

# Cognitive Performance Model in Virtual Learning Environments

Laura Mancera Valetts<sup>1</sup>, Diana Rámirez Barragán<sup>2</sup>, Nathaly Segura Sánchez<sup>2</sup>,  
Juan Carlos Guevara Bolaños<sup>2</sup>, Silvia Baldiris Navarro<sup>1</sup> y Ramón Fabregat Gesa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Sistemas de Comunicaciones en Banda Ancha y Sistemas Distribuidos BCDS, Universidad de Girona, España

<sup>2</sup>Grupo de Investigación METIS, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Ingeniería en Telemática, Bogotá, Colombia

<sup>1</sup>{lmancera, sbaldiris, rfabregat}@eia.udg.edu  
<sup>2</sup>{deramirez, nseguras, jcguevarab}@correo.udistrital.edu.co

**Abstract.** This paper presents a user model for students performing learning processes in Virtual Learning Environments. This model is used to obtain the cognitive performance of each student considering four cognitive areas related to the attention capacity. These areas are: verbal learning, working memory, concept shifting and sustained attention. The cognitive areas are evaluated with an external tool modeled as a web application which implements some neuropsychological tests. The integration of e-learning platforms and our cognitive assessment tool is achieved using web services protocols.

**Keywords:** Modelado de usuario, Procesos cognitivos, Ambiente Virtual de Aprendizaje, Sistemas Hipermedia Adaptativos.

## 1 Introducción

El refinamiento y uso masivo de las tecnologías de la información y la comunicación han permitido, entre otros, la creación de importantes herramientas en el ámbito de la enseñanza. Los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) también conocidos como plataformas e-learning, son un ejemplo de los sistemas que se han surgido en este contexto. Con la intención de ofrecer procesos de enseñanza-aprendizaje cada vez más significativos, que consideren las características y necesidades de los estudiantes, han surgido los Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos, una integración propuesta entre los Sistemas Virtuales de Aprendizaje y los Sistemas Hipermedia Adaptativos [1, 2]. En este contexto, se han propuesto e implementado varios estudios que consideran aspectos del estudiante tales como el estilo de aprendizaje, el nivel de colaboración y participación, las competencias deseadas y adquiridas, el dispositivo de acceso, entre otros, para ofrecer procesos de formación personalizados [3, 4]. Sin embargo, AVAs que intentan proveer procesos de aprendizajes personalizados es un campo de investigación muy amplio. Por una parte, por la diversidad de características del estudiante que se pueden tener en cuenta, y por otra, por la gran variedad de tecnologías que soporta cada AVA en particular. Dentro de las características de un estudiante que pueden ser importantes considerar, nuestra

propuesta está enfocada en aspectos cognitivos relacionados con la atención. Nuestro interés se debe a que el número de estudiantes en plataformas e-learning con deficiencias cognitivas es cada vez mayor y que la gran cantidad de ellos encuentran difícil seguir sus deberes para alcanzar con éxito sus procesos de formación [5]. Se plantea en este contexto, el desarrollo de una aplicación que implementa los test neuropsicológicos: atención sostenida, aprendizaje auditivo verbal de Rey e intercambio de conceptos. Con la aplicación de estos test podemos obtener información sobre el rendimiento de un estudiante en las áreas cognitivas: Flexibilidad mental, Memoria de trabajo verbal, Aprendizaje verbal y Atención sostenida. Se hace una relación entre los diferentes resultados obtenidos en cada área cognitiva para obtener un rendimiento cognitivo general, cuyos posibles resultados creará un perfil del estudiante con rendimiento cognitivo: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo. Considerando el perfil obtenido para cada estudiante, es posible ofrecer recursos, contenidos o actividades adaptadas. La aplicación de la evaluación cognitiva es ofrecida como un servicio externo. Se propone el uso de Servicios Web para permitir el intercambio de información entre nuestra herramienta y la plataforma e-learning.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la segunda sección se presenta una breve explicación de la importancia que tiene los aspectos cognitivos en el aprendizaje. En la tercera sección se presentan los conceptos de AVA Y SHA y algunos trabajos que han considerado aspectos cognitivos en educación virtual. En la cuarta sección se describe nuestra propuesta. Y finalmente en la sección 5 se presentan algunas conclusiones y trabajos futuros.

## **2 Procesos cognitivos en el aprendizaje**

Los procesos cognitivos están relacionados con las funciones mentales que posee todo ser racional. El lenguaje, la lectura, la escritura, los movimientos voluntarios, los diferentes tipos de memoria, las habilidades aritméticas y el cálculo mental, la capacidad de planeación, de toma de decisiones, de inhibición, de conductas inapropiadas y la capacidad de atención, son procesos cognitivos [6]. Debido a que los procesos cognitivos juegan un papel fundamental en el aprendizaje, cuando una persona tiene deficiencias cognitivas puede tener importantes dificultades en la vida, por ejemplo, deficientes resultados académicos e insatisfactorio desempeño laboral, como es el caso de personas que presentan el Déficit de Atención e Hiperactividad [7]. En muchos casos, los estudiantes con problemas cognitivos eligen llevar a cabo sus procesos de formación a través de plataformas e-learning, porque a diferencia de la formación presencial, la formación virtual les permite tomar más tiempo para realizar las actividades requeridas y planear mejor las contribuciones que pueden dar a sus compañeros. Sin embargo, es muy bajo, comparado con todos aquellos que empiezan, el número de estudiantes con problemas cognitivos que logran terminar con éxito los cursos a los que se inscriben. Una razón para esto, puede ser que se sienten incapaces de seguir y comprender el material y obligaciones que son necesarios para aprobar. Los déficits cognitivos requieren medidas especiales en el contexto educativo y aunque hoy por hoy la educación presencial está empezando a

considerarlo, la educación virtual, a pesar de la sofisticación de estrategias y herramientas que ofrece, no direcciona los problemas de los estudiantes con deficiencias cognitivas.

Una forma de identificar, describir y cuantificar los déficits cognitivos y las alteraciones conductuales que producen diversas lesiones cerebrales es través de los test neuropsicológicos. Con ellos se puede establecer un modelo de cada paciente para poder optimizar el tratamiento, tanto médico como psicológico [8]. Los test neuropsicológicos que son usados en nuestra propuesta son los siguientes: El Test de Aprendizaje Auditivo Verbal de Rey (En inglés, Rey's Auditory Verbal Learning Task, RAVLT) [9] para valorar las áreas cognitivas Memoria de trabajo y Aprendizaje Verbal; El test de intercambio de conceptos (En inglés: The concept Shifting Test, CST) [10] para valorar la flexibilidad mental; y el test de Atención sostenida (En inglés, Sustained Attention Task, SAT) [11] para valorar la capacidad de sostener la atención. Estos test consisten en sencillas pruebas, donde es pedido al usuario que realice ciertas actividades o acciones a fin de comprobar si el usuario hace o no la acción, si se equivoca constantemente, si lo hace pero muy retrasadamente, entre otros conceptos de la valoración.

### **3 Trabajos relacionados**

Durante los últimos años, muchas investigaciones y desarrollos tecnológicos, vinculados al campo de la educación virtual, han estado orientados en direccionar las características y necesidades de sus usuarios para proveer procesos de aprendizaje personalizados. Esto significa hacer entrega de recursos, contenidos o actividades de aprendizaje adaptadas de acuerdo a un perfil que es inferido para cada usuario. Este proceso de entrega adaptativa intenta favorecer la adquisición de aprendizajes significativos y duraderos, al tiempo que intenta mitigar el impacto que puede generar llevar a cabo procesos de formación virtual. Para ofrecer este tipo de formación a los estudiantes de ambientes virtuales, fue propuesta la integración de los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) y los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) resultando en lo que hoy se denomina Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos [1, 2].

Un AVA es un entorno de interacción educativo, que de forma sincrónica y asincrónica pretende administrar y favorecer a través de una plataforma informática la modalidad de educación a distancia [12]. Permite, entre otras cosas, el registro y almacenamiento de datos de los estudiantes cuando el profesor crea y distribuye los contenidos educativos, permitiendo monitorear la participación de los estudiantes.

La idea fundamental de los SHA es conocer las particularidades de quien usa el sistema para ofrecerle un material adaptado a esas particularidades inferidas. Los SHA parten de un proceso de modelado del usuario, que es una representación de la información acerca de un usuario específico, y aplica este modelo para adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario [13].

De acuerdo con los conceptos mencionados, un Ambiente Virtual de Aprendizaje Adaptativo usa las ventajas de ambos sistemas, AVA y SHA, para ofrecer contenido personalizado y adaptado a las características de cada estudiante.

Dentro de la gran variedad de características que pueden expresar algo útil del estudiante, la medición cognitiva puede ser un aspecto revelador a la hora de generar estrategias adaptadas, considerando la importancia que tienen los procesos cognitivos en el aprendizaje. Sin embargo, son pocos los trabajos que han tenido en cuenta este factor para crear y adaptar contenido educativo en ambientes virtuales de aprendizaje.

En [14] proponen cinco estrategias didácticas para el diseño didáctico de AVAs basados en las funciones cognitivas. Estas estrategias son recomendaciones sobre el tipo, la cantidad o el diseño de los recursos que deberían ser presentados a los estudiantes. Así mismo, en [15] sugiere tres formas de evaluación alternativa en un ambiente virtual: 1) evaluación cognitiva, 2) evaluación por desempeño, y 3) evaluación por carpetas. Estos dos trabajos reconocen la importancia que juegan los procesos cognitivos en la educación pero están centrados en los recursos a ofrecer y no en el modelado del usuario. En [16] se muestra un sistema de tutoría inteligente en ambientes virtuales de aprendizaje que integra el modelo del estudiante basado en su rendimiento y el modelo de las trazas cognitivas, para generar adaptaciones. En este trabajo definen la destreza cognitiva del estudiante a partir de su forma de navegación, interacción, entre otros, con el sistema. Nuestra evaluación cognitiva está basada en test neuropsicológicos.

#### 4 Descripción general de nuestra propuesta

El trabajo presentado en este artículo está centrado en el modelado del rendimiento cognitivo, relacionado con áreas de la atención, de estudiantes que llevan a cabo procesos de formación en AVAs. Este modelo tiene como fin crear perfiles de usuarios que permita guiar la personalización y adaptación de los contenidos, procesos o recursos educativos que son entregados al estudiante. Se ha dividido el sistema general de nuestra propuesta en dos partes: 1) Una aplicación que informatiza varios test neuropsicológicos; y 2) El proceso de creación del modelo del usuario en la plataforma e-learning. De esta forma la aplicación podrá ser usada por una variedad de plataformas e-learning dado que su arquitectura es independiente a la arquitectura de las plataformas. Para lograr la comunicación aplicación-plataforma e-learning, se plantea un servicio web que permiten el intercambio de información de un sistema a otro. La estructura de datos que almacenará la información del modelo de usuario es previamente definida en la plataforma e-learning. La Fig. 1, muestra todos los elementos que interviene en el proceso de generar y almacenar el modelo de usuario:

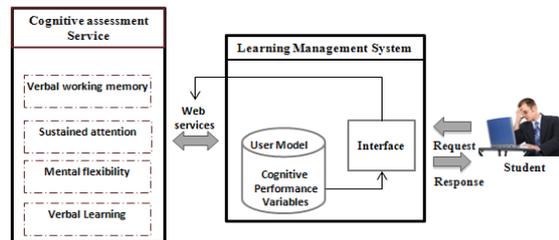


Fig. 1. Proceso general de la propuesta.

El proceso completo que sigue el sistema para generar los datos y crear el perfil de cada estudiante es el siguiente: el usuario accede como normalmente lo hace a la plataforma e-learning. Cuando el estudiante solicita o hace la inscripción a un determinado curso, se le hacen varias preguntas, que incluye la edad y si desea hacer una corta evaluación neuropsicológica. En este momento una corta pero motivadora explicación de los beneficios que ofrecería esta evaluación en el proceso de formación les es mostrada al estudiante. Si el estudiante confirma que desea hacer la evaluación, se le mostrará la interfaz gráfica que contiene el enlace que automáticamente lo llevará a la herramienta de evaluación neuropsicológica. En esta herramienta el estudiante encontrará los tres test que deberá realizar, con las indicaciones necesarias. Al terminar la evaluación, el estudiante deberá hacer clic en un botón para autorizar que el resultado de las evaluaciones sea enviado a la base de datos de la plataforma, donde previamente se ha definido la estructura de datos que guardará dicha información e implementadas las condiciones que relacionarán los resultados en cada test para obtener un perfil del rendimiento cognitivo general.

A continuación se presenta una explicación del funcionamiento de la aplicación web y posteriormente el proceso de generar el perfil del estudiante a partir de la información arrojada después de hacer uso de la aplicación.

#### 4.1 Herramienta de evaluación cognitiva

La herramienta que se propone, consta de los test neuropsicológicos: Aprendizaje Auditivo Verbal de Rey, Intercambio de Conceptos y Atención Sostenida. La aplicación está siendo implementada con el lenguaje de programación Java y será liberada Open Source. La Fig. 2 muestra la interfaz inicial de la herramienta:



Fig. 2. Interfaz gráfica de nuestra herramienta de evaluación cognitiva

Para medir el rendimiento de los estudiantes en cada uno de los test, se compara el resultado obtenido por el estudiante con datos normalizados del resultado obtenido por la media de personas sin problemas cognitivos. La desviación estándar es el factor que se usa como comparativo. Dependiendo del número de desviaciones estándar por encima o por debajo de la desviación estándar de la media se clasifica al estudiante. La tabla 1 resume los parámetros de evaluación que se usan para medir el rendimiento en cada test:

**Tabla 1.** Resultados por cada test

Estadística	Resultado del estudiante	Valor asignado
Por debajo de $\mu - 2\sigma$	Muy bajo	1
Entre $\mu - 2\sigma$ y $\mu - \sigma$	Bajo	2
Entre $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$	Medio	3
Entre $\mu + \sigma$ y $\mu + 2\sigma$	Alto	4
Por encima de $\mu + 2\sigma$	Muy alto	5

$\mu$ : Media,  $\sigma$ : Desviación estándar.

Finalmente, como se muestra en la tabla 1, a cada resultado se le es asignado un valor desde 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el más alto. Esto se hace con el objetivo de hacer más sencilla la relación entre los resultados de los diferentes test y obtener el perfil general de rendimiento cognitivo.

#### 4.2 Generación del Perfil cognitivo del estudiante

Al finalizar el proceso de evaluación neuropsicológico, el resultado obtenido en cada evaluación es enviado a la plataforma e-learning a través del servicio web. En la plataforma previamente se han especificado condiciones que permitirán clasificar a un estudiante con un perfil cognitivo u otro. La tabla 2 resume en qué nivel debe ser clasificado el usuario sumando los resultados obtenidos en cada test:

**Tabla 2.** Rangos para la clasificación final del rendimiento cognitivo

Rango	Clasificación
{3, 4}	Muy Bajo
{5, 6, 7}	Bajo
{8, 9, 10}	Medio
{11, 12, 13}	Alto
{14, 15}	Muy Alto

Como muestra la tabla 2, los posibles resultados del rendimiento cognitivo son: Muy alto, Alto, Medio, Bajo o Muy bajo. Para citar un ejemplo: si el estudiante obtiene un puntaje de 1 en cada uno de los test, la suma de ello es tres, quedando en el rango muy bajo.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se propuso la definición de un modelo del estudiante en un ambiente virtual de aprendizaje que considera el rendimiento cognitivo de las áreas Flexibilidad mental, Memoria de trabajo verbal, Aprendizaje verbal y Atención Sostenida. La creación de perfiles de estudiante definidos a partir del modelo de usuario presentado, puede contribuir a que puedan ser adaptados contenidos, actividades, herramientas, entre otros recursos, a los estudiantes, de acuerdo a una característica que es fundamental en el aprendizaje.

La herramienta que permitirá hacer la evaluación de las diferentes áreas cognitivas, está siendo implementada como una aplicación web independiente de cualquier AVA, de esta manera se está ofreciendo una aplicación interoperable que será librada open source. A finalizar la implementación de la herramienta de evaluación neuropsicológica, procederemos a hacer la integración con la plataforma e-learning dotLRN, haciendo pruebas reales en un curso que se llevará a cabo en la Universidad Distrital. Seguidamente se pretende hacer su integración con otras plataformas.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende dar un paso más hacia la meta propuesta en la educación virtual, de ofrecer procesos educativos de alta calidad ajustados a las necesidades particulares de aquellos que encuentran en este tipo de formación una forma de lograr sus objetivos en cuanto a educación se refiere.

## 6 Referencias

1. Tiarnaigh, M.: Adaptive Moodle: An intergration of Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) with an AHS (Adaptive Hypermedia System). PhD Thesis. (2005).
2. Colan, O., Wade, V., Gargan, M., Hockemeyer, C.: An architecture for integrating Adaptive Hypermedia Services with Open Learning Environments. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (EDMEDIA) Denver, Colorado, USA. (2002).
3. Baldiris, S., Santos, O., Barrera, C., Boticario, J., Velez, J., Fabregat, R.: Integration of Educational Specifications and Standards to Support Adaptive Learning Scenarios in ADAPTAPlan. International Journal of Computer & Applications. Vol. 5, No. 1, pp. 88-107. (2008)
4. Huerva, D., Velez, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Mérida, D.: Adaptation of course and learning environment to the user context in dotLRN. International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control & Automation, 2008, p. 1264-1267
5. Grabinger, S.: A Framework for supporting postsecondary Learners with Psychiatric Disabilities in online Environments. Electronic Journal of e-learning. Vol. 8, Issue 2, pp. 101 – 110. (2010)
6. Neisser, U. Psicología Cognoscitiva. Trillas. (1976)
7. Faraone, S. , Biederman, J., Spencer, T., Wilens, T., Seidman, L., Mick, E., et al.: Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in adults: An Overview. Biological Psychiatry, 48, pp. 9--20. (2000)
8. Peña-Casanova, J., Gramunt, N., Gich, J.: Test Neuropsicológicos: Fundamentos para una neuropsicología clínica basada en evidencias. Editorial: Masson, S.A, Barcelona, España. 2004.
9. Wilkins, A.J., Shallice, T., McCarthy, R.: Frontal lesions and sustained attention, Neuropsychologia, 25, pp. 359--365 (1987)
10. Van der Elst, W., Van Boxtel, M. P. J., Van Breukelen, G. J. P., Jolles, J.: The Concept Shifting Test: Adult Normative Data. Psychological Assessment, the American Psychological Association. Vol. 18, No. 4, 424–432. (2006)
11. A. Rey, "L'Examen Clinique en Psychologie," Paris, Press Universitaire de France, 1958.
12. Velez, J.: Entorno de un aprendizaje virtual adaptativo soportado por un modelo de usuario integral. España, pp. 25 (2009)
13. Brusilovsky, P.: Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modelling and User Adapted Interaction, 6, 2-3, 87-129.
14. Herrera, M. Á.: Revista Iberoamericana de Educación, ISSN: 1681, 5653, México.
15. Álvarez, O. H.: Ph.D thesis: La red como medio de enseñanza y aprendizaje en la educación superior, (2005)
16. Jeremić, Z., Lin, T., Kinshuk and Devedzie, V.: Synergy of Performance – Based Model and Cognitive Trait Model in DP-ITS. User Modeling, Vol. 3538/2005, pp. 407-- 411 (2005)