

# Modelo de adaptación en ambientes virtuales de aprendizaje para personas con discapacidad

## Adaptation model in virtual learning environments for disabled people

Diana J. Lancheros C.<sup>1,2</sup> M.Sc, Angela Carrillo Ramos<sup>1</sup> Ph.D, José L. Lara.<sup>1</sup> MSc.

1. Pontificia Universidad Javeriana

2. Universidad Cooperativa de Colombia

*d.lancheros@javeriana.edu.co, angela.carrillo@javeriana.edu.co, jlara@javeriana.edu.co*

Recibido para revisión 02 de septiembre de 2010, aceptado 28 de junio de 2011, versión final 30 de junio de 2011

**Resumen**— Actualmente los ambientes educativos de aprendizaje se han convertido en la solución para personas que tienen dificultades al ingresar a la educación formal en el país. Este aspecto debe aplicarse con mayor énfasis en personas que tienen algún grado de discapacidad. Para ello, es indispensable diseñar modelos computacionales que tengan características de adaptación y permitan generar soluciones a necesidades tales como la forma en que se realiza el despliegue de la información y la evaluación de características cognitivas que permitan determinar comportamientos y estilos de aprendizaje. El presente artículo muestra una síntesis del marco de referencia y de la revisión técnica de trabajos realizada en el marco de una tesis doctoral actualmente en curso, que busca desarrollar un modelo computacional con características de adaptación, dirigido a facilitar el proceso de aprendizaje, en una misma aula, de personas con y sin discapacidad. Finalmente se ilustra un caso de estudio que valida el modelo propuesto y la integración de tres temas: educación, adaptación y discapacidad con el fin de presentar los contenidos temáticos de una asignatura a estudiantes con y sin discapacidad auditiva, dentro de una misma aula de clase.

**Palabras Clave**— Sistemas educativos, Adaptación de información, Discapacidad, Ambientes virtuales de aprendizaje.

**Abstract**— Nowadays, the educational environments of learning are the solution for people who have difficulties at entering to the formal education in the country. This aspect must be applied by major emphasis in people who have some degree of disability. For this, it is necessary to design computational models that have adaptation features and that allow to generate solutions to needs such as the way in which the information display is executed and the evaluation of cognitive characteristics that determine behaviors and learning styles. The present paper presents a synthesis of the state of the art and the technical review of works realized in the frame of a doctoral thesis (work in progress) that has as objective to develop a computational model with adaptation characteristics, oriented to facilitate the learning process, in the same classroom, of people with and without disability. Finally, a study case is illustrated. This case validates the proposed model and the integration of three subjects: education, adaptation and disability in order to present the thematic contents of a course to students with and without auditory disability; these students are in the same classroom.

**Keywords**— Educational systems, information adaptation, disability, virtual learning environments.

### I. INTRODUCCIÓN

Tal como lo expone la ley 361 de 1997, la educación en el país integra las personas con y sin discapacidad en las aulas de clase, sin tener en cuenta el tipo de limitaciones que posee y los obstáculos que cada persona tiene para desarrollar su proceso de aprendizaje [16]. La falta de estrategias pedagógicas por parte de los profesores, día a día hacen que las personas con discapacidad y algunos otros estudiantes decidan dejar las instituciones educativas y cortar el proceso educativo. En Colombia, las estadísticas del DANE [17], evidencian que solamente el 1.05% de la población discapacitada realiza estudios superiores. Esto podría ser debido a la falta de aplicación de estrategias o de mecanismos de implementación que permitan vincularlos a las aulas de clase con personas que no tienen ninguna discapacidad.

En las instituciones educativas, las personas con algún tipo de discapacidad requieren de ambientes especiales y herramientas que les guíen en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El adelanto de proyectos tecnológicos con avanzados diseños en las áreas de electrónica y sistemas permite el desarrollo de dispositivos de gran utilidad en el campo de la discapacidad, especialmente para el acceso y despliegue de información. Sin embargo, los sistemas que utilizan tales dispositivos no siempre tienen en cuenta las características y estilos de aprendizaje de las personas con discapacidad, las cuales tienen necesidades diferentes con respecto a la forma en la cual interactúan con los sistemas de información (SI). El hecho de tener en cuenta ciertas características para enriquecer una consulta y de esta manera, ayudar a que el usuario obtenga la información en el momento indicado, en el lugar que lo necesite a través de su

dispositivo de acceso, ajustada a sus necesidades, es el primer paso de un proceso denominado “personalización” en un SI. Los SI permiten en ambientes educativos, mostrar la información en diversos formatos, interactuar con el estudiante, desarrollar un proceso personalizado en cuanto al tiempo y al lugar de acceso a la información. Según Santos [48], las características de adaptación en ambientes virtuales de aprendizaje permiten al SI un manejo personalizado del contenido y del despliegue que facilitaría los procesos de enseñanza y aprendizaje en ambientes donde se encuentren personas con algún grado de limitación.

El presente artículo presenta en primera instancia una síntesis del marco de referencia, seguido del análisis de trabajos

relacionados con características pedagógicas, de adaptación y de discapacidad. Por último se presenta un caso de estudio de un sistema adaptativo diseñado para presentar los contenidos temáticos de una asignatura a personas con y sin discapacidad auditiva, reunidas en una misma aula.

II. MARCO DE REFERENCIA

El marco de referencia se ha dividido en tres aspectos fundamentales en los que se basa el soporte teórico de esta propuesta investigativa. En Fig. 1 se observan estos tres aspectos:

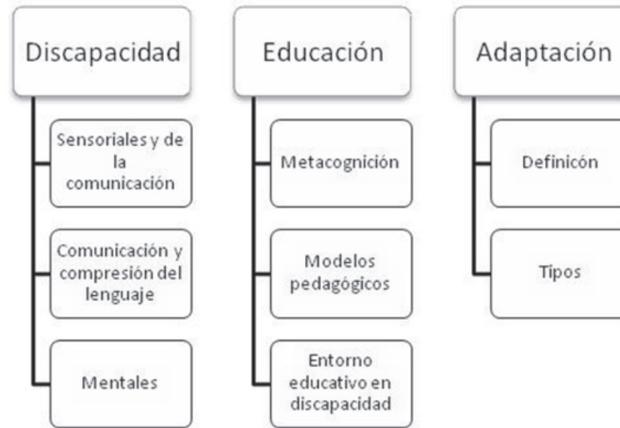


Figura 1. Temas que soportan el marco de referencia.

A. Discapacidad

La real academia de la lengua española [43] define como discapacidad: “la cualidad del discapacitado”, y este último como: “Dicho de una persona que tiene impedida o entorpecida alguna de las actividades cotidianas consideradas normales, por alteración de sus funciones intelectuales o físicas”. La

Organización Mundial de la Salud [38], clasifica las discapacidades en diferentes categorías, las cuales se observan en la Tabla 1. Como se puede apreciar, los tipos de discapacidades son variados, y cada uno presenta características y rasgos diferentes, lo que hace más complejos los tratamientos y la implementación de estrategias en campos educativos, sociales y familiares.

Tabla 1. Categorización Discapacidades. Tomado de [38]

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	TIPOS
Discapacidades sensoriales y de la comunicación	Discapacidades para ver	Ambliopía, ceguera, glaucoma, hemianopsia, retinopatía, retinosis pigmentaria
	Discapacidades para oír	Hipoacusia, sordera
	Discapacidades para hablar	Mudez
Discapacidades de la comunicación y comprensión del lenguaje	Discapacidades de la comunicación y comprensión del lenguaje	Afasia, agnosias y las dificultades graves o severas del habla.
Discapacidades motrices	Discapacidades motrices	Amiotrofia espinal, ataxias, distonía, distrofia muscular, enfermedad de Duchenne, esclerosis, parkinson, espina bífida, parálisis cerebral, síndrome de Guillain-Barré
Discapacidades mentales	Discapacidades mentales	Autismo, Asperger, Alzheimer, Síndrome de Prader – Willi, Síndrome de Down, Síndrome del Cromosoma X Frágil.

Otro componente que hace parte del marco de referencia es el educativo; a continuación se plantearán los aspectos educativos de mayor relevancia y que permitirán enriquecer el modelo

pedagógico de un sistema con características de adaptación para personas con y sin discapacidad.

**B. Educación**

Los procesos educativos se basan en el desarrollo cognitivo, asociado a teorías de cognición (conocimiento) y metacognición (desarrollo del conocimiento) y referentes que a través de los años han permitido determinar cómo se desarrolla el proceso de aprendizaje en un estudiante. La metacognición se refiere originalmente a cómo el conocimiento y la regulación de las actividades cognitivas en los procesos de aprendizaje permiten el desarrollo de habilidades y capacidades [19] [28]. La distinción más común en la metacognición separa el conocimiento metacognitivo de las habilidades. El primero se refiere a un conocimiento declarativo sobre la persona, las relaciones entre las personas, las tareas, y las características de la estrategia [4], mientras que la última se refiere a un conocimiento procedimental, que se utiliza en la resolución de problemas y las actividades del proceso de cognición [5]. Narensen [36] presenta un modelo metacognitivo compuesto de dos estructuras, el nivel de la meta y el nivel donde se encuentra el objeto, niveles que interactúan mediante transmisión de información denominados control y monitoreo. El control se refiere a la iniciación, ejecución y finalización de acciones, y el monitoreo desarrolla la representación que se hace sobre el conocimiento a nivel del objeto. Davidson *et al.* [18], señalan como procesos metacognitivos, las etapas necesarias en la solución de un problema, las cuales se muestran en Fig. 2.

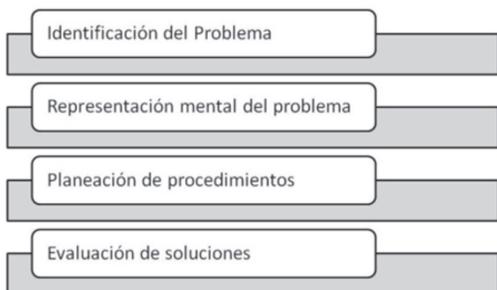


Figura 2. Etapas de solución de problemas. Tomado de [18].

Un modelo pedagógico de apoyo, de colaboración de aprendizaje en ambientes computacionales [8] se utiliza para motivar y hacer que el estudiante piense y contribuya con los mensajes escritos en el aprendizaje virtual y desarrolle capacidades metacognitivas. Los mensajes que los estudiantes escriben en actividades como los foros ayudan al desarrollo del pensamiento y la reflexión, siendo estas características de los procesos metacognitivos [4]. El estudiante puede entonces decidir si participa activamente en el debate haciendo preguntas, pedir ayuda y/o proporciona explicaciones [1]. La participación activa en el aprendizaje en red requiere un tipo diferente de seguimiento y control de las acciones cognitivas en comparación con la participación pasiva. Por ejemplo, la construcción de explicaciones [41], siempre en busca de ayuda para motivar a los estudiantes a tomar conciencia de su pensamiento. En la discusión en red, también es esencial que los estudiantes traten de formular sus ideas de forma tan precisa que puedan ser entendidas

por los demás participantes. Así, los estudiantes son capaces de desarrollar su conocimiento metacognitivo [5] [4].

Verdugo [56] define un proceso metodológico pedagógico para la formación de personas con discapacidad que involucra un centro de integración escolar formado por centros de profesores, centros de recursos y otros profesionales. El otro centro que interviene es el específico de educación especial formado por centros de recursos humanos. Fig. 3 muestra la configuración del proceso.

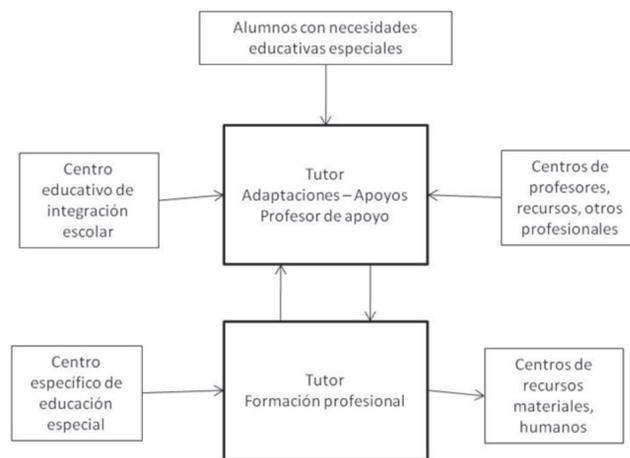


Figura 3. Proceso metodológico pedagógico personas con discapacidad. Tomado de [56].

Teniendo en cuenta el proceso para la generación de currículos de ambientes educativos con integración, Verdugo [56] presenta la estructura curricular para ambientes educativos de personas con discapacidad (ver Fig. 4). El currículo oficial debe tener un proyecto curricular, que se debe realizar en varias etapas: la programación debe incluir las adaptaciones curriculares no significativas, como lo son los métodos y las adaptaciones de acceso al currículo, dadas por las herramientas pedagógicas modificando la metodología en las aulas de clase.



Figura 4. Estructura curricular personas discapacidad. Tomado de [56].

A continuación se consideran las definiciones y referentes más importantes en términos de adaptación que soportan el proyecto de investigación.

### C. Adaptación

La Real Academia Española [2] define la adaptación como “*el proceso de adaptar*”, y este último como “*la acción de acomodar/ ajustar algo a otra cosa*”. Kardan *et al.* [23] afirman que los sistemas de adaptación son diferentes de los sistemas adaptables. La principal diferencia radica en la parte responsable del proceso de adaptación. Si el usuario es responsable del proceso de adaptación, el sistema recibiría el nombre de sistema adaptable; por otra parte, si el sistema se adapta a las necesidades de los usuarios, entonces se considera como un sistema adaptativo. Los sistemas que nos interesan para este trabajo son los *adaptativos*.

#### Tipos de Adaptación

Según Schwinger *et al.* [50], los sistemas con características de adaptación deben tener en cuenta los cambios que se deben hacer y las operaciones tales como filtros de contenido y la adición de vínculos. El tema de adaptación es aquello que hay que cambiar, como el contenido, la estructura de navegación o la presentación. De acuerdo a Brusilovsky [9], dos aspectos pueden ser adaptados: el contenido teniendo en cuenta las características del usuario, también llamada “*adaptación a nivel de contenido*” o “*presentación adaptativa*”. El segundo aspecto hace referencia a las posibilidades ofrecidas al usuario de navegar en los documentos hipermedia de una manera personalizada. Este tipo de adaptación también es llamada “*adaptación a nivel de vínculos*” o “*soporte adaptativo de navegación*”. El objetivo de la adaptación a nivel de contenido es ajustar el contenido a las preferencias [5], los objetivos, el conocimiento y otras informaciones almacenadas en el modelo de usuario [14]. El objetivo de la adaptación a nivel de la navegación es ayudar a los usuarios a encontrar sus caminos en el espacio de navegación adaptando la presentación y las funcionalidades de los vínculos a sus objetivos, sus conocimientos y otras características [14]. Esta ayuda se focaliza en aspectos de la navegación tales como [15]: la generación de contenidos, la apariencia, la ubicación espacial, la funcionalidad. Min *et al.* [31] afirman que el aprendizaje adaptativo se centra principalmente en dos tecnologías: los sistemas hipermedia adaptativos y la tecnología de web semántica. El

*sistema hipermedia adaptativo* ofrece adaptación a la navegación y a la presentación del contenido. La *web semántica* permite adaptar la información al permitir representar el conocimiento y procesar reglas de razonamiento con fines específicos. Un *sistema hipermedia adaptativo* debe incluir tres subsistemas [16]: (1) *Modelo de dominio* que principalmente incluye las relaciones entre los conceptos. (2) *Modelo de usuario* que es la descripción de la información del usuario. (3) *Modelo de adaptación* que define un conjunto de normas para cumplir con los requerimientos del modelo de usuario y permitir la adaptación al contenido. Una vez realizado el análisis de trabajos en educación, discapacidad y adaptación, las tres áreas involucradas en este artículo, se realiza una síntesis, producto de la comparación de los sistemas que involucran estas tres áreas, los cuales se describen a continuación.

### III. TRABAJOS RELACIONADOS

En la primera parte del estudio realizado se encontraron las principales características y tipos de discapacidades existentes, las cuales son variadas en cada uno de los casos, teniendo factores independientes de causas y consecuencias. Una segunda etapa consistió en indagar sistemas y/o plataformas para discapacitados y se hallaron en su gran mayoría dispositivos para permitir el acceso a los sistemas de cómputo, y para todas las discapacidades como reconocedores de voz, sistemas *braille*, ratones y teclados especiales, traductores entre otros. La tercera fase permitió conocer sistemas y/o plataformas educativas. La mayoría de aplicaciones consideran procesos de adaptación orientados a los perfiles del usuario discapacitado. Una característica importante encontrada en los sistemas para discapacitados y de ambientes virtuales de aprendizaje o desarrollo de sistemas educativos, fue la inclusión del tema de adaptación. En los trabajos de adaptación, la mayoría de los estudiados estaban involucrados en ambientes *e-learning*. Los artículos presentados hasta el momento permiten identificar características que muestran un análisis de los diferentes sistemas y/o discapacidades. En la Tabla 2 se muestra un cuadro comparativo de las diferencias existentes entre los tipos de discapacidades, teniendo en cuenta el factor afectado, las características sociales y las cognitivas.

Tabla 2. Comparación Discapacidades

Discapacidad	Factor	Características cognitivas
Sensorial y de la comunicación	Percepción	Deficiencias en los procesos de percepción, memoria y lenguaje.
Mudez	Salida de información	Deficiencias en los procesos de lenguaje.
Mentales- Cognitivas	Percepción	Deficiencias en los procesos de razonamiento, percepción, memoria y lenguaje.
Comunicación y comprensión del lenguaje.	Percepción y salida de información	Deficiencias en los procesos de razonamiento, percepción, memoria y lenguaje.
Motriz	Percepción	Deficiencias en los procesos comunicación.

Como se puede observar, la mayoría de discapacidades afectan el factor de la percepción, siendo éste muy importante en un proceso educativo, por cuanto permite que el estudiante

reciba la información de forma correcta y como la necesita en su proceso de enseñanza. El común presentado en las características sociales obedece a la falta de interacción con la sociedad; en cuanto a las características cognitivas, las

deficiencias en los procesos de lenguaje y comunicación son los más afectados. Estas últimas características son necesarias en el proceso de aprendizaje de una persona. Con respecto a

la relación existente entre las diferentes discapacidades y los sistemas de información, se identifican y analizan algunas características en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Características de discapacidad – Sistemas de Información.

Discapacidad	Dificultad sistema acceso	Dificultad con el SI	Consideraciones del SI
Física	Inconvenientes para poder manejar el dispositivo de que comunica al usuario con el sistema.	Interacción al no poder manipular de forma física los dispositivos.	Diseño de dispositivos de acceso con características de adaptación, considerando la discapacidad.
Cognitiva	Interacción con el sistema por la falta de personalización	Interacción con el sistema por la falta de personalización	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Sensorial, sordos	No existe inconvenientes	Interacción con el sistema	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Sensorial, mudéz	No existe inconvenientes	Interacción con el sistema	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Comunicación y comprensión del lenguaje.	Inconvenientes por la falta de interpretación.	Inconvenientes por la falta de interpretación.	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante

Como se puede observar en la Tabla 3, cuando existe algún grado de discapacidad, la característica más común con respecto a la interacción con *SI* es la falta de un proceso de personalización para acceder al sistema. Se sugiere en cada una de las discapacidades tener en consideración la discapacidad y el estilo

de aprendizaje del estudiante. A continuación se puede observar en la Tabla 4 los trabajos relacionados, donde se tienen en cuenta características como la discapacidad, el tipo de sistema, la definición si los sistemas poseen o no características pedagógicas y si aplican o consideran características de adaptación.

**Tabla 4.** Comparación Trabajos Relacionados.

Sistema	Discapacidad	Tipo/ Sistema	Características pedagógicas	Adaptación de información
Kerr, 1993 [25]	Sensorial y de la comunicación (vista)	Cd interactivo	No	No
Burgstahler, 2007 [11]	Motriz	Estudio discapacidad- sistemas de in formación	No	No
Roberts, 2002 [44]	Mudéz	Software de reconocimiento de voz	No	No
Cartel <i>et al.</i> 2001 [12]	Motriz	Estudio de accesibilidad a los sistemas por discapacitados	No	No
Cheng-Sang <i>et al.</i> 2008[13]	Motriz	Sistema de comunicación con clave Morse	No	No
Treviranus, 2000[54]	Sensorial y de la comunicación (vista)	Sistema sonido, sensores de tacto.	Sí Curso de geografía.	No
Betke <i>et al.</i> 2002 [7]	Motriz	Sistema electrónico y software “Cámara, ratón”	No	Sí, adaptación de información
Prendinger <i>et al.</i> 2009 [42]	Cognitivo	Sistema hipermedia, AUIS	No	Sí, Agentes
Arvanitis <i>et al.</i> 2007[4]	Sensorial y de la comunicación (vista)	Sistema electrónico, CONNECT	Sí, Museos	No
Sánchez, 2003[47]	Sensorial y de la comunicación (Sordos)	Sistema hipermedia, Audiomemorice	Sí	No
Rodríguez <i>et al.</i> 2005[45]	Cognitiva	Sistema hipermedia EU4ALL	Sí	Sí, perfil del usuario
Harrison <i>et al.</i> 2008[20]	Motriz	Sistema e-learning	Sí	No
Mer Davis <i>et al.</i> 2005[29]	Cognitivo- Autismo	Sistema hipermedia	Sí	Sí, contenido
Panselina, 2002[40]	Sensorial y de la comunicación (Sordos)	Panselina	Sí	Sí, al despliegue
Mezak <i>et al.</i> 2006[30]	Cognitiva	Sistema hipermedia adaptativo	Sí	Sí al contenido
Ismail <i>et al.</i> , 2009[21]	Cognitivo, Autismo	Sistema	Sí	No
Choi. 2004[15]	Cognitivo	Sistema e-learning	Sí	Sí al contenido
Santos <i>et al.</i> 2009[47]	Motriz	Sistema e-learning	Sí	Sí, al contenido
Tuedor, 2006 [55]	Cognitivo, autismo	Sistema –e-learning	Sí	No
Moore <i>et al.</i> 2005[34]	Cognitivo, autismo	Hipermedia	Sí	No

Sistema	Discapacidad	Tipo/ Sistema	Características pedagógicas	Adaptación de información
Mohamad <i>et al.</i> , 2004[32]	Cognitivo	TAPA, sistema e-learning	Sí	Sí
Bermy <i>et al.</i> , 2006[6]	No	Sistema e-learning	Sí	Sí al perfil del usuario
Ando <i>et al.</i> , 2007[2]	No	Sistema hipermedia e-learning	Sí	No
Molina <i>et al.</i> , 2008[33]	No	Domosim, Ambiente virtual de aprendizaje	Sí	No
Winn, 2002[57]	No	Ambiente virtual de aprendizaje	Sí	No
Torrente <i>et al.</i> , 2008[53]	No	Ambiente virtual de aprendizaje	Sí	Sí, adaptación al contenido
Siang 2004 <i>et al.</i> [52]	No	Ambiente virtual de aprendizaje	Sí	No
Ortiz <i>et al.</i> , 2009 [39]	No	ELEIN, Sistema e-learning	Sí	No
Aranda <i>et al.</i> , 2005 [3]	No	Ambiente virtual de aprendizaje	Sí	No
Sanchez <i>et al.</i> , 2006 [46]	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	No
Kirschner <i>et al.</i> , 2006 [27]	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	No
Buche <i>et al.</i> , 2008 [10]	No	Mascaret, Sistema	Sí	Sí, agentes, representación del conocimiento y perfil del usuario
Mwanza <i>et al.</i> [35]	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, despliegue
Jiuxin <i>et al.</i> , 2008 [22]	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, al contexto
Yang, 2007[14]	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, al contenido y al dispositivo
Khalid <i>et al.</i> , 2009[26]	No	Sistema e-learning	Sí	Sí, al despliegue
Sasakura <i>et al.</i> , 2000[49]	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, al contenido
Kardan <i>et al.</i> , 2008 [24]	No	Sistema e-learning	Sí	Sí, al contexto.
Siadaty <i>et al.</i> , 2007 [51]	No	Sistema e-learning, pals2.	Sí	Sí, teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje
Xiao Min <i>et al.</i> , 2008[58]	No	Sistema hipermedia adaptativo	Sí	Sí, al contenido teniendo en cuenta el perfil
Zhao <i>et al.</i> , 2007[59]	No			Sí, al contenido

Como se puede observar, los *SI* que más se utilizan en ambientes educativos son ambientes virtuales de aprendizaje y sistemas hipermedia. La mayoría de los sistemas analizados presentan características pedagógicas, pero no características de adaptación. Los sistemas que presentan características de adaptación son en su mayoría sistemas virtuales de aprendizaje, que tienen en cuenta el perfil del usuario y la forma en la que se despliega la información. La mayoría de estos sistemas no tiene en cuenta la discapacidad. Los sistemas que consideran algún tipo de discapacidad, no tienen en cuenta características de adaptación. Es importante resaltar que en los trabajos relacionados presentados en este artículo y que contemplan discapacidades motoras o sensoriales, utilizan en su mayoría dispositivos electrónicos o diseñan interfaces hombre- máquina considerando la discapacidad. Esto con el fin de permitir el acceso al sistema por parte del estudiante. En los sistemas virtuales de aprendizaje y sistemas hipermedia, la discapacidad que más se tiene en cuenta es la cognitiva; sin embargo, estos sistemas no presentan modelos que se adapten a estilos de aprendizaje con relación a la discapacidad. En la siguiente sección se presenta el modelo propuesto que permite articular la educación, la adaptación y la discapacidad con el fin de apoyar el proceso de aprendizaje de personas con

o sin discapacidad, tomando en cuenta sus características particulares.

#### IV. MODELO PROPUESTO

El modelo propuesto fue diseñado teniendo en cuenta la necesidad de implementar herramientas educativas que consideran el perfil de un estudiante con algún tipo de discapacidad. El sistema presenta ventajas en el ámbito educativo porque permite estructurar un contenido temático con el fin de desplegar la información que más se ajuste a un estudiante, más aún si éste presenta algún tipo de discapacidad. También se evidencia el despliegue de la información más adecuado, teniendo en cuenta características tanto del perfil del estudiante como de su posible discapacidad. Considerando estas características del sistema, se facilita la incorporación bajo un mismo ambiente educativo de estudiantes con y sin discapacidad. La arquitectura general del sistema se puede observar en Fig. 5; está conformada por un modelo didáctico que permite integrar el modelo de adaptación y el modelo de dominio, modelos que se explicarán a continuación.

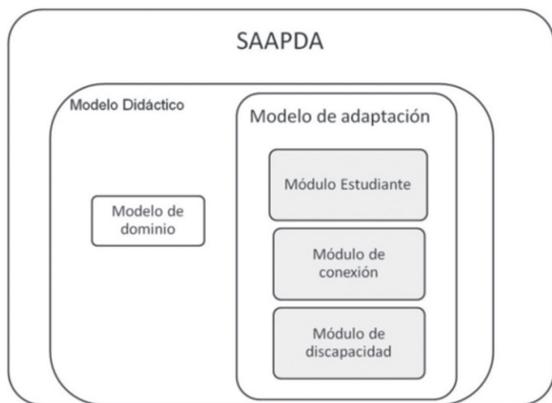


Figura 5. Arquitectura del Sistema.

**A. Arquitectura del Sistema**

La arquitectura del sistema permite identificar los diferentes módulos y funciones que integran la aplicación (ver en Fig. 5 una aplicación llamada SAAPDA); está conformada por el modelo de dominio, el modelo de adaptación y el modelo didáctico que integra los dos primeros; los tres modelos serán explicados a continuación.

**B. Modelo del Dominio – Contexto Educativo**

El *Contexto Educativo* define la representación de un curso en el cual el profesor hace parte fundamental porque

es el que diseña todos sus componentes. Vale la pena resaltar que la preparación del material es un proceso que puede implicar elevados tiempos de trabajo y un adecuado estudio de los requerimientos del sistema. Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere crear alianzas entre profesores de áreas específicas, áreas transversales y aquellos que dominen ciertos lenguajes (por ejemplo, el lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva), con el objetivo de generar y organizar los contenidos de los cursos de forma ágil, eficiente y precisa. El curso está conformado por los siguientes elementos: (a) *Curso*: perteneciente a una temática dada, dependiendo del nivel actual del estudiante. (b) *Unidad temática*: corresponde a cada uno de los temas generales de un curso. (c) *Subtema*: corresponde a cada uno de los subtemas de la unidad temática. (d) *Formato de presentación*: corresponde a la forma de presentación de los subtemas (por ejemplo, gráfica, textual o con lenguaje de señas). (e) *Evaluación*: definición de las herramientas necesarias para evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes. (f) *Profesor*: para el sistema se tiene una confederación de profesores que permitirá preparar y organizar los contenidos necesarios para alimentar el sistema. (g) *Estudiante*: es la parte activa del sistema que recibe la información e interactúa con el ambiente. (h) *Discapacidad*: en este componente se identifica el tipo de discapacidad del estudiante. En Fig. 6 se puede observar la representación del modelo de dominio.

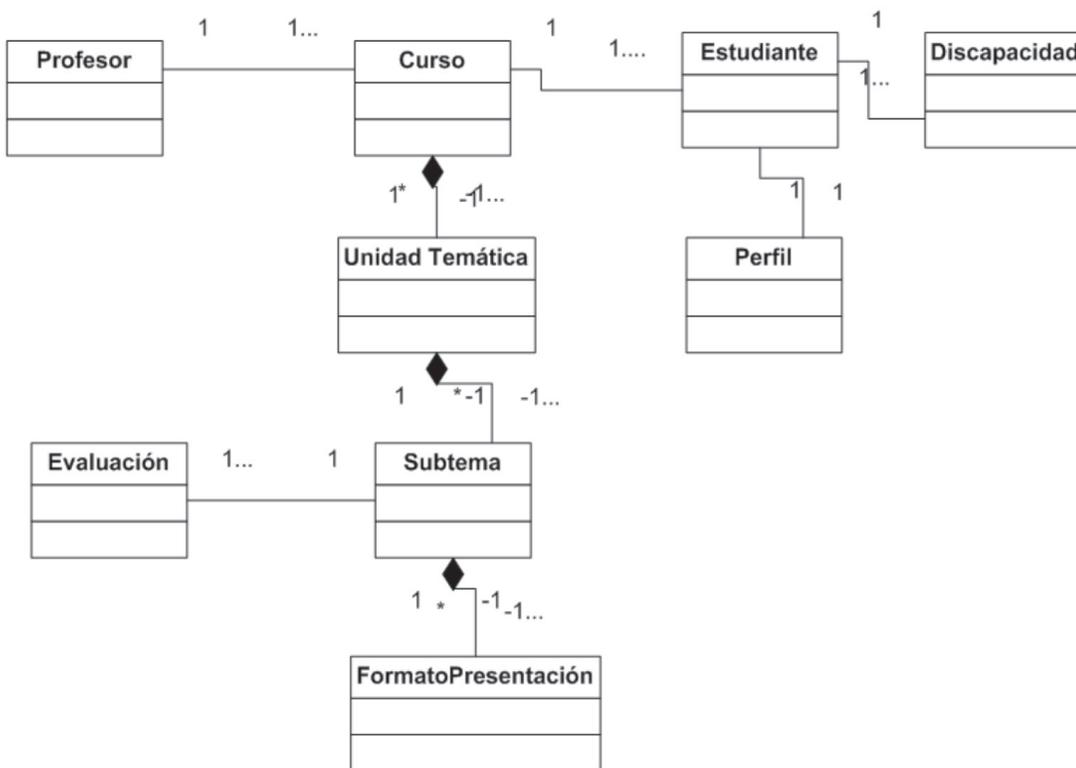


Figura 6. Modelo de Dominio del sistema.

El modelo de dominio permite conocer cómo está conformado un curso y las relaciones entre los demás componentes del sistema. En la siguiente sub sección se explica el modelo de adaptación.

### C. Modelo de Adaptación

El modelo de adaptación de Fig. 7 está compuesto de los módulos del estudiante, de conexión, de discapacidad y de contexto.

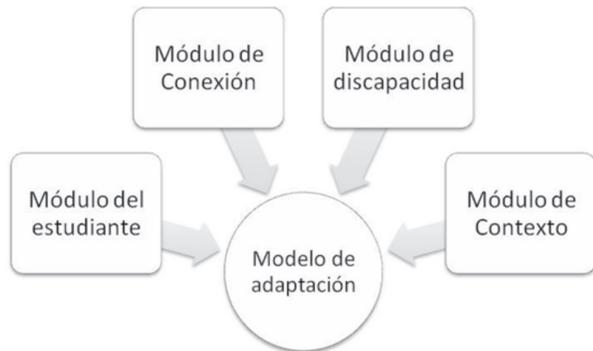


Figura 7. Modelo de adaptación del sistema.

El modelo de adaptación permite definir el perfil del estudiante (contenido en el módulo de estudiante), el perfil de discapacidad (que contempla las características definidas en el módulo de discapacidad), el perfil del dispositivo (que considera las características del módulo de conexión que se compone de los aspectos relacionados con el dispositivo y su conectividad) y el perfil de contexto (compuesto de todas las características que pueden afectar la interacción del usuario con el sistema) para presentarle al estudiante la información en el momento, el lugar y en la forma en la que él/ella desea verla. El módulo del estudiante tiene los siguientes componentes y permitirá definir el *perfil* y la *caracterización del usuario* (estudiante): *características personales*: datos personales (identificación, nombre, dirección, teléfono, edad, correo). *Perfil de aprendizaje* que determina el tipo de aprendizaje teniendo en cuenta la forma en la que percibe la información. *Preferencias e intereses del estudiante*: en cuanto al despliegue de la información. *Gustos del estudiante*: en la utilización de las herramientas, en la temática e inclusive en el estilo y la forma de navegación. En Fig. 8 se pueden observar los componentes del módulo del estudiante.

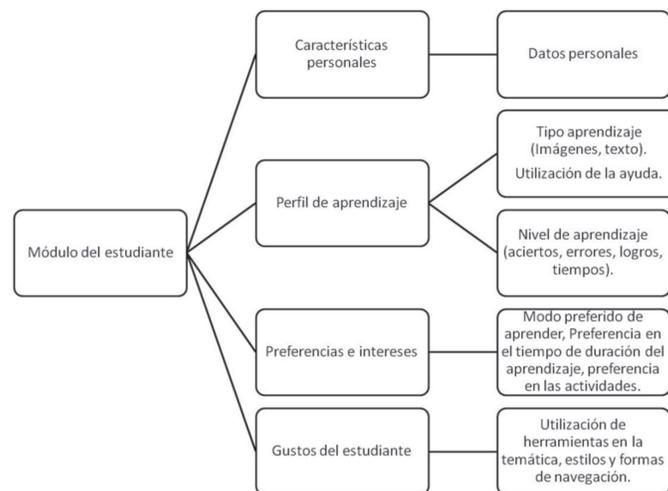


Figura 8. Módulo del estudiante.

Las características definidas en el módulo del estudiante son de gran importancia para el modelo de adaptación, porque permiten realizar acciones de despliegue considerando la información del usuario.

El *Perfil de Dispositivo* contiene el módulo de conexión, el cual permitirá establecer el tipo de red y el navegador que se utilizará para ejecutar el sistema y el conjunto de aplicaciones que tiene para ejecutar/visualizar/editar la información que se solicite. En Fig. 9 se muestran los componentes del módulo de conexión.



Figura 9. Módulo de conexión.

El *perfil de discapacidad* contempla las dificultades presentes cuando interactúa el usuario discapacitado con el sistema. Estas dificultades se relacionan especialmente con el acceso y despliegue de la información. Este perfil contiene dos módulos encargados de manejar dificultades de ingreso y las de salida de información del *SI*. Por ejemplo, una dificultad de entrada se podría presentar cuando el usuario tiene una discapacidad en la mano, la cual le impide manejar el teclado y/o el ratón. Las dificultades de salida corresponden a la visualización o

despliegue de la información a los usuarios; por ejemplo, se deben tener en cuenta interfaces diferentes para usuarios con limitaciones visuales y/o auditivas. El *perfil de discapacidad* también cuenta con un módulo de evaluación de desempeño, el cual mide el nivel de aprendizaje del estudiante utilizando el método de aprendizaje con y sin adaptación. Esto se lleva a cabo con una evaluación al final del proceso de aprendizaje a un mismo estudiante. Fig. 10 presenta los principales componentes del módulo de discapacidad.

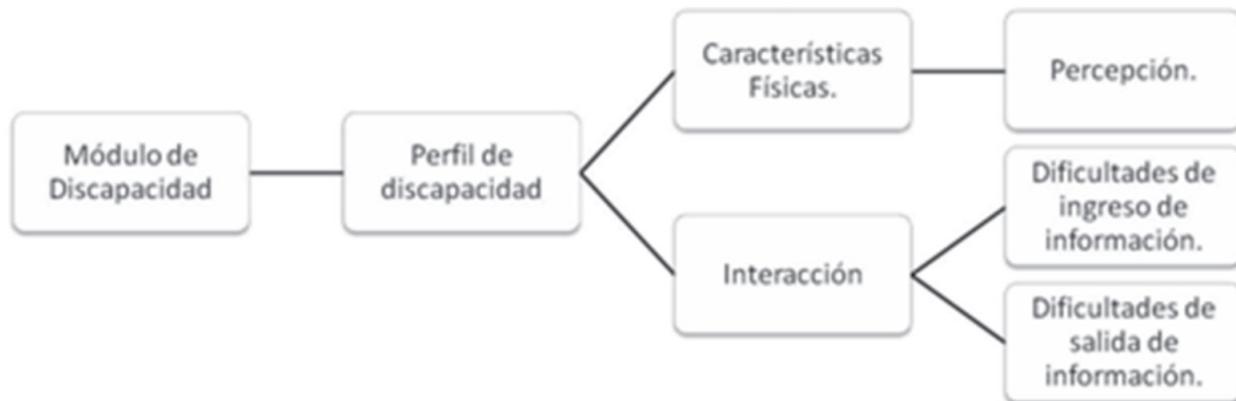


Figura 10. Módulo de Discapacidad.

Las características físicas hacen referencia a la discapacidad del estudiante por la pérdida o falla de los órganos que permiten la percepción, por ejemplo, la falta de movilidad en los brazos, la deficiencia de visión, entre otras. La interacción hace referencia a las dificultades de ingreso y salida de información que tiene la persona cuando interactúa con el sistema, por ejemplo, la falencia en la visión para detectar algunos colores, la falta o deficiencia en la escucha ante algún estímulo sonoro. El *módulo de contexto* está conformado por los elementos que pueden afectar el aprendizaje o la forma de obtener e ingresar la información. Por ejemplo, el dispositivo, la luminosidad, el nivel de ruido, la conexión, etc. Estos aspectos pueden influir en el proceso de aprendizaje del estudiante. Aunque el módulo de contexto es una parte muy importante en este modelo, en este artículo no se profundizará en este módulo.

#### D. Modelo de Integración – Módulo Didáctico

Este módulo contiene estrategias destinadas a realizar el seguimiento del aprendizaje del estudiante. Las características más importantes que presenta el módulo en el sistema son: (a) recibe, monitorea, diagnostica y evalúa las respuestas del estudiante. (b) Organiza, distribuye y presenta el contenido y secuencia de actividades. (c) Contiene las fases de explicación, refuerzo, motivación y evaluación. (d) Crea mecanismos de corrección del modelo del estudiante. (e) Analiza el comportamiento del estudiante: nivel de conocimiento. (f)

Diagnostica errores del estudiante. (g) Activa el módulo de interfaz: se encarga del proceso interactivo. Es importante destacar que el sistema diseñado, aunque tiene características de personalización orientadas a estudiantes con discapacidad, no influye en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes que no tienen discapacidad. Al contrario, la adaptación favorece el proceso por cuanto permite desplegar la información teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje y las necesidades de conocimiento con o sin discapacidad. A continuación se describe la aplicación del modelo en un caso de estudio, donde se implementó un prototipo para personas con discapacidad auditiva.

#### V. CASO DE ESTUDIO

Como caso de estudio se presenta a continuación un sistema de aprendizaje adaptativo para personas con discapacidad auditiva. Para este artículo sólo se mostrará el despliegue de los contenidos, correspondiente a uno de los problemas tratados en el perfil de discapacidad mencionado en la sección IV.C. Para la implementación del prototipo se realizó en primera instancia un mapa de navegación, que ilustra las principales partes del sistema y la ruta de navegación (ver Fig. 11).

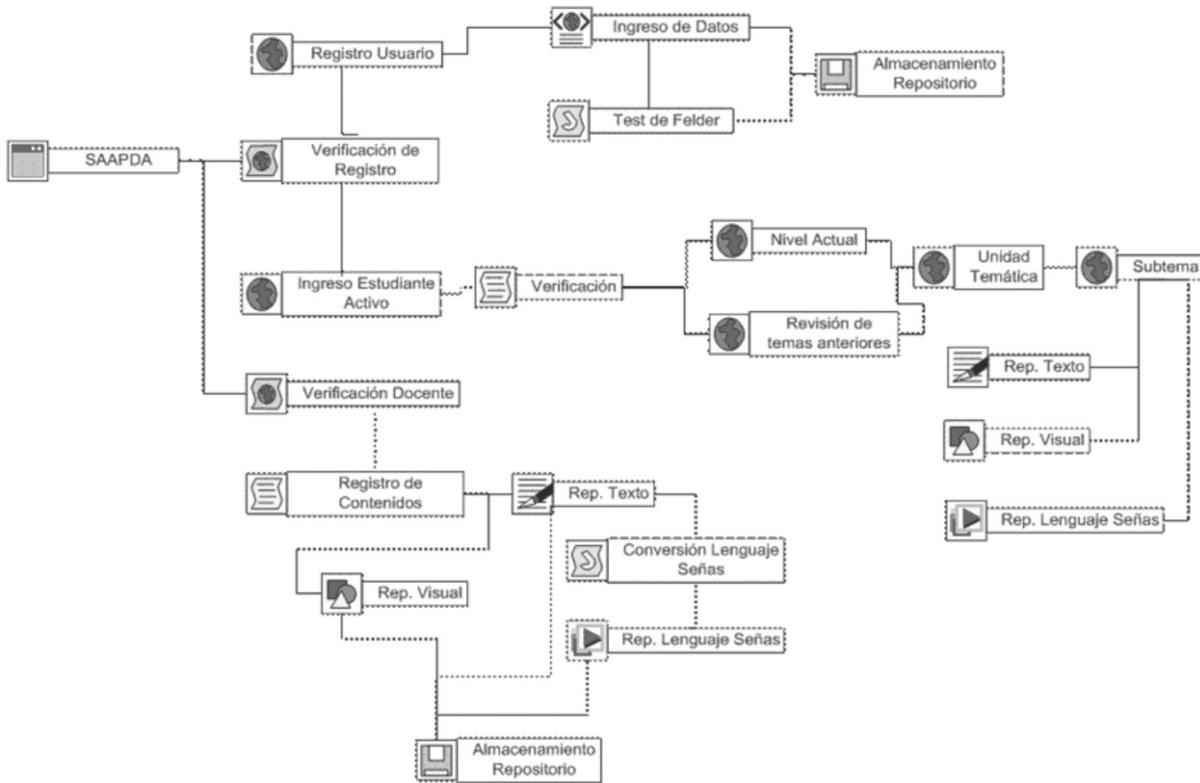


Figura 11. Módulo Didáctico.

Como se puede observar, el sistema inicialmente solicita los datos del estudiante; si está registrado permite el acceso del sistema, de lo contrario, se deben registrar los datos en el sistema como se observa en Fig. 12.

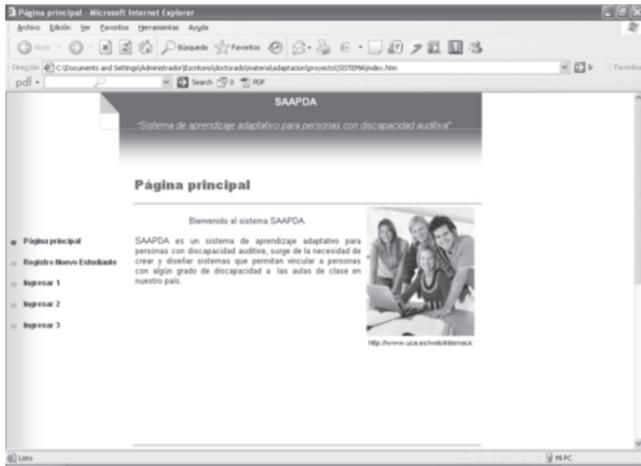


Figura 12. Pantalla Principal del programa.

Con el fin de obtener el estilo de aprendizaje, aspecto clave del perfil de estudiante, el sistema le aplica el *test de Felder* [37] cuando el estudiante realiza su inscripción. Dicho *test* permite determinar, por ejemplo, si el estudiante tiene un estilo de aprendizaje verbal o visual y puede determinar si tiene o no discapacidad. Una vez el estudiante ingresa al sistema y se encuentra registrado, la plataforma

habilitará las unidades temáticas vistas, con el objetivo de que el estudiante se ubique y pueda continuar el proceso o decida repasar temas anteriores, como se puede observar en Fig. 13.

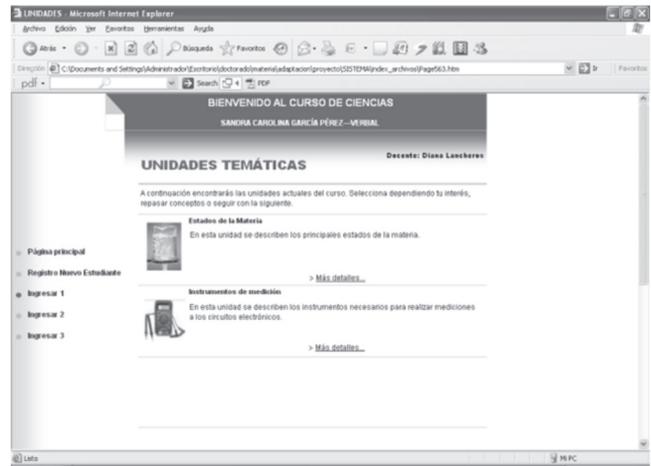


Figura 13. Pantalla Personal del Estudiante.

Con el ánimo de adaptar la información, en especial el despliegue de la información que más se ajuste a sus características, el sistema revisa si el estudiante es verbal. Si es el caso, le aparecerán los contenidos como se observa en Fig. 14. En esta figura se presentan en forma de texto todos los contenidos del curso.

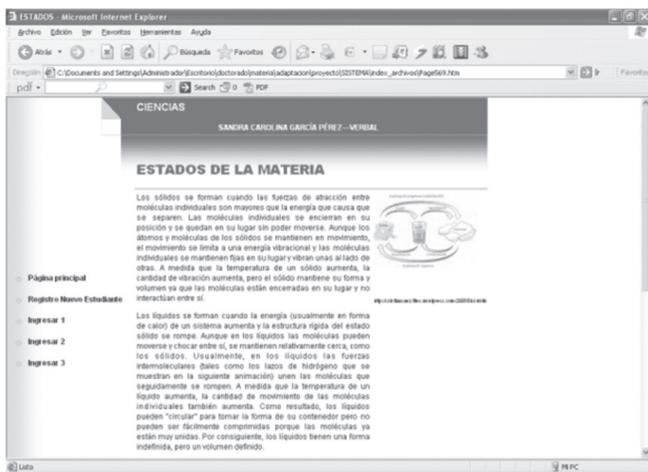


Figura 14. Pantalla con adaptación al estilo de aprendizaje verbal.

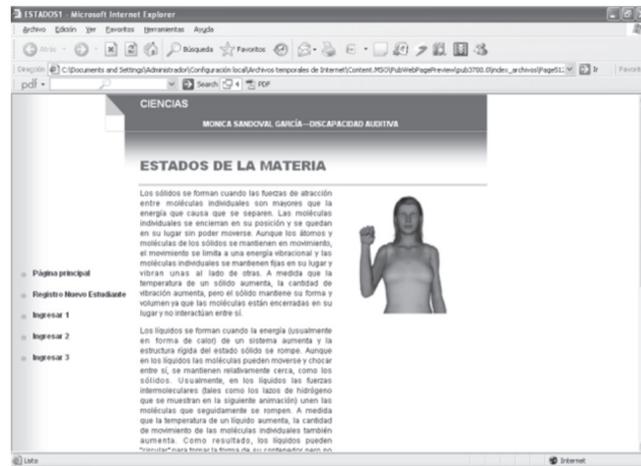


Figura 16. Pantalla con adaptación a la discapacidad auditiva y al estilo verbal.

Si el estudiante es visual, el sistema le desplegará los contenidos como una simulación gráfica (ver Fig. 15):

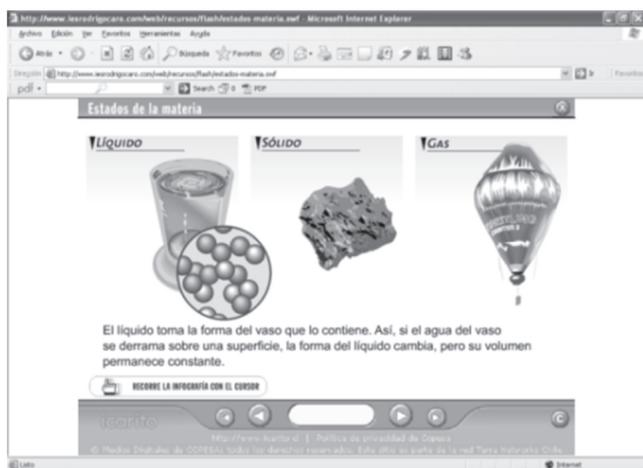


Figura 15. Pantalla con adaptación al estilo de aprendizaje visual.

La representación visual que se hace de los contenidos tiene elementos de multimedia que permitirán simular algunos conceptos del curso.

Si el estudiante es discapacitado auditivo, el sistema le mostrará los contenidos de las unidades expresados en lenguaje de señas. Además, si para su *test* de Felder, el estudiante discapacitado reflejó que es verbal, el sistema desplegará la información como se observa en Fig. 16. Si es visual, los contenidos serán desplegados tal y como se observa en Fig. 17.

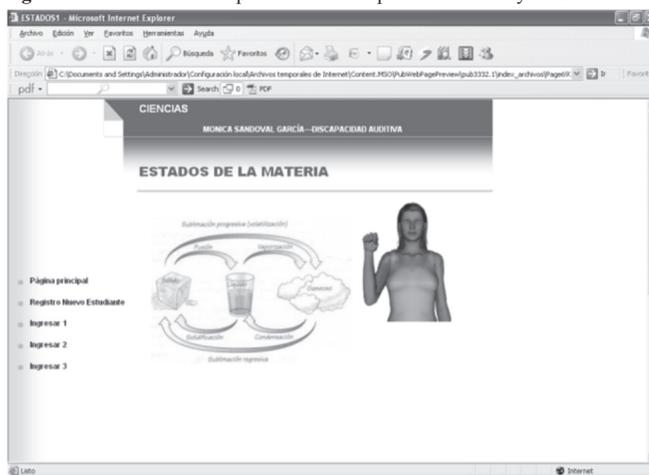


Figura 17. Pantalla con adaptación a la discapacidad auditiva y al estilo visual.

La figura anterior muestra cómo se proporciona el contenido a un estudiante discapacitado, utilizando un video en lenguaje de señas y de forma adicional, una simulación o un conjunto de imágenes de un tema del curso. El sistema permite la adaptación al despliegue de la información dependiendo del perfil del estudiante y el de la discapacidad, permitiendo la integración en el aula de estudiantes con discapacidad y estudiantes sin discapacidad. Realizando una comparación con los trabajos descritos en la introducción (ver Tabla 1), el sistema presenta ventajas en cuanto a: tiene en cuenta el estilo de aprendizaje del estudiante a la hora de desplegar la información y considera diferentes formatos, ajustando dicho despliegue a las características propias del estudiante y a las de su posible discapacidad.

## VI. CONCLUSIONES

Los sistemas de información permiten apoyar estrategias académicas en el aula y dar soluciones cuando los estudiantes presentan dificultades tales como el acceso físico a la educación,

deficiencias en el proceso de aprendizaje, discapacidad entre otras. El sistema diseñado presenta características de adaptación, que le permitirían a un estudiante con discapacidad mejorar su proceso de aprendizaje ya que se considera el estilo mediante el cual aprende mejor, sus propias características y las de la discapacidad que posee. Esta mejora debe ser validada a través de pruebas con el usuario, pruebas que serán objeto de un trabajo futuro. El perfil del usuario que tiene en cuenta los gustos y las preferencias del estudiante, lo que es de vital importancia en el ambiente educativo, debido a que permite que el estudiante tenga la información como la desea y en el momento que la necesita.

La adaptación al contenido y al despliegue que realiza la aplicación, permite que los estudiantes puedan recibir información ajustada a su estilo de aprendizaje y las características propias de su posible discapacidad. Si todo el contenido de un curso se adapta a este estilo de aprendizaje, entonces el estudiante no sólo se motivará más por la temática, sino que podría obtener mejores resultados en su proceso de aprendizaje. El sistema presentado a diferencia de otros permite la estructuración de contenidos, el despliegue de la información teniendo en cuenta el perfil del estudiante y facilitaría la integración de estudiantes discapacitados y sin discapacidad en una misma aula de clase.

Como trabajo futuro se sugiere la validación del modelo con otro tipo de discapacidad, para determinar la aceptación del sistema entre los estudiantes. De la misma manera, es necesario evaluar la efectividad en el proceso de aprendizaje para los alumnos con y sin discapacidad tomando en cuenta la presentación de los contenidos como lo propone el modelo que se presenta. De la misma manera, se hace necesario considerar aspectos del contexto que puedan afectar la interacción del usuario del sistema. También, sería deseable utilizar mecanismos (como por ejemplo, técnicas de inteligencia artificial) que permitan refinar el perfil de usuario, basados en su histórico de interacciones con el sistema o sistemas de razonamiento basado en casos, que generen en primera instancia un perfil genérico para un tipo de discapacidad (considerando características de base de la discapacidad) y luego se van ajustando a las necesidades propias del estudiante.

#### REFERENCIAS

- [1] Aleven V., McClaren B., Roll I., Koedinger K., 2004, Toward tutoring help-seeking. Applying cognitive modeling to meta-cognitive skills Intelligent tutoring systems, En Proc. 7<sup>th</sup> international conference on Intelligent Tutoring Systems, LNCS 3220 Springer, pp. 227-239.
- [2] Ando T., Piotr G., Wierzicki A., 2007, Distance and Electronic Learning, En Studies in Computational Intelligence, Springer, pp. 321-350.
- [3] Aranda G., Vizcaíno A., Cechich A., Piattini M., 2005, A Cognitive Perspective for Choosing Groupware Tools and Elicitation Techniques in Virtual Teams, En Proc de Computational Science and Its Applications (ICCSA 2005), LNCS 3480, Springer, pp. 1064 – 1074.
- [4] Arvanitis T., Petrou A., Knight J., Stavros S., 2009, Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities, En Personal and Ubiquitous Computing archive, Volume 13, Issue 3, ACM, pp 243-250.
- [5] Bailey C., Hall W., Millard D.E., Weal M., 2006, Towards Open Adaptive Hypermedia, En De Bra, P., Brusilovsky P., Conejo, R. En Proc. 2<sup>nd</sup> International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Springer, pp. 36-46.
- [6] Bemuy A., Garcia V., 2006, Collaboration Model in E-Learning for Universities Based on Agents, En Proc. Education for the 21<sup>st</sup> Century, Springer, pp. 267-271.
- [7] Betke M., Gips J., Fleming P., 2002, The Camera Mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities, En Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions, pp. 1-10.
- [8] Brown A., 1987, Metacognition, executive control, self-regulation and other mysterious mechanisms. En F. Reiner & R. Kluwe, pp. 65-115.
- [9] Brusilovsky P., 2000, Adaptive Hypermedia: From Intelligent Tutoring systems to Web Based Education others, En Gauthier, G., Frasson, C., VanLehn, K. En Proc. of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems, LNCS 1839, Springer, pp. 1-7.
- [10] Buche C., Querrec R., Chevallie P., 2008, MASCARET: A Pedagogical Multi-Agent System for Virtual Environment for Training, En Conferencia Internacional Cyberworlds 2003, IEEE. pp. 423-430.
- [11] Burgstahler S.E., 2007, Increasing the Participation of People with Disabilities in Computing Fields, En IEEE Computer Society, pp. 94-97.
- [12] Cartel J., Markel M., 2001, Web accessibility for people with disabilities: an introduction for Web developers, En IEEE Transactions Professional Communication, pp. 225-233.
- [13] Cheng-San Y., Cheng-Huei Y., Chuang L., Cheng-Hong Y., 2009, A wireless internet interface for person with physical disability, En Mathematical and Computer Modelling, Elsevier. pp. 72-80.
- [14] Volume 50, Issues 1-2, Chien Y. M., 2007, An Adaptive Framework for Aggregating Mobile Learning Materials, En Proc of the 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007). IEEE. pp. 180-182.
- [15] Choi S., 2004, A Concept Map-Based Adaptive Tutoring System Supporting Learning Diagnosis for Students with Learning Disability, LNCS 3118, Springer, pp. 627-638.
- [16] Congreso de la República, Ley 361 de 1997. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=343>.
- [17] Consejería Presidencial para la política social. Plan nacional de atención a las personas con discapacidad. Manual Operativo. Bogotá: Consejería Presidencial para la política social, 2002.
- [18] Davidson J., Stemberg R., Deuser R., 1999, The Role Of Metacognition In Problem Solving. En Metacognición y Razonamiento Espacial de juegos de Computador, de Facundo Maldonado y Jaime Ibañez Ibañez, Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, pp. 13-14.
- [19] Flavell J., 1979, Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental. American Psychologist, pp. 906-911.
- [20] Harrison M., Stockton C., Pearson E., 2008, Inclusive, Adaptive Design for Students with Learning Disabilities, En 8<sup>th</sup> IEEE

- International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE, pp. 1023-1027.
- [21] Ismail S., Nazlia o., Abdullah M., 2009, Developing Learning Software for Children with Learning Disabilities through Block-Based Development Approach, En Proc of International Conference on Electrical Engineering and Informatics, IEEE, pp. 299-303.
- [22] Jiuxin C., Junzhou L., 2008, The Self-adaptive Framework of Learning Object Based on Context, En Proc. of the International Conference on Computer Science and Software Engineering, IEEE, pp. 941-944.
- [23] Kardan A., 2008, Monkaresi H., Developing a Novel Framework for Effective Use of Implicit Feedback, En Adaptive e-Learning, En Proc. of the 5<sup>th</sup> International Conference on Information Technology: New Generations, IEEE, pp. 955-960.
- [24] Kardan A., Monkaresi H., 2008, A method to automatically construct a user knowledge model in a forum environment, En Proc. of the 33<sup>rd</sup> international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, IEEE, 717-718.
- [25] Kerr L., 1993, Developing compact disc-interactive as an information system for deaf and disabled people, Information Access for People with Disability, En Proc. of Information Access for People with Disability, IEEE, pp. 1-6.
- [26] Khalid U., Basharat A., Shahid A., Hassan S., 2009, An Adaptive E-learning Framework to supporting new ways of Teaching of Teaching and Learning, En 2009 International Conference on Information and Communication Technologies, IEEE, pp. 300-306.
- [27] Kirschner P., Strijbos J., Kreijns K., Jelle B., 2006, Designing Electronic Collaborative Learning Environments, Educational Technology Research and Development, En educational Technology Research and Development, volume 52, Springer, pp. 47-66.
- [28] Koschmann T., Hal R., Miyake N., 2002, CSCL 2. Carrying forward the conversation. En Lawrence Erlbaum Associates Inc. pp. 409-443.
- [29] M. Davis, Dautenhahn K., 2008, Towards an Interactive System Eliciting Narrative Comprehension in Children with Autism: A Longitudinal Study, En Adaptive Systems Research Group, Springer, pp. 101-114.
- [30] Mezak J., Hoic-Bozic N., 2004, Adaptive and Context-Aware Hypermedia Model for Users with Communication Disabilities, En HCI related papers of Interacción 2004, Springer, pp. 19-28. 31
- [31] Min X., Wang C., Lei C., 2008, Research of Ontology-based Adaptive Learning System, En Proc. International Symposium on Computational Intelligence and Design, IEEE, pp. 366-3701.
- [32] Mohamad Y., Velasco C., Sylvia D., y Tebarth H., 2004, Cognitive Training with Animated Pedagogical Agents (TAPA), En Children with Learning Disabilities, Computers Helping People with Special Needs, Springer, pp. 629-635.
- [33] Molina A., Ortega M., 2008, Task Modeling in computer Supported Collaborative. Learning Environments to Adapt to Mobile Computing, Innovative Techniques in Instruction Technology, En E-learning, E-assessment and Education. Elsevier. pp. 10-16.
- [34] Moore D., 2005, Cheng Y., McGrath P., y Powell N., Collaborative Virtual Environment Technology for People With Autism, Focus On Autism And Other Developmental Disabilities, En Focus on Autism and Other Developmental Disabilities Winter 2005, pp. 231-243.
- [35] Mwanza D., Engeström Y., 2003, Pedagogical Adeptness in the Design of E-learning Environments: Experiences from the Lab@Future, En Proceedings of E-Learn 2003 - International conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, pp. 1-6.
- [36] Narens L., 1999, Metamemory: A Theoretical Framework and new Findings. En Metacognición y Razonamiento Espacial en Juegos de Computador, de Luis Facundo Maldonado Granados, Oscar Hernán Fonseca Ramirez, Jaime Ibañez Ibañez y David Macías Mora, Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, pp. 11-12.
- [37] Nilson L., 2010, Teaching at Its Best: A Research-Based Resource for College Instructor, En John Wiley, pp. 40-46.
- [38] Organización Mundial de la Salud. Clasificación de los tipos de discapacidad. Disponible: <http://www.who.int/topics/disabilities/es/>.
- [39] Ortiz A., Oyarzun D., Carretero M., 2009, ELEIN: E-Learning with 3D Interactive Emotional Agents, En Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development, Springer, pp. 294-305.
- [40] Panselina M., 2002, Design and Development of a Bilingual Multimedia Educational Tool for Teaching Chemistry Concepts to Deaf Students in Greek Sign Language, En Education and Information Technologies, Springer, pp 1360-2357.
- [41] Ploetzner R., Dillenbourg P., Preier M., Traum D., 1999, Learning by explaining to oneself and to others, En Proc. of Collaborative learning: cognitive and computational, Springer, pp. 103-121.
- [42] Prendinger H., Hyrskykari A., Nakayama A., Howell I., y Bee N., 2009, Attentive interfaces for users with disabilities: eye gaze for intention and uncertainty estimation, En Universal Access in the Information Society, Volume 8, Number 4, pp 339-354.
- [43] Real Academia Española. Diccionario de la real academia española [Online]. Disponible [www.rae.es](http://www.rae.es).
- [44] Roberts K. D., 2002, Voice recognition software as a compensatory strategy for postsecondary students with learning disabilities, En IEEE Computers in Education, pp. 1506-1507.
- [45] Rodriguez A., Santos O., Campo E., 2005, Personalised Support for Students with Disabilities Based on Psychoeducational Guidelines, IEEE, pp. 1021-1022.
- [46] Sanchez E., Cambranes E., Menendez V., 2008, Adapting Mobile Access Scheme for a Legacy e-Learning Platform, En Mexican International Conference on Computer Science, IEEE, pp. 96-103.
- [47] Sánchez J., 2003, Audiomemorice: Desarrollo de la memoria de niños con discapacidad visual a través de audio, En Proc. del Taller Internacional de Software Educativo. Pp. 1-18.
- [48] Santos O., Couchet J., Boticario J. G., 2009, Personalized e-learning and e-mentoring through user modelling and dynamic recommendations for the inclusion of disabled at work and education, En IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 514-518.
- [49] Sasakura M., Yamasaki S., 2007, A Framework for Adaptive e-Learning Systems in Higher Education with Information Visualization, En Proc. of the 11<sup>th</sup> International Conference Information Visualization, IEEE, pp. 819-824.
- [50] Schwinger W., GrünCh., Pröll B., Retschitzegger W., Schauerhuber A., 2005, Contextawareness in Mobile Tourism Guides – A Comprehensive Survey, pp. 1-6.
- [51] Siadaty M., Taghiyareh F., 2007, PALS2: Pedagogically Adaptive Learning System based on Learning Styles, En Proc. of the 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), IEEE, pp. 616-618.

- [52] Siang A. C., Krishna R., 2004, E-learning as Computer Games: Designing Immersive and Experiential Learning. En Proc. of the Pacific Rim Conference on Multimedia, LNCS 3331, Springer, pp. 633-640.
- [53] Torrente J., Moreno P., Fernandez B., 2008, Learning Models for the Integration of Adaptive Educational Games, En Proceedings of the 3rd international conference on Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, LNCS 5093, Springer, pp. 463-474.
- [54] Treviranus J., 2000, Adding haptics and sound to spatial curriculum, IEEE Transactions, pp. 588-592.
- [55] Tuedor M., 2006, Universal access through accessible computer educational programs to develop the reading skills of children with autistic spectrum disorders, En Universal Access in the Information Society, Springer, pp. 292-298.
- [56] Verdugo A., 2002, Personas con discapacidad: perspectivas psicopedagógicas y rehabilitadoras, Madrid, pp- 15-20.
- [57] Winn W., 2002, Current Trends in Educational Technology Research: The Study of Learning Environments, En Educational Psychology Review, Springer, pp. 331-351.
- [58] Xiao M., Wei C., y Lei Ch., 2008, Research of Ontology-based Adaptive Learning System, En Proc. fo the 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design, IEEE, pp. 366-370.
- [59] Zhao X., Ninomiya T., 2008, A Context-Aware Prototype System for Adaptive Learning Content in Ubiquitous Environment, IEEE, pp. 164-168.