de los datos es meramente cualitativa.

Por lo anterior, se identifica en este trabajo que existe una necesidad en el estado del arte de los procesos de evaluación de interfaces de adaptar e implementar nuevos enfoques y tecnologías para estimar de forma más amplia la manera en que se puede tanto obtener información por parte de un usuario, así como estudiar los efectos de los

elementos que conforman el diseño en la atención visual en la experiencia del usuario.

C. Eye-tracking

El eye-tracking es una técnica que se centra en el registro de los patrones de atención visual al exponer al usuario a diferentes estímulos [13]. El registro de la atención visual consta de dos principales variables de las cuáles derivan un conjunto de métricas cuantitativas que describen los procesos visuales por parte del sujeto, las variables se denominan: fijaciones y movimientos sacádicos. Ambos conceptos coexisten en un proceso llamado “barrido” en el cuál una persona hace búsquedas constantes y muy rápidas con la mirada en distintos puntos de un estímulo (o interfaz en este caso), las fijaciones son puntos en los que la mirada se detuvo en búsqueda de información, mientras que los movimientos sacádicos son el recorrido entre cada punto de interés que se detectó en el barrido [13], [14]. En la Fig. 1 puede verse una representación gráfica de estos conceptos.

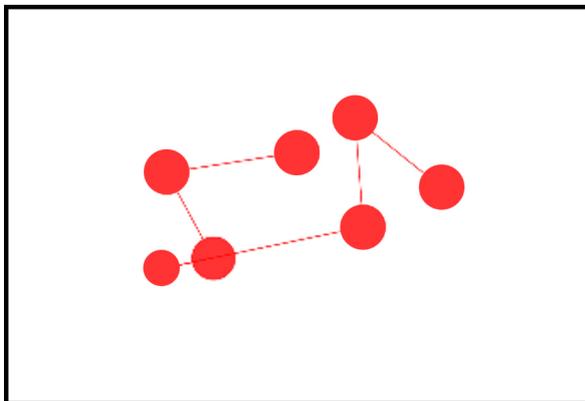


Fig. 1. Representación visual de fijaciones y movimientos sacádicos

Hoy en día existen herramientas como el eye-tracker Tobii Pro Nano, desarrollado por Tobii Technology [15], el cual está enfocado al análisis de eye-tracking en monitores, pantallas y existen algunos aditamentos que permiten el análisis de dispositivos móviles, todo lo anterior es posible manejarlo mediante el software de Tobii Pro Lab, desarrollado por la misma empresa antes mencionada.

► IV. Modelo para el análisis objetivo de interfaces

La propuesta para la evaluación de interfaces comprende tres principales secciones que permiten identificar los elementos que conforman el diseño y que, después del análisis con eye-tracking, ofrecen resultados cuantitativos del uso de estas mediante un conjunto de ecuaciones.

Esta propuesta establece que la calidad de interacción humano-computadora de una interfaz gráfica está dada por su capacidad para ser entendida, usada y recorrida. Ampliando los conceptos de eye-tracking mencionados en el apartado C de la sección III las herramientas de esta técnica ofrecen lecturas muy precisas de los procesos de atención visual, sin embargo, para poder relacionar estos procesos visuales con el uso tangible de una interfaz es necesario proponer interpretaciones específicas para cada métrica que se haya identificado como válida para evaluar una interfaz.

Nomenclatura de interfaces

Identificar los elementos de una interfaz puede parecer una nimiedad para el análisis de la usabilidad, sin embargo, enlistarlos promueve la formalización de las propiedades y funciones de estos en el proceso de interacción. Además, para el diseñador sirve como una rúbrica que puede consultar antes y después de la evaluación con el fin de detectar los elementos más relevantes. A continuación, se expresa la nomenclatura propuesta para la identificación de cada elemento en un diseño de interfaz:

$$\begin{aligned}
 & \text{Sea una interfaz de estudio con una} \\
 & \text{cantidad finita de elementos que con-} \\
 & \text{forman el diseño y tomando el símbolo} \\
 & \text{“} \rightarrow \text{” como significa, la interfaz y sus} \\
 & \text{elementos se denotan:} \\
 & I \rightarrow \text{Interfaz} \\
 & n \rightarrow \text{Elemento de interfaz} \\
 & N \rightarrow \text{Conjunto de elementos } n \text{ de una} \\
 & \text{interfaz} \\
 & I(n) \rightarrow \text{Elemento } n \text{ de la interfaz } I
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

B. Métricas de eye-tracking para la evaluación de interfaces

Las tecnologías actuales de eye-tracking permiten obtener un gran número de métricas relacionadas con la atención visual, existen métricas que contemplan los tiempos para realizar una primera fijación o el tiempo que tarda en salir de un área en particular. Si bien cada métrica brinda diferente información existe poca fundamentación e implementaciones en las que se proponga un conjunto específico de métricas para estimar experiencias de uso en interfaces digitales [16].

La selección de las métricas de este trabajo está fuertemente basada en los conceptos de fijaciones y movimientos sacádicos, por lo que la primera propuesta del conjunto de métricas consta de tres clasificaciones: métricas de fijaciones, métricas de movimientos sacádicos y métricas de interacción.

Las métricas de fijaciones están relacionadas con la obtención de la información que contiene un elemento, en otras palabras, los cambios en la cantidad y duración de la fijación se relacionan con la capacidad de un elemento para ofrecer información [17], [18]. Complementario a lo anterior, las métricas de movimientos sacádicos responden a la búsqueda de los elementos más relevantes y de manera más particular a procesos de lectura [19], [20].

En la Tabla I se congregan las variables obtenidas con la herramienta de Tobii Pro Lab que mejor se adaptan a las propuestas de investigación mencionando su nombre, variable y unidad de medida.

C. Interpretaciones de las métricas de eye-tracking

Lograr un primer análisis de la atención visual de una persona cuando interactúa con una interfaz es complicado ya que como se ha mencionado anteriormente, los procesos visuales están íntimamente relacionados con procesos cognitivos que incluso siguen estudiándose hoy en día [21]. Sin embargo, al someter al análisis de uso de interfaces a las técnicas de eye-tracking

es posible recabar más y mejor información que permitan descubrir nuevos patrones o precisar los ya descubiertos con técnicas o metodologías relacionadas al concepto de patrones de diseño de interfaces, entre otros enfoques para el diseño de los elementos en pantalla [22].

Ahora bien, encontrar los patrones de uso mediante eye-tracking también requiere de una abstracción considerable, ya que se desea que las métricas obtenidas por la técnica antes mencionada logren representar cómo las propiedades de los elementos que componen el diseño influyen en la percepción y experiencia por parte del usuario [9].

Tabla I
VARIABLES, MÉTRICAS DE EYE-TRACKING Y UNIDADES DE MEDIDA

Variable	Métrica	Unidad de medida
Cf(n)	Cantidad de fijaciones en n.	Conteo número entero.
Df(n)	Duración de fijaciones en n.	Milisegundos (ms.)
Int(n)	Interacciones (Clicks) en elemento n.	Conteo número entero.
Cs(n)	Cantidad de mov. Sacádicos en n.	Conteo número entero.
Vs(n)	Velocidad promedio de mov. Sacádicos en n.	(px/ms).

En la Tabla II se congregan las variables de eye-tracking, las interpretaciones relacionadas (que corresponden específicamente a uno de los elementos que componen la atención visual humana) y las reglas de interpretación. Las reglas de interpretación son casos opcionales que indican de mejor manera los significados de los valores cuantitativos de las métricas de eye-tracking para que un evaluador tenga una hoja de ruta para la interpretación de los resultados obtenidos.

D. Índices de Evaluación de Interfaces mediante Eye-tracking (INUSINET)

Para un evaluador de software resulta muy valioso poder aumentar las fuentes de información que le permitan tener decisiones informadas, pero, sobre todo, acertadas. Obtener información de la interacción mediante comentarios del evaluador o encuestas al usuario son un método valioso, sin embargo, todo queda a criterio de la estimación subjetiva del evaluador de lo que comprende para él la calidad de la usabilidad.

El modelo de evaluación de interfaces INUSINET o Índice del Uso de Interfaces mediante Eye-Tracking (elaboración propia, 2024) utiliza las propuestas de los apartados A, B y C de la sección IV para fundamentar y establecer una parametrización de la calidad de los elementos que conforman el diseño. Una vez identificados cada uno de ellos es posible generar expectativas de uso para cada uno. Se debe tener en cuenta que más allá de solo un conjunto de elementos con propiedades definidas, son un equipo que tiene que permitirle al usuario resolver una tarea específica mientras interactúe con la interfaz que los despliega.

Lo anterior hace evidente que el desempeño del “equipo” de conjuntos está estrechamente relacionado con las propiedades de cada elemento individual y qué tan capaces son de cumplir su tarea y también apoyar a sus demás compañeros durante la interacción del usuario.

Ya definida la relevancia de las propiedades de los elementos en la evaluación de interfaces, se proponen tres principales abstracciones de los procesos de atención visual al usar interfaces que permite registrar, analizar y calificar si cada uno de los elementos está cumpliendo su tarea individual o existen puntos débiles en el proceso de interacción en un conjunto de estos.

Tabla II
VARIABLES, INTERPRETACIONES DE ATENCIÓN VISUAL Y REGLAS DE INTERPRETACIÓN.

Variable	Interpretación relacionada	Regla de Interpretación
Cf(n)	E→Eficacia de obtención de información	$Cf(n) = \begin{cases} + Cf(n) \rightarrow -E \\ - Cf(n) \rightarrow +E \end{cases}$ (2)
Df(n)	R→Relevancia en la obtención de información	$Df(n) = \begin{cases} + \sum Df(n) \rightarrow + R \\ - \sum Df(n) \rightarrow - R \end{cases}$ (3)
Int(n)	F→Facilidad de uso	$Int(n) = \begin{cases} + Int(n) \rightarrow - F \\ - Int(n) \rightarrow + F \end{cases}$ (4)
Cs(n)	P→Eficiencia en la obtención de información	$Cs(n) = \begin{cases} + Cs(n) \rightarrow - P \\ - Cs(n) \rightarrow + P \end{cases}$ (5)
Vs(n)	H→Esfuerzo de lectura requerido	$Vs(n) = \begin{cases} + Vs(n) \rightarrow - H \\ - Vs(n) \rightarrow + H \end{cases}$ (6)

Las ecuaciones de los índices están ampliamente

inspiradas en procesos de atención visual que se realizan cada vez que una persona realiza un “barrido” sobre un estímulo. El índice de complejidad de entendimiento (o ICE por sus siglas), Ec. 7, hace referencia a la capacidad de cada elemento para ser identificado y la capacidad para que el usuario intuya su uso. El índice de complejidad de uso (ICU por sus siglas), contenido en la Ec. 8, está relacionado con el esfuerzo necesario para realizar una interacción, este subproceso más que un mecanismo físico hay una coordinación consciente y jerárquica de la secuencia estimada de uso, en otras palabras, el acto de interactuar con un elemento en pantalla requiere un rastreo ocular seguido de interacciones físicas muy específicas. Por último, el índice de complejidad de recorrido (ICR por sus siglas), Ec. 9, hace referencia principalmente al apartado de búsqueda en el proceso de atención visual, también está estrechamente relacionado con los procesos de lectura, por lo que se establece que este índice permite conocer la capacidad de los elementos para ser encontrados en pantalla, y a la vez, la claridad de las fuentes y colores que lo conforman.

$$ICE = \frac{\text{Cantidad de fijaciones (Cf)}}{\sum \text{Duración de fijaciones (Df)}} \quad (7)$$

$$ICU = \frac{\text{Cantidad de interacciones (Clicks)(Int)}}{\text{Cantidad de fijaciones (Cf)}} \quad (8)$$

$$ICR = \frac{\text{Cantidad de mov.sacádicos (Cs)}}{\text{Velocidad prom. de mov.sacádicos (Vs)}} \quad (9)$$

» V. Resultados

Si bien la implementación de las técnicas de eye-tracking es una propuesta novedosa ya se ha podido experimentar en varios casos de estudio con las propuestas de este trabajo. Cabe destacar que la propuesta particular de INUSINET existe dentro de otro modelo metodológico más amplio denominado Evaluación del Uso de Interfaces mediante Eye-Tracking (EVUSINET) (elaboración propia, 2023). Este marco de trabajo se centra en permitir el análisis de eye-tracking en productos de software con características y objetivos muy diferentes entre sí, pero que comparten la implementación del eye-tracking

como principal motivador de los diseños y cambios en las interfaces que conforman el sistema. Antes de iniciar el análisis de las interfaces se comparte un breve resumen de los casos de estudio involucrados y, posteriormente, se expresan las cuatro interfaces en las que la implementación de las técnicas de INUSINET permitieron encontrar deficiencias en las propuestas de diseño o corroborar que la interacción era la esperada por parte de los diseñadores.

A. Casos de estudio.

Los casos de estudio que se abordan en este trabajo fueron dos proyectos que tuvieron procesos de desarrollo muy diferentes entre sí, pero que comparten la implementación de las técnicas de eye-tracking como principal herramienta para mejorar las características de uso de sus interfaces.

El caso de estudio 1 “Easy-Bank Vision” se planteó como una plataforma web de tipo banca en línea que permitiera mediante el diseño de sus interfaces ofrecer experiencias claras y eficientes para diversos tipos de perfiles, en particular para personas jóvenes con ninguna experiencia en bancas en línea o personas mayores que no tuvieran experiencia con el manejo de equipo de cómputo en general. Este proyecto tuvo un periodo de producción de 1 año y se realizaron un total de 26 pruebas, de las cuales se descartaron 4 por calibraciones pobres.

El caso de estudio 2 “RELIF” se enfoca en una plataforma realizada mediante Unity en la que se busca ofrecer una herramienta de seguimiento de terapias de rehabilitación facial para personas con parálisis facial central y periférica particularmente. Este trabajo tuvo un proceso de desarrollo con tiempos muy limitados (12 semanas aproximadamente). Una vez definidos los requerimientos y objetivos del proyecto, y tomando en cuenta como principal método de evaluación de interfaces las técnicas de eye-tracking, se realizaron un total de 20 pruebas de 4 versiones del producto de manera iterativa, es decir, cada versión del software se sometía a 5 pruebas con usuarios y, posteriormente, con

base en estos resultados se proponían mejoras de diseño hasta encontrar una versión que cumpliera las expectativas de los diseñadores y evaluadores.

B. Patrones de lectura.

En la investigación de [23] se aborda ampliamente el efecto de los patrones de lectura tanto en el interés de la persona hacia un elemento y la secuencia en la que recorre los contenidos. En la Fig. 2 el diseño de interfaz de esa versión contaba con texto repartido en toda la pantalla en un formato columnas. Las pruebas que se realizaron con eye-tracking lograron demostrar que los movimientos sacádicos entre los distintos elementos de la interfaz fueron muy amplios y desordenados. Lo que indica que para mantener una lectura adecuada hay que mantener los textos correctamente agrupados en regiones específicas.

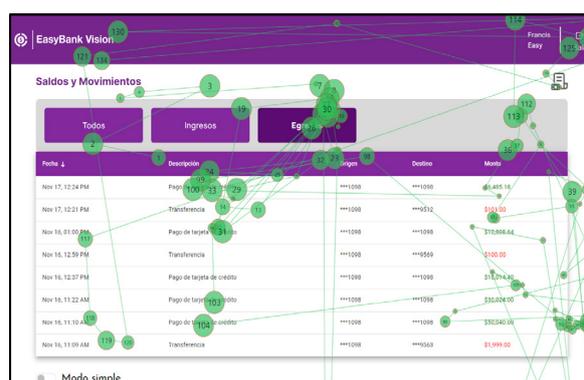


Fig. 2. Interfaz “Saludos y Movimientos” del caso de estudio 1 “Easy-Bank Vision”.

C. Distribución

La distribución de los elementos le brinda al usuario un punto de partida para comprender cómo se debe usar la interfaz o cuál es la secuencia óptima para completar la tarea [17]. En la Fig. 3 se observa un caso en el que la distribución de los elementos juega a favor del usuario ya que como se observa, las fijaciones se congregan en espacios específicos de la interfaz que el diseñador desea que sean visitados. A su vez, la secuencia del recorrido de los movimientos sacádicos es principalmente horizontal, salvo registros muy específicos no hay fijaciones en lugares irrelevantes de la interfaz.

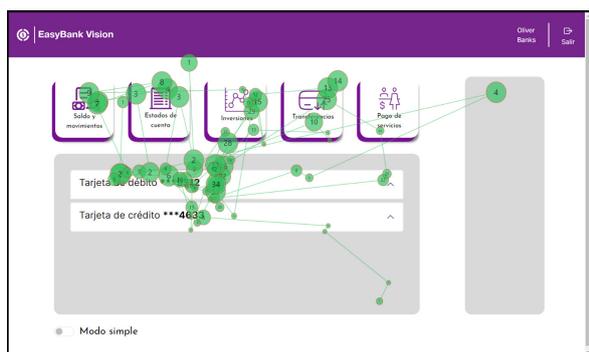


Fig. 3. Interfaz “Home” del caso de estudio 1 “Easy-Bank Vision”.

E. Familiaridad y Dimensión

Conforme las teorías e implementaciones de eye-tracking son estudiadas más relaciones se encuentran entre los procesos cognitivos y de atención visual, tanto que incluso pueden ser considerados como parte de un mismo proceso [17]. En la Fig. 4 se observa como un rostro humano siempre llama poderosamente la atención del usuario, posteriormente dirige la atención hacia otros elementos basándose principalmente en la dimensión de ellos, como lo es la cámara que conforma la mayor cantidad de área en pantalla.

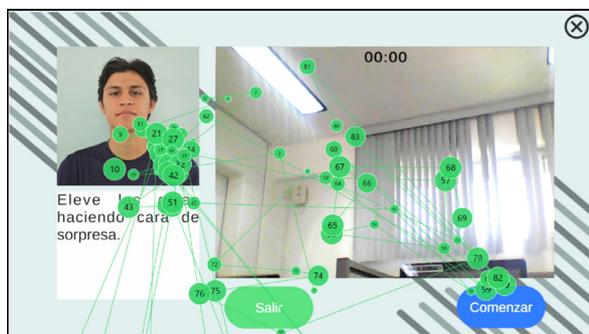


Fig. 4. Interfaz “Ejercicios” del caso de estudio 2 “RELIF”.

F. Color de los elementos

Como se menciona en [24] los colores despliegan poderosos estímulos en el cerebro humano. De manera natural el ojo humano está entrenado para distinguir u obviar otros. En este caso de estudio de la Fig. 5, en la parte inferior derecha se observa un caso de lo segundo, donde la paleta de colores escogida para esta interfaz perjudicó fuertemente la experiencia de varias personas que probaron la aplicación impidiéndoles reconocer algunos

elementos y recorrerlos de manera óptima.

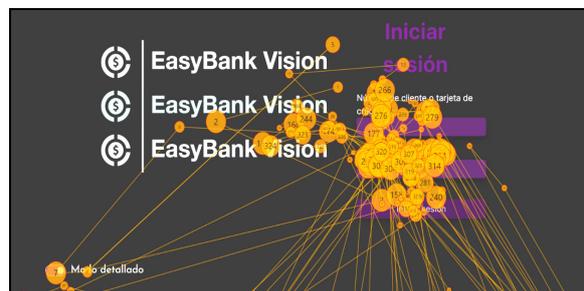


Fig. 5. Interfaz “Login” del caso de estudio 1 “EasyBank Vision”.

VI. Conclusiones

Como se ha mencionado en este trabajo, las técnicas de eye-tracking son una herramienta muy buena para obtener información adicional de un usuario cuando hace uso de un producto de software, sin embargo, aunque este modelo está enfocado en mejorar la certidumbre del diseñador y la objetividad de las evaluaciones sigue siendo requerida una interpretación por parte de los evaluadores. Sin embargo, como se abordó en la sección de resultados, una vez que las propuestas de diseño son puestas a prueba y se utilizan los conceptos de atención visual con los resultados obtenidos de manera práctica es posible modelar las experiencias de buena manera.

Las propuestas de este trabajo siguen en constante mejora y actualización gracias a que es posible adaptar las técnicas y conceptos aquí descritos en una gran cantidad de productos de software, por lo que se insta a demás diseñadores, evaluadores e investigadores a probar con más y más diversos casos de estudio que mejoren la precisión del modelo propuesto, así como su aplicabilidad.

VII. Referencias

- [1] A. Suárez Batista, A. Febles Estrada, and Y. Trujillo Casañola, “Software as a service: Necessity and challenge on service systems of Cuban Software Industry,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 10, 2016, Accessed: Jan. 18, 2025. [Online]. Available: <http://rcci.uci.cu>Pág.31-45Editorial"EdicionesFuturo"
- [2] A. Poole and L. J. Ball, “Eye tracking in

- human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects,” in *Encyclopedia of Human Computer Interaction*, Idea Group, 2006, pp. 211–219. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/230786738>
- [3] N. Chochoiek, “Explaining the Success of User-Centered Design - An Empirical Study across German B2C Firms,” *Junior Management Science*, vol. 2, no. 1, pp. 81–116, 2017, doi: 10.5282/jums/v2i1pp81-116.
- [4] B. Suratno and J. Shafira, “Development of User Interface/User Experience using Design Thinking Approach for GMS Service Company,” *Journal of Information Systems and Informatics*, vol. 4, no. 2, 2022, [Online]. Available: <http://journal-isi.org/index.php/isi>
- [5] Z. Latif, K. Sharif, F. Li, M. M. Karim, and Y. Wang, “A Comprehensive Survey of Interface Protocols for Software Defined Networks,” Feb. 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1902.07913>
- [6] S. Fleury and N. Chaniaud, “Multi-user centered design: acceptance, user experience, user research and user testing,” *Theor Issues Ergon Sci*, vol. 25, no. 2, pp. 209–224, 2024, doi: 10.1080/1463922X.2023.2166623.
- [7] X. Li, H. Zheng, J. Chen, Y. Zong, and L. Yu, “User Interaction Interface Design and Innovation Based on Artificial Intelligence Technology,” *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, vol. 4, no. 03, pp. 1–8, Mar. 2024, doi: 10.53469/jtpes.2024.04(03).01.
- [8] T. S. Da Silva, A. Martin, F. Maurer, and M. Silveira, “User-centered design and agile methods: A systematic review,” in *Proceedings - 2011 Agile Conference, Agile 2011*, 2011, pp. 77–86. doi: 10.1109/AGILE.2011.24.
- [9] J. Johnson, *Designing with the Mind in Mind Simple Guide to Understanding User Interface Design Rules*. 2010.
- [10] Y. P. Vera et al., “Design Thinking en la Planificación de Pruebas de Software Design Thinking in Software Testing Planning,” 2020.
- [11] E. Lukito Edi, D. Syarif Sihabudin Sahid, P. Insap Santosa, R. Ferdiana, and L. N. Edi, “Evaluation and measurement of Learning Management System based on user experience,” 2018, doi: 10.1109/INAES.2016.7821910.
- [12] B. E. Florián, O. Solarte, and J. M. Reyes, “Propuesta para incorporar evaluación y pruebas de usabilidad dentro de un proceso de desarrollo de software,” *Revista EIA*, vol. 13, pp. 123–141, Jul. 2010.
- [13] B. T. Carter and S. G. Luke, “Best practices in eye tracking research,” *International Journal of Psychophysiology*, vol. 155, pp. 49–62, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010.
- [14] A. Duchowski, *Eye Tracking Methodology*, 3rd ed. Clemson, SC. USA: Springer Nature, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-57883-5.
- [15] “Tobii Technologys Oficial Web site.” Accessed: Oct. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.tobii.com/>
- [16] Z. Sharafi, T. Shaffer, B. Sharif, and Y. G. Gueheneuc, “Eye-tracking metrics in software engineering,” in *Proceedings - Asia-Pacific Software Engineering Conference, APSEC, IEEE Computer Society*, May 2016, pp. 96–103. doi: 10.1109/APSEC.2015.53.
- [17] J. M. Colmenero, A. Catena, and L. J. Fuentes, “Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro,” vol. 17, no. 1, pp. 45–67, 2001.
- [18] C. Gutiérrez de Piñeres Botero, “Visión humana y movimientos oculares,” 2019. [Online]. Available: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blau->
- [19] F. Martínez Gutiérrez, “Eyetracking y usabilidad: Claves de investigación en los procesos de lectura en línea,” *Revista de Comunicación de la SEECI*, vol. 0, no. 16, p. 98, Jul. 2008, doi: 10.15198/seeci.2008.16.98-114.
- [20] A. Ramírez Coronel, “Relación entre los movimientos sacádicos , lateralidad y proceso lector.,” *Espirales*, 2018.
- [21] V. Skaramagkas et al., “Review of eye tracking metrics involved in emotional and cognitive processes,” 2021.
- [22] V. Díaz Herráez and P. Varona, “Estudio de la precisión de los dispositivos de eye-

- tracking para la evaluación de patrones de lectura,” Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España, 2017. Accessed: Jun. 21, 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10486/679804>
- [23] G. Parodi and C. Julio, “¿Dónde se posan los ojos al leer textos multimediosos disciplinares? Procesamiento de palabras y gráficos en un estudio experimental con eye tracker,” *Revista Signos*, vol. 49, pp. 149–183, 2016, doi: 10.4067/S0718-09342016000400008.
- [24] L. Tarazona Evangelista, Y. Aguilar Baca, and V. Rivera Flores, “Uso de la teoría del color para mejorar la atención visual en estudiantes del segundo grado de secundaria de la I.E. San Martín de Socabaya, Arequipa 2017,” UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa, Perú., 2018.
- » **VII. Notas Bibliográficas**



Angel Eduardo Villegas Ortíz es estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas Y Tecnologías por parte de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Cuenta con el grado en Ingeniería en Sistemas Computacionales y

Maestría en Ciencias Computacionales, ambas por parte de la institución antes mencionada. Ha impartido cursos de nivel licenciatura y actualmente dirige varios proyectos relacionados con las teorías de implementación de eye-tracking en la ingeniería de software.



Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez, Profesor de Ingeniería de Software adscrito al Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguascalientes

(U.A.A.). Doctor en Ingeniería por la UNAM (México). Doctor en Metodología de la Enseñanza por el IMEP (México). Ha sido Decano del Centro de Ciencias Básicas en la U.A.A., así como jefe de Departamento de Sistemas Electrónicos. Miembro de núcleos académicos de diversos posgrados en México y Latino américa: Doctorado en Ciencias de la Computación, Doctorado Interinstitucional en Ciencias, Maestría en Ciencias con opción a Matemática y Computación, por mencionar algunos. Autor de libros y artículos sobre la línea Objetos de Aprendizaje, Procesos de Desarrollo de Software, Tecnologías Inclusivas y Minería de datos aplicados a la educación. Tiene diversos registros de propiedad intelectual de modelos y software. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, y es parte de diversas redes investigación nacional e internacional sobre Ingeniería de Software y Tecnologías Inclusivas, así como editor en jefe e invitado de diversas revistas de investigación. Actualmente es presidente del Consejo Nacional de Acreditación de programas de Informática y Computación, A.C.



Eduardo Emmanuel Rodríguez López es Candidato a Doctor en Ciencias Aplicadas y Tecnología por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Tiene el grado de maestría en Ciencias de la Computación y de

Ingeniería Biomédica, ambos también por la UAA. Se ha desempeñado como profesor en los departamentos de Sistemas Electrónicos y de Ciencias de la Computación (UAA) y en la Facultad de Ingeniería en la Universidad Panamericana. Actualmente se dedica a la investigación en Ingeniería de Software y Ciencia de Datos y sus principales intereses están enfocados en Análisis de Datos y Machine Learning.