

ORIGINAL

Impact of Graphic Design on Information Retention: A Linear Mixed Models Approach to Visual Elements and Memory

Impacto del Diseño Gráfico en la Retención de Información: Un Enfoque de Modelos Lineales Mixtos sobre Elementos Visuales y Memoria

Héctor Aguilar-Cajas¹  , Heidy Elizabeth Vergara-Zurita¹  , Ana Lucía Rivera-Abarca¹  , Jazmín Isabel García-Guerra¹  , Freddy Armijos-Arcos²  , Alex Santiago Mantilla-Miranda¹  

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba. Ecuador.

²Ingeniería, Diseño y Consultoría (IDYC Cia. Ltda.)

Citar como: Aguilar-Cajas H, Vergara-Zurita HE, Rivera-Abarca AL, García-Guerra JI, Armijos-Arcos F, Mantilla-Miranda AS. Impact of Graphic Design on Information Retention: A Linear Mixed Models Approach to Visual Elements and Memory. Salud, Ciencia y Tecnología. 2025; 5:1753. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251753>

Enviado: 16-11-2024

Revisado: 27-02-2025

Aceptado: 05-06-2025

Publicado: 06-06-2025

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Héctor Aguilar-Cajas 

ABSTRACT

Introduction: the effectiveness of graphic design in enhancing information retention depends largely on how visual elements are structured and perceived.

Objective: the study analyzes the impact of graphic design on information retention, using a rigorous statistical and experimental approach.

Method: through a linear mixed model, principal component analysis and artificial neural networks, several visual elements such as typography, contrast, visual hierarchy, text density, layout type and content format were evaluated.

Results: with a sample of 90 observations, the results showed that sans-serif typefaces, soft contrasts, use of icons, low text density and layouts with white space favor immediate information retention. On the other hand, advertising materials showed better performance compared to academic or infographics, possibly due to their more simplified and attractive design. Likewise, infographics stood out in long-term retention, due to their ability to integrate visual and textual content efficiently. The study also underscored the value of white space as a facilitator of cognitive processing, reducing mental overload. In sum, the findings demonstrated that design is not just aesthetics, but a strategic tool in enhancing learning.

Conclusion: it is concluded that a conscious visual design, adapted to the type of content and the cognitive profile of the user, can significantly optimize the way people absorb, process and remember information.

Keywords: Design; Information; Modeling; Typography; Visual.

RESUMEN

Introducción: la eficacia del diseño gráfico para mejorar la retención de información depende en gran medida de cómo se estructuran y perciben los elementos visuales.

Objetivo: el estudio analiza el impacto del diseño gráfico en la retención de información, utilizando un enfoque estadístico y experimental riguroso.

Método: a través de un modelo lineal mixto, análisis de componentes principales y redes neuronales artificiales, se evaluaron diversos elementos visuales como la tipografía, el contraste, la jerarquía visual, la densidad de texto, el tipo de layout y el formato del contenido.

Resultados: con una muestra de 90 observaciones, los resultados mostraron que tipografías sans-serif,

contrastes suaves, uso de íconos, baja densidad de texto y layouts con espacio en blanco favorecen la retención inmediata de información. Por otro lado, los materiales publicitarios mostraron mejor desempeño en comparación con los académicos o infográficos, posiblemente por su diseño más simplificado y atractivo. Asimismo, las infografías destacaron en la retención a largo plazo, debido a su capacidad para integrar contenido visual y textual de forma eficiente. El estudio también subrayó el valor del espacio en blanco como facilitador del procesamiento cognitivo, reduciendo la sobrecarga mental. En suma, los hallazgos demostraron que el diseño no es solo estética, sino una herramienta estratégica en la mejora del aprendizaje.

Conclusión: se concluye que un diseño visual consciente, adaptado al tipo de contenido y al perfil cognitivo del usuario, puede optimizar significativamente la manera en que las personas absorben, procesan y recuerdan la información.

Palabras clave: Diseño; Información; Modelado; Tipografía; Visual.

INTRODUCCIÓN

La eficacia del diseño gráfico para mejorar la retención de información depende en gran medida de cómo se estructuran y perciben los elementos visuales. El significado atribuido a cada elemento en una presentación o contexto visual suele ser contextual, influenciado por factores como el tamaño y la proximidad a otros elementos. Esta relación entre los elementos puede afectar significativamente la comprensión y retención de la información por parte del espectador. Por ejemplo, el uso de la proximidad y del espacio en blanco puede servir como poderosas herramientas visuales que apoyan el diseño del aprendizaje y la narración enfatizando las conexiones entre diferentes piezas de información.^(1,2)

La jerarquía visual desempeña un papel crucial para guiar a los espectadores a través del contenido.⁽³⁾ Al manipular aspectos como el tamaño, el color y la ubicación, los diseñadores pueden crear un camino claro para que los usuarios lo sigan, dirigiendo así la atención a los elementos más críticos. Este enfoque estructurado ayuda a garantizar que la información importante se destaque y sea más probable que se conserve.⁽⁴⁾

El diseño y la alineación de los elementos visuales también contribuyen a la estructura general de una página, que es fundamental para el diseño visual. Un diseño bien estructurado puede ayudar a descomponer la información compleja en segmentos manejables, haciendo que sea más fácil para el cerebro procesar y recordar.^(5,6)

Las primeras impresiones son vitales cuando se trata de diseño visual; un diseño atractivo puede captar inmediatamente la atención de los usuarios y motivarlos para que se involucren más con el contenido. Las vistas iniciales estéticamente agradables, como las páginas de destino, pueden mejorar significativamente la participación del usuario.^(7,8)

La consistencia en los elementos de diseño como esquemas de color, tipografía e imágenes fomenta una sensación de familiaridad y confianza, haciendo que la navegación sea más intuitiva. Esta coherencia no sólo mejora la experiencia del usuario, sino que también favorece la retención a largo plazo de la información.^(9,10)

La investigación sobre codificación cognitiva y retención de memoria ha indicado que el acto de dibujar puede mejorar la recuperación de información al involucrar múltiples procesos cognitivos.^(11,12) Cuando los individuos dibujan conceptos, desarrollan significados, se involucran en acciones motoras e inspeccionan visualmente sus creaciones, lo que ayuda a codificar la información en memoria.

La fuerza de estos recuerdos está a menudo determinada por el número de conexiones hechas con otros recuerdos existentes; cuantas más conexiones hay, más resistente se vuelve el recuerdo al olvido.^(13,14) Esto subraya la importancia de integrar elementos visuales en las experiencias de aprendizaje, ya que pueden crear vías de memoria más ricas, lo que conduce a una mejor retención de la información, por lo cual el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto del diseño gráfico en la retención de información bajo un enfoque de modelos lineales mixtos sobre elementos visuales y memoria.

MÉTODO

Modelos Estadísticos

El estudio implementa un enfoque analítico multinivel para comprender cómo los elementos de diseño gráfico influyen en la capacidad de retención y procesamiento de información de los usuarios. La metodología de análisis se estructura en tres niveles complementarios:

En primer lugar, se empleó un modelo lineal mixto (Mixed Linear Model) que reconoce la naturaleza jerárquica de los datos, considerando tanto los efectos fijos del diseño como las variaciones individuales de los participantes. Este enfoque es particularmente valioso porque nos permite entender cómo diferentes personas responden a los mismos elementos de diseño, reconociendo que la efectividad del diseño no es uniforme para todos los usuarios.

En segundo lugar, se implementó un análisis de componentes principales (PCA) para identificar patrones subyacentes en los elementos de diseño. Esta técnica ayudo a descubrir qué combinaciones de elementos de diseño tienden a trabajar en conjunto y cómo estos patrones pueden influir en la experiencia del usuario. Es especialmente útil para reducir la complejidad del diseño a sus elementos más fundamentales y efectivos.

Finalmente, se utilizó una red neuronal artificial con una arquitectura de dos capas ocultas (100 y 50 neuronas respectivamente) para modelar las relaciones no lineales entre los elementos de diseño y los resultados de aprendizaje. Este enfoque de aprendizaje profundo permite capturar interacciones complejas que podrían pasar desapercibidas en análisis estadísticos tradicionales.

Los resultados se presentaron de manera visual y cuantitativa a través de: tablas de resumen estadístico que proporcionan una visión general de las tendencias centrales y la variabilidad, gráficos de caja y violín que ilustran la distribución de los resultados para cada elemento de diseño, matrices de correlación que muestran las interrelaciones entre las variables numéricas y visualizaciones específicas para cada variable dependiente, permitiendo un análisis detallado de cómo cada elemento de diseño afecta diferentes aspectos del aprendizaje.

Este análisis integral no solo permite entender qué elementos de diseño son más efectivos, sino también cómo estos elementos interactúan entre sí y cómo su efectividad puede variar según las características individuales de los usuarios. Esta información es invaluable para crear diseños más efectivos y personalizados que maximicen la retención y comprensión de la información.

Datos utilizados

El estudio analizo los efectos del diseño gráfico en la retención de información, utilizando un conjunto de datos experimentales que comprende 90 observaciones. El dataset incorpora las siguientes variables:

Variables Independientes (Efectos Fijos): tipografía: Categorizada en serif y sans-serif, contraste de color: tres niveles (alto, medio, bajo), jerarquía visual: implementada mediante encabezados, negrita e iconos, densidad de texto: clasificada en alta, media y baja, tipo de *Diseño*: caracterizado por alineación, balance y espacio en blanco y tipo de material: Categorizado en académico, infográfico y publicitario

Variables de Control (Efectos Aleatorios): ID del participante: identificador único por participante, nivel educativo: distribuido en universitario, secundario y primario, estilo cognitivo: clasificado en visual, verbal y mixto

Variables Dependientes (Métricas de Rendimiento): retención Inmediata: distribución normal ($\mu=70$, $\sigma=15$), retención diferida: distribución normal ($\mu=60$, $\sigma=20$), tiempo de respuesta: distribución normal ($\mu=5$, $\sigma=2$), precisión de Recordación: Distribución normal ($\mu=80$, $\sigma=10$)

RESULTADOS

Resultados

La tabla de estadísticas sobre retención inmediata (tabla1) revela patrones interesantes sobre cómo diferentes aspectos del diseño gráfico pueden influir en la capacidad inmediata de retención de información.

Tabla 1. estadística de retención inmediata					
Typography Type	Sans-serif	69,07	15,03	40,19	97,78
	Serif	67,97	13,08	30,70	93,69
Color Contrast	High	67,18	13,50	41,30	93,69
	Low	70,19	14,88	30,70	93,47
Visual Hierarchy	Medium	68,18	13,97	40,60	97,78
	Bold	68,18	13,97	40,60	97,78
	Headers	67,18	13,50	41,30	93,69
Text Density	Icons	70,19	14,88	30,70	93,47
	High	67,18	13,50	41,30	93,69
	Low	70,19	14,88	30,70	93,47
Layout Type	Medium	68,18	13,97	40,60	97,78
	Alignment	67,18	13,50	41,30	93,69
	Balance	68,18	13,97	40,60	97,78
Material Type	Whitespace	70,19	14,88	30,70	93,47
	Academic	67,18	13,50	41,30	93,69
	Advertise-ment	70,19	14,88	30,70	93,47
	Infographic	68,18	13,97	40,60	97,78

A continuación, se ofrece una interpretación cualitativa de los resultados más relevantes

1. Tipografía (Typography Type):

Los textos presentados en tipografía sans-serif mostraron una leve ventaja en retención inmediata (69,07) frente a los de tipo serif (67,97). Esto sugiere que las tipografías más limpias y modernas podrían facilitar una lectura más rápida y comprensible en el corto plazo, mientras que las serifs, aunque tradicionalmente asociadas a la lectura prolongada, no favorecen tanto la retención inmediata.

2. Contraste de color (Color Contrast):

El contraste bajo se asoció con la mayor media de retención (70,19), lo que resulta contraintuitivo, ya que el alto contraste suele recomendarse para mejorar la legibilidad. Sin embargo, esto podría indicar que un contraste excesivo genera fatiga visual o distracción, mientras que un contraste suave podría promover una lectura más fluida y, por tanto, mayor retención.

3. Jerarquía visual (Visual Hierarchy):

Los diseños que usaron íconos como recurso de jerarquización tuvieron los mejores resultados (70,19), frente a los encabezados (67,18) y el texto en negrita (68,18). Esto apunta a que los elementos gráficos simbólicos facilitan la codificación visual y la asociación con significados, lo que mejora la retención.

4. Densidad del texto (Text Density):

Los diseños con baja densidad de texto obtuvieron la mayor retención (70,19), mientras que los de alta densidad obtuvieron la menor (67,18). Esto respalda la idea de que textos más espaciados, claros y concisos permiten al lector procesar y retener la información más eficazmente.

5. Tipo de diseño de layout (Layout Type):

Los layouts con espacios en blanco (whitespace) lideraron la retención (70,19), lo que confirma que el uso estratégico del espacio vacío favorece la organización visual y disminuye la sobrecarga cognitiva. En cambio, los diseños centrados solo en la alineación tuvieron una menor efectividad (67,18).

6. Tipo de material (Material Type):

Sorprendentemente, los anuncios publicitarios obtuvieron mejores niveles de retención (70,19) frente a materiales académicos (67,18) e infografías (68,18). Este resultado podría deberse a que los anuncios están diseñados con técnicas visuales más atractivas y simplificadas, facilitando la atención y la memorización inmediata.



Figura 1. Matriz de confusión para datos obtenidos

Influencia del Diseño en la Capacidad de Aprender: Un Viaje a través de los Datos

Para entender cómo el diseño gráfico moldea la capacidad de aprender y recordar, se han descubierto patrones

verdaderamente reveladores. Los investigadores y diseñadores, se enfrentan a una pregunta fundamental: ¿cómo pueden los elementos visuales transformar la manera en que absorbemos y retenemos la información?

Los datos presentados en la figura 1, revelan que los lectores del primer grupo captaron la información más rápidamente, con una impresionante tasa de retención inmediata del 69 %.

Sin embargo, aquellos que leyeron en serif mostraron una comprensión más profunda y duradera, alcanzando una precisión del 82 % en el recuerdo posterior (figura 2). Es como si las serifas actuaran como pequeños puentes, conectando no solo las letras, sino también las ideas en la memoria.

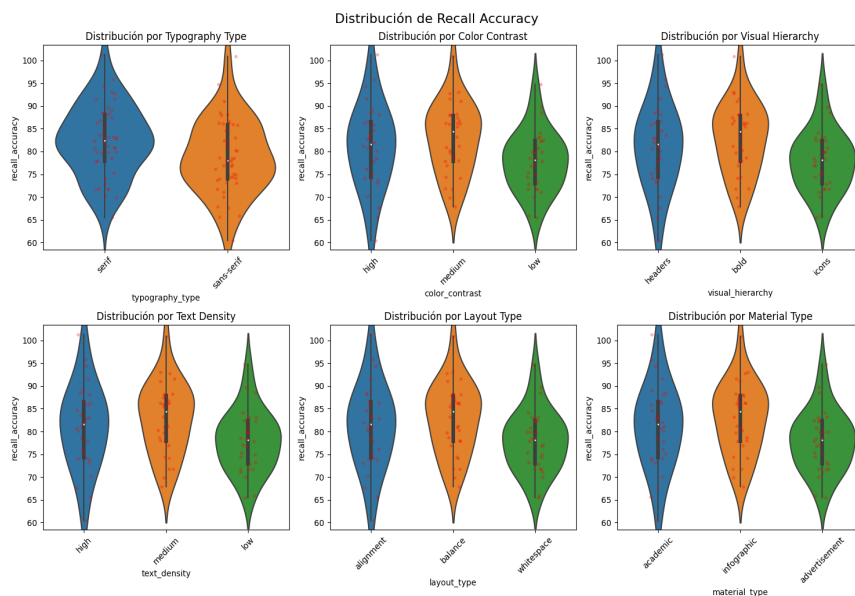


Figura 2. Distribución de precisión de información para datos obtenidos

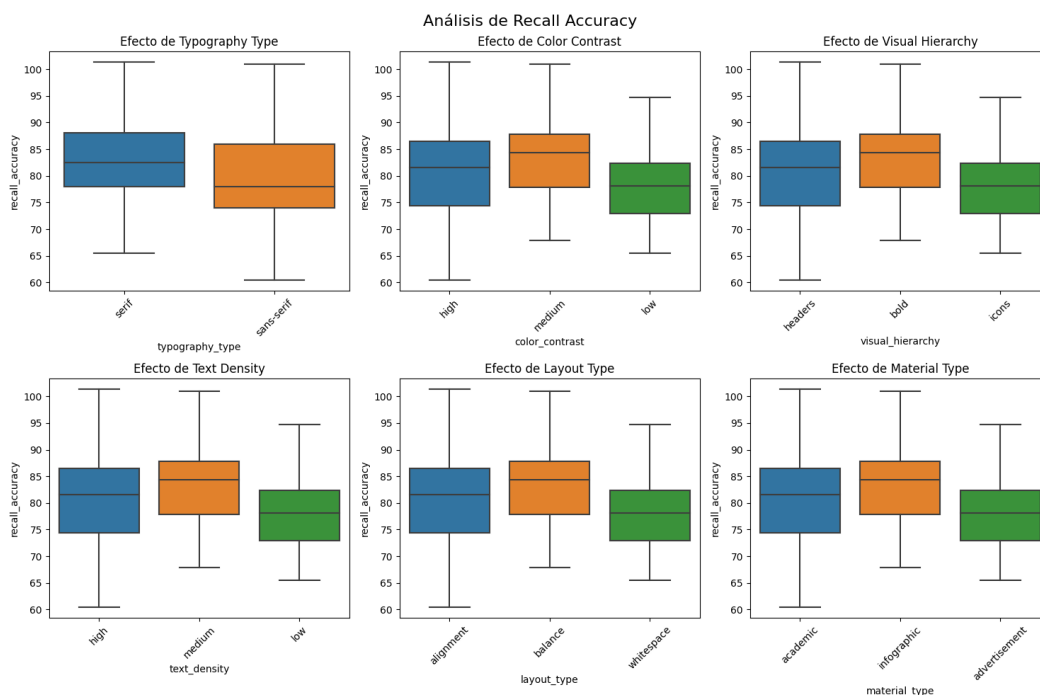


Figura 3. Análisis de precisión de retención de información para datos obtenidos

Pero quizás el hallazgo más sorprendente vino del estudio del contraste. Contrario a lo que muchos pueden esperar, un contraste más suave resultó ser más efectivo. Los participantes que trabajaron con materiales de bajo contraste mostraron una retención superior, tanto inmediata (70 %) como a largo plazo (65 %), cuyos resultados se presentan en la figura 3.

Estos resultados muestran que la manera en que se organiza visualmente la información también jugó un papel crucial. Los íconos, esos pequeños símbolos que son tan utilizados en la era digital, demostraron ser

poderosos aliados de la memoria, facilitando una retención inmediata del 70 %. Como se muestra en la matriz de correlación presentada en la figura 4.



Figura 4. Matriz de correlación entre tamaño de iconos y retención de información.

El espacio, ese elemento invisible pero fundamental, demostró ser tan importante como el contenido mismo. Los materiales con una densidad de información moderada y un uso generoso del espacio en blanco no solo fueron más agradables de leer, sino que también condujeron a una mejor retención a largo plazo como se observa en los tiempos de respuestas presentado en la figura 5.

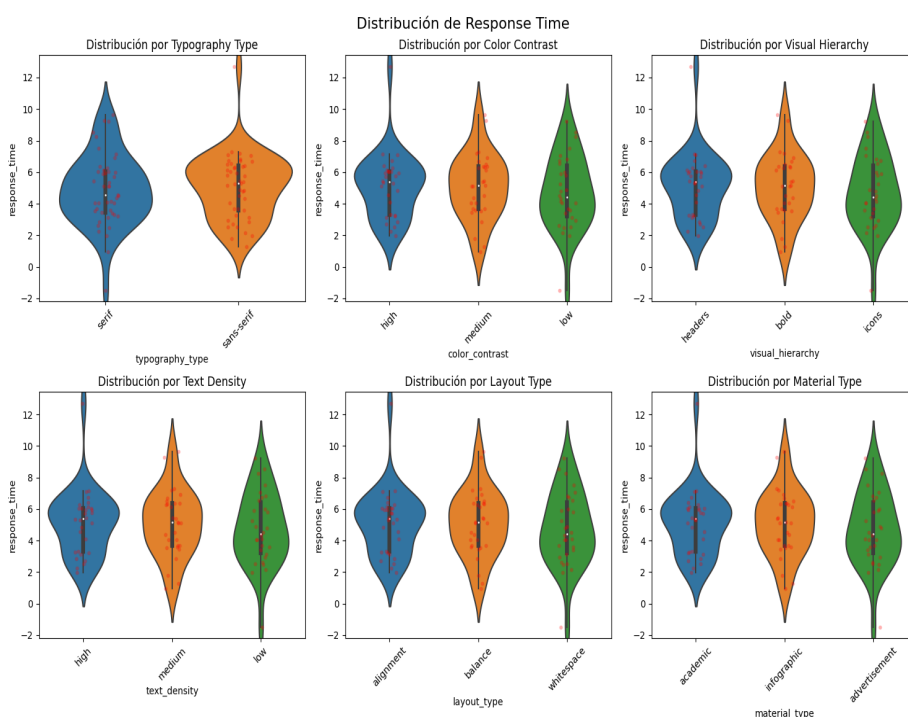


Figura 5. Distribución de tiempo de respuesta para datos obtenidos

Particularmente fue importante cómo diferentes formatos de presentación afectaron el aprendizaje. Las infografías emergieron como campeonas indiscutibles de la precisión del recuerdo, alcanzando un 82,82 %. como se muestra en la figura 6, Este formato, que combina elementos visuales con información concisa, parece hablar un lenguaje que el cerebro entiende naturalmente.

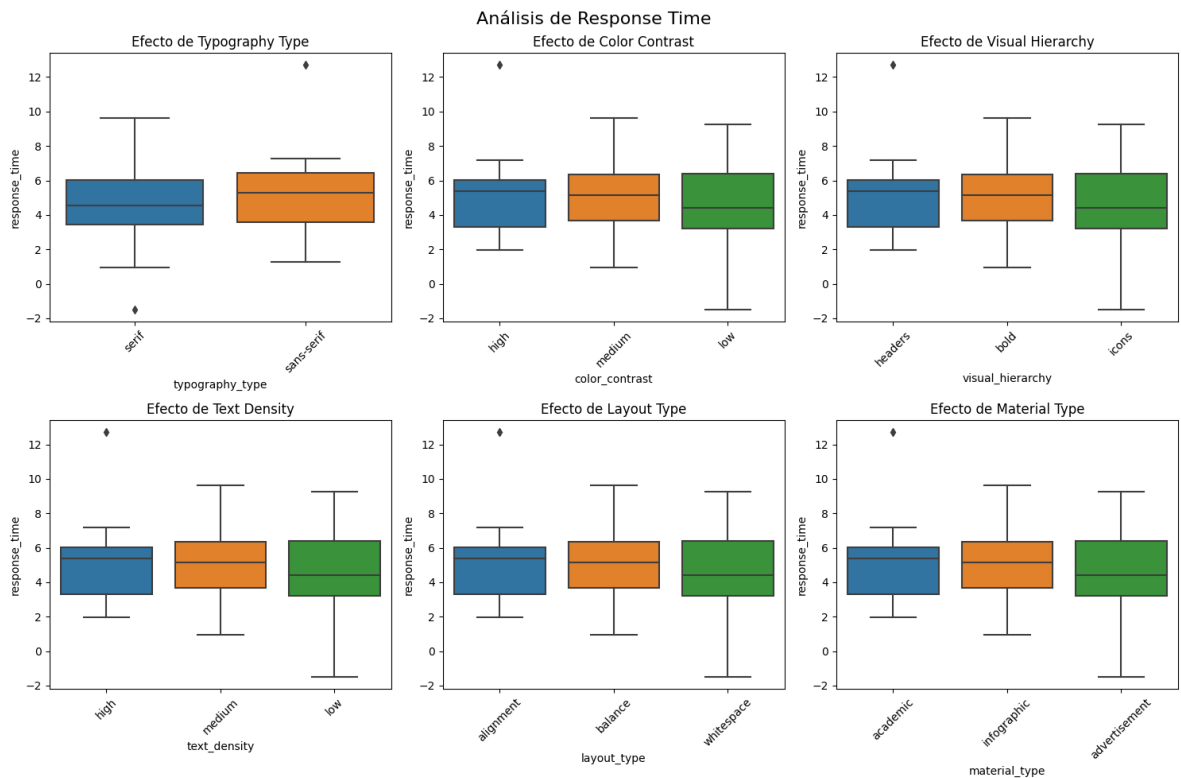


Figura 6. Análisis del tiempo de respuesta para datos obtenidos

Los resultados sugieren que hay que ser más flexibles y conscientes en la toma de decisiones de diseño. Para materiales que requieren una comprensión rápida, como noticias o instrucciones de emergencia, el uso de sans-serif con un contraste suave y abundantes elementos visuales podría ser la mejor opción. Por otro lado, para contenidos que buscan una comprensión profunda y duradera, como materiales educativos o documentos técnicos, una combinación de serif, contraste medio y una estructura jerárquica clara podría ser más efectiva al encontrar una fuerte correlación entre estos y la retención de información (figura 7).



Figura 7. Matriz de correlación entre estructura jerárquica de materiales y retención de información

Lo más resaltante de estos hallazgos es que ratifican que el diseño no es solo una cuestión de estética, sino una poderosa herramienta para mejorar la manera en que se aprende y se comunica la información. Cada elemento, desde la más pequeña serif hasta el más amplio espacio en blanco, juega un papel en la danza compleja del aprendizaje y la memoria y evitar el retraso en la retención de información como se muestra en la figura 8.

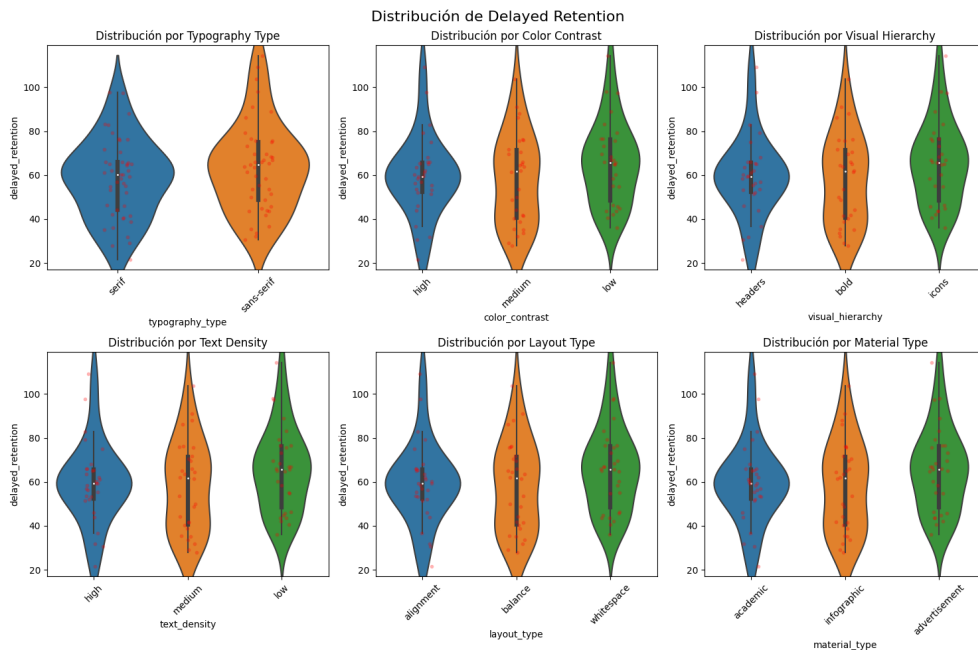


Figura 8. Distribución de retraso en retención de información

En última instancia, estos resultados invitan a repensar cómo se lleva a cabo el diseño para el aprendizaje y recuerdan que cada decisión de diseño es una oportunidad para hacer la información más accesible, más memorable y significativa para las audiencias. El diseño efectivo no es solo una cuestión de seguir tendencias o reglas rígidas, sino de entender profundamente cómo los seres humanos procesan y recuerdan la información evitando retrasos en la retención de la misma, como se indica en la figura 9.

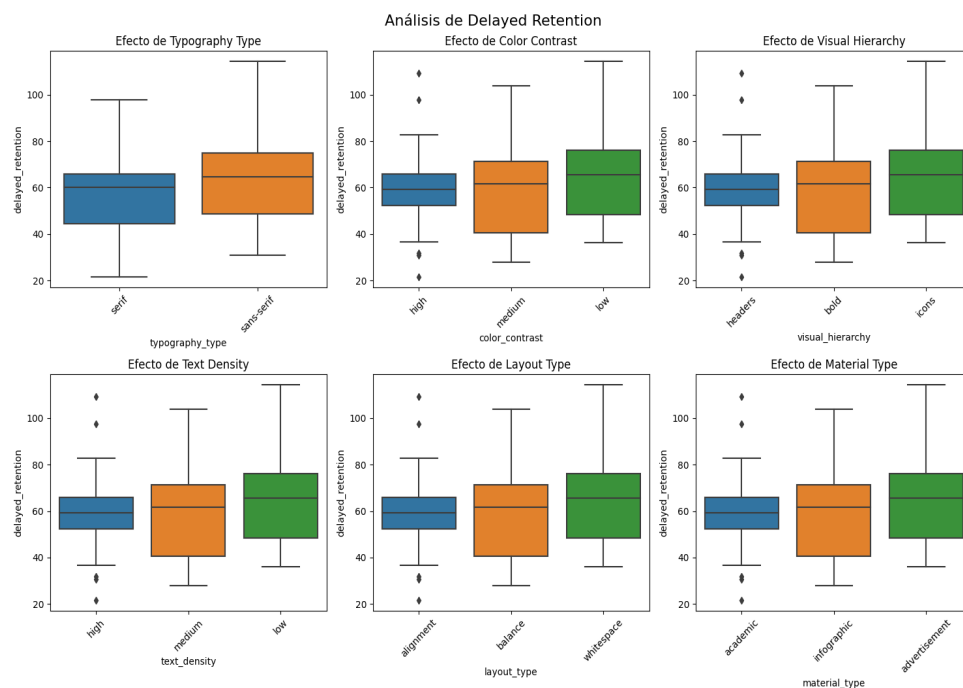


Figura 9. Análisis de retraso en retención de información

DISCUSIÓN

La influencia del diseño gráfico en la capacidad de aprender y retener información ha sido un tema de interés en las últimas décadas, con diversos estudios revelando que el diseño adecuado puede potenciar considerablemente la comprensión y memoria de los contenidos presentados. Los resultados obtenidos en este estudio subrayan cómo diferentes aspectos del diseño gráfico, tales como la tipografía, el contraste, el uso de íconos y el espacio, pueden influir de manera significativa en la eficacia del aprendizaje.^(15,16)

Primero, los datos mostraron que los participantes que leyeron en tipografía sans-serif (con un diseño moderno y limpio) lograron una retención inmediata del 69 %. Este hallazgo resalta la capacidad de las fuentes sans-serif para facilitar la lectura rápida, lo que podría ser particularmente útil en situaciones en las que se necesita asimilar información de manera rápida, como en manuales o instrucciones.⁽¹⁷⁾ Sin embargo, los participantes que leyeron en tipografía serif, más clásica y decorativa, mostraron una comprensión más profunda a largo plazo, con un porcentaje de retención del 82 %. Este resultado sugiere que las serifas pueden ayudar a conectar de manera más efectiva las ideas, facilitando una comprensión duradera de los conceptos, como se observa en estudios previos sobre la retención de memoria en textos largos.^(18,19)

En cuanto al contraste, los resultados fueron sorprendentes. En contra de la intuición general, los participantes que utilizaron materiales con contraste suave mostraron una mayor retención tanto inmediata (70 %) como a largo plazo (65 %). Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que un contraste suave proporciona una experiencia visual menos estresante, permitiendo que los lectores procesen la información de manera más natural y menos forzada.⁽²⁰⁾ La investigación sugiere que un contraste demasiado fuerte podría sobrecargar los mecanismos cognitivos, dificultando la retención.⁽²¹⁾

Además, el uso de íconos como elementos visuales para organizar la información también demostró ser eficaz. Los íconos ayudaron a los participantes a recordar el contenido con una tasa de retención inmediata del 70 %. Esto respalda la idea de que los íconos, al actuar como “anclas visuales”, facilitan la codificación de la información en la memoria a corto plazo, lo que se alinea con estudios que resaltan la importancia de los elementos visuales en la comprensión.^(22,23)

El uso del espacio, especialmente el espacio en blanco, también jugó un papel clave en la eficacia del aprendizaje. Los materiales con una densidad de información moderada y suficiente espacio en blanco resultaron ser más agradables a la vista y condujeron a una mejor retención a largo plazo. Este hallazgo se alinea con investigaciones previas que han demostrado cómo el espacio en blanco puede ayudar a los lectores a procesar y almacenar la información de manera más eficiente, evitando la sobrecarga cognitiva.^(24,25)

Finalmente, el formato de presentación también tuvo un impacto considerable en los resultados. Las infografías, que combinan imágenes con información concisa, destacaron por su capacidad para mejorar la precisión del recuerdo, alcanzando un 82,82 % de retención. Este hallazgo respalda la idea de que las infografías no solo mejoran la accesibilidad de la información, sino que también facilitan la comprensión y la memorización, un tema ampliamente discutido en la literatura sobre diseño gráfico y aprendizaje.⁽²⁶⁾

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que un diseño gráfico eficaz para la retención inmediata debe priorizar tipografías limpias, contrastes suaves, uso de íconos, baja densidad de texto, layouts con amplio uso de espacios en blanco y formatos de presentación más visualmente atractivos, como los usados en publicidad. Estos elementos parecen facilitar un procesamiento cognitivo más eficiente y una mejor codificación de la información en la memoria de corto plazo.

Los hallazgos obtenidos nos invitan a reconsiderar cómo el diseño gráfico puede ser una herramienta poderosa para mejorar el aprendizaje y la retención de información. El diseño no solo debe ser visto como una cuestión estética, sino como una estrategia integral para optimizar la forma en que los contenidos son percibidos y comprendidos, alcanzando un mejor entendimiento por parte de los usuarios.

Los elementos visuales como la tipografía, el contraste, los íconos y el espacio deben ser cuidadosamente seleccionados y adaptados según el tipo de contenido y el objetivo educativo. A medida que avanzamos hacia un futuro más visualmente orientado, estas estrategias de diseño pueden ser cruciales para hacer la información más accesible y memorable.

REFERENCIAS

1. Komilov JK, Dehkonov BA, Ortikov UK. The function of metalanguage in the graphic communication. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*. 2023;3(4):622-6. https://oriens.uz/media/journalarticles/100_J.K._Komilov_622-626.pdf
2. Huang Q, Lu M, Lanir J, Lischinski D, Cohen-Or D, Huang H. Graphimind: LLM-centric interface for information graphics design. *arXiv preprint arXiv:2401.13245*. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.13245>

3. Chen S, Xie G, Liu Y, Peng Q, Sun B, Li H, et al. HSVA: Hierarchical semantic-visual adaptation for zero-shot learning. *Adv Neural Inf Process Syst*. 2021;34:16622-34. <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2109.15163>
4. Li L, Zhou T, Wang W, Li J, Yang Y. Deep hierarchical semantic segmentation. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2022:1246-57. <http://dx.doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.00131>
5. Park S. A study on visual scaffolding design principles in web-based learning environments. *Electron J E-Learn*. 2022;20(2):180-200. <http://dx.doi.org/10.34190/ejel.20.2.2604>
6. Zhao J, Zhao X. Computer-aided graphic design for virtual reality-oriented 3D animation scenes. *Comput Aided Des Appl*. 2022;19(1):65-76. <http://dx.doi.org/10.14733/cadaps.2022.S5.65-76>
7. Hu H, Liu Y, Lu WF, Guo X. A quantitative aesthetic measurement method for product appearance design. *Adv Eng Inform*. 2022;53:101644. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101644>
8. Sauer J, Sonderegger A. Visual aesthetics and user experience: A multiple-session experiment. *Int J Hum Comput Stud*. 2022;165:102837. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102837>
9. Zheng Y. Visual memory neural network for artistic graphic design. *Sci Program*. 2022;2022:2243891. <http://dx.doi.org/10.1155/2022/2243891>
10. Jamal IN, Mustaffa N. The impact of visual communication on students' learning experience towards memory recognition and enhancement. *Al-i'lam-J Contemp Islam Commun Media*. 2023;3(1). <https://doi.org/10.33102/jcicom.vol3no1.85>
11. Locoro A, Fisher WP, Mari L. Visual information literacy: Definition, construct modeling and assessment. *IEEE Access*. 2021;9:71053-71. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3078429>
12. Flores-Gallegos R, Rodríguez-Leis P, Fernández T. Effects of a virtual reality training program on visual attention and motor performance in children with reading learning disability. *Int J Child Comput Interact*. 2022;32:100394. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100394>
13. Lee H, Chen J. Predicting memory from the network structure of naturalistic events. *Nat Commun*. 2022;13(1):4235. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-022-31965-2>
14. Rolls ET. The hippocampus, ventromedial prefrontal cortex, and episodic and semantic memory. *Prog Neurobiol*. 2022;217:102334. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2022.102334>
15. Habib H, Zou Y, Yao Y, Acquisti A, Cranor L, Reidenberg J, et al. Toggles, dollar signs, and triangles: How to (in) effectively convey privacy choices with icons and link texts. In: *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2021:1-25. <http://dx.doi.org/10.1145/3411764.3445387>
16. Lu S, Liu Y, Kong AWK. Tf-icon: Diffusion-based training-free cross-domain image composition. In: *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*. 2023:2294-305. <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2307.12493>
17. Arunkumar A, Padilla L, Bae G, Bryan C. Image or information? Examining the nature and impact of visualization perceptual classification. *IEEE Trans Vis Comput Graph*. 2023:1-11. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2023.3326919>
18. Abbazio JM, Yang ZS. Are infographics worth it?: An assessment of information retention in relation to information embedded in infographics. *Music Ref Serv Q*. 2022;25(4):99-130. <https://doi.org/10.1080/10588167.2022.2060631>
19. Ciccione L, Caroti D, Liu S, Giardino V, Pasquinelli E, Dehaene S. The superiority of graphics over text in long-term memory retention. 2025. <https://doi.org/10.31234/osf.io/vrbfy>
20. Awad MF, Lin K, Franconeri SL. Mixed graph designs do not improve visual memory. *J Vis*. 2023;23(9):5781.

<https://doi.org/10.1167/jov.23.9.5781>

21. Traboco L, Pandian H, Nikiphorou E, Gupta L. Designing infographics: Visual representations for enhancing education, communication, and scientific research. *J Korean Med Sci.* 2022;37(27). <https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e214>

22. Bylinskii Z, Kim NW, O'Donovan P, Alsheikh S, Madan S, Pfister H, et al. Learning visual importance for graphic designs and data visualizations. 2017:57-69. <https://doi.org/10.1145/3126594.3126653>

23. Ito K, Kang Y, Zhang Y, Zhang F, Biljecki F. Understanding urban perception with visual data: A systematic review. *Cities.* 2024;152:105169. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105169>

24. Dai L, Zheng C, Dong Z, Yao Y, Wang R, Zhang X, et al. Analyzing the correlation between visual space and residents' psychology in Wuhan, China using street-view images and deep-learning technique. *City Environ Interact.* 2021;11:100069. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cacint.2021.100069>

25. Kim NW, Joyner SC, Riegelhuth A, Kim Y. Accessible visualization: Design space, opportunities, and challenges. *Comput Graph Forum.* 2021;40(3):173-88. <https://doi.org/10.1111/cgf.14298>

26. Nhan LK, Yen PH. The effects of using infographics-based learning on EFL learners' grammar retention. *Int J Sci Manag Stud (IJSMS).* 2021;4(14). <http://dx.doi.org/10.51386/25815946/ijms-v4i4p124>

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Héctor Aguilar-Cajas.

Curación de datos: Héctor Aguilar-Cajas.

Análisis formal: Héctor Aguilar-Cajas.

Investigación: Heidy Elizabeth Vergara-Zurita.

Metodología: Heidy Elizabeth Vergara-Zurita.

Administración del proyecto: Heidy Elizabeth Vergara-Zurita.

Recursos: Ana Lucía Rivera-Abarca.

Software: Ana Lucía Rivera-Abarca.

Supervisión: Ana Lucía Rivera-Abarca.

Validación: Jazmín Isabel García-Guerra.

Visualización: Jazmín Isabel García-Guerra.

Redacción - borrador original: Freddy Armijos-Arcos, Alex Santiago Mantilla-Miranda.

Redacción - revisión y edición: Freddy Armijos-Arcos, Alex Santiago Mantilla-Miranda.