

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i1.236>

La Arquitectura Cognitiva en la Educación Superior: Más que una Teoría, una Necesidad

Cognitive Architecture in Higher Education: More Than a Theory, a Necessity

Irina Magaly Alcívar Pinargote

irina.alcivarp@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-8442-1924>

Universidad de Guayaquil
Ecuador – Guayaquil

María Leonor Cedeño Sempértegui

leonor.cedeno@upacifico.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7050-0671>

Universidad del Pacífico
Ecuador – Guayaquil

Darwin Daniel Ordoñez Iturralde

dordonezy@ulvr.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2175-4488>

Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil
Ecuador – Guayaquil

Hilda Cruz Bran Cepeda

hilda.bran@pg.uleam.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5660-0078>

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Ecuador – Manta

Sugey Estefanía Lolín Cabrera

selolin@tes.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-2394-0400>

Tecnológico Universitario Espíritu Santo
Ecuador - Guayaquil

Artículo recibido: 20 mayo 2024

Aceptado para publicación: 26 junio 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La arquitectura cognitiva es fundamental para mejorar el diseño instruccional y el rendimiento académico en la educación superior, proporcionando un marco para comprender cómo interactúan la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo. Este estudio revisa la literatura reciente sobre la aplicación de estos principios, centrándose en la gestión de la carga cognitiva y la personalización del aprendizaje. Se utilizó un enfoque cualitativo basado en una revisión bibliográfica, analizando estudios publicados entre 2019 y 2023. Los principales resultados indican que la personalización y la claridad en los textos educativos mejoran la comprensión y el aprendizaje, especialmente en estudiantes con bajos conocimientos previos. Además, la implementación de estrategias para simplificar la información y usar herramientas visuales puede reducir la sobrecarga cognitiva, mejorando así el rendimiento académico. En el aprendizaje en

línea, la personalización del contenido y el diseño de contenidos multimedia adecuados son esenciales para evitar la sobrecarga de información y mejorar la eficacia del aprendizaje móvil. Las conclusiones subrayan la importancia de adaptar la carga cognitiva a las necesidades de cada estudiante y utilizar tecnologías educativas que faciliten la visualización de conceptos complejos.

Palabras Clave: educación superior, tecnología educacional, aprendizaje activo, cognición

ABSTRACT

Cognitive architecture is essential for improving instructional design and academic performance in higher education, providing a framework to understand the interaction between working memory and long-term memory. This study reviews recent literature on the application of these principles, focusing on cognitive load management and personalized learning. A qualitative approach based on a bibliographic review was used, analyzing studies published between 2019 and 2023. The main findings indicate that personalization and clarity in educational texts enhance comprehension and learning, especially in students with low prior knowledge. Additionally, implementing strategies to simplify information and use visual tools can reduce cognitive overload, thereby improving academic performance. In online learning, content personalization and the design of suitable multimedia content are essential to prevent information overload and enhance the effectiveness of mobile learning. The conclusions emphasize the importance of adapting cognitive load to each student's needs and utilizing educational technologies that facilitate the visualization of complex concepts.

Keywords: higher education, educational technology, activity learning, cognition

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La arquitectura cognitiva es un campo fascinante y complejo, dedicado a desentrañar las estructuras y procesos mentales que subyacen al pensamiento y comportamiento humano. Desde las propuestas iniciales de Anderson (1996) y Newell (1990), este enfoque ha proporcionado modelos que permiten comprender cómo las personas adquieren, procesan y utilizan información. En el contexto de la educación superior, estas teorías no solo son relevantes, sino imprescindibles. ¿Alguna vez te has preguntado por qué a veces aprendemos mejor con ciertos métodos que con otros? La respuesta puede estar en cómo se estructura y presenta la información, y ahí es donde la arquitectura cognitiva entra en juego.

En la educación superior, los estudiantes enfrentan desafíos complejos que requieren integrar y aplicar conocimientos avanzados. Aquí es donde los principios de la arquitectura cognitiva pueden marcar una diferencia significativa. Desde la década de 1990, estudios como los de Sweller (1994) han demostrado que la aplicación de principios de carga cognitiva puede mejorar significativamente el aprendizaje. Reducir la sobrecarga de información permite una mejor asimilación de los conceptos, algo que todos hemos experimentado en algún momento: ese momento de claridad cuando todo parece encajar. Sweller et al. (2019) también destacan que la carga cognitiva y la gestión eficiente de los recursos cognitivos son fundamentales para el diseño instruccional.

Recientemente, la integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación ha abierto nuevas posibilidades para aplicar estos principios. AlShaikh et al. (2024) investigaron un asistente educativo en video basado en IA que aplica los principios de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (CTML). Los resultados fueron impresionantes: no solo mejoró la organización y claridad del contenido, sino que también incrementó la interacción y el compromiso del estudiante, proporcionando una experiencia de aprendizaje más personalizada y efectiva.

En las ciencias sociales, por ejemplo, la implementación de estrategias de gestión de la carga cognitiva y personalización del aprendizaje ha mejorado significativamente el rendimiento y la retención de conocimientos. Song et al. (2024) investigaron un marco de Optimización del Aprendizaje Basado en Retroalimentación Dinámica (DFDLOF), utilizando datos en tiempo real para ajustar los contenidos educativos y optimizar la experiencia de aprendizaje. Este enfoque no solo mejora la organización del contenido, sino que también incrementa la interacción y el compromiso del estudiante, proporcionando una experiencia de aprendizaje más efectiva.

A pesar de estos avances, aún falta una integración sistemática de la arquitectura cognitiva en el diseño de programas educativos universitarios. Este vacío en la literatura señala la necesidad de realizar investigaciones que exploren y demuestren la efectividad de estas aplicaciones en contextos educativos de nivel superior.

El presente estudio tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre la

aplicación de la arquitectura cognitiva en la educación superior. Se pretende analizar las investigaciones existentes, para identificar las mejores prácticas y estrategias derivadas de la literatura, y proporcionar recomendaciones para futuras investigaciones y prácticas educativas.

MATERIALES Y MÉTODO

El diseño de esta investigación es cualitativo, basado en una revisión bibliográfica. Este enfoque, ideal para una exploración profunda, se centra en teorías y prácticas sobre la aplicación de la arquitectura cognitiva en la educación superior. Se ha puesto atención en estudios de los últimos cinco años, pero también se han considerado trabajos relevantes en el campo fuera de ese periodo.

Los criterios de selección fueron: se incluyeron estudios publicados entre 2019 y 2023, artículos revisados por pares o libros académicos. Todo en inglés o español, siempre que abordaran la arquitectura cognitiva en la educación superior. Se excluyeron estudios sobre educación primaria o secundaria, artículos de opinión sin respaldo empírico y documentos no accesibles en texto completo.

Para la recopilación de datos, se consultaron bases académicas como ScienceDirect y SpringerLink. Estas fuentes aseguraron un acceso amplio y específico a estudios relevantes. La búsqueda inicial se realizó con palabras clave como “cognitive architecture”, “higher education”, “adaptive learning” y “cognitive load”, limitándose a artículos entre 2019 y 2023.

Se utilizó un análisis temático para identificar patrones y temas comunes entre los estudios revisados. Estos temas se agruparon en categorías reflejando diferentes aspectos de la aplicación de la arquitectura cognitiva en la educación superior. La síntesis de los resultados proporcionó una visión comprehensiva de las mejores prácticas y estrategias en el campo, destacando áreas con gaps en la literatura y proponiendo recomendaciones para futuras investigaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ámbito de la educación superior, la arquitectura cognitiva ha emergido como un campo de estudio fundamental, transformando la forma en que se diseña y se imparte la educación. Este enfoque, sustentado por tecnologías digitales, ha demostrado un impacto significativo en la mejora de la eficiencia y la equidad educativa. La revisión de la literatura sobre esta temática revela tres áreas clave que están generando un impacto significativo: la gestión de la carga cognitiva, la personalización del aprendizaje y la implementación de tecnologías emergentes.

Gestión de la Carga Cognitiva: Equilibrando el Diseño del Aprendizaje Digital

La gestión de la carga cognitiva es esencial para mejorar la comprensión y retención de los estudiantes. ¿Alguna vez te has preguntado por qué algunos materiales educativos parecen abrumar más que ayudar? Según Skulmowski y Xu (2022), la teoría de la carga cognitiva destaca la importancia de reducir la carga extrínseca para liberar recursos cognitivos necesarios para el aprendizaje efectivo. No es solo cuestión de presentar menos información, sino de hacerlo de manera que realmente potencie el aprendizaje. Según los autores, investigaciones recientes sugieren que ciertos factores de diseño en el aprendizaje digital pueden inducir una carga cognitiva irrelevante mientras promueven la motivación y el aprendizaje. Esto subraya la necesidad de equilibrar la carga cognitiva en el diseño del aprendizaje digital para optimizar los resultados educativos.

Simplificar los materiales y reducir la carga cognitiva extrínseca puede tener efectos profundos en el aprendizaje. Venkat et al. (2020) afirman que la teoría de la carga cognitiva identifica tres tipos de cargas que afectan la memoria de trabajo: intrínseca, germana y extrínseca. La carga extrínseca, que incluye factores como el diseño de tareas y distracciones ambientales, debe minimizarse para optimizar el aprendizaje. Cuando se logra esto, los recursos cognitivos esenciales se liberan, permitiendo que los estudiantes se concentren en procesar y retener la información relevante.

Estrategias como la segmentación de la información y el uso de multimedia no solo disminuyen la sobrecarga cognitiva, sino que también facilitan un aprendizaje más profundo. Liu (2024) investiga el impacto de la segmentación en la carga cognitiva, la adquisición y retención de vocabulario, y la comprensión lectora en un entorno de aprendizaje multimedia. Los resultados muestran que una alta segmentación reduce significativamente la carga cognitiva, mejora la eficiencia del aprendizaje y facilita una comprensión y retención más profundas del vocabulario. ¿Quién hubiera pensado que algo tan simple como dividir la información en partes más manejables podría hacer una diferencia tan grande?

La importancia de los elementos visuales y la organización estructurada de la información para crear entornos de aprendizaje en línea más efectivos no puede ser subestimada. Zhang et al. (2022) examinan cómo la visualización en la educación en línea puede ayudar a analizar el rendimiento de los estudiantes, evaluar la efectividad de las plataformas de aprendizaje en línea y predecir riesgos de abandono. Su investigación demuestra que técnicas de visualización como la visualización temporal y la de gráficos son fundamentales para ilustrar patrones de comportamiento y mejorar la interacción del usuario con los datos educativos. Además, la organización estructurada de la información a través de estas visualizaciones facilita un análisis más intuitivo y sistemático de los datos de aprendizaje, lo cual es esencial para diseñar entornos de aprendizaje en línea que sean efectivos y atractivos.

El principio de la carga cognitiva ha sido una piedra angular en la teoría educativa

moderna. Al reducir la cantidad de información irrelevante que los estudiantes deben procesar, se libera capacidad cognitiva para el procesamiento de información relevante. Según la teoría de la carga cognitiva (CLT), la capacidad de la memoria de trabajo humana es bastante limitada y no puede procesar una gran cantidad de información simultáneamente (Sweller, 2019). Por lo tanto, los diseñadores de instrucción deben considerar las capacidades cognitivas de los estudiantes al crear materiales educativos. De lo contrario, los estudiantes se verán abrumados por la cantidad de información presentada, lo que afectará negativamente los resultados de aprendizaje. La CLT enfatiza la creación de materiales de instrucción efectivos basados en las capacidades de procesamiento cognitivo de los estudiantes, generando técnicas de instrucción útiles (Sweller, 1994).

Esto es especialmente importante en la educación superior, donde los estudiantes a menudo enfrentan conceptos complejos y voluminosos. Al minimizar la información innecesaria, se libera capacidad cognitiva para el procesamiento de información relevante, mejorando así el aprendizaje y la retención de conocimientos. Esta idea es subrayada por Chernikova et al. (2020), quienes afirman que “simulaciones permiten a los estudiantes usar problemas auténticos y también crear un entorno de aprendizaje para practicar y facilitar la adquisición de habilidades complejas objetivo” (p. 500). Las simulaciones, al reducir la complejidad real y proporcionar un entorno controlado, ayudan a evitar la sobrecarga cognitiva y permiten que los estudiantes se concentren en los aspectos más importantes de su aprendizaje. Además, “la simulación basada en el aprendizaje tiene grandes efectos positivos generales en el avance de una amplia gama de habilidades complejas en una variedad de dominios en la educación superior” (Chernikova et al., 2020, p. 501).

La gestión de la carga cognitiva no es solo una teoría abstracta. Es una práctica concreta que puede transformar la educación, facilitando un aprendizaje más eficiente y efectivo. Al final del día, la clave está en diseñar materiales educativos que consideren las limitaciones cognitivas de los estudiantes, liberando así su capacidad para aprender y retener información valiosa.

Personalización del Aprendizaje: Una Revolución en la Educación

La personalización del aprendizaje es un aspecto en el que la arquitectura cognitiva demuestra su verdadero potencial. Los sistemas de tutoría inteligentes (ITS) están cambiando la manera en que los estudiantes interactúan con el contenido educativo, adaptándolo según sus necesidades y progresos individuales. La personalización busca evitar que los estudiantes se sientan perdidos en clases genéricas, ofreciendo una experiencia educativa a medida.

Banawan et al. (2023) destacan que los ITS no son simples herramientas; son sistemas complejos diseñados para ofrecer estrategias pedagógicas personalizadas que se ajustan a cada estudiante. Estos sistemas comprenden cuatro componentes clave: el modelo de dominio, el modelo del estudiante, el modelo del tutor y el modelo de interfaz. El modelo de dominio representa el conocimiento idealizado que sirve como estándar para evaluar el desempeño

estudiantil. El modelo del estudiante, por su parte, se enfoca en los estados cognitivos y metacognitivos del alumno, capturando sus procesos y estrategias de aprendizaje.

El modelo del tutor actúa como un puente entre estos dos, proporcionando estrategias pedagógicas adecuadas, como ofrecer pistas o asignar problemas específicos según las necesidades del estudiante. Finalmente, el modelo de interfaz gestiona la interacción entre el estudiante y el sistema, facilitando el proceso de aprendizaje a través de interfaces adaptativas. Estos sistemas prometen tener un tutor que entienda exactamente dónde necesita mejorar cada estudiante y lo guíe en cada paso.

Los ITS son particularmente efectivos en la enseñanza de la escritura. Los sistemas de evaluación automática de ensayos (AES) y de escritura (AWE) han evolucionado para proporcionar no solo calificaciones, sino también retroalimentación formativa y sumativa. Incorporan avances en inteligencia artificial y procesamiento del lenguaje natural, permitiendo una enseñanza más personalizada y efectiva. En la educación superior, estos sistemas han demostrado ser eficaces en mejorar las habilidades de escritura de los estudiantes, proporcionando prácticas deliberadas y retroalimentación específica que asegura una instrucción adaptada a las necesidades individuales (Banawan et al., 2023).

Las plataformas de aprendizaje adaptativo ajustan dinámicamente el nivel de dificultad del contenido, mejorando no solo los resultados de los estudiantes, sino también su satisfacción con el curso. Contrino et al. (2024) señalan que las herramientas de aprendizaje adaptativo (AL) han mejorado tanto el rendimiento como la satisfacción de los estudiantes, ya sea en educación en línea o presencial. Estas herramientas ajustan el contenido y la dificultad del material según el progreso individual, proporcionando una experiencia de aprendizaje verdaderamente personalizada.

El estudio de Contrino et al. (2024) muestra que el uso de una estrategia AL, como el sistema CogBooks, resulta en mejoras significativas en los resultados de los exámenes y en las calificaciones finales, además de una mayor satisfacción con el curso. Los estudiantes valoran la flexibilidad y la personalización que ofrece el AL, permitiéndoles avanzar a su propio ritmo y recibir retroalimentación continua que refuerza su comprensión del material.

En particular, los cursos que incorporan AL en modalidad presencial muestran resultados superiores en rendimiento académico y satisfacción en comparación con aquellos que utilizan AL en modalidades híbridas o en línea. Esto sugiere que la interacción directa con los instructores y el apoyo en persona son componentes valiosos que complementan las ventajas del aprendizaje adaptativo.

Así, la personalización del aprendizaje no solo está transformando la educación, sino también cómo los estudiantes experimentan el proceso educativo, adaptándolo a sus necesidades específicas y asegurando una experiencia más rica y satisfactoria.

Implementación de Tecnologías Emergentes en la Educación

Las tecnologías emergentes están transformando radicalmente el aprendizaje adaptativo, especialmente a través del uso de la inteligencia artificial (IA). ¿Cómo se logra esto? La IA permite analizar datos sobre el comportamiento y rendimiento de los estudiantes en tiempo real, lo cual resulta en un monitoreo constante y en la posibilidad de ajustar actividades y recursos educativos a medida que avanzan. Según Khan et al. (2021), las instituciones educativas están utilizando algoritmos de aprendizaje automático para predecir el rendimiento académico y diseñar medidas preventivas que apoyen a estudiantes con bajo rendimiento. Estos investigadores aplicaron una variedad de algoritmos, como k-NN, árboles de decisión, redes neuronales artificiales y Naive Bayes, para desarrollar un modelo de predicción que identifica a los estudiantes con desempeño insatisfactorio. Este modelo permite a los instructores implementar estrategias de apoyo personalizadas, como asesorías y clases adicionales, mejorando significativamente los resultados académicos.

El impacto de la IA no se detiene ahí. Dai y Ke (2022) destacan que en entornos de aprendizaje basados en simulación, la IA puede personalizar y mejorar la experiencia de aprendizaje mediante la integración de agentes virtuales, computación afectiva y evaluaciones automáticas. Estos componentes permiten una adaptación precisa a las necesidades individuales de los estudiantes, proporcionando retroalimentación instantánea y ajustando los recursos educativos en consecuencia. Esto no solo optimiza el aprendizaje activo, sino que también facilita una experiencia educativa más efectiva y personalizada.

El aprendizaje adaptativo también ha demostrado ser un catalizador para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Meje y Rehm (2024) señalan que las tecnologías de aprendizaje adaptativo (ALT) personalizan la educación al identificar las brechas de aprendizaje de los estudiantes, recomendando contenido relevante y evaluando su progreso. Esta personalización facilita el aprendizaje autodirigido (SRL), permitiendo a los estudiantes analizar tareas, establecer objetivos y utilizar estrategias para alcanzarlos. Además, la integración de la tecnología de procesamiento de lenguaje natural (NLP) en ALT ha demostrado mejorar la precisión del soporte individualizado para los estudiantes, promoviendo una retroalimentación más efectiva y adaptada en tiempo real.

En los cursos de Economía a nivel de pregrado, el aprendizaje adaptativo ha mejorado la comprensión de los materiales y la capacidad de los estudiantes para aplicar conceptos en nuevos contextos. Ipinnaiye y Riskey (2024) informan que el uso de la tecnología de aprendizaje adaptativo LearnSmart en un curso de Macroeconomía permitió personalizar la experiencia de aprendizaje según las necesidades individuales de los estudiantes. Esta personalización facilitó interacciones más profundas con el contenido del curso, resultando en un mejor rendimiento académico.

Lacey et al. (2024) investigaron el uso de videos interactivos con ramificaciones en cursos

de Biología a nivel universitario y encontraron que esta metodología mejoró significativamente la comprensión del material y la capacidad de los estudiantes para aplicar conceptos en nuevos contextos. Los resultados indicaron que los estudiantes podían elegir su propio camino a través del contenido, adaptándose a su nivel de comprensión y fomentando un ambiente de aprendizaje más interactivo y responsivo.

Por otro lado, Aleksandrovich et al. (2024) reportaron una mejora significativa del 25% en los resultados de aprendizaje y un aumento notable del 20% en la participación de los estudiantes en cursos de biología adaptativa. La integración de mecanismos de retroalimentación en tiempo real y elementos de gamificación jugó un papel clave en la mejora de la comprensión de los conceptos biológicos, reflejándose en un aumento del 30% en el rendimiento estudiantil y un incremento del 15% en la retención de conocimientos.

En el contexto de la inteligencia artificial y el aprendizaje adaptativo, Tapalova y Zhiyenbayeva (2022) encontraron que estas tecnologías están redefiniendo los paradigmas educativos al proporcionar vías de aprendizaje personalizadas que mejoran la comprensión de los materiales y la capacidad de los estudiantes para aplicar conceptos en nuevos contextos. Su investigación resalta beneficios como el acceso a la formación en modo 24/7 y la mejora del proceso educativo a través de retroalimentación en tiempo real.

Asimismo, Kabudi et al. (2021) subrayan que la capacidad de estos sistemas para analizar grandes volúmenes de datos y proporcionar retroalimentación personalizada permite una adaptación precisa del contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes.

Finalmente, Labadze et al. (2023) destacan las ventajas de los chatbots educativos potenciados por IA, que pueden proporcionar asistencia personalizada en tareas y estudios, guiar a los estudiantes a través de problemas complejos y ofrecer retroalimentación detallada. Estos chatbots facilitan el aprendizaje flexible y personalizado, ajustando sus estrategias de enseñanza para adaptarse a los estilos de aprendizaje individuales. Sin embargo, también plantean preocupaciones sobre la precisión, la fiabilidad y las cuestiones éticas relacionadas con el uso de chatbots en la educación.

Aplicaciones en Diversas Disciplinas Académicas

La implementación de los principios de la arquitectura cognitiva ha revolucionado múltiples disciplinas académicas, proporcionando una base sólida para mejorar la comprensión y el rendimiento académico. Esta teoría, basada en la gestión adecuada de la carga cognitiva, ha sido clave en el diseño instruccional moderno. La teoría de la carga cognitiva, desarrollada por Sweller et al. (2019), enfatiza la importancia de gestionar adecuadamente la carga cognitiva intrínseca, extrínseca y germana para optimizar el aprendizaje.

En el ámbito de las *Ciencias de la Salud*, estas estrategias han demostrado ser especialmente efectivas. Según Cabero-Almenara et al. (2023), el uso de tecnologías avanzadas como la realidad inmersiva (IR) y el video 360° en la formación inicial de médicos ha

revolucionado la educación médica. Estas tecnologías permiten a los estudiantes practicar en entornos realistas y participativos, lo que no solo mejora la retención de conocimientos, sino que también prepara mejor a los estudiantes para los desafíos profesionales, por lo que la capacidad de estos métodos para aumentar la motivación y mejorar la experiencia de aprendizaje es innegable.

En *Ingeniería*, la gestión de la carga cognitiva es igualmente importante. Curum y Khedo (2021) subrayan que el diseño adecuado de contenidos multimedia y la aplicación de teorías de carga cognitiva son esenciales para evitar la sobrecarga de la memoria de trabajo de los estudiantes. La integración de principios de diseño instruccional adecuados permite que los materiales de aprendizaje se adapten mejor a las capacidades cognitivas de los alumnos, promoviendo así una experiencia de aprendizaje más efectiva y personalizada, lo que optimiza la transferencia de conocimiento y mejora la interacción y el compromiso de los estudiantes con los contenidos educativos.

En las *Ciencias Sociales*, donde la comprensión de teorías abstractas es fundamental, la personalización del aprendizaje ha demostrado ser una herramienta valiosa. Jusslin et al. (2022) argumentan que las aproximaciones de aprendizaje y enseñanza que involucran activamente a los estudiantes en su entorno social y material facilitan una mejor comprensión y aplicación de los conceptos aprendidos. Esta metodología al promover una mayor retención del conocimiento fomenta la innovación y el compromiso de los estudiantes, haciendo el aprendizaje más relevante y significativo.

En *Marketing*, la personalización del contenido es esencial para reducir la carga cognitiva y facilitar la toma de decisiones. Chandra et al. (2022) señalan que la personalización en el marketing se extiende al ámbito educativo, donde permite adaptar los contenidos y métodos pedagógicos a las necesidades individuales de los estudiantes. Este enfoque, respaldado por tecnologías digitales, mejora la motivación y la autonomía del estudiante. Avidov-Ungar y Zamir (2024) enfatizan que la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la educación permite una personalización más precisa y en tiempo real, optimizando la experiencia educativa y fomentando una relación más estrecha y efectiva entre educadores y estudiantes.

La convergencia de estas estrategias y tecnologías en diversas disciplinas académicas demuestra el poder de la arquitectura cognitiva para transformar la educación. La gestión adecuada de la carga cognitiva, la personalización del aprendizaje y la integración de tecnologías avanzadas están remodelando la forma en que los estudiantes aprenden y retienen conocimientos, preparando mejor a los futuros profesionales para los desafíos de sus respectivas disciplinas.

Accesibilidad y Usabilidad de las Plataformas de Aprendizaje: Creando Entornos Inclusivos y Eficientes

La accesibilidad y la usabilidad de las plataformas de aprendizaje son fundamentales para reducir la carga cognitiva y facilitar un entorno educativo más inclusivo y efectivo. La atención

al detalle en el diseño y la implementación de prácticas basadas en evidencia es necesaria para lograr esta meta.

Lowenthal et al. (2020) resaltan que ir más allá del cumplimiento de normas básicas de accesibilidad puede crear experiencias de aprendizaje inclusivas, beneficiando a una diversidad de estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje y necesidades especiales. Esta inclusión a más de facilitar el acceso, también mejora la efectividad del aprendizaje en línea, algo fundamental en un mundo cada vez más digital. De manera similar, Bhute et al. (2023) encontraron que los sitios web accesibles para lectores de pantalla ofrecen una alternativa inclusiva y efectiva a las notas en formato PDF. Estos sitios no solo permiten una navegación más sencilla, sino que también mejoran la interacción con el contenido a través de funciones como menús desplegables y textos alternativos para imágenes. Las encuestas realizadas a los estudiantes muestran una clara preferencia por este método, destacando la necesidad de crear entornos de aprendizaje que sean accesibles y fáciles de usar para todos.

La carga cognitiva es un factor crítico en la usabilidad de las plataformas de aprendizaje. Kuppusamy y Balaji (2023) sugieren que la evaluación de la accesibilidad web mediante un enfoque de magnitud variable puede revelar áreas clave para la mejora, como la inclusión de alternativas textuales y navegación solo por teclado. Implementar estas prácticas no solo ayuda a cumplir con los estándares de accesibilidad, sino que también mejora significativamente la experiencia educativa para todos los usuarios.

Tawfik et al. (2023) argumentan que optimizar la usabilidad y reducir la carga cognitiva extrínseca puede mejorar significativamente la experiencia de aprendizaje. Integrar técnicas de diseño de experiencias de aprendizaje (LXD) que consideren estas cargas facilita la adquisición de conocimientos y mejora la interacción con las herramientas de aprendizaje.

En el contexto del aprendizaje en el metaverso, la interfaz de usuario y la experiencia de uso son críticas para el éxito educativo. Pyae et al. (2023) destacan que en su estudio sobre la plataforma AIIS, los estudiantes evaluaron positivamente la usabilidad del entorno virtual, lo que redujo la carga cognitiva extrínseca y mejoró la comprensión y retención del contenido educativo. La accesibilidad del sistema, incluyendo la facilidad de uso para estudiantes con diversas capacidades, fue fundamental para asegurar un aprendizaje inclusivo y efectivo.

Diseñar interfaces de usuario intuitivas y fáciles de navegar también puede reducir significativamente la carga cognitiva y mejorar la eficiencia del aprendizaje. Khan y Khusro (2023) demuestran que una interfaz de usuario adaptativa, que se personaliza según las necesidades y preferencias del usuario, puede mejorar la usabilidad al reducir la sobrecarga cognitiva. Su estudio sobre interfaces de usuario adaptativas para televisores inteligentes muestra cómo estas interfaces pueden ajustar elementos como el tamaño de la fuente y el contraste de color, mejorando así la accesibilidad y la satisfacción del usuario.

La inclusión de estudiantes con discapacidades es esencial para promover la equidad en

la educación superior. Fernández-Batanero et al. (2022) y Fernández-Cerero et al. (2024) subrayan la importancia de eliminar barreras arquitectónicas y adaptar los procesos de enseñanza-aprendizaje para asegurar que estos estudiantes puedan acceder y participar plenamente en la educación universitaria. La implementación de apoyos tecnológicos y la formación docente en metodologías inclusivas son claves para facilitar la integración y el éxito académico de estos estudiantes. Ambos estudios destacan cómo las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden transformar significativamente la experiencia educativa de los estudiantes con discapacidades, proporcionando acceso equitativo y promoviendo la autonomía. A pesar de los desafíos como la falta de compatibilidad tecnológica, la percepción de los estudiantes es positiva, viendo a las TIC como herramientas clave para mejorar su participación y competencias digitales.

La creación de entornos de aprendizaje en línea inclusivos también requiere la implementación de modelos pedagógicos como el I-TPACK, que integran prácticas inclusivas con enfoques tecnológicos y pedagógicos. Saenen et al. (2024) subrayan la importancia de desarrollar una infraestructura flexible y diversificar las prácticas pedagógicas para asegurar que todos los estudiantes puedan participar y beneficiarse plenamente de la educación en línea.

En la era pos-COVID-19, la necesidad de inclusión digital se ha vuelto más evidente. Mohammad y Aldakhil (2024) argumentan que los sitios web universitarios deben promover una cultura de responsabilidad social y equidad, proporcionando información accesible y servicios de apoyo para empoderar digitalmente a los estudiantes con discapacidades.

En la personalización del aprendizaje mediante servicios de recomendación basados en IA, Zhang et al. (2021) destacan cómo la inteligencia artificial ha revolucionado estos sistemas al mejorar la calidad de las recomendaciones mediante técnicas avanzadas como redes neuronales profundas y aprendizaje activo. Estas técnicas permiten una experiencia de usuario más personalizada, aumentando la satisfacción del usuario. Xu et al. (2021) proponen un sistema de recomendación de cursos que fusiona el gráfico de conocimiento y el filtrado colaborativo, mejorando la precisión de las recomendaciones y superando problemas comunes como la escasez de datos. Este modelo mejora significativamente la precisión y el recuerdo, resultando en una mayor satisfacción del usuario y una experiencia de aprendizaje más personalizada.

Carga Cognitiva y Rendimiento Académico

En la educación superior, entender cómo la carga cognitiva afecta el rendimiento académico y el bienestar de los estudiantes es esencial. Sweller (2011) introduce la teoría de la carga cognitiva, la cual usa principios evolutivos para explicar la arquitectura cognitiva humana y desarrollar métodos de enseñanza innovadores. Esta teoría distingue entre el conocimiento biológico primario, adquirido evolutivamente, y el conocimiento biológico secundario, que es culturalmente relevante y objeto de instrucción. La interacción entre la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo es fundamental en esta teoría, permitiendo crear procedimientos de enseñanza que, aunque parezcan contraintuitivos, están fundamentados en una comprensión

profunda de cómo funciona nuestra mente.

Sweller (2011) menciona que los efectos de la carga cognitiva varían según la carga impuesta, lo cual explica por qué condiciones similares pueden tener distintos impactos en el aprendizaje. Esto nos hace reflexionar sobre la importancia de adaptar la carga cognitiva a las necesidades específicas de los estudiantes para optimizar su aprendizaje.

En esta línea, Strohmaier et al. (2023) investigan cómo las características lingüísticas influyen en la comprensión y el aprendizaje de textos STEM. Su meta-análisis, que incluye 45 estudios con 6477 participantes, revela que modificaciones lingüísticas como la personalización y la claridad pueden mejorar el aprendizaje, especialmente en estudiantes con bajos conocimientos previos. Sin embargo, otras modificaciones como la reducción de complejidad no mostraron efectos significativos. Esto sugiere que las modificaciones lingüísticas deben ser cuidadosamente diseñadas para maximizar su efectividad.

En cuanto a la sobrecarga cognitiva, estudios muestran que un exceso puede llevar a la fatiga mental, reduciendo la capacidad de los estudiantes para procesar y retener información (Giudice da Silva et al., 2023). En entornos educativos, el volumen y la complejidad de la información pueden inducir ansiedad y fatiga cognitiva, resultando en procrastinación y evasión de tareas desafiantes. Aquí, la alfabetización en datos podría ayudar, pero si no se maneja bien, también podría aumentar la carga cognitiva.

Las estrategias de enseñanza que simplifican la información, usan herramientas visuales y enseñan técnicas de gestión del tiempo, junto con ambientes de aprendizaje que reducen la ansiedad, pueden mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Esto es especialmente relevante en el aprendizaje en línea, donde los estudiantes enfrentan una sobrecarga constante de información y distracciones.

Curum y Khedo (2021) destacan que, aunque los dispositivos móviles ofrecen ventajas como la flexibilidad, también pueden incrementar la carga cognitiva si los contenidos no están bien diseñados. La teoría de la carga cognitiva sugiere que la memoria de trabajo humana solo puede manejar un número limitado de elementos interactivos a la vez, por lo que un diseño inapropiado tiende a sobrecargarla, dificultando el aprendizaje. La personalización del contenido según el contexto y las necesidades del estudiante es esencial para evitar la sobrecarga y mejorar la eficacia del aprendizaje móvil.

CONCLUSIONES

La arquitectura cognitiva es esencial para el diseño instruccional y el rendimiento académico en la educación superior. Comprender cómo interactúan la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo permite crear métodos de enseñanza más efectivos. La clave está en adaptar la carga cognitiva a las necesidades de cada estudiante para optimizar su aprendizaje. Esto no solo

mejora la retención de la información, sino que también facilita una comprensión más profunda y duradera de los contenidos educativos.

Las modificaciones lingüísticas en los textos educativos, como la personalización y la claridad, pueden mejorar significativamente la comprensión y el aprendizaje, especialmente en estudiantes con bajos conocimientos previos. Es esencial diseñar materiales educativos que presenten la información de manera accesible y comprensible. Esto incluye el uso de un lenguaje claro y adaptado al nivel de conocimiento del estudiante, así como la inclusión de ejemplos prácticos y contextuales que faciliten la comprensión.

La sobrecarga cognitiva puede llevar a la fatiga mental y disminuir la capacidad de los estudiantes para procesar y retener información. Implementar estrategias de enseñanza que simplifiquen la información, utilicen herramientas visuales y enseñen técnicas de gestión del tiempo puede ayudar a mitigar estos efectos y mejorar el rendimiento académico. La integración de tecnologías educativas que apoyen la visualización de conceptos complejos también es una práctica recomendada para reducir la carga cognitiva.

En el aprendizaje en línea, los estudiantes a menudo enfrentan una sobrecarga de información y distracciones constantes, por lo que es importante diseñar contenidos multimedia adecuados y personalizar el contenido según el contexto y las necesidades del estudiante para evitar la sobrecarga cognitiva y mejorar la eficacia del aprendizaje móvil. La creación de plataformas de aprendizaje adaptativas que respondan a las necesidades individuales de los estudiantes puede ser una solución efectiva para estos desafíos.

Aplicar los principios de la arquitectura cognitiva en la educación superior mediante una gestión adecuada de la carga cognitiva y la personalización del aprendizaje puede transformar significativamente la experiencia educativa, mejorando tanto la comprensión como el rendimiento académico de los estudiantes. La educación debe ser dinámica y adaptativa, capaz de responder a las necesidades cambiantes de los estudiantes y de la sociedad.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar más a fondo las técnicas de personalización en diferentes contextos educativos y cómo estas pueden ser implementadas de manera efectiva a gran escala. Además, sería beneficioso investigar el impacto a largo plazo de la gestión de la carga cognitiva en el rendimiento académico y el bienestar emocional de los estudiantes. En la práctica educativa, es esencial seguir desarrollando y utilizando herramientas tecnológicas que faciliten la personalización y la visualización de la información, asegurando que cada estudiante reciba el apoyo necesario para alcanzar su máximo potencial académico.

REFERENCIAS

- Aleksandrovich, S. I., Ramazan, T., Utegaliyeva, R., Sarimbayeva, B., Keubassova, G., Bissalyeva, R., Syman, K., & Abdikarimova, G. (2024). Transformative applications in biology education: A case study on the efficacy of adaptive learning with numerical insights. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 22(2), 395-408.
<https://doi.org/10.22124/CJES.2024.7731>
- AlShaikh, R., Al-Malki, N., & Almasre, M. (2024). The implementation of the cognitive theory of multimedia learning in the design and evaluation of an AI educational video assistant utilizing large language models. *Heliyon*, 10, e25361.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25361>
- Anderson, J.R. (1996). *The Architecture of Cognition*. Psychology Press.
<https://doi.org/10.4324/9781315799438>
- Avidov-Ungar, O., & Zamir, S. (2024). Personalization in Education. In M. Tezer (Ed.), *Metacognition in Learning - New Perspectives*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.113380>
- Banawan, M., Butterfuss, R., Taylor, K. S., Christhlf, K., Hsu, C., O'Loughlin, C., Allen, L. K., Roscoe, R. D., & McNamara, D. S. (2023). The Future of Intelligent Tutoring Systems for Writing. En O. Kruse et al. (Eds.), *Digital Writing Technologies in Higher Education* (pp. 365–383). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36033-6_23
- Bhute, V. J., Player, E. L., & Chadha, D. (2023). Motivation and evidence for screen reader accessible website as an effective and inclusive delivery method for course content in higher education. *Proceedings of the 2023 Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education*, Baltimore, MD. <https://peer.asee.org/motivation-and-evidence-for-screen-reader-accessible-website-as-an-effective-and-inclusive-delivery-method-for-course-content-in-higher-education.pdf>
- Cabero-Almenara, J., De-La-Portilla-De-Juan, F., Barroso-Osuna, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2023). Technology-Enhanced Learning in Health Sciences: Improving the Motivation and Performance of Medical Students with Immersive Reality. *Applied Sciences*, 13(14), 8420.
<https://doi.org/10.3390/app13148420>
- Chandra, S., Verma, S., Lim, W. M., Kumar, S., & Donthu, N. (2022). Personalization in personalized marketing: Trends and ways forward. *Psychology & Marketing*, 39(5), 919-939. <https://doi.org/10.1002/mar.21670>
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 90(4), 499-541. <https://doi.org/10.3102/0034654320933544>
- Contrino, M. F., Reyes-Millán, M., Vázquez-Villegas, P., & Membrillo-Hernández, J. (2024).

- Using an adaptive learning tool to improve student performance and satisfaction in online and face-to-face education for a more personalized approach. *Smart Learning Environments*, 11, 6. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00292-y>
- Curum, B., & Khedo, K. K. (2021). Cognitive load management in mobile learning systems: principles and theories. *Journal of Computers in Education*, 8, 109–136. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00173-6>
- Dai, C.P., & Ke, F. (2022). Educational applications of artificial intelligence in simulation-based learning: A systematic mapping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100087>
- Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., & Fernández-Cerero, J. (2022). Access and Participation of Students with Disabilities: The Challenge for Higher Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 11918. <https://doi.org/10.3390/ijerph191911918>
- Fernández-Cerero, J., Cabero-Almenara, J., & Montenegro-Rueda, M. (2024). Technological Tools in Higher Education: A Qualitative Analysis from the Perspective of Students with Disabilities. *Education Sciences*, 14(3), 310. <https://doi.org/10.3390/educsci14030310>
- Giudice da Silva Cezar, B., & Gastaud Maçada, A. C. (2023). Cognitive overload, anxiety, cognitive fatigue, avoidance behavior and data literacy in big data environments. *Information Processing & Management*, 60(6), 103482. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2023.103482>
- Ipinnaiye, O., & Riskey, A. (2024). Exploring adaptive learning, learner-content interaction and student performance in undergraduate economics classes. *Computers & Education*, 215, 105047. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105047>
- Jusslin, S., Korpinen, K., Lilja, N., Martin, R., Lehtinen-Schnabel, J., & Anttila, E. (2022). Embodied learning and teaching approaches in language education: A mixed studies review. *Educational Research Review*, 37, 100480. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100480>
- Kabudi, T., Pappas, I., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Khan, I., Ahmad, A.R., Jabeur, N., & Mahdi, M.N. (2021). An artificial intelligence approach to monitor student performance and devise preventive measures. *Smart Learning Environments*, 8(17). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00161-y>
- Khan, M., & Khusro, S. (2023). Towards the design of personalized adaptive user interfaces for smart TV viewers. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35(9), 101777. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101777>
- Kuppusamy, K. S., & Balaji, V. (2023). Evaluating web accessibility of educational institutions

- websites using a variable magnitude approach. *Universal Access in the Information Society*, 22(1), 241–250. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00812-4>
- Labadze, L., Grigolia, M., & Machaidze, L. (2023). Role of AI chatbots in education: systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 56. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00426-1>
- Lacey, M. M., Francis, N. J., & Smith, D. P. (2024). Redefining online biology education: a study on interactive branched video utilisation and student learning experiences. *FEBS open bio*, 14(2), 230–240. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13767>
- Liu, D. (2024). The effects of segmentation on cognitive load, vocabulary learning and retention, and reading comprehension in a multimedia learning environment. *BMC Psychology*, 12, 4. <https://doi.org/10.1186/s40359-023-01489-5>
- Lowenthal, P. R., Humphrey, M., Conley, Q., Dunlap, J. C., Greear, K., & Lowenthal, A. (2020). Creating accessible and inclusive online learning: Moving beyond compliance and broadening the discussion. *Quarterly Review of Distance Education*, 21(2), 1+. Gale Academic OneFile. <https://link.gale.com/apps/doc/A653180636/AONE?u=anon~fab46314&sid=googleScholar&xid=ce248ec9>
- Mejeh, M., & Rehm, M. (2024). Taking adaptive learning in educational settings to the next level: leveraging natural language processing for improved personalization. *Educational Technology Research and Development*, 72, 1597–1621. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10345-1>
- Mohammad, W. S., & Aldakhil, A. F. (2024). Promoting Inclusive Learning Environments: Leveraging University Websites for Digital Empowerment in the Post-COVID-19 Era. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 12(12), 1212. <https://doi.org/10.3390/healthcare12121212>
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Harvard University Press. https://books.google.com.ec/books?id=1lbY14DmV2cC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Pyae, A., Ravyse, W., Luimula, M., Pizarro-Lucas, E., Sanchez, P. L., Dorado-Diaz, I. P., & Thaw, A. K. (2023). Exploring User Experience and Usability in a Metaverse Learning Environment for Students: A Usability Study of the Artificial Intelligence, Innovation, and Society (AIIS). *Electronics*, 12(20), 4283. <https://doi.org/10.3390/electronics12204283>
- Saenen, L., Hermans, K., Do Nascimento Rocha, M., Struyven, K., & Emmers, E. (2024). Co-designing inclusive excellence in higher education: Students' and teachers' perspectives on the ideal online learning environment using the I-TPACK model. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 890. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03417-3>
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning:

- a new perspective on extraneous cognitive load. *Educational Psychology Review*, 34, 171-196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Song, C., Shin, S.-Y., & Shin, K.-S. (2024). Implementing the Dynamic Feedback-Driven Learning Optimization Framework: A Machine Learning Approach to Personalize Educational Pathways. *Applied Sciences*, 14(2), 916. <https://doi.org/10.3390/app14020916>
- Strohmaier, A. R., Ehmke, T., Härtig, H., & Leiss, D. (2023). On the role of linguistic features for comprehension and learning from STEM texts: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 39, 100533. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100533>
- Sweller, J. (1988, April-June). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295-312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37-76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Tapalova, O., & Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalised Learning Pathways. *The Electronic Journal of e-Learning*, 20(5), 639-653. <https://academic-publishing.org/index.php/ejel/article/view/2597/2107>
- Tawfik, A. A., Payne, L., Olney, A. M., & Ketter, H. (2023). Exploring the Relationship Between Usability and Cognitive Load in Data Science Education. *The Journal of Applied Instructional Design*. <https://doi.org/10.59668/515.13078>
- Venkat, M. V., O'Sullivan, P. S., Young, J. Q., & Sewell, J. L. (2020). Using Cognitive Load Theory to Improve Teaching in the Clinical Workplace. *MedEdPORTAL*, 16, 10983. https://doi.org/10.15766/mep_2374-8265.10983
- Xu, G., Jia, G., Shi, L., & Zhang, Z. (2021). Personalized Course Recommendation System Fusing with Knowledge Graph and Collaborative Filtering. *Computational Intelligence and Neuroscience*. <https://doi.org/10.1155/2021/9590502>
- Zhang, G., Zhu, Z., Zhu, S., Liang, R., & Sun, G. (2022). Towards a better understanding of the role of visualization in online learning: A review. *Visual Informatics*, 6(4), 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2022.09.002>
- Zhang, Q., Lu, J., & Jin, Y. (2021). Artificial intelligence in recommender systems. *Complex & Intelligent Systems*, 7, 439–457. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00212-w>