



Universitat de Girona

**ENTORNO DE APRENDIZAJE VIRTUAL ADAPTATIVO
SOPORTADO POR UN MODELO DE USUARIO
INTEGRAL**

Jeimy Beatriz VÉLEZ RAMOS

ISBN: 978-84-692-8482-7
Dipòsit legal: GI-I349-2009



**DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE
COMPUTADORES**

TESIS DOCTORAL

**ENTORNO DE APRENDIZAJE VIRTUAL
ADAPTATIVO SOPORTADO POR UN
MODELO DE USUARIO INTEGRAL**

AUTORA: JEIMY BEATRIZ VÉLEZ RAMOS

DIRECTOR: RAMON FABREGAT GESA

2009

A la memoria de mi padre Alfredo Francisco

Vélez López (q.e.p.d.)

A mi esposo Juan Carlos y a mi hija Cecilia

Isabel.

A mi mamá Nady Ramos, a mi sobris Catalina

y a mis hermanos María y Francisco.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser luz en mi camino.

Al Dr. Ramon Fabregat Gesa por el apoyo brindado en todos los proyectos que emprendí y su acompañamiento como Director de tesis. A él y a su familia muchas gracias por acogerme durante mis estancias en Girona.

Al Dr. Jose Luis Marzo Lázaro, director del grupo BCDS, por sus palabras de orientación y su apoyo durante cada una de mis estancias.

A Liliana Carillo por su apoyo en los momentos iniciales de este sueño.

A todos mis amigos y compañeros de grupo BCDS: Pere, Lluís, Juan, Teo, Silvia, German, Luisfer, Fernando, David H., David M., Antonio, Sergio y Caro por su colaboración y por esos ratos alegres que compartimos.

A mis amigas Maira, Yenny, Claudia y Araceli quienes hicieron mas llevadera la lejanía de mi familia.

A las instituciones que hicieron posible mi formación. La Fundación Carolina y la Universidad Pontificia Bolivariana-Montería por concederme la beca y a la Universidad de Girona por acogerme como estudiante.

Al Ministerio de Educación y Ciencia (TIN2005-08945-C06-03), Red Temática del Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE (acción TSI2005-24068-E) y a la Generalitat de Catalunya (SGR 00296).

A aulaClic por permitirme utilizar sus recursos durante la fase de pruebas.

Al Pbro. José María Hoyos Regino. Ex - rector de UPB Montería, al Pbro. Orlando López, al Dr. Rogelio Vélez, al Dr. Sixto Bermúdez, al Dr. Jorge Restrepo, al Ing. Carlos Barrios, Ewing Duque, Martha Grandeth, Marcela Restrepo, Álvaro Arrieta y a

todos los funcionarios de la U. Pontificia Bolivariana que de una u otra forma facilitaron todos los procesos internos para la postulación y disfrute de la beca.

A Lucía Polanía, Piedi Martín y Juan Torres por su amable colaboración desde la Fundación Carolina en todo el período de disfrute de la beca.

A los estudiantes Jose Luis Petro y Antonio Fernández por su participación en el proyecto “Sistema Multi-Agente para la Adaptación de Contenido Web”.

A mis compañeros Adolfo, Leovy y especialmente a Luisfer y Salim Nassiff por su colaboración en momentos importantes del desarrollo de esta tesis.

A mi familia, mis suegros, Alejandro y Martha, a Nedis Doria y a todos aquellos que rodearon a Cecilia de amor durante mi ausencia.

A todos aquellos que aunque no los mencioné me brindaron una palabra, un gesto o simplemente una sonrisa para que esta carga fuera llevadera. Mil Gracias.

RESUMEN

La diversidad y el potencial de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha permeado todas las áreas de investigación y desarrollo de nuestros días. No ajena a ello la educación ha sufrido procesos de transformación los cuales, aunque no se hayan desarrollado de manera controlada, dieron origen a novedosos entornos y herramientas de aprendizaje. Sin embargo, por las características del desarrollo tecnológico, el uso de este potencial tiene altos costos en la educación. Estos van desde la selección e integración de tecnologías adecuadas, hasta la definición y construcción de recursos y componentes que permitan que se establezca una sinergia entre tecnología y aprendizaje mediado por tecnologías.

Con la idea de establecer esta sinergia y favorecer la efectividad en el aprendizaje a través de entornos virtuales de educación, esta tesis presenta la definición y validación de un Modelo de Usuario Integral que está constituido por las dimensiones de adaptación: características del usuario, interacción y contexto. Este modelo permite la personalización de unidades de aprendizaje servidas en entornos virtuales de aprendizaje. En este caso se utiliza la personalización como una herramienta para reducir el aislamiento y desorientación que pudiera sufrir un estudiante en un entorno de aprendizaje virtual. Del mismo modo la personalización reduce la sobreinformación propia de los entornos Web actuales y permite la disposición de recursos a la medida del nivel de competencia, de interacciones y del dispositivo desde el cual accede el estudiante. Como parte importante en este trabajo se consideran también la integración tecnológica realizada para la validación del modelo que incluye entre otros: plataformas de educación virtual, protocolos para la interoperabilidad interplataforma, estándares y especificaciones en e-Learning, producción de unidades de aprendizaje y definición de taxonomías de objetivos/competencias para el programa de Ingeniería Informática de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, Colombia.

Este trabajo está sustentado en los trabajos previos desarrollados en la Universidad de Girona, concretamente en el grupo de comunicaciones y sistemas distribuidos (Broadband Communications and Distributed Systems, BCDS) como parte de su línea de investigación en sistemas hipermedia adaptativos. En los trabajos previos se observaban problemáticas relacionadas al fraccionamiento que hasta ese momento se daba al modelado de usuario. Por ejemplo, cuando en PLAN-G, uno de los sistemas desarrollados en el grupo BCDS, se entregaba al usuario un recurso teniendo en cuenta su estilo de aprendizaje, en algunas ocasiones, por las características del equipo utilizado por el estudiante, era imposible visualizar el recurso correctamente. Otro ejemplo, que podemos citar, se daba en el proyecto MAS-SHAD, en el cual solo se considera la adaptación basada en la dimensión contexto. La problemática se presentaba en que aunque el formato era el correcto, el contenido no siempre era. Esto no fue considerado en profundidad en el proyecto SHAAD pues su validación no se propuso en ambientes educativos. Sin embargo, al desarrollar trabajos en entornos de aprendizaje virtual, todo es importante y todo cuenta para el éxito de un proceso enseñanza-aprendizaje. Como respuesta a ello se desarrolló un estudio de modelos de usuarios concebidos desde diferentes perspectivas y enfoques, que concluyeron con la definición de un Modelo de Usuario Integral, presentado inicialmente en el trabajo de investigación previo al desarrollo de esta tesis [VEL07a].

Las principales aportaciones de esta tesis son la definición y validación de un Modelo de Usuario Integral, es decir un modelo de usuario que integra diferentes perspectivas y enfoques de modelos de usuarios para el desarrollo de modelos de estudiantes que permitan direccionar los aspectos de mayor relevancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje virtual.

Además este modelo de estudiante fue abierto a los usuarios con el propósito de generar reflexión y autonomía de los estudiantes sobre procesos en los cuales ellos deben ser los actores principales, pues ningún proceso significativo de aprendizaje se puede dar si el estudiante no

asume su responsabilidad en el mismo. Con la apertura del modelo de estudiante los usuarios tuvieron la oportunidad de conocer cuál era su nivel de competencia y los contenidos que para alcanzar dicha competencia debían reforzar.

Es también aportación de esta tesis la experiencia en el uso e integración de varias tecnologías para el desarrollo del entorno de aprendizaje virtual. Dicha integración tiene en cuenta tecnologías masivamente usadas como los sistemas de administración de aprendizaje (Learning Management Systems, LMS) y tecnologías muy desarrolladas pero menos utilizadas como los sistemas hipermedia adaptativos (Adaptive Hypermedia Systems, SHA).

Finalmente se considera como un aporte importante las experiencias recogidas de los estudiantes que colaboraron en el proceso de validación del sistema. Estas aportaciones direccionan entre otras cosas, las variables de adaptación elegidas, el diseño del modelo de estudiante abierto, las ventajas y desventajas de utilizar las tecnologías seleccionadas, la producción de objetos y unidades de aprendizaje y el desarrollo de escenarios de validación y pruebas.

Palabras Claves

Modelo de usuario, entornos de aprendizaje virtual adaptativos, educación personalizada, estándares y especificaciones en e-Learning.

ABSTRACT

The diversity and potential of information and communication technologies (ICT) has permitted all areas of research and development today. No stranger to education has suffered this transformation process which, although not developed in a controlled manner, has giving rise to novel environments and learning tools. However, the nature of technological development and the use of this potential have high costs in education. These range from the selection and integration of appropriate technologies, to the definition and construction of resources and components that allow establishing a synergy between technology and technology-mediated learning.

With the idea of this synergy and effectiveness in promoting learning through virtual education environments, this thesis presents the definition and validation of a comprehensive user model that consists of the dimensions of adaptation: user characteristics, interaction and context. This model allows the customization of learning units served in virtual learning environments. In this case, the customization as a tool reduces the isolation and disorientation that may suffer a student in a virtual learning environment. Similarly, it reduces over information of the current Web environments and enables the provision of resources to measure the level of competition, interaction and the device from which the student access. As an important part in this work it is also considered the technology integration necessary to model validation that includes among others: virtual education platforms, interoperability inter platform protocols, standards and specifications in e-Learning, learning production units and definition of taxonomies of objectives / competencies for the Computer Engineering program at the Universidad Pontificia Bolivariana Sectional Monteria, Colombia.

This work is supported by previous works conducted at the University of Girona, particularly in the Broadband Communications and Distributed Systems (BCDS) as part of its line of research in adaptive hypermedia systems. Previous works on issues related to the splitting observed that until then it was given to the user's model. For example, when in PLAN-G, one of the systems developed by BCDS group, they gave the user an action taking into account their learning style, in some instances; the nature of the equipment used by the student did not allow to visualize the resources properly. Another example that we can name is the project MAS-SHAD, which only considered the adaptation based on the context dimension. The issue presented here was that although the format was correct, the content was not.. This is not considered in depth in the project SHAAD since its validation was not proposed in educational environments. However, to develop any research on virtual learning environments, everything is important and all accounts for the success of a teaching-learning process. In response to this, this study developed a model designed for users from different perspectives and approaches, which led to the definition of a comprehensive user model, initially presented in the research prior to developing this thesis [VEL07a].

The main contributions of this thesis are the definition and validation of a comprehensive user model, that is a user model that integrates different perspectives and approaches of user models to develop models that allow students addressing issues of greater relevance in the processes of virtual teaching and learning.

Furthermore, this model was opened to students in order to foster student's reflection and autonomy over processes in which they should be the main actors, as no significant learning process can be given if the student does not fulfill its responsibility. With the opening of the student model users had the opportunity of knowing what was their level of expertise as well as the contents that had to be reinforced to reach it.

It is also a contribution of this thesis the use and integration of various technologies for the development of virtual learning environments. This integration takes into account technologies massively used as Learning Management Systems (LMS) and highly developed technology but less used as adaptive hypermedia systems (SHA).

Finally, it is considered as an important contribution the experiences of students who participated in the system validation process. These contributions routed among other things, adjusting the variables chosen, the design of the opened student model, the advantages and disadvantages of using the selected technologies, the production of objects and units of learning and development validation and testing scenarios.

Key Words

User model, adaptive virtual learning environment, personalize education, standards, specification en e-Learning.

ÍNDICE

RESUMEN	III
ABSTRACT	V
1. PRELIMINARES	13
1.1 Ámbito	15
1.2 Motivación	16
1.3 Objetivos	17
1.4 Metodología	17
1.4.1 Revisión de trabajos y propuesta del Modelo de Usuario Integral	17
1.4.2 Propuesta del Modelo de Usuario Integral y estudio de la relación entre estándares, especificaciones y Modelo de Estudiante Integral	18
1.4.3 Construcción de Unidades de Aprendizaje (UoL)	18
1.4.4 Selección de tecnologías a utilizar en la construcción del entorno de aprendizaje virtual	18
1.4.5 Validación del Modelo de Estudiante Integral	19
1.4.6 Análisis de los instrumentos aplicados	19
1.5 Estructura de la tesis	19
2. INTRODUCCIÓN	21
2.1 Adaptatividad en Entornos Heterogéneos	23
2.2 Sistemas Hipermedia Adaptativos	24
2.2.1 Modelo de Usuario	25
2.2.2 Modelo de Estudiante Abierto	33
2.2.3 Sistemas Hipermedia Adaptables, Adaptativos y Dinámicos	34
2.3 Estilos de Aprendizaje para modelado de usuario	35
2.3.1 Modelo de Kolb	37
2.3.2 Modelo de Dunn &Dunn	38
2.3.3 Modelo de Honey and Munford's	39
2.3.4 Modelo de Felder & Silverman	40
2.4 Sistema de Administración de Aprendizaje	43
2.5 Estándares	46
2.5.1 Principales participantes en el desarrollo de estándares, especificaciones y modelos de referencia en el campo de la educación	47
2.5.2 Estándares de la IEEE en e-Learning	48
2.5.3 Especificaciones del IMS	48
2.5.4 IMS Learning Design	49
2.5.5 Modelo de Referencia SCORM	50
2.6 Conclusiones	51
3. TRABAJOS RELACIONADOS	53
3.1 Trabajos Relacionados en SHA y Áreas Afines	55

3.1.1	Sistemas Hipermedia Adaptativos en la Educación (SHAE)	55
3.1.2	SHAE antes de 1996	55
3.1.3	SHAE después de 1996	56
3.2	Revisión de Modelos de Usuario	63
3.3	Trabajos Relacionados en el Grupo BCDS	68
3.3.1	Plan-G	68
3.3.2	MAS-PLANG	68
3.3.3	Soporte Adaptativo al Aprendizaje Colaborativo e Individual: ASCIL	70
3.3.4	SHAAD – Sistema Hipermedia Adaptable, Adaptativo y Dinámico para la entrega de contenidos	72
3.3.5	Diseño e implementación de un sistema Multi-Agente para la adaptación y presentación de contenidos Web	74
3.3.6	Integración del Sistema MAS-SHAAD con la plataforma dotLRN	77
3.4	Conclusiones	80
4.	MODELO DE USUARIO INTEGRAL	83
4.1	Introducción	85
4.2	Definición del Modelo de Usuario Integral	87
4.2.1	Dimensiones y variables del modelo de usuario	87
4.2.2	Variables del Modelo de Estudiante Integral	90
4.3	Representación y mantenimiento del Modelo de Usuario Integral	98
4.4	Creación de Unidades de Aprendizaje	105
4.5	Modelo de Usuario Abierto	119
4.6	Arquitectura y funcionamiento de la plataforma	123
4.7	Validación de la propuesta	127
4.7.1	Caso 1: Estudiantes de Informática I del programa Ingeniería Informática de la UPB Montería	128
4.7.2	Caso 2: Entorno de aprendizaje virtual adaptativo para estudiantes no vinculados a una institución ni a un programa de la UPB Montería	132
4.7.3	Caso 3: Entorno de aprendizaje virtual adaptativo para estudiantes de Informática Básica de la UPB Montería	132
Escenario 1:	curso sin adaptación	133
Escenario 2:	curso con adaptación	135
Escenario 3:	curso con adaptación y modelo de usuario abierto	136
4.8	Conclusiones	139
5.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	141
5.1	Aportes	143
5.2	Conclusiones	144
5.3	Trabajos Futuros	145
6.	BIBLIOGRAFÍA	147

Lista de Tablas

	Pág.
1 Clasificación de modelos de usuario.	27
2 Servicios prestados a partir de un Modelo de Usuario.	32
3 Modelos de estilos de aprendizaje considerados en SHA o sistemas similares.	37
4 Elementos del modelo planteado por Dunn & Dunn.	38
5 Características de estudiantes con predominio de un estilo de aprendizaje.	41
6 Que material presentar dependiendo del estilo de aprendizaje.	42
7 SHA educativos.	61
8 Revisión de Modelos de Usuario.	62
9 Trabajos del grupo BCDS relacionados con SHA.	79
10 Dimensiones y variables del MUI.	89
11 Correspondencia entre la taxonomía de Bloom y el nivel de competencia	98
12 Información representada en el Modelo de Estudiante Integral.	99
13 Modelo del dominio.	102
14 Modelo del estudiante.	103
15 Categorías para definir con que grado se ha alcanzado un nivel	103
16 Categorías para definir la frecuencia de interacciones del estudiante con la plataforma	105
17 Especificaciones y modelo de usuario.	107
18 Generalidades SMILI© Framework	120
19 SMILI© Framework. ¿Qué es asequible?	121
20 SMILI© Framework. ¿Cómo es representado el modelo?	122
21 SMILI© Framework. ¿Quién controla el acceso?	122
22 Diseño de experimentos	128
23 Resultados de la evaluación de cada módulo	129
24 Evaluación cualitativa del Modelo de Estudiante Abierto	130
25 Apreciaciones seleccionadas sobre el Modelo de Estudiante Abierto	131
26 Cuestionario pre-validación.	133
27 Notas del curso sin adaptación.	134
28 Apreciaciones de los estudiantes de la UoL sin adaptación.	134
29 Apreciaciones seleccionadas sobre los aspectos positivos y negativos de la plataforma. UoL sin adaptación.	134
30 Notas del curso con adaptación	135
31 Apreciaciones de los estudiantes de la UoL con adaptación.	135
32 Apreciaciones seleccionadas sobre los aspectos positivos y negativos de la plataforma. UoL con adaptación.	136
33 Notas del curso con adaptación y Modelo de Estudiante abierto	136
34 Apreciaciones de los estudiantes de la UoL con adaptación y Modelo de Estudiante Abierto	137
35 Apreciaciones seleccionadas sobre el Modelo de Estudiante Abierto. Escenario 3.	138
36 Apreciaciones seleccionadas sobre los aspectos positivos y negativos de la plataforma. UoL con adaptación y Modelo de Estudiante Abierto.	139

Lista de Figuras

	Pág.
1 Dimensiones de Adaptación.	24
2 Esquema simple de un Sistema Hipermedia Adaptativo.	24
3 Arquitectura general de un Sistema Hipermedia Adaptativo.	25
4 Esquema general de un modelo de usuario.	32
5 Espectro de Adaptación – desde Adaptativo a Adaptable [OPP97].	34
6 Elementos del modelo planteado por Dunn & Dunn.	39
7 Relación entre Especificaciones, Modelos de Referencia y Estándares	46
8 Arquitectura en dos niveles de MASPLANG.	69
9 Arquitectura de ASCIL usando Claroline y AHA.	71
10 Arquitectura de ASCIL usando MOODLE.	71
11 Entorno heterogéneo definido en SHAAD.	73
12 Módulos básicos de SHAAD.	74
13 Interfaz para indicar las preferencias del usuario.	76
14 Secuencia de condiciones.	77
15 Resultados obtenidos para diferentes dispositivos de acceso y preferencias del usuario.	77
16 Arquitectura de la integración del sistema.	65
17 Adaptación en dos pasos.	86
18 Modelo de Usuario Integral (MUI).	86
19 Contribución de cada dimensión al comportamiento adaptativo del sistema.	90
20 Instanciación del Modelo de Usuario Integral.	91
21 Prototipo que incorpora estilos de aprendizaje.	92
22 Vista de la página desplegada a un estudiante con estilos de aprendizaje Global - Visual.	93
23 Vista de la página desplegada a un estudiante con estilos de aprendizaje Global – Visual que accede desde una PDA.	94
24 Prototipo que extiende el sistema MAS-SHAAD y considera la dimensión contexto.	95
25 Ejecución el agente cliente.	96
26 Definición del la variable de la dimensión Interacción.	97
27 Representación del nivel de competencia	100
28 Representación de la frecuencia de interacción	101
29 Representación de la variable tipo de dispositivo	101
30 Competencia expresada en XML.	130
31 Definición de competencias y datos iniciales	112
32 Definición de roles	113
33 Definición de variables.	114
34 Recursos de la unidad de aprendizaje.	114
35 Definición de variables y sus recursos.	115
36 Definición de la estructura de las actividades.	116
37 Definición de entornos.	116
38 Definición de reglas de adaptación.	117
39 Empaquetamiento de la unidad de aprendizaje.	118

40	Acceso a cuestionarios a través de las unidades de aprendizaje.	118
41	Arquitectura del sistema.	123
42	Acceso a las unidades de aprendizaje.	125
43	Acceso a la evaluación para determinar el nivel de competencia.	126
44	Representación del modelo de estudiante.	129

1. PRELIMINARES

1.1 Ámbito

En su intento por dar respuesta a algunas de las inquietudes que sobre el uso de las TICs en la educación han surgido en el mundo científico, el grupo de Comunicaciones y Sistemas Distribuidos BCDS (Broadband Communicattions and Distributed Systems), viene desde principios de la década adelantando una serie de proyectos encaminados al desarrollo de entornos virtuales adaptativos que permitan la experimentación y validación de tecnologías adecuadas y modelos de usuario que combinados con diferentes estrategias metodológicas permitan la creación de escenarios efectivos, eficientes y acordes con los retos de la formación del hombre moderno.

Entre los proyectos desarrollados encontramos PLAN-G [PEÑ01]. En este proyecto se desarrolló una plataforma educativa virtual denominada Unidades de Soporte a la Docencia USD, allí se abordó por primera vez en el grupo BCDS el problema de la heterogeneidad de usuarios y contextos en los ambientes de educación virtual. La variable de adaptación más relevante para realizar adaptaciones fue el estilo de aprendizaje de los estudiantes. En MAS-PLANG [PEÑ02a], continuación del trabajo anterior, se desarrolló un sistema multi-agente el cual mejoró los aspectos adaptativos del USD. Estas mejoras se vieron reflejadas principalmente en la facilidad y amigabilidad que el sistema proveía a estudiantes y profesores a través de características antropomórficas e interactivas dadas a los agentes que se encargaban de la comunicación y adaptación del sistema a los usuarios.

Con un enfoque al trabajo colaborativo se desarrolló ASCIL (Adaptive Support for Collaborative and Individual Learning) [ART04], este sistema basado en la Web fue el resultado de la integración de AHA (Adaptive Hypermedia for All) [DEB02] y el sistema de administración de aprendizaje (LMS, Learning Management Systems) Claroline [CLA]. El sistema usaba la información almacenada en el modelo de usuario de AHA para dar soporte adaptativo al aprendizaje colaborativo. Esta adaptación se centraba específicamente en la conformación de grupos de colaboradores para un estudiante específico en la solución de alguna tarea. Una nueva versión de ASCIL fue presentada en [ART06], en ella en lugar de Claroline se utilizó Moodle como LMS. Ambos proyectos basaron sus adaptaciones en las interacciones del usuario con el sistema.

Paralelo a ASCIL se realizaron investigaciones en el campo de la heterogeneidad tecnológica presente en los entornos Web. La respuesta a estas investigaciones llevaron a la creación del SHAAD (Sistema Hipermedia Adaptable, Adaptativo y Dinámico) que propuso la entrega adaptable, adaptativa y dinámica de contenidos Web. A partir de SHAAD se realizaron dos prototipos que realizan adaptaciones en entornos Web dependiendo del dispositivo de acceso que se utilice: X-SHAAD, Sistema Hipermedia Adaptable, Adaptativo y Dinámico para la entrega de contenidos [MER03]; este sistema basado en tecnología XML y no limitado al escenario educativo, provee al usuario de contenidos más o menos enriquecidos dependiendo del dispositivo desde el cual acceda al sistema. MAS-SHAAD [MER04] es un sistema multi-agente que modela las características tecnológicas del dispositivo de acceso y entrega al usuario páginas web construidas a partir de dicha información.

En los trabajos previos, desarrollados en el grupo BCDS, el uso generalmente dado al modelo de usuario se limitó a la entrega adaptativa de contenido y al apoyo en la construcción de grupos de trabajos para el desarrollo de actividades colaborativas. Sin embargo, un modelo de usuario, en educación modelo de estudiante, puede ser utilizado para otros fines tales como: promover reflexión en los estudiantes en cuanto a su proceso de aprendizaje [BUL95, CRA92, BUL04], mejorar la precisión del modelo [BUL95, BUL04], ayudar a los estudiantes a planear y monitorear su aprendizaje [BUL95, BUL04], entre otros.

A partir de lo anterior y considerando los trabajos previos, desarrollados en el grupo BCDS, en este trabajo se define un Modelo de Usuario Integral y se valida una instanciación del mismo denominada Modelo de Estudiante Integral. La instanciación es utilizada para la adaptación de contenido y para promover la reflexión y autonomía en el proceso de aprendizaje de cada estudiante. El objetivo de dicha instanciación es hacer un aporte a la construcción de entornos de aprendizaje virtual más efectivos, eficientes y acordes con los nuevos retos de la educación moderna.

1.2 Motivación

Los entornos de aprendizaje virtual son objeto de interés de múltiples perspectivas que intentan solucionar algún aspecto de la compleja realidad educativa. Algunos de los problemas a los que se enfrentan tales entornos tienen su origen en las limitaciones de los entornos de educación presencial. Los estudiantes reciben materiales y deben realizar actividades de estudio que no tienen en cuenta sus características individuales. Otros problemas están asociados con la falta de planificación en el uso de metodologías y herramientas que faciliten los procesos enseñanza – aprendizaje. Es decir evaluaciones, materiales y actividades son preparados sin seguir una metodología unificada que oriente el proceso de aprendizaje. De hecho muchas herramientas educativas para entornos de aprendizaje virtual han sido desarrolladas sin considerar aspectos pedagógicos imprescindibles para el éxito de tales aplicaciones.

Los problemas descritos siguen presentes en los entornos de aprendizaje virtual. Sin embargo, existen diversas perspectivas desde las cuales se han utilizado las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) para mejorar dichos entornos. Algunas de estas perspectivas son los sistemas hipermedia adaptativos (AHS, Adaptive Hypermedia Systems) [BRU96a], el aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL, Computer Support Collaborative Learning) [STA02] y los sistemas recomendadores (RecSys, Recommender Systems) [BUR05]. Aunque los RecSys no han propuesto alternativas específicamente para la educación, su experiencia con el uso de modelos de usuario puede proporcionarnos ideas de cómo mejorar los entornos de aprendizaje virtual en entornos educativos.

Durante el desarrollo y validación de cada uno de los proyectos desarrollados en el grupo BCDS, surgieron diferentes problemáticas todas ellas relacionadas al fraccionamiento que hasta ese momento se daba al modelo de usuario. Esto se evidenciaba en las variables que utilizaban para la adaptación en cada uno de los seis sistemas descritos, así: En PLANG [PEÑ01], MAS-PLANG [PEÑ02a] la adaptación estaba basada en el estilo de aprendizaje del estudiante, En las dos implementaciones de ASCIL, [ART04] y [ART06], la adaptación estaba basada en las interacciones de los usuarios en el sistema y finalmente en las dos implementaciones de SHAAD, X-SHAAD [MER03] y MAS-SHAAD [MER04], la adaptación estaba basada en las características tecnológicas de los dispositivos de acceso. Como respuesta a esta problemática, en esta tesis se presenta la definición de un Modelo de Usuario Integral que reúne las variables anteriores y a partir de ellas define dimensiones de adaptación que favorecen la concepción de nuevos entornos de aprendizaje virtual en el que se consideren los elementos adaptativos de mayor relevancia en relación al dominio y las particularidades del mismo. Este Modelo de Usuario Integral, también se ha utilizado para promover la reflexión y autonomía en torno al proceso aprendizaje de cada estudiante a través de la apertura del dicho modelo a los estudiantes.

1.3 Objetivos

Todos los enfoques anteriormente listados utilizan modelos de usuarios para ofrecer diferentes servicios o productos a los usuarios en dominios específicos, En esta tesis proponemos utilizar y explotar un Modelo de Estudiante Integral en los entornos de aprendizaje virtual, con el objetivo de mejorar la efectividad y eficiencia de los procesos enseñanza – aprendizaje en ambientes heterogéneos de usuarios y tecnologías. La explotación de este modelo consiste en ofrecer servicios, que faciliten y apoyen las actividades de los estudiantes durante los procesos de enseñanza – aprendizaje virtual a través de la adaptación de contenido y la promoción de la reflexión y la autonomía en los procesos de aprendizaje de cada estudiante.

Los objetivos de esta tesis se presentan desde tres perspectivas.

- Educativa
 - Definir un Modelo de Usuario Integral a partir del cual se puedan generar modelos de estudiante que respondan a las necesidades particulares de un sistema adaptativo educativo.
 - Validar el Modelo de Estudiante Integral a partir de los resultados obtenidos en un entorno de aprendizaje virtual adaptativo.
 - Promover la reflexión y autonomía de los estudiantes durante los procesos de enseñanza - aprendizaje.
- Tecnológica
 - Integrar tecnologías existentes que permitan la construcción de entornos de aprendizaje virtual flexibles, escalables e interoperables.
 - Seleccionar los estándares, especificaciones y/o modelos de referencia que permitan la reutilización de unidades y/o objetos de aprendizaje en entornos de aprendizaje virtual adaptativos.
- De evaluación
 - Construir unidades de aprendizaje adaptativas que permitan el desarrollo de evaluaciones en entornos educativos reales.
 - Comparar el desempeño mostrado por estudiantes que siguen un curso adaptativo vs aquellos que siguen cursos sin adaptación.
 - Comparar el desempeño mostrado por estudiantes que tienen un modelo de usuario cerrado vs aquellos que tienen modelos de usuario abiertos.

1.4 Metodología

El enfoque metodológico seguido en este trabajo fue el incremental, ello nos permitió el análisis de varias tecnologías y modelos de usuario antes de la construcción del prototipo final utilizado para las pruebas de validación del Modelo de Estudiante Integral en entornos de aprendizaje virtual adaptativos. Las etapas que guiaron este desarrollo fueron:

1.4.1 Revisión de trabajos y propuesta del Modelo de Usuario Integral.

El término modelo de usuario, de acuerdo a lo mencionado previamente, tiene una amplia diversidad de definiciones y usos dependiendo del dominio de la aplicación y de la finalidad del mismo. En esta etapa se buscó obtener una visión lo más completa posible de: tipos de modelos de usuarios, variables consideradas, estructura y representación, construcción y mantenimiento, y usos dados a los modelos de usuario. Las actividades desarrolladas en esta etapa fueron:

- Revisión de trabajos que utilizan modelos de usuario.
- Desarrollo y análisis de prototipos para la determinación de las variables a utilizar en la validación del Modelo de Estudiante Integral.
 1. Sistema multi-agente para la adaptación de contenidos Web basados en los estilos de aprendizaje del estudiante.
 2. Sistema multi-agente para la recuperación de las características tecnológicas de dispositivos de acceso.
 3. Sistema multi-agente para la adaptación de cursos ofrecidos en entornos de aprendizaje virtual.
 4. Resultados de otros trabajos realizados en el grupo BCDS[MAN08]
- Modelo de Usuario Integral propuesto

1.4.2 Propuesta del Modelo de Usuario Integral y estudio de la relación entre estándares, especificaciones y Modelo de Estudiante Integral.

Desde el inicio del trabajo se consideró el uso de estándares y/o especificaciones en e-Learning en el entorno de aprendizaje virtual. Nuestro trabajo en esta fase se centró en el estudio de las características de los principales estándares y especificaciones con el objetivo de encontrar puntos de conexión entre las unidades de aprendizaje que se desarrollarían y el Modelo de Estudiante Integral que sería actualizado a partir del desempeño de los estudiantes en el entorno de aprendizaje. La relación establecida entre los estándares/especificaciones y el Modelo de Estudiante Integral presentada en este trabajo se basa en los aportes que el grupo BCDS hizo durante el desarrollo del proyecto AdaptaPlan [BAL07a, BAL07b, BAL08a].

Se estudiaron especificaciones y estándares para el modelado de recursos educativos: IMS (IMS Global Learning Consortium Inc.) [IMS], SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [SCORM] y LOM (Learning Object Metadata) [LOM], entre otros.

1.4.3 Construcción de Unidades de Aprendizaje (UoL).

Una vez identificada la conexión entre el Modelo de Estudiante Integral y los recursos de aprendizaje, se definió la taxonomía de objetivos/competencias ajustada a las políticas de educación de la institución en la cual se desarrollaron las pruebas, la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería (UPB Montería). Todo lo anterior permitió la construcción de unidades de aprendizaje para ser utilizadas en la validación de la plataforma. Para facilitar la construcción de unidades de aprendizaje, fueron utilizados recursos del proyecto SHABOO [LLAM03] y del sitio Web aulaClic [AULA] y la actividad se concentró en la estructuración de estos contenidos y en cuidar que cada unidad de aprendizaje tuviese las variables de adaptación consideradas en el modelo de estudiante.

1.4.4 Selección de tecnologías a utilizar en la construcción del entorno de aprendizaje virtual.

Desde la concepción de este trabajo fue claro que se buscaría la integración de tecnologías existentes y el desarrollo de los componentes mínimos que permitieran la validación del Modelo de Usuario Integral propuesto. Al tiempo que se definieron los estándares y especificaciones a utilizar se fueron también seleccionando los LMS que cumplieran con los requisitos para ser utilizados. Una revisión detallada de ellos así como las razones para la elección del LMS, denominado dotLRN [.LRN] (.LRN, open source eLearning platform), puede ser vista en detalle

en el capítulo II. Una vez seleccionado la plataforma .LRN como LMS, se implementó un sistema multi-agente que permitió la actualización de las variables de adaptación del Modelo de Estudiante Integral.

1.4.5 Validación del Modelo de Estudiante Integral.

La fase de validación fue realizada en la UPB Montería. En esta fase se desarrollaron tres pruebas experimentales del Modelo de Estudiante Integral con estudiantes de la UPB Montería y con estudiantes contactados a través del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) [SENA]. Sin embargo, los estudiantes no vinculados a ninguna asignatura, caso SENA, no finalizaron las pruebas.

A continuación se hace una breve presentación de cada caso de prueba de acuerdo al orden en que fueron llevados a cabo.

- Caso 1. Estudiantes de Informática I del programa Ingeniería Informática de la UPB Montería.
- Caso 2. Entorno de aprendizaje virtual adaptativo para estudiantes contactados a través del SENA. El SENA, es una entidad estatal que promueve la formación técnica y tecnológica en programas necesarios para el desarrollo nacional. Esta formación es ofrecida a través de sus centros regionales y desde su sitio Web,
- Caso 3. Entorno de aprendizaje virtual adaptativo para estudiantes de Informática I de la UPB Montería.

1.4.6 Análisis de los instrumentos aplicados.

Al finalizar cada una de las actividades anteriores se aplicaron evaluaciones para medir el nivel de competencia alcanzado por los estudiantes al finalizar el curso. Además se recopiló información cualitativa y cuantitativa sobre el uso de la plataforma, el curso adaptativo, el modelo de estudiante, etc.

1.5 Estructura de la tesis

Esta memoria se ha organizado en las siguientes partes:

- Capítulo I: Preliminares. Presenta el ámbito del proyecto, la motivación, objetivos, metodología y la estructura de este trabajo.
- Capítulo II: Introducción. Comprende la revisión de los referentes teóricos que fueron objeto de estudio en esta tesis y que orientaron su desarrollo. En concreto se va explica la adaptatividad en entornos heterogéneos, los Sistemas Hipermedia Adaptativos, la utilización de estilos de aprendizaje para modelado de usuario, los Sistemas de Administración de Aprendizaje (Learning Management System, LMS) y los estándares considerados.
- Capítulo III: Trabajos Relacionados. Describe y clasifica brevemente un importante número de trabajos en sistemas hipermedia adaptativos educativos y modelos de usuario abierto. Adicionalmente presenta con mayor detalle los trabajos previos desarrollados en el área de los sistemas hipermedia adaptativos en el grupo BCDS.
- Capítulo IV: Modelo de Usuario Integral. Presenta la propuesta, definición y validación de esta tesis. En este capítulo la propuesta corresponde a la definición del Modelo de Usuario

Integral, la definición al Modelo de Estudiante Abierto y la validación a la presentación de todos los resultados obtenidos en la validación del Modelo de Estudiante Integral.

- Capítulo V: Conclusiones y trabajos futuros. Finalmente se presentan las conclusiones y aportaciones de la memoria y se plantean una serie de ideas para la continuación de este trabajo.
- Capítulo VI: Bibliografía. Se enumeran las referencias utilizadas para la redacción de esta tesis.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Adaptatividad en Entornos Heterogéneos

Actualmente, el crecimiento explosivo de Internet se ha reflejado, tanto en el incesante incremento de la información existente como en la diversidad y heterogeneidad existente en lo que a preferencias del usuario final, dispositivos de acceso y conexiones se refiere. Muchas son las tecnologías disponibles que proporcionan acceso a las redes. Éstas van desde simples ordenadores de escritorio hasta dispositivos móviles, computadores de mano o los PDAs (Personal Digital Assistans), como plantea Mérida et al. en [MER02a].

Estás nuevas tecnologías, que día a día surgen, agregan complejidad debido a que incrementan el número de variables a considerar en entornos heterogéneos (tales como ambientes Web – Educativos), con el objeto de proporcionar soluciones adaptadas a los usuarios finales que realmente proporcionen grandes beneficios y que marquen una brecha entre el uso o no de las TICs en el desarrollo de aplicaciones, específicamente en el campo educativo.

El problema que se presenta independiente del dominio en el que se trabaje, es el manejo que se hace de esta heterogeneidad. Pero ¿qué tanto adaptamos estos entornos de aprendizaje a un estudiante con unas características determinadas y con una tecnología específica, para brindarle una ayuda real en su aprendizaje?, ¿Son los ambientes que desarrollamos una ayuda o un mero cambio de herramientas para trabajar?

Una solución planteada en muchos trabajos ha sido la adaptación. Adaptar contenidos o presentaciones a un número determinado de variables consideradas. En [MER04] se han identificado tres dimensiones para realizar esta adaptatividad (ver Figura. 1):

- **Características del Usuario:** preferencias, experiencias previas, conocimiento, actividad de navegación, tareas o metas, estilo de aprendizaje, etc.
- **Tecnología**¹: estado de la red, características del dispositivo de acceso, red de acceso, hardware, software, etc.
- **Interacción del usuario:** colaborativo, interacción cooperativa para transformar un grupo de trabajo en un equipo de trabajo, etc.

Cada una de estas tres dimensiones han sido consideradas independientemente por Peña et al. en [PEÑ02a], Mérida et al. en [MER02a, MER04] y Arteaga et al. en [ART04] y [ART06]. Estos trabajos serán explicados con detalle posteriormente en el capítulo III.

¹ Esta dimensión en nuestro trabajo la llamaremos contexto, de acuerdo a la descripción hecha por Baumeister en [BAU05].

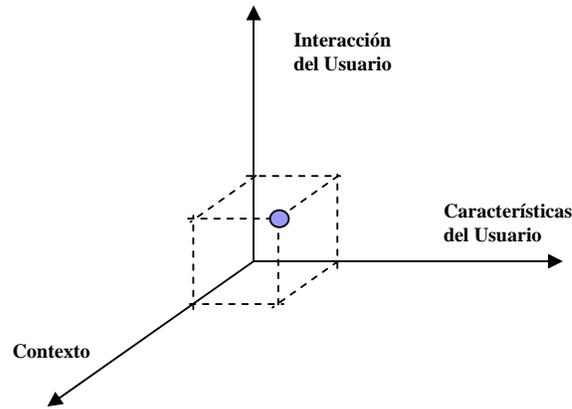


Figura 1. Dimensiones de Adaptación.

2.2 Sistemas Hipermedia Adaptativos

Un SHA, es definido por Brusilovsky en [BRU96a] como: “Cualquier sistema hipertexto o hipermedia que refleja algunas características del usuario en un modelo y que aplica este modelo para adaptar varios aspectos visibles del sistema para el usuario”.

La idea fundamental en los SHA es la necesidad de conocer las particularidades de quien usa el sistema y de esta manera poder ofrecerle un material acorde a sus características en un dominio específico. Esto implica determinar que características se tendrán en cuenta para el modelo, como se representarán dichas características, como se actualiza el modelo de usuario y que adaptación se aplicará de acuerdo al modelo del usuario y al dominio en el que se está trabajando.

Tomando como base lo anterior, podemos decir que un SHA conceptualmente tiene los siguientes componentes: el Sistema Hipermedia, el Componente Adaptativo y el Modelo del Usuario. Cada uno cumple una función específica como se expresa en [BRU96a, HEN00]. (Ver Figura. 2).

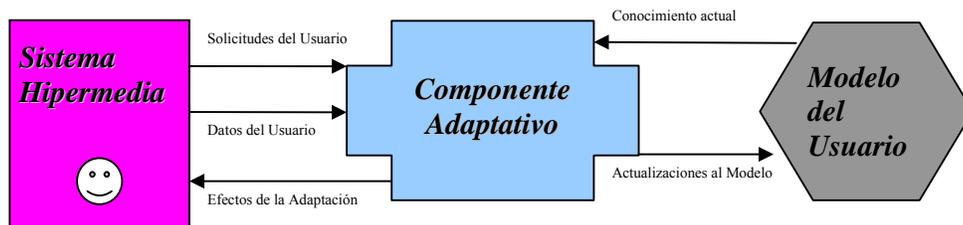


Figura 2. Esquema simple de un Sistema Hipermedia Adaptativo.

El Modelo del Usuario se encarga de guardar los detalles de las preferencias de los usuarios. Con dicha información, los SHA pueden entonces aplicar la adaptación y hacerla visible para el usuario a través de la interacción del usuario con el sistema.

Alternativamente a ese esquema, De Bra en [DEB99] define una arquitectura de referencia para el desarrollo de SHA, denominada Arquitectura de Sistemas Hipermedia Adaptativos (AHA, Adaptive Hypermedia Architecture), en la que se plantea una división de componentes con tres modelos: el Modelo del Dominio (MD), el Modelo del Usuario (MU) y el

Modelo de la Adaptación (MA) (ver Figura. 3). Utilizando estos modelos más un Componente Adaptativo, se pueden desarrollar SHA.

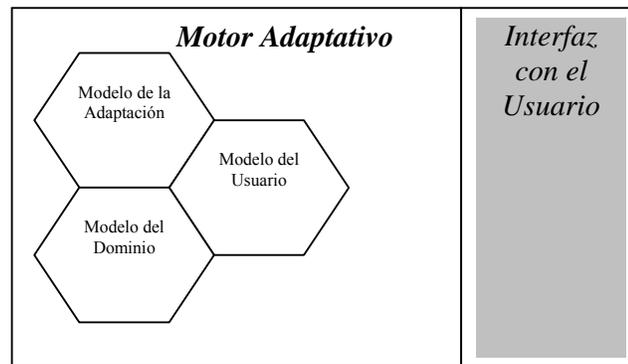


Figura 3. Arquitectura general de un Sistema Hipermedia Adaptativo.

Esta división proporciona claridad al desarrollo de aplicaciones adaptativas y permite asignar responsabilidades específicas a cada modelo. En [DEB99] se resalta que cuando estos componentes no están claramente diferenciados el desarrollo de SHA se puede complicar. Para AHA las funciones de cada componente son:

- **El Modelo del Usuario** guarda la información del usuario que un SHA mantiene en un registro permanente.
- **El Modelo del Dominio** describe cómo se enlaza y estructura la información del dominio, en términos de fragmentos, páginas y conceptos los cuales pueden ser abstractos o no.
- **El Modelo de la Adaptación** está compuesto por reglas que definen cómo se combinan el modelo del dominio y el modelo del usuario para proveer de adaptación al sistema.
- **El Motor Adaptativo** efectúa la tarea de adaptación, generando las páginas y/o adaptando su contenido y los enlaces dinámicamente.

Aunque todos los elementos que componen un SHA (ver Figura. 3) son importantes, queremos enfatizar en el modelo de usuario puesto que consideramos que será el de mayores implicaciones en los resultados de adaptación de nuestro trabajo.

2.2.1 Modelo de Usuario

El modelo de usuario en un SHA es el encargado de almacenar toda la información referente al usuario y a partir de esta información genera valores para cada uno de los aspectos escogidos por el diseñador para construir el modelo. Dicho modelo es utilizado por el SHA para proporcionar al usuario el material o recursos ajustados a sus particularidades.

Wahlster en [WAH89] definen modelo de usuario y sistema de modelado de usuario como aparece a continuación:

- **Modelo de Usuario:** En un sistema, un modelo de usuario es una fuente de conocimiento que contiene suposiciones explícitas sobre todos los aspectos del usuario que pueden ser relevantes al comportamiento del sistema. Estas suposiciones deben ser separadas del resto de conocimiento del sistema.

- **Componente de modelado de usuario:** Es la parte de un sistema cuya función principal es la construcción incremental de un modelo de usuario. Además se encarga de almacenar, actualizar y eliminar entradas, mantener la consistencia del modelo y proveer a los otros componentes del sistema de suposiciones sobre el usuario.

Adicionalmente Brusilovsky en [BRU96a] propone métodos y técnicas para adaptar hipermedia e hipertexto a un usuario específico, mientras que en [WU02] se desarrolló una arquitectura de referencia para tales aplicaciones. Investigaciones sobre requerimientos, diseño y evaluación de servicios de modelado de usuario son presentadas en [FIN04], no solo a nivel del desarrollo de material hipermedia sino también en el contexto de la construcción de software comercial, en donde el término genérico más usado es personalización (e-commerce), el cual denota tanto características del sistema que se adaptan al usuario como problemas de modelado de usuario.

De acuerdo a [BRU94] y [HEN02], los modelos de usuarios son construidos generalmente usando una de estas dos técnicas: modelado de superposición (overlay modeling) y modelado de estereotipos de usuarios (stereotype user modeling).

En la primera técnica, superposición, el modelo se construye básicamente considerando el nivel de conocimiento/competencia que tiene el usuario en un tema cualquiera. Consiste en la descripción del conocimiento del usuario como un subconjunto del conocimiento del experto en el dominio. Es decir, el conocimiento que aún no tiene el estudiante es determinado a través de la comparación de su conocimiento con el del experto. La parte crítica de esta técnica es encontrar la estimación inicial del conocimiento que posee el usuario con un número pequeño número de observaciones. Por otra parte, esta técnica tiene la desventaja que dificulta el modelado de las ideas erróneas que tenga el usuario sobre un concepto.

La otra técnica comúnmente utilizada, que además es más sencilla que la anterior, es la del modelado de estereotipos de usuarios. Consiste en la clasificación de los usuarios de acuerdo a características comunes. El diseñador del modelo, especifica estereotipos para una o varias características consideradas y los utiliza para clasificar luego a los usuario que coincidan con alguno(s) de ellos.

Estas dos técnicas se pueden extender a cualquier tipo de variable que se desee tener en cuenta en el modelo. De esta manera la adaptación puede enriquecerse considerando las variables más relevantes y obteniendo la información adecuada para la actualización del modelo, que de otra manera quedaría obsoleto y no permitiría la personalización que se busca.

Clasificación de los modelos de usuarios de acuerdo a diferentes características:

Luego de la revisión de trabajos realizados en diferentes áreas de investigación y basados en el trabajo de Brusilovski y Millan en el 2007 [BRU07], se construyó la tabla No. 1. Esta tabla nos ayuda a ver el panorama de los trabajos realizados en el campo de modelos de usuario y nos permite ubicar nuestro modelo de usuario de forma precisa. Se han resaltado en gris las características del modelo de usuario definido en este trabajo.

Tabla 1. Clasificación de modelos de usuario.

MODELOS DE USUARIO				
CRITERIO		TIPO	CARACTERÍSTICA	ÁREA
Área en el que se usa		Perfil del usuario	Es el nombre típicamente dado al modelo de usuario en sistemas de filtrado y recuperación de información, en inglés <i>user profile</i> . Representa los intereses del usuario en términos de conceptos y palabras principales.	Sistemas de filtrado y recuperación de información
		Modelo del estudiante	En los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS, Intelligent Tutoring Systems) y sistemas afines, el nombre dado al modelo de usuario es modelo del estudiante (learner model). Estos sistemas se centran generalmente en la selección de actividades educativas y la entrega de retroalimentación personalizada a cada usuario a partir de su nivel de conocimiento u otra variable de relevancia en los procesos educativos.	Sistemas, de tutoría inteligente, hipermidia adaptativos y afines.
Naturaleza de la información		Características individuales.	Estos modelos representan características particulares de cada usuario. Durante el trabajo del usuario con el sistema, estas características pueden cambiar, entonces el objetivo de estos modelos es seguir las acciones del usuario y mantener actualizado dicho modelo. De acuerdo a Brusilovsky y Millan [BRU07] las cinco características más populares son: nivel de conocimiento, intereses, metas, experiencias previas y rasgos particulares.	Sistemas Web adaptativos en general
		Contexto	En estos modelos se representa el contexto actual de trabajo de los usuarios. Las variables aquí consideradas varían dependiendo del tipo de contexto al que se haga referencia. Algunos contextos pueden hacer referencia a la plataforma del usuario, a su ubicación espacial, condiciones físicas del ambiente y/o del usuario, a su ubicación temporal, emociones, contexto social, etc.	Sistemas adaptativos móviles y ubicuos, Sistemas adaptativos que consideran la accesibilidad.
Estructura y representación	Perfil del usuario	Perfil de palabras principales	La forma más común para la representación de perfiles de usuario es a través del establecimiento de sus palabras principales. Estas pueden ser extraídas automáticamente o provistas por el usuario. Cada palabra puede representar un tópico de interés o pueden ser agrupadas en categorías para una representación más estándar de los intereses de los usuarios.	Sistemas de filtrado y recuperación de información

		Redes semánticas	Para evitar el problema de los diferentes significados que puede tener cada una de las palabras principales de un usuario en su perfil, se pueden utilizar redes semánticas en donde cada nodo representa un concepto.		
		Perfil de conceptos	Esta representación es similar a la anterior pues ambas representan nodos conceptuales y relaciones entre dichos nodos. La diferencia principal radica en que los nodos en este tipo de perfil representan tópicos abstractos de interés para el usuario en lugar de palabras o grupos de palabras relacionadas.	Sistemas de tutoría inteligente, sistemas adaptativos educativos basados en la Web, sistemas hipertexto adaptativos	
	Modelo del estudiante	Escalar	Es la forma más simple de representar el conocimiento de un estudiante. En este modelo el nivel de conocimiento en un dominio se estima a través de un valor sobre alguna escala cualitativa o cuantitativa.		
		De estereotipos	Es uno de los modelos más antiguos. Este modelo intenta agrupar todos los posibles usuarios de un sistema adaptativo en varios grupos llamados estereotipos. Los mecanismos de adaptación son iguales para un grupo de usuarios específico.		
		Catálogo de objetivos			Dependiendo del área en el cual se utilice se puede hacer referencia a objetivos de trabajo u objetivos de aprendizaje. El enfoque de catálogo de objetivos es similar al modelado de superposición del conocimiento. En el caso de los sistemas adaptativos, basados en la Web de propósito general, generalmente se utiliza el acotamiento de estos objetivos a través de un listado predefinido por el mismo sistema.
		Modelos Estructurales	Superposición		Este modelo representa el conocimiento de un estudiante como una parte del conocimiento de un experto en un dominio específico. La mayoría de SHA y sistemas educativos adaptativos basados en la Web utilizan alguna variación del modelo de superposición.
	De error		El modelo de error representa tanto conocimiento correcto como ideas equivocadas o incorrectas de un estudiante. Los sistemas que utilizan este modelo buscan identificar los elementos del dominio de conocimiento que le faltan a un estudiante o que los tiene incompleto. Además tratan de especificar ese conocimiento erróneo de tal manera que pueda ser utilizado para mejorar la personalización de dicho sistema.		

			De perturbación	Es la forma más estudiada del modelo de error. Este modelo asume que pueden existir varias perturbaciones incorrectas en cada elemento del dominio de conocimiento. Desde este enfoque, un comportamiento incorrecto puede ser causado por la aplicación sistemática de una perturbación en lugar de la regla correcta.	
			Genético	Este modelo plantea la posibilidad de reflejar la forma como se va desarrollando el conocimiento del estudiante desde lo simple hasta lo complejo y desde lo específico a lo general.	
Construcción y Mantenimiento	Perfil del usuario	Minería de datos		Extracción de palabras principales, conceptos o conceptos abstractos a partir de diferentes fuentes de información. Estos elementos extraídos son utilizados para generar vectores, redes de semánticas o redes de conceptos con diferentes características dependiendo de la complejidad del sistema. Las redes de conceptos además pueden utilizar diferentes taxonomías de información de otros sistemas para definir el perfil del usuario.	Sistemas de filtrado y recuperación de información
		Filtrado basado en contenidos		El filtrado basado en contenidos es utilizado para proveer personalización en los sistemas recomendadores a partir de la identificación de las características de los productos que un usuario generalmente adquiere o en los que está interesado.	Sistemas recomendadores
		Filtrado colaborativo		Los sistemas de filtrado colaborativo consideran los intereses de los usuarios y proveen personalización a través de la recomendación de productos que usuarios con características similares han adquirido o por los que han mostrado algún interés en el pasado.	
	Modelo del estudiante	Redes Bayesianas		Son modelos probabilísticos inspirados en la causalidad. Proporcionan un modelo gráfico en el que cada nodo representa una variable y los enlaces entre las variables representan las relaciones de causalidad establecidas entre ellas. Es una de las técnicas más utilizadas.	Sistemas de tutoría inteligente, sistemas hipermedia adaptativos y sistemas adaptativos educativos-
		Razonamiento Basado en Casos		El razonamiento basado en casos permite construir y mantener modelos de usuarios a partir de la recuperación, utilización, revisión y retención de casos o tipos de usuarios y de la forma como cada tipo de usuario ha sido utilizado para proveer adaptaciones.	

		Lógica difusa	La lógica difusa también goza de buena aceptación y popularidad en la construcción y mantenimiento de modelos de estudiante. Este paradigma define funciones que indican el grado de pertenencia de un elemento a un grupo específico. Este grado se expresa en valores comprendidos entre cero y uno. Cero representa la no pertenencia al grupo y 1 la pertenencia.	
--	--	---------------	---	--

La primera característica considerada para la clasificación es el área donde se usa el modelo de usuario. Aquí los modelos de usuarios más utilizados han sido el perfil de usuario vs modelo del estudiante. El primero toma su nombre del modelado de intereses que realizan los sistemas de recuperación y filtrado de información y el segundo es nombrado en relación a quien se modela en los sistemas educativos, el estudiante.

De acuerdo a la naturaleza de la información que se modela, se distingue entre los modelos de usuario, que representan características del usuario como individuo, y los modelos de usuario, que representan el contexto actual de trabajo del usuario. La característica usualmente modelada en los sistemas adaptativos educativos ha sido el nivel de conocimiento y en los sistemas de filtrado y recuperación de información han sido los intereses de los usuarios.

En relación a la forma como esta información es representada encontramos modelos del estudiante que representan el conocimiento utilizando uno de los siguientes modelos o combinaciones de ellos: modelo escalar, modelo de superposición, modelo genético, modelo de error, modelo de perturbación, de estereotipos, etc. Por su parte, los perfiles de usuario generalmente se han utilizado para representar intereses de los usuarios utilizando alguno(s) de los siguientes modelos: perfil de palabras principales, perfil de redes semánticas, perfil de conceptos, etc.

Finalmente la forma como el modelo es construido y mantenido está íntimamente ligado a la naturaleza de la información representada. Sin embargo, podemos destacar las redes bayesianas, el razonamiento basado en casos y la lógica difusa como las principales técnicas utilizadas para el mantenimiento de modelos de estudiante. Los perfiles de usuario son mantenidos generalmente por diferentes técnicas provenientes del aprendizaje de máquinas y la minería de datos.

De acuerdo a las clasificaciones presentadas en la tabla No. 1, el nombre adecuado para nombrar un modelo de usuario en entornos educativos es el de modelo de estudiante. Sin embargo, el modelo de usuario definido en esta tesis, busca servir de guía en el diseño de modelos de usuarios para sistemas adaptativos en cualquier dominio. No obstante y dado que la instancia utilizada para la validación de dicho modelo se ha realizado para un sistema adaptativo educativo, en adelante, se hará referencia a las dos denominaciones: modelo de usuario, para referirnos a la definición genérica y modelo de estudiante para referirnos a la instancia en el dominio educativo.

Otro enfoque para entender un modelo de usuario y las aplicaciones que éste podría tener en el contexto de los sistemas adaptativos se presenta en la figura 4, esta figura se basa en el modelo presentado por Vélez et al. en [VEL07b]. Allí podemos ver el modelo de usuario como una especie de caja negra en la que definimos un conjunto de variables de entrada (Modelo), le aplicamos un proceso (Modelado) y el resultado es algún efecto visible sobre el entorno que se utilice (Uso).

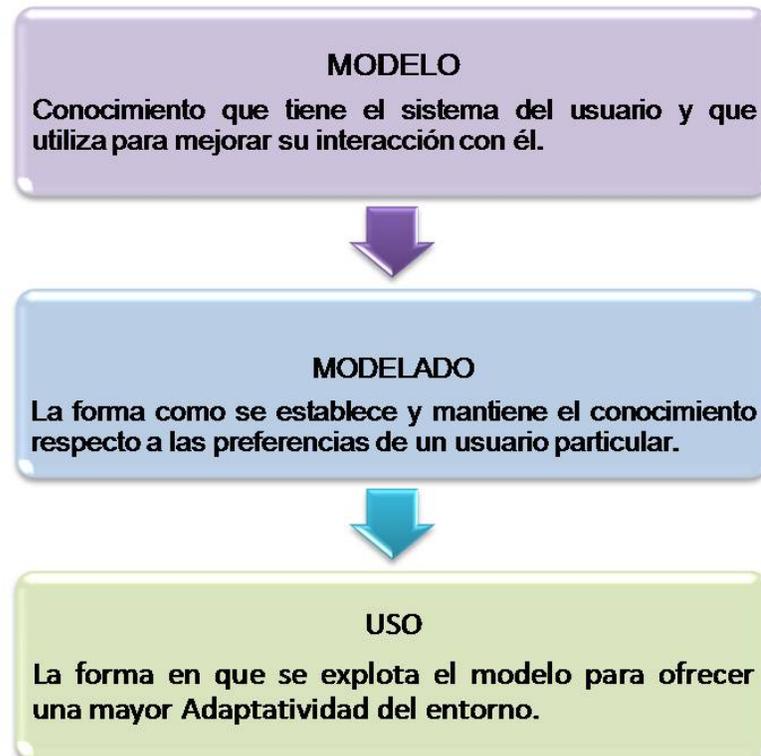


Figura 4. Esquema general de un modelo de usuario.

En la tabla No. 2 se listan algunos de los usos dados a los modelos de usuarios en sistemas adaptativos desarrollados para diversos dominios de aplicación.

Tabla 2. Servicios prestados a partir de un modelo de usuario.

SERVICIOS	TRABAJOS	ÁREAS
Entrega personalizada de contenidos	[BRO06][WOL02]	SHA
Navegación adaptativa	[BAJ03][PAR04]	SHA
Identificación de roles de estudiantes	[MAR06b]	CSCL
Generación automática de grupos de trabajos	[ALF06][OLG00][PAR06]	CSCL
Calificación automática de estudiantes de acuerdo a los parámetros definidos.	[MAR06a]	CSCL
Generación de estereotipos de estudiantes de acuerdo a los parámetros definidos por el profesor.	[MAR06b]	CSCL
Información gráfica y textual del las interacciones de los estudiantes	[MAR06a]	CSCL
Recomendación de posibles compañeros colaboradores.	[ART04]	CSCL
Recomendación de productos	[SCH99]	RecSys
Recomendación de servicios	[BLA05][GON04]	RecSys

Los SHA han utilizado generalmente el modelo de usuario para adaptar la presentación [BRO06, WOL02] y la navegación [BAJ03, PAR04]. En el campo de investigación de los CSCL, el modelo de estudiante se ha utilizado principalmente para la identificación de los roles asumidos por los estudiantes en el desarrollo de tareas colaborativas [MAR06b], para la generación automática de grupos de trabajos [ALF06, OLG00, PAR06], para apoyar la evaluación realizada por los profesores y la autoevaluación de los estudiantes en estos entornos colaborativos [MAR06a], entre otros. En los RecSys el modelo de usuario ha sido utilizado para recomendar productos o servicios. Productos tales como libros, restaurantes, tiendas, etc. [SCH99] y servicios como la entrega de información útil en un dominio específico [BAL05, GON04].

Aunque todos los trabajos listados en la tabla No. 2 han utilizado modelos de usuario para adaptaciones en entornos de aprendizaje virtual, ninguno de ellos ha permitido a los estudiantes conocer su modelo de usuario y aprovechar esto en beneficio de su propio aprendizaje. En esta tesis sin embargo, se ha visto como una oportunidad permitir que los usuarios conozcan su modelo de usuario y a partir de este conocimiento generar estados meta-cognitivos que permitan el mejoramiento de los entornos de aprendizaje virtual adaptativos [WHI99, BOU85].

A continuación se amplía el concepto de modelo de estudiante abierto y los beneficios que un modelo con tales características podría generar en un entorno de aprendizaje virtual.

2.2.2 *Modelo de Estudiante Abierto*

Usualmente los modelos de usuario no son conocidos por los usuarios de un sistema adaptativo. Esto es válido en escenarios en los cuales el único interés del usuario es satisfacer una necesidad u obtener una información de forma ágil y oportuna en escenarios donde una búsqueda manual puede ser impensable. Estas tareas son generalmente realizadas con objetivos específicos a corto plazo que generan poco o ningún esfuerzo mental por parte de quien interactúa con el sistema adaptativo.

Otro escenario con elementos comunes, como lo es la sobrecarga de información y de fuentes de consulta, pero con características bastante distintas son los entornos de aprendizaje virtual adaptativos. Estos últimos requieren que quien los utilice desarrollen un gran esfuerzo mental en pro de lograr resultados realmente significativos que vayan más allá de la simple obtención de una certificación o de cualquier otro tipo de recompensa diferente al aprendizaje. Los entornos educativos virtuales requieren de un gran compromiso, disciplina y dedicación por parte de quien los usa, aún más si el entorno carece en su totalidad de tutores que guíen dicho proceso. Es esta necesidad de despertar la responsabilidad y autonomía de quienes usan un entorno de aprendizaje virtual lo que ha llevado a que en esta tesis se permita a los estudiantes, en algunos escenarios, conocer su modelo de usuario y realizar aportaciones útiles para la introducción de futuras mejoras en entornos de aprendizaje virtual adaptativos.

La idea de abrir el modelo de usuario fue planteada por Self [SEL90] como alternativa para manejar la complejidad inherente a la naturaleza de la información que se debe obtener y mantener en un modelo de usuario. De esta forma, al ser el usuario consciente y responsable de su proceso de aprendizaje, el mismo podría voluntariamente validar o no la información que sobre él se mantiene en el modelo de usuario y de esta manera hacer dicho modelo más veraz y oportuno.

Un modelo de estudiantes abierto (Open Learner Model, OLM) es un modelo de estudiante al que el usuario puede acceder [BUL08]. Algunos de los propósitos que se pueden tener para abrir el modelo de estudiante son entre otros: mejorar la exactitud del modelo del estudiante [BUL95, BUL04]; promover la reflexión del estudiante [BUL95, BUL04, CRA92], ayudar a los estudiantes a planear y hacer seguimiento de su

aprendizaje [BUL95, BUL04]; y permitir a los estudiantes un mayor control sobre su aprendizaje [CZA00].

Aunque acabamos de mencionar muchos propósitos para abrir un modelo de estudiante, el considerado de esta tesis ha sido promover la reflexión de los estudiantes sobre su nivel de competencia como elemento importante para alcanzar estados meta-cognitivos. Los estudiantes que logran activar un nivel meta-cognitivo en su proceso de aprendizaje logran resultados más significativos que aquellos que no lo hacen [WHI99]. Boud en [BOU85] define reflexión como un “término genérico para aquellas actividades intelectuales y afectivas en las cuales un individuo es atraído a explorar sus experiencias en orden a dirigirse hacia una nueva comprensión y apreciación. Hay evidencias que sugiere que la efectividad en los procesos de aprendizaje puede ser mejorada cuando los estudiantes reflexionan acerca de su propio conocimiento [SCHÖ83, BOU85, SCHÖ87]. Adicionalmente, algunos trabajos sugieren el potencial que tiene un OLM para fomentar la reflexión [BUL02, HAR02, BUL06, KAY08].

2.2.3 Sistemas Hipermedia Adaptables, Adaptativos y Dinámicos

Es importante clarificar la diferencia entre estos tres conceptos con el propósito de diferenciar la manera como es realizada la adaptación y la complejidad inherente a ello.

El concepto de adaptación ha sido ampliamente investigado en el campo de los Sistemas Hipermedia [OPP97], [DEB99] y se ha demostrado que se puede proporcionar mejores ambientes de aprendizaje y que con ellos los estudiantes alcancen un mayor rendimiento.

Oppermann et al. en [OPP97] define dos clases de sistemas para dar soporte a los usuarios:

- Los sistemas Adaptables permiten al usuario cambiar ciertos parámetros del sistema y adaptar su comportamiento de acuerdo a estos cambios.
- Los sistemas Adaptativos se adaptan a los usuarios automáticamente basándose en las suposiciones que el sistema hace de las necesidades de los usuarios.

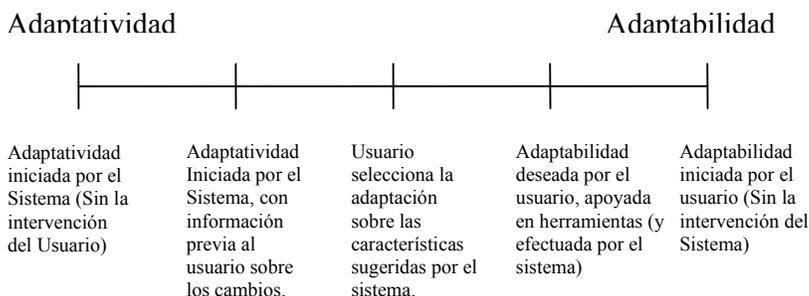


Figura 5. Espectro de Adaptación – desde Adaptativo a Adaptable [OPP97].

Por otra parte, los Sistemas Hipermedia son definidos de manera más específica por Paul De Bra en [DEB99] considerando las preferencias de usuario:

- **Hipermedia Adaptable.** El usuario puede proveer algún tipo de perfil (por ej. a través de un cuestionario). El sistema proporciona una versión de la aplicación hipermedia que corresponde al perfil seleccionado. Por ejemplo, las herramientas para adaptar la

- interfaz del usuario son muy utilizadas por usuarios principiantes, pero son poco utilizadas por los usuarios experimentados.
- **Hipermedia Adaptativo.** El sistema monitorea el comportamiento del usuario y adapta la presentación consecuentemente. La evolución del usuario y sus conocimientos pueden ser (parcialmente) deducidas de sus accesos a las páginas. La mayoría de acciones de adaptación están basadas en las acciones de navegación del usuario y posiblemente en la interacción con otros usuarios.
 - **Hipermedia Dinámico.** El comportamiento del usuario es monitoreado como en el Hipermedia Adaptativo, pero en este caso, en lugar de adaptar una presentación predefinida se genera una presentación a partir de ítems de información atómicos.

2.3 Estilos de Aprendizaje para modelado de usuario

Cada persona aprende de manera distinta a las demás: utiliza diferentes estrategias, aprende con diferentes velocidades y con mayor o menor eficacia incluso aunque tengan las mismas motivaciones, el mismo nivel de instrucción, la misma edad o estén estudiando el mismo tema.

Lo anterior es una de las grandes problemáticas en el ambiente educativo y quizás la que constantemente nos inspira a explorar nuevas metodologías, estrategias y herramientas que mejoren los resultados educativos de cualquier proceso enseñanza – aprendizaje. Hay innumerables justificaciones y cuestionamientos tanto para profesores como para estudiantes y finalmente todos tenemos algo de razón. La dificultad radica principalmente en la naturaleza en la cual se desempeña el proceso, ya que como se mencionó anteriormente, es un ambiente complejo en el que los resultados implican múltiples variables con diversidad de alternativas.

Diversos planteamientos han surgido desde la pedagogía y la psicología para responder a la problemática en mención. Una propuesta que ha tenido mucha acogida desde hace más de tres décadas ha sido el concepto de “estilos de aprendizaje” para los educadores o de “estilos cognoscitivos” para los psicólogos [WOO96].

El concepto de estilo de aprendizaje es más amplio que el de estilos cognitivos puesto que además de comportamientos cognitivos, también incluye aspectos afectivos que indican las características y las maneras de percibir, interactuar y responder al contexto de aprendizaje por parte del estudiante.

Este concepto da luces sobre las razones por las cuales podrían presentarse resultados tan diferentes entre grupos de estudiantes que toman una misma asignatura con un mismo profesor.

A lo largo de todos estos años surgieron muchos trabajos que presentan diferentes propuestas de lo que son los estilos de aprendizaje y han elaborado diversas clasificaciones para explicar esas peculiaridades que cada individuo tiene y que predisponen la manera como cada ser humano aprende.

Según Felder en [FEL88], el aprendizaje puede ser visto como una estructura educacional compuesta por dos pasos:

- **La recepción:** información externa (observable a través de sentidos) e información interna (adquirida introspectivamente) se convierte en válida para el estudiante, quien selecciona el material que procesará e ignora el resto.
- **El procesamiento de información:** simple memorización, razonamiento inductivo o deductivo, reflexión o acción e introspección o interacción con otros.

El resultado es que el material, es aprendido o no es aprendido. De esta manera, dependiendo de la forma como se desarrolle el proceso enseñanza - aprendizaje, los dos pasos anteriormente descritos pueden facilitarse o dificultarse a un estudiante.

Aunque dar una única definición de estilos de aprendizaje no es sencillo, pues diversos autores lo interpretan de maneras diferentes, intentaremos hacer una revisión de algunas definiciones generalmente citadas.

“Predisposición por parte de los estudiantes a adoptar una estrategia de aprendizaje particular con independencia de las demandas específicas de la tarea en cuestión” [SCH83]

“Rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje”. [KEE88] recogida por [ALO94].

En la definición anterior, los *rasgos cognitivos* hacen referencia a la forma en que los estudiantes estructuran los contenidos, forman y utilizan conceptos, interpretan la información, resuelven los problemas, seleccionan medios de representación (visual, auditivo, kinestésico), etc. Los *rasgos afectivos* en cambio se refieren a motivaciones y expectativas que influyen en el aprendizaje, mientras que los *rasgos fisiológicos* están relacionados con el biotipo y el biorritmo del estudiante.

"La manera en la que un alumno comienza a concentrarse sobre una información nueva y difícil, la trata y la retiene " [DUN85].

"Describe a un alumno en términos de las condiciones educativas que son más susceptibles de favorecer su aprendizaje. (...) ciertas aproximaciones educativas son más eficaces que otras para él" [HUN79].

Teniendo en cuenta estas definiciones podríamos decir que el término ‘estilo de aprendizaje’ se refiere al hecho de que cada persona utiliza su propio método o estrategias a la hora de aprender. Aunque las estrategias pueden variar según lo que se quiera aprender, cada persona tiende a desarrollar preferencias o tendencias globales que definen un estilo de aprendizaje.

A partir de estas definiciones de estilos de aprendizaje surgen también diferentes modelos de estilos de aprendizaje los cuales aportan su propia clasificación de acuerdo a características o rasgos comunes encontrados en los seres humanos a la hora de aprender. Un modelo de estilo de aprendizaje clasifica a los estudiantes de acuerdo a donde ellos se ajustan en un número de escalas que consideran la forma como ellos reciben y procesan la información. También clasifica los métodos instruccionales de acuerdo a que tan bien direccionan los componentes propuestos por el estilo de aprendizaje [FEL01].

Varios modelos de estilos de aprendizaje han sido implementados en sistemas hipermedia adaptativos educativos, la tabla No. 3 relaciona algunos SHA con el modelo de estilos de aprendizaje que se tuvo en cuenta para su implementación.

Tabla 3. Modelos de estilos de aprendizaje considerados en SHA o sistemas similares.

SISTEMA	MODELO USADO PARA ADAPTACIÓN
CS-383 [CAR99]	Felder [FEL01]
ABITS [CAP00]	
LSAS [BAJ03b]	
SPORAS [SCH05]	
WHURLE-HM [BRO06a]	
TANGOW [PAR04]	
TANGOW-WOTAN [PAR06]	
AHA! [DEB98]	Honey and Mumford's [HON86]
INSPIRE [GRI071]	
AES-CS [TRI02]	Witkin&Goodenough [WIT81]
iWEAVER [WOL02]	Dunn&Dunn [DUN85].
MOT [STA04]	Kolb [KOL84]

A partir de la Tabla No. 3 podemos ver que muchos sistemas basados en la Web han utilizado modelos de estilo de aprendizaje como herramienta para clasificar a los estudiantes y poderles proveer contenidos adaptados de acuerdo al estilo de aprendizaje que posean.

Aunque en [COF04b] se reporta que hay alrededor de 71 modelos de estilos de aprendizaje en uso, a continuación se presentarán algunos de los modelos más representativos y citados.

2.3.1 Modelo de Kolb

El modelo de estilos de aprendizaje elaborado por Kolb [KOL84] supone que para aprender algo debemos trabajar o procesar la información que recibimos. Kolb dice que, por un lado, podemos partir:

- a) de una experiencia directa y concreta: alumno activo.
- b) o bien de una experiencia abstracta, que es la que tenemos cuando leemos acerca de algo o cuando alguien nos lo cuenta: alumno teórico.

Las experiencias que tengamos, concretas o abstractas, se transforman en conocimiento cuando las elaboramos de alguna de estas dos formas:

- a) reflexionando y pensando sobre ellas: alumno reflexivo.
- b) experimentando de forma activa con la información recibida: alumno pragmático.

Según el modelo de Kolb un aprendizaje óptimo es el resultado de trabajar la información en cuatro fases: Activo, reflexivo, teórico y pragmático. En la práctica, las personas tendemos a especializarnos en una, o como mucho dos, de esas cuatro fases. De

acuerdo a las especializaciones que se dan, los alumnos se pueden clasificar en cuatro tipos, dependiendo de la fase en la que prefieran trabajar:

1. **Divergentes:** se basan en experiencias concretas y observación reflexiva. Tienen habilidad imaginativa (gestalt), es decir, observan el todo en lugar de las partes. Son emocionales y se relacionan con las personas.
2. **Convergentes:** utilizan la conceptualización abstracta y la experimentación activa. Son deductivos y se interesan en la aplicación práctica de las ideas. Generalmente se centran en encontrar una sola respuesta correcta a sus preguntas o problemas.
3. **Asimiladores:** usan la conceptualización abstracta y la observación reflexiva. Se basan en modelos teóricos abstractos. No se interesan por el uso práctico de las teorías. Son personas que planean sistemáticamente y se fijan metas.
4. **Acomodadores:** se basan en la experiencia concreta y la experimentación activa. Son adaptables, intuitivos y aprenden por ensayo y error. Confían en otras personas para obtener información y se sienten a gusto con los demás.

2.3.2 Modelo de Dunn &Dunn

Desarrollado por Rita y Kenneth Dunn en [DUN85]. Identifican 21 elementos, ver Tabla No. 2 y Figura 6, que configuran lo que podríamos llamar "gustos personales" en la forma de aprender. Este modelo se basa en la idea de que cada alumno aprende a su modo. Existen una serie de factores que condicionan el estudio (ruido, luz, temperatura, movilidad, responsabilidad, etc.) y cada uno influye en el alumno de determinada manera. Estos estímulos y elementos son:

Tabla 4. Elementos del modelo planteado por Dunn & Dunn.

ESTÍMULOS	ELEMENTOS
Estímulos Ambientales	Sonido, luz, temperatura, diseño, forma del medio.
Estímulos Emocionales	Motivación, persistencia, responsabilidad, estructura.
Estímulos Sociológicos	Trabajo personal, con uno o dos amigos, con un pequeño grupo, con adultos, con varias personas.
Estímulos Fisiológicos	Alimentación, tiempo, movilidad, percepción
Estímulos Psicológicos	Analítico-global, reflexivo-impulsivo, dominancia cerebral (hemisferio derecho-hemisferio izquierdo)

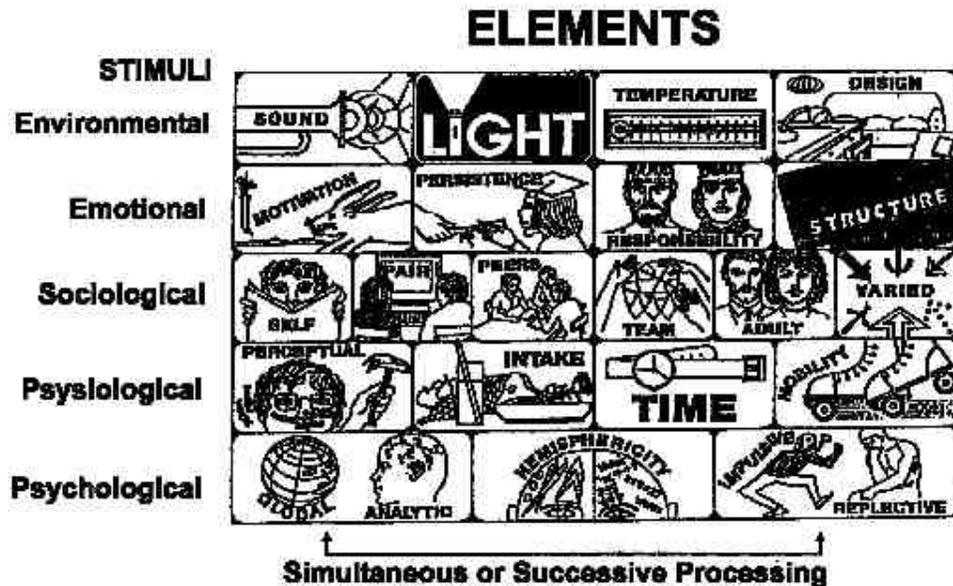


Figura. 6. Elementos del modelo planteado por Dunn & Dunn.²

2.3.3 Modelo de Honey and Munford's

Se basa en el modelo de Kolb, define nuevos términos para preferencias de estilos de aprendizaje las cuales son agrupadas en cuatro etapas en el ciclo del aprendizaje. Ha sido bastante criticado por la falta de validación. [HON86]

1. **Activos:** Los alumnos activos se involucran totalmente y sin prejuicios en las experiencias nuevas. Disfrutan el momento presente y se dejan llevar por los acontecimientos. Suelen ser entusiastas ante lo nuevo y tienden a actuar primero y pensar después en las consecuencias.
2. **Reflexivos:** Los alumnos reflexivos tienden a adoptar la postura de un observador que analiza sus experiencias desde muchas perspectivas distintas. Recogen datos y los analizan detalladamente antes de llegar a una conclusión. Para ellos lo más importante es esa recogida de datos y su análisis concienzudo, así que procuran posponer las conclusiones todo lo que pueden.
3. **Teóricos:** Los alumnos teóricos adaptan e integran las observaciones que realizan en teorías complejas y bien fundamentadas lógicamente. Piensan de forma secuencial y paso a paso, integrando hechos dispares en teorías coherentes. Les gusta analizar y sintetizar la información y su sistema de valores premia la lógica y la racionalidad.
4. **Pragmáticos:** A los alumnos pragmáticos les gusta probar ideas, teorías y técnicas nuevas, y comprobar si funcionan en la práctica. Les gusta buscar ideas y ponerlas en práctica inmediatamente, les aburren e impacientan las largas discusiones discutiendo la misma idea de forma interminable.

² Tomado de <http://www.geocities.com/~educationplace/element.html>

2.3.4 Modelo de Felder & Silverman

El modelo de estilos de aprendizaje de Felder es uno de los modelos más ampliamente citados en trabajos referentes a la temática. Su primera propuesta realizada en 1988, contaba con 10 estilos de aprendizaje identificados en estudiantes específicamente del área de la ingeniería. En el año 2001 Felder redujo su modelo a solo 8 estilos de aprendizaje por razones que se pueden consultar en [FEL01].

Para determinar el Estilo de Aprendizaje, propuso un cuestionario apropiado para estudios de ingeniería y de ciencias de la computación, conocido como el ILS (Index Learning Style, por sus siglas en inglés). Dicho cuestionario tiene 44 preguntas agrupadas en 4 grupos de 11 preguntas que corresponden a las 4 parejas de estilos de aprendizaje. Cada pregunta tiene dos alternativas de elección (a o b). Una vez finalizado el cuestionario se cuentan el número de respuestas (a) y el número de respuestas (b) para cada una de las cuatro columnas consideradas en el cuestionario. Luego se resta el valor mayor al menor y el resultado juntamente con la letra relacionada más veces, indica el grado de preferencia de un estudiante en un estilo específico.

Por ejemplo, si al contar el número de una columna resultan 7 a's y 2 b's, entonces la diferencia ($7 - 2 = 5$), y la letra seleccionada más veces (a), se utilizan para determinar el grado de preferencia del estudiante por un estilo (5a). La letra indica el estilo de preferencia en cada pareja de las 4 definidas en el modelo.

Podemos agrupar a los estudiantes dependiendo de este resultado de la siguiente manera:

- **[1-3] Preferencia leve.** El estilo de aprendizaje está balanceado
- **[5-7] Preferencia moderada.** Estudia más fácilmente si el sistema de aprendizaje favorece esta preferencia
- **[9-11] Preferencia fuerte.** Puede tener dificultades si el sistema de aprendizaje no soporta esta preferencia

Felder en [FEL88] y [FEL01] clasifica a los estudiantes considerando cinco categorías:

- Sensitivos / Intuitivos
- Visuales / Verbales
- Inductivos / Deductivos (esta categoría fue eliminada en [FEL01])
- Activos / Reflexivos
- Secuenciales / Globales

A continuación se presentan las características de cada uno de los estilos propuestos por Felder en [FEL01]. Adicionalmente se listan algunas sugerencias para la presentación del material en cada uno de los estilos.

a. Características

En la Tabla 5 se enumeran las características presentadas por los estudiantes que tienen una marcada tendencia hacia un Estilo de Aprendizaje en particular.

Tabla 5. Características de estudiantes con predominio de un estilo de aprendizaje.

ESTILO DE APRENDIZAJE	CARACTERÍSTICAS
Sensitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Tendencia a preferir el aprendizaje de hechos -Frecuentemente le gusta resolver problemas a través de métodos bien establecidos y le desagradan las complicaciones o sorpresas - Tiende a ser paciente con detalles, fácil para memorizar hechos y realizar trabajo manual o de laboratorio - Tiende a ser más práctico y cuidadoso que los intuitivos - No le agradan los cursos sin ninguna aparente conexión con el mundo real
Intuitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuentemente prefieren descubrir posibilidades y relaciones - Les agrada la innovación y les desagrada la repetición - Generalmente se desempeñan mejor que los sensitivos aprendiendo nuevos conceptos y se sienten más cómodos con abstracciones y formulaciones matemáticas - Tienden a trabajar más rápidamente y a ser más innovadores que los sensitivos - No les agradan los cursos que envuelven demasiada memorización y cálculos rutinarios
Visual	<ul style="list-style-type: none"> - Tienden a recordar mejor lo que ellos han visto (pinturas, diagramas, organigramas, flujos de caracteres, películas, demostraciones)
Auditivo (Verbal)	<ul style="list-style-type: none"> - Generalmente obtiene mayores beneficios de palabras, bien sea escritas o explicaciones habladas
Activo	<ul style="list-style-type: none"> - Tienden a retener mejor la información haciendo algo activo como discutir o explicar a otros. " Permíteme probar eso y ver como funciona" - Generalmente les agrada trabajar en grupo
Reflexivo	<ul style="list-style-type: none"> - Tienden a retener y comprender mejor la información cuando han pensado en eso primero. "Permíteme pensar en eso primero". - Prefieren generalmente trabajar solos
Secuencial	<ul style="list-style-type: none"> - Tiende generalmente a comprender de manera lineal por pasos. Cada paso sigue a otro de manera lógica - Tiende a seguir pasos lógicos en la búsqueda de soluciones
Global	<ul style="list-style-type: none"> - Tienden a aprender dando grandes saltos, absorbiendo la mayoría del material de manera randómica y sin ningún orden y repentinamente lo comprenden todo - Pueden ser hábiles para resolver problemas complejos de manera rápida o uniendo cosas de manera novedosa una vez que ellos han visto el esquema global del material. - Frecuentemente les cuesta trabajo explicar la manera como obtuvieron la solución

b. Como debe ser presentado el material

En la Tabla 6 se describe el formato en el cual se debe presentar la información para lograr una mejor percepción y procesamiento por parte del estudiante dependiendo de su estilo de aprendizaje.

Tabla 6. Que material presentar dependiendo del estilo de aprendizaje.

ESTILO DE APRENDIZAJE	MATERIAL
Sensitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Información concreta (hechos, datos, experimentos reales o hipotéticos) - Hacer énfasis en métodos prácticos de solución de problemas siguiendo patrones (observación del contexto, experimentación empírica y atención a detalles) - Seguir el método científico en la presentación del material teórico. Proveer ejemplos concretos de un fenómeno que la teoría describe o predice - Usar gráficos, pinturas, esquemas, y bosquejos simples antes, durante y después de la presentación de material verbal - Mostrar películas - Proveer demostraciones
Intuitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar conceptos abstractos (principios, teorías, modelos matemáticos) - Ilustraciones explícitas de patrones intuitivos (Inferencia lógica, reconocimiento de patrones, generalización) - Énfasis en la presentación de los fundamentos - Seguir el método científico en el desarrollo de teorías o formulación de métodos
Visual	<ul style="list-style-type: none"> - Usar libremente pinturas, esquemas, gráficos y bosquejos antes, durante y después de la presentación de material verbal - Mostrar películas - Proveer demostraciones
Auditivo (Verbal)	<ul style="list-style-type: none"> - Sonidos
Activo	<ul style="list-style-type: none"> - Material que haga énfasis en métodos prácticos para la solución de problemas - Trabajo manual
Reflexivo	<ul style="list-style-type: none"> - Énfasis en la presentación de los fundamentos
Secuencial	<ul style="list-style-type: none"> - Seguir el método científico en lo referente al desarrollo de teorías o formulación de métodos; mostrando como la teoría o el método pueden ser validados y deduciendo sus consecuencias
Global	<ul style="list-style-type: none"> - El material debe proveer una visión global en la estructura del curso

El modelo de estilos de aprendizaje de Felder ha sido uno de los más citados y utilizados en el desarrollo de SHA. Trabajos como los descritos en [CARR99], [BAJ03b], [CAR99], [MOO01], [ZAK02], [SUN05a], [SUN05b], [SUN05c], [PEÑ02a], [CAP05] y [SCH05], entre otros, han considerado dicho modelo como factor determinante para realizar las adaptaciones en el sistema.

Es importante mencionar que hemos encontrado resultados como los presentados en [BRO06b] que ponen en duda la efectividad aparente del uso de estilos de cognitivos en los SHA. Sin embargo, estos mismos autores plantean que los resultados pueden estar sesgados, no solo porque la evaluación se hizo con un modelo de estilos de aprendizaje incompleto, sino también porque el modelo del usuario utilizado fue estático.

Aunque hemos identificado la existencia de los estilos de aprendizaje y la importancia de ellos en los procesos de enseñanza aprendizaje, a partir de nuestra experiencia y luego de haber analizados resultados provenientes de fuentes entre la que podemos citar [BRU07], en esta tesis se ha omitido el uso del estilo de aprendizaje dentro de las variables utilizadas para la construcción del modelo de usuario. Las razones serán presentadas en el capítulo IV.

2.4 Sistema de Administración de Aprendizaje

Un LMS (Learning Management Systems) también denominado CMS (Course Management Systems) es un software que automatiza la administración de acciones de formación. Un LMS registra usuarios, organiza los diferentes cursos en un catálogo, almacena datos sobre los usuarios, provee informes para la gestión y suministra al instructor un mecanismo para crear y distribuir contenido, monitorear la participación de los estudiantes y evaluar su desempeño. También suelen ofrecer a los estudiantes el uso de mecanismos de interacción como foros de discusión, videoconferencias o servicios de mensajería instantánea.

Un LMS generalmente no incluye posibilidades de autoría (crear sus propios contenidos) y se centra en gestionar contenidos creados por gran variedad de fuentes diferentes. La labor de crear los contenidos para los cursos es desarrollada mediante un LCMS (Learning Content Management Systems).

Un LCMS se encarga de la creación, reusabilidad, localización, desarrollo y gestión de contenidos formativos. Los contenidos son generalmente almacenados en un repositorio en la forma de pequeños objetos de aprendizaje, únicos y autodescriptivos, cada uno de los cuales satisface uno o más objetivos formativos bien definidos. Aunque muchas de las plataformas revisadas son definidas explícitamente como LMS, algunas de ellas incorporan módulos que permiten funcionalidades como las descritas por los LCMS, por lo cual aquí los denominaremos en forma genérica como LMS.

Un LMS, podemos decir que permite el registro de estudiantes, la entrega de actividades de aprendizaje y la evaluación en ambientes online. Algunos más especializados pueden incluir herramientas como administración de competencias, planificación de sesiones, certificación y alojamiento de recursos tales como salones, documentos, instructores, etc.

Los LMS son construidos utilizando una gran variedad de plataformas y usualmente usan bases de datos robustas. Existen muchos sistemas comerciales pero en los últimos años ha habido un incremento sustancial de las alternativas de código abierto, lo cual ha posibilitado un campo de investigación y desarrollo muy atractivo.

Algunos LMS comerciales son Blackboard (quien se unió con WebCT), frontier, Desire2Learn Inc, Lotus Learning Management System, LearnFlex™, y SumTotal entre otros. Sin embargo, nuestro interés se centra en LMS de código abierto, los cuales consideramos ideales para el desarrollo de investigaciones en el campo de la educación, que permitan el uso efectivo y eficiente de la TICs en tales ambientes.

A continuación realizamos una breve descripción de algunos de los LMS de código abierto más conocidos:

- **.LRN** [LRN] conocido también como dotLRN, desarrollado inicialmente por el MIT. .LRN está respaldado en la actualidad por un consorcio mundial de instituciones

educativas, organizaciones sin ánimo de lucro, empresas y desarrolladores de código abierto. .LRN es apropiada para comunidades de aprendizaje e investigación, pues tiene capacidades de gestión de cursos, comunidades on-line, gestión de contenidos y del aprendizaje. Las instituciones miembros del consorcio trabajan juntas para apoyar los avances de cada uno y acelerar y ampliar la adopción y el desarrollo de .LRN. El consorcio asegura la calidad del software certificando componentes como .LRN-compliant, a través de planes de desarrollo del software coordinados y manteniendo los lazos con OpenACS, el Kit de herramientas de código abierto que forman la base de .LRN. Los miembros pagan una cuota por participar en el consorcio OpenACS, pero cualquiera puede convertirse en certificado y contribuir.

- **Moodle** [MOO]. Moodle es un paquete de software para la producción de cursos basados en Internet, viene del acrónimo Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, que es sobre todo útil para programadores y educadores teóricos. Ha sido diseñado para soportar un marco de trabajo educativo basado en la filosofía social constructivista. Es un gestor de contenidos que mantiene los contenidos centralizados en una base de datos y que facilita los contenidos a los estudiantes a través de una interface Web. Moodle permite la creación de contenidos, la comunicación entre los usuarios y el seguimiento de las actividades realizadas. Moodle se puede instalar en cualquier Web server con un intérprete de PHP y completo soporte para el uso de los manejadores de bases de datos MySQL y PostgreSQL.
- **Claroline**. [CLA]. El proyecto Claroline, fue iniciado en el 2000 en la Universidad de Louvain (Bélgica) por Thomas De Praetere y fue soportado económicamente por la fundación Louvain. Claroline ha sido desarrollado siguiendo las experiencias pedagógicas y necesidades de los profesores. La plataforma se puede personalizar y ofrece un ambiente de trabajo flexible y hecho a la medida. Claroline es otra plataforma de código abierto, basada en PHP y MySQL, para la administración de aprendizaje. Este sistema es un entorno de aprendizaje colaborativo que permite a los profesores o instituciones educativas, crear y administrar cursos a través de la Web. Además permite estructurar cursos, almacenar material y administrar las actividades de los estudiantes, brindándole al profesor la total libertad para estructurar y configurar los cursos sobre la Web. Así, el estudiante puede ver el material del curso en diferentes formatos (por ej. documentos Word, PDFs, páginas HTML, etc.). El proceso de aprendizaje individual como está contemplado en esta herramienta utiliza lecturas y/o documentos en formatos diferentes.
- **Sakai**. La fundación Sakai [SAK], es una organización sin ánimo de lucro que se dedica a coordinar actividades en torno a dicho proyecto y a su comunidad para asegurar la viabilidad del mismo a largo plazo. Sakai nació como una iniciativa del consorcio uPortal [uPortal] y cuatro universidades norteamericanas (Indiana, Michigan, MIT y Stanford), en enero del 2004, para integrar las funcionalidades de un entorno virtual de enseñanza/aprendizaje en un portal institucional. El proyecto de Sakai, Collaboration and Learning Environment (CLE), es un entorno modular de código fuente abierto, cuyo objetivo es integrar diversas funcionalidades del e-Learning en un portal académico. La fundación tiene un número de personas que se encargan de la coordinación de las actividades, incluido un director ejecutivo de tiempo completo quien gestiona la operación diaria de la fundación. El personal de Sakai provee coordinación entre un número de actividades incluidas: administración de proyectos, aseguramiento de la calidad, gestión de lanzamientos de nuevas versiones y planificación de conferencias.

Aunque todos los LMS tienen funcionalidades similares, la diferencia real de ellos para nuestro trabajo radica en la posibilidad de permitir flexibilidad para incorporar nuevas características que permitan una personalización de los entornos de trabajos

considerando aspectos individuales de los estudiantes. Esto depende de la forma como han sido desarrollados y mantenidos, pues como hemos visto en los ejemplos presentados estos proyectos son desarrollados generalmente por grandes comunidades que van trabajando de manera conjunta en el mejoramiento de diferentes aspectos. Por lo tanto, la coordinación es un proceso que garantizará o no la escalabilidad de los proyectos sin perder la flexibilidad para poder realizar mejoras posteriores.

Como ya hemos visto, la lista de LMS comerciales y no comerciales es extensa, por lo cual elegir uno se puede convertir en un verdadero problema. Sin embargo, trabajos como el de Carrillo et al. en [CAR03], no solo dan información sobre importantes entidades y herramientas que realizan evaluaciones de LMS, sino que también nos proporcionan un modelo para la caracterización de LMS que permite realizar evaluaciones de LMS que sean de nuestro interés.

Algunos de las evaluaciones tenidas en cuenta en [CAR03] son las realizadas por EduTools [EduTools], EDUTECH [Edutech], MARSHALL [MAR] y el Grupo Tadel. De estas, la del Grupo Tadel ya no se encuentra disponible, pero otras como EDUTECH siguen realizando evaluaciones que nos orientan a la hora de elegir un LMS. En el año 2003, este organismo únicamente contenía evaluaciones de LMS comerciales, sin embargo, debido al gran auge de herramientas de código abierto, esta tarea fue extendida y en el año 2005 se presentó una evaluación que definía los siguientes criterios:

1. Soporte a múltiples lenguajes.
2. Múltiples sistemas operativos.
3. Ambientes integrado de aprendizaje heterogéneo.
4. Desarrollo activo, con por lo menos dos desarrolladores permanentes.
5. Comunidad activa.
6. Disponibilidad de herramientas de aprendizaje básicas.
7. Disponibilidad de documentación básica.

De acuerdo a esta evaluación, solo seis LMS cumplieron estos criterios, ATutor, Claroline, dotLRN, Moodle y OLAT. Todos estos sistemas proveen funcionalidades básicas tales como herramientas para los estudiantes (comunicación, productividad, participación del estudiante) y herramientas de soporte (administración, entrega de cursos, desarrollo de contenido) de acuerdo a las categorización de características definida por EduTools.

Sin embargo, hay tres elementos de mayor importancia para las instituciones de educación superior que no son consideradas en esta evaluación. Adaptatividad, reusabilidad y accesibilidad. Aunque la adaptatividad actualmente no es soportada completamente por ningún sistema, de acuerdo a [KAR06], Moodle y dotLRN son los LMS mejor preparados para soportarla.

Por otra parte los otros dos aspectos reusabilidad y accesibilidad, en términos de soporte a estándares, son analizados en [SAN06]. Este análisis concluye que solo dotLRN soporta un gran rango de estándares educacionales tales como el modelo de referencia SCORM y las especificaciones de IMS, así como, garantiza dentro de sus funcionalidades requerimientos de accesibilidad.

Por lo anterior consideramos que dotLRN sería el LMS apropiado para integrarlo con la plataforma multi-agente y de esta manera lograr la adaptatividad en entornos educativos virtuales, no conseguida aún en tales plataformas. Para mayor detalle de las características y ventajas de dotLRN puede referirse a [SAN07a].

2.5 Estándares

Un estándar es un formato, método o tecnología, que ha sido ratificado por un organismo reconocido de estandarización. Por ejemplo las organizaciones internacionales (ISO, International Organization for Standardization - IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers) y nacionales como (BSI, British Standards). El único organismo de estandarización en e-Learning es el LTSC (Learning Technology Standards Committee) de la IEEE y sus estándares serán luego adoptados por la ISO.

En la terminología usada para referirse a estándares en e-Learning, suelen usarse de manera indistinta los términos, especificación, modelo de referencia y estándar. Sin embargo hay una gran diferencia en ellos, pues una especificación puede ser útil como un estándar de hecho mientras es identificada la necesidad y es ratificado un estándar relevante, sin embargo, una especificación no ha sido reconocida oficialmente por ningún organismo. Por. Ejemplo IMS (IMS Global Learning Consortium).

En el caso de los modelos de referencia, hacemos referencia a un grupo de estándares y especificaciones que son unidas por grupos u organizaciones con el objeto de sacar el máximo provecho de unos y otros. En la Figura 7 se puede ver la relación existente entre estándares, especificaciones y modelos de referencia.

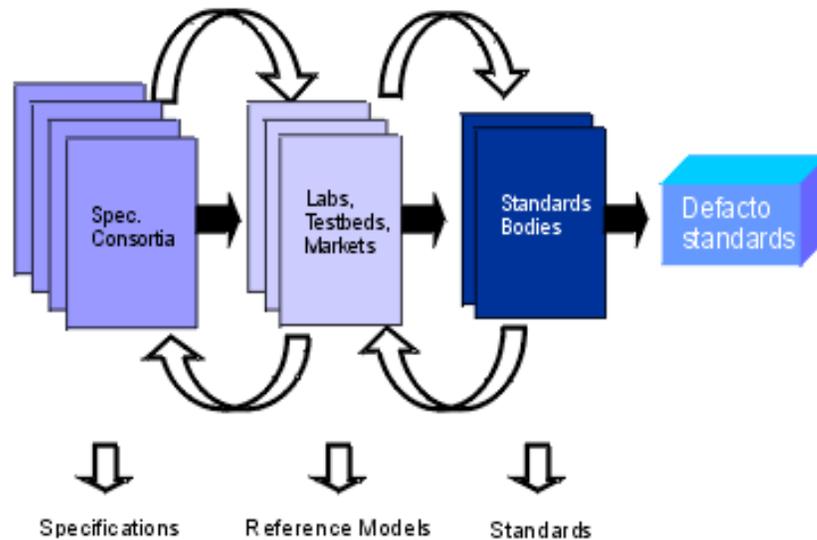


Figura 7. Relación entre Especificaciones, Modelos de Referencia y Estándares³.

Tanto estándares, especificaciones y modelos de referencia en e-Learning son diseñados entre otras cosas para facilitar:

- La descripción: forma técnica como debe especificarse el producto para poder ser leído y comprendido por el computador,
- El empaquetado: describe como agrupar objetos separados y como ellos son transportados e instalado en el lugar correcto,
- La secuenciación: orden en el cual los objetos de aprendizaje tales como materiales y actividades son entregados a los usuarios finales,

³ Tomado de <http://www.cetis.ac.uk>. 2007.

- La entrega y accesibilidad de contenido educacional, actividades de aprendizaje e información del aprendiz.

2.5.1 Principales participantes en el desarrollo de estándares, especificaciones y modelos de referencia en el campo de la educación.

Existen diferentes organismos interesados en la definición de estándares que permitan un lenguaje común para la comunicación entre distintas plataformas de e-Learning. Algunas de ellas son mencionadas a continuación.

IMS, Global Learning Consortium [IMS]. Consorcio de vendedores y desarrolladores quienes han enfocado su trabajo en el desarrollo de especificaciones basadas en XML. Estas especificaciones describen las principales características de cursos, lecciones, evaluaciones, aprendices y grupos. Adicionalmente las especificaciones XML y las guías sobre las mejores prácticas proveen una estructura para la representación de meta-datos (datos sobre datos) en e-Learning. Este grupo ofrece una aproximación disciplinada para describir los diversos recursos y proveer un grupo común de elementos que pueden ser intercambiados entre múltiples sistemas. Los meta-datos permiten búsquedas de recursos de aprendizaje, así como intercambio y mantenimiento de los mismos.

ADL, Advanced Distributed Learning [ADL], es una organización respaldada por el gobierno de los Estados Unidos, que investiga y desarrolla especificaciones para impulsar la adopción y el avance del e-learning. La combinación de investigaciones y recomendaciones ayudan a introducir las especificaciones en los estándares. La publicación de ADL más aceptada es SCORM (Shareable Content Object Reference Model). SCORM combina elementos de IEEE, AICC, IMS, y ARIADNE. ADL le agrega valor a los estándares existentes, pues provee ejemplos, mejores prácticas y clarificaciones que ayudan a los proveedores y desarrolladores de contenidos a implementar especificaciones de e-Learning de una manera consistente y reusable.

DCMI, Dublin Core Metadata Initiative [DCMI], es una organización dedicada a promocionar la masiva adopción del estándar meta-data. Desarrolla vocabulario especializado para meta-data, el cual sirve para describir recursos y de esta forma habilitar sistemas para descubrir la información de manera más inteligente.

AICC (Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee), [AICC], es una asociación internacional de profesionales de entrenamiento basados en tecnología. El AICC desarrolla las pautas para la industria de la aviación en el desarrollo, la entrega, y la evaluación del CBT y de las tecnologías de entrenamiento relacionadas.

IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE] es una organización internacional que desarrolla estándares técnicos y recomendaciones para sistemas de eléctricos, electrónicos, computarizados y de comunicaciones. Las especificaciones de la IEEE se adoptan extensamente y se convierten en estándares internacionales. Dentro de la IEEE, el comité de estándares en tecnología de aprendizaje Learning Technology Standards Committee [LTSC] proporciona especificaciones que direccionan las mejores prácticas, la cuales pueden ser probadas para conformidad. La especificación más ampliamente conocida del IEEE LTSC es LOM, la cual define elementos y grupos de elementos que describen recursos de aprendizaje. Tanto IMS y ADL usan LOM en sus especificaciones de elementos y estructuras.

OUN (Open University of the Netherlands) [OUN], fueron los desarrolladores del Lenguaje de Modelado Educacional (EML, Educational Modelling Language), actualmente ha pasado a formar parte de IMS LD.

International Standards Organization (ISO) [ISO], Sub Committee 36 (SC 36). ISO es el desarrollador líder en el mundo de estándares internacionales. Los estándares ISO especifican los requerimientos para el estado del arte de los productos, procesos, materiales y sistemas y para una buena evaluación de conformidad desde la perspectiva directiva y administrativa.

ARIADNE [ARIADNE]. Es una asociación Europea que busca facilitar la reutilización y el intercambio de conocimiento. El núcleo de la infraestructura de Ariadne es una red distribuida de repositorios de aprendizaje. La fundación de ARIADNE fue creada para explotar y seguir los desarrollos de los proyectos europeos ARIADNE y ARIADNE II, los cuales crearon herramientas y metodologías para la producción, administración y la reutilización de elementos pedagógicos basados en computador y soportados por redes telemáticas de prueba. La validación de las herramientas y conceptos tuvo lugar en sitios académicos y corporativos en toda Europa. Muchos de ellos continúan sobre la base de los resultados obtenidos, motivados por la idea de desarrollos no comerciales en esta área.

2.5.2 *Estándares de la IEEE en e-Learning*

En el campo del e-Learning los estándares reconocidos por la IEEE aún no son tan números como las especificaciones que para diferentes aspectos se han desarrollado y se utilizan hoy en día en las distintas plataforma de educación virtual. Algunos de los estándares que han sido reconocidos por IEEE en e-Learning son:

- IEEE Learning Object Metadata [LOM]: Este estándar fue trabajado en conjunto con IMS (Global Learning Consortium). Especifica la sintaxis y semántica de meta-datos de objetos de aprendizaje (LOM). Define los atributos requeridos para describir completa y adecuadamente un objeto de aprendizaje. Un objeto de aprendizaje es definido como cualquier entidad, digital o no digital, la cual puede ser usada o referenciada durante el aprendizaje soportado por tecnología.
- IEEE API 1484.11.2. Fue trabajado con la AICC. Este estándar describe una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, application-programming interface) para servicios de comunicación en tiempo de ejecución de los contenidos.
- IEEE Data Model 1484.11.1 : Este estándar fue trabajado de manera conjunta con la AICC (Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee). Este estándar describe un modelo de los datos para apoyar el intercambio de los elementos de datos convenidos y de sus valores entre los objetos de aprendizaje de contenidos relacionados y los servicios en tiempo de ejecución usados para apoyar a la administración del e-Learning.
- IEEE XML Binding of Data Model 1484.11.3: El propósito de este estándar es permitir la creación de instancias de modelos de datos (IEEE 1484.11.1) en el Lenguaje de definición de esquemas XML (eXtensible Markup Language) del W3C (World Wide Web Consortium), para la codificación de los modelos de datos. Esto permite la interoperabilidad y el intercambio de los mismos entre diferentes sistemas.

2.5.3 *Especificaciones del IMS*

El IMS ha definido un gran número de especificaciones entre las que podemos resaltar:

- **IMS Learning Resource Meta-Data [LRM]:** Describe la manera de representar en XML los meta-datos definidos en IEEE LTSC.
- **IMS Content Packaging [CP]:** Describe cómo empaquetar y transferir contenido. De éste modo los LMS conocen cómo está estructurado el contenido y cómo lo deben

- mostrar. Usa XML para describir cómo está realizado el contenido. Se trata de una parte importante de SCORM.
- **IMS Simple Sequencing [SS]:** Describe distintos caminos a seguir para un conjunto de fuentes de aprendizaje. Incluido en SCORM versión 1.3.
 - **IMS Question and Test Interoperability [QTI]:** Describe la forma como pueden describirse los cuestionarios, test y sus resultados en XML.
 - **IMS Learning Desing [LD]:** Describe el modo de especificar distintas estrategias de aprendizaje y cómo las fuentes de aprendizaje encajan dentro de éstas estrategias. Basado en EML (Educational Modelling Language) desarrollado por la Open University of the Netherlands.
 - **IMS Learner Information Package [LIP]:** Describe los perfiles de los estudiantes.
 - **IMS Enterprise Service [ES]:** Describe un conjunto de servicios Web para trabajar con las relaciones entre estudiantes, cursos y grupos.
 - **IMS Access For All [ACCMD]:** Direcciona la entrega de recursos que satisfagan todas las necesidades de los usuarios. La especificación Access For All Meta Data divide los recursos en dos grupos: recursos primarios y recursos alternativos equivalentes. El primer grupo está disponible por defecto para una competencia específica. El segundo grupo está disponible para la misma competencia pero en formatos diferentes.
 - **IMS ACCLIP [ACCLIP]:** Es una especificación que provee mecanismos para que las preferencias de accesibilidad de un estudiante sean caracterizadas y de esta manera el/los sistema(s) puedan proveerle recursos más ajustados a sus necesidades.
 - **IMS Reusable Definition of Competence or Educational Objective [RDCEO]:** Esta especificación define un modelo de información para describir, referenciar e intercambiar definiciones de competencias, principalmente en el contexto de la educación en línea y distribuida. En esta especificación la palabra competencia se usa en un sentido general lo cual permite que pueda ser utilizada independientemente del contexto de uso. Permite representar las principales características de una competencia, lo que favorece la interoperabilidad entre sistemas de aprendizaje.

De todas las especificaciones del IMS la de mayor relevancia para este trabajo es IMS-LD [LD], puesto que junto con SCORM [SCORM] se convierten en alternativas para la caracterización de unidades de aprendizaje, componentes esenciales en entornos de aprendizaje adaptativos. A continuación se presentan en mayor detalle la especificación IMS-LD y el modelo de referencia SCORM.

2.5.4 *IMS Learning Design*

Se trata de una descripción basada en XML sobre el e-Learning. Proporciona un marco global para la inclusión de la descripción de los diferentes modelos de aprendizaje pedagógicos y metodológicos. Por lo tanto, IMS-LD es independiente de una pedagogía concreta o metodología. El archivo XML que es compatible con IMS-LD especifica un conjunto de actividades de aprendizaje (que usualmente se relacionan con un conjunto de recursos y servicios), cómo y cuándo pueden hacer estas actividades y con qué condiciones. Por lo tanto, establece una secuencia de actividades para cada rol. Una unidad de aprendizaje (unit of learning o UoL), tal como se definen en las especificaciones de IMS-LD, es un término abstracto utilizado para referirse a cualquier pieza delimitada de la educación o la formación, como un curso, un módulo, una lección, etc.

Un Learning Design (LD) es la descripción de un método que habilita a los estudiantes a alcanzar ciertos objetivos desempeñando diversas actividades de aprendizaje en un cierto orden y en el contexto de un cierto ambiente de aprendizaje.

El IMS-LD en su primer nivel (nivel A) garantiza la definición de los roles que podrían jugar los actores del proceso, la definición de diferentes tipos de actividades y la creación de los ambientes (o entornos) que conforman esas actividades. Dichos ambientes podrán tener asociados objetos de aprendizaje, servicios y escenarios colaborativos con los que el estudiante podrá ir logrando los objetivos de aprendizaje propuestos. El segundo nivel del LD (nivel B) permite la definición de propiedades que como mostraremos más adelante pueden ser usadas con fines de adaptación de los diseños generados. Estas propiedades pueden ser locales o globales dependiendo de si afectan a un curso específicamente o a la actuación del estudiante en la plataforma en general. También pueden ser personales, de roles o generales, en función del tipo de actor que se vea afectado. Finalmente el nivel C permite la definición de mecanismos de notificaciones entre roles.

2.5.5 *Modelo de Referencia SCORM*

SCORM (Shareable Content Object Reference Model), es una suite de estándares técnicos que habilitan a los sistemas de aprendizaje basados en la Web para encontrar, importar, compartir, reutilizar y exportar contenidos en una forma estandarizada. Definen como los elementos de instrucción individuales son combinados a nivel técnico y un conjunto de condiciones necesarias para que el software use los contenidos. Este estándar usa XML y se basa en los trabajos hechos por los grupos ADL, AICC, IMS, IEEE, ARIADNE, entre otros. Está organizado en tres libros:

- SCORM CAM (Content Aggregation Model), este libro describe los componentes usados en un proyecto de e-Learning, la forma de empaquetarlos para el intercambio entre sistemas, de describirlos para posibilitar la búsqueda y el descubrimiento de recursos y de definir la información para la secuencia de los componentes. SCORM CAM promueve una manera consistente de almacenamiento, etiquetado, empaquetado, intercambio y descubrimiento de contenidos de aprendizaje.
- SCORM RTE (Run Time Environment), provee un medio para la interoperabilidad entre SCOs (Share Content Object) y LMSs, es decir que los contenidos de aprendizaje se puedan mover a través de múltiples LMS independientemente de las herramientas usadas para crear el contenido. Para que esto sea posible, debe haber una forma común para lanzar contenidos, una forma común para la comunicación entre los contenidos y los LMS y unos elementos de datos predefinidos que son intercambiados entre LMS y contenidos durante la ejecución.
- The SCORM SN (Sequencing and Navigation), este libro está basado en la especificación Simple Sequencing (SS) de IMS Versión 1.0, la cual define un método para representar el comportamiento esperado de cualquier experiencia de aprendizaje creada de tal forma que cualquier LMS conforme con SCORM ordenará actividades de aprendizaje discretas de una manera consistente.

Tanto IMS-LD como SCORM fueron consideradas para la construcción de la unidades de aprendizaje a utilizarse en el entorno de aprendizaje virtual adaptativo, sin embargo, de acuerdo a lo encontrado en [VEL08a], se pudo constatar que la especificación IMS-LD está mejor preparada para la construcción de unidades de aprendizaje adaptativas a partir de variables de adaptación de naturalezas diversas, tales como las consideradas en el Modelo de Usuario Integral que en este trabajo se define.

Todo lo previamente expuesto busca dar mayor claridad de conceptos y organizaciones que están presentes en el desarrollo de estándares en E-learning. Ahora bien, ¿por qué considerar estándares en nuestro trabajo? La respuesta a esto es porque pueden aportar a nuestro proyecto reusabilidad, portabilidad e interoperabilidad entre

diferentes desarrolladores, plataformas y usuarios. Además los estándares permiten a los LMS compartir contenidos en e-Learning, facilitando la accesibilidad y búsqueda de dichos contenidos [MIK06]. Esto es muy importante en nuestro trabajo porque con el uso de estándares podemos facilitar que los contenidos generados puedan ser probados sobre cualquier LMS y además puedan ser usados posteriormente en futuras pruebas tanto de este como de otros trabajos.

Por otra parte, tal como se expresa en [SAN03] y en [BRU04a], existen algunos inconvenientes cuando se intenta hacer uso de estándares, especificaciones o modelos de referencia en Sistemas de Aprendizaje Adaptativo (ALS, Adaptive Learning Systems), pues el avance de ellos aún es deficiente en cuanto a facilidades para realizar adaptaciones de contenidos que consideren las particularidades del usuario. Sin embargo, creemos que estas debilidades se irán corrigiendo a mediano plazo y que además el uso de ellos es parte de un proceso de mejoramiento pues permite la detección de posibles mejoras en nuevas versiones. La forma como en este trabajo se relacionaron especificaciones, estándares y el modelo de estudiante se presenta en el capítulo IV.

2.6 Conclusiones

Este capítulo presenta un resumen de los principales referentes teóricos de la tesis. Los aspectos considerados fueron la adaptatividad en entornos heterogéneos, los SHA y sus principales componentes, específicamente el modelo de usuario. Adicionalmente se presenta una revisión de diferentes modelos de estilos de aprendizaje, LMS y estándares en e-Learning.

La adaptatividad en entornos heterogéneos describe la compleja realidad de los entornos Web desde el punto de vista de las particularidades que tienen usuarios y tecnologías que convergen en la Web.

Los SHA han aportado diferentes alternativas para abordar el problema de la heterogeneidad de usuarios y tecnologías en la Web. Los principales componentes de un SHA según De Bra en [DEB99] son: el modelo de la adaptación, del dominio y del usuario. El modelo de usuario fue revisado en detalle pues es el corazón de la adaptatividad en un SHA. La razón es que en él se definen las variables de adaptación y los efectos que se producirán en el sistema de acuerdo a los valores que dichas variables tomen.

Dependiendo de aspectos como el área donde se usan o la naturaleza de la información que almacenan, un modelo de usuario puede ser nombrado de diferentes formas. Una fuente importante para clasificar modelos de usuarios es el trabajo de Brusilovsky y Millan [BRU07], el cual ha sido utilizado para la construcción de la tabla resumen de clasificaciones de modelos de usuario presentada en este capítulo. Se destaca que para los modelos de usuarios en entornos educativos es común el uso del término modelo de estudiante en lugar del genérico modelo de usuario.

Otro aspecto estudiado en esta tesis sobre los modelos de usuario, concretamente en entornos educativos, hace referencia a la propiedad de ser cerrado o abierto al estudiante. Los resultados de trabajos que han abierto el modelo de usuario a los estudiantes sugieren que es un componente que debería ser considerado en un sistema hipermedia adaptativo educativo.

Una variable que ha sido considerada reiteradamente en los modelos de usuario en entornos educativos ha sido el estilo de aprendizaje, por esta razón en la fase de revisión bibliográfica se realizó un trabajo teórico que nos permitió conocer detalles sobre diferentes modelos de estilos de aprendizaje y a partir de allí analizar la viabilidad técnica y los beneficios educativos que estas variables podrían aportar a los entornos educativos.

Otros aspectos un poco más generales pero que consideramos importantes para ser considerados en este trabajo son los relativos a las tecnologías consideradas y los

estándares y especificaciones en e-Learning. Sobre cada uno de estos temas, LMS y estándares se ha presentado una descripción general y posteriormente se abordó con mayor detalle los que fueron utilizados en esta tesis.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

3.1 Trabajos Relacionados en SHA y Áreas Afines

Paralelo a los referentes teóricos presentados en el capítulo II se realizó un trabajo de revisión y clasificación, de acuerdo a varias características, de trabajos desarrollados en el área de los SHA y áreas afines, más concretamente en el campo educativo. En estos trabajos se tuvo en cuenta el tipo de sistema desarrollado de acuerdo a [OPP97], si el modelo de usuario es abierto o no a los estudiantes, si consideraban o no estándares y si el sistema/prototipo desarrollado era una herramienta genérica, a partir de la cual se podía crear o subir otros cursos adaptativos, o si eran sistemas diseñados para un curso adaptativo específico.

Adicionalmente se desarrolló una revisión detallada de los trabajos desarrollados en el grupo BCDS en el campo de sistemas hipermedia adaptativos educativos.

3.1.1 *Sistemas Hipermedia Adaptativos en la Educación (SHAE)*

Los sistemas adaptativos han tenido un gran auge desde 1996 cuando Brusilovsky en su artículo [BRU96a], presentó un estado del arte de dicha tecnología. Desde ese entonces muchos investigadores se han interesado por la temática. Sin embargo, alrededor de los SHA se han desarrollado diferentes variantes de la tecnología, las cuales incorporan o combinan nuevas tecnologías con las existentes. Estos nuevos híbridos de tecnologías han dado origen a diferentes denominaciones [BRU98a], para referirse a sistemas adaptativos que entregan contenido hipermedia educativo, algunas de estas denominaciones son AWBES (Adaptive Web-Based Educational Systems), AES (Adaptive Educational Systems), y AEH (Adaptive Educational Hypermedia) entre otras. Dentro del grupo de trabajos que se presentan a continuación pueden encontrarse las denominaciones mencionadas y aunque no hayan sido nombradas por el autor como SHA, en nuestra evaluación hemos determinado que por sus características puede incluirse en este grupo.

3.1.2 *SHAE antes de 1996*

Antes de 1996 los desarrollos en SHA no fueron muy significativos, algunos se basaron solamente en la interacción con el usuario, en el marco de la relación hombre-máquina. Algunas aplicaciones interesantes son, ITEM/PG, ISIS-Tutor y ELM-ART en su primera versión, la cual posteriormente a 1996 tuvo un avance importante:

- **ITEM/PG** [BRU93]. Este es un sistema para un curso de estudiantes de Geografía Física. Su objetivo pedagógico es aprender las relaciones entre los diferentes componentes de un complejo natural de una isla, localizada en alguna parte del norte del océano Atlántico. Todos los componentes del complejo natural se encuentran relacionados de alguna forma, los cuales pueden ser explorados y por consiguiente aprendidos. Este sistema ya incorpora el soporte a la navegación adaptativa. El modelo del estudiante es usado para adaptar la representación de la pantalla de los enlaces a los nodos relacionados. Aplicando al modelo del estudiante, el componente del hipermedia distingue cuatro tipos de estados de conocimiento indicando para cada nodo: no listo para ser aprendido, (es decir los nodos que tienen los nodos de requisito previo de no aprendido), listo-a ser aprendido, conocido y muy conocido.
- **ISIS-Tutor** [BRU94a]. Este sistema es un ambiente de aprendizaje individual para apoyar el aprendizaje del lenguaje de formateo de impresión de la herramienta de recuperación de información CDS/ISIS. Este sistema utiliza la navegación adaptativa. La idea de ISIS-tutor es reducir la carga cognoscitiva escondiendo al estudiante todos los eslabones a los nodos que no se espera que el estudiante aprenda".

- **KN-AHS** [KOB94] Es un sistema que adapta de manera automática hipertexto, basándose en el conocimiento que presuntamente tiene el usuario del dominio. El sistema está soportado por la adaptación que provee el shell del sistema BGP-MS [KOB90] para modelado de usuario. **ELM-ART (Episodic Learner Model Adaptive Remote Tutor)** [BRU96b]. Es un tutor de Lisp accesible a través de la Web, basado en ELM-PE un entorno inteligente de enseñanza que permite la programación basada en ejemplos, analizar los aportes de los estudiantes, y depurar y probar programas. Todos los materiales educativos son estructurados en páginas HTML asociadas a los conceptos a ser aprendidos. Tiene una estructura de requisitos que permite la navegación en el curso dependiendo del conocimiento adquirido por el estudiante. La metáfora que aplica es la de un semáforo que indica según el color, que ha sido aprendido y que queda por aprender.

3.1.3 SHAE después de 1996

Posteriormente a 1996 los SHA tuvieron un desarrollo significativo, desarrollando nuevos métodos y técnicas a ser aplicadas en el desarrollo de los SHA. Así mismo, se definieron y construyeron armazones para el desarrollo de SHA en cualquier campo de aplicación, estos armazones se estructuran sobre conceptos que permiten concebir un SHA de forma general, desde la definición y creación del modelo del dominio hasta el desarrollo de la interfaz con el usuario.

A continuación se presenta un amplio listado de los SHA desarrollados a partir del 96.

- **ELM-ART II** [WEB97]. ELM-ART II. Es un tutor adaptativo, en el cual el modelo del dominio es representado a través de una red de conceptos organizados jerárquicamente en lecciones, secciones, sub-secciones y páginas. Cada unidad contiene información sobre el texto a ser representado y sobre las relaciones de ese concepto con otros. Las relaciones entre conceptos pueden indicar un prerrequisito o información relacionada. Al igual que en ELM-ART, ELM-ART II utiliza la metáfora del semáforo para gestionar el curso, y se asume que un estudiante ha concluido un curso, cuando no existe ningún concepto sin ser aprendido. La variable de adaptación utilizada es el nivel de conocimiento.
- **InterBook** [BRU98b]. InterBook es una herramienta para la autoría y entrega de libros de texto electrónicos adaptables en la Web. InterBook provee una tecnología para desarrollar libros electrónicos a partir de texto plano y llevarlos a un documento HTML basado en anotaciones especiales. Contiene un servidor Web propio para la entrega de los libros electrónicos sobre el Web. Por cada usuario registrado InterBook mantiene un modelo individual el cual es utilizado para aplicar guía adaptativa y apoyo a la navegación adaptativa. InterBook se ha usado en varios cursos adaptativos basados en la Web.
- **TANGOW** [CARR99]. El sistema TANGOW permite a los diseñadores de cursos desarrollar entornos de aprendizaje adaptativos mediante el uso de tareas y reglas para escribir los cursos. Estas tareas y reglas se almacenan en bases de datos, lo que hace que el coste de creación y mantenimiento de los cursos sea bajo ya que los diseñadores pueden cambiar, añadir o eliminar componentes del curso muy fácilmente. El uso de bases de datos permite también que estos componentes puedan reutilizarse en diferentes cursos.
- **ARTHUR** [GIL99] Es un sistema de instrucción adaptativo basado en la Web, utiliza el modelo de estilos de aprendizaje propuesto por [DUN78], [DUN87]. Los instructores se encargan de mantener su propio material, solo pasan al sistema las URLs respectivas, además deben relacionar el tipo de instrucción que utiliza su material. El método para realizar la adaptación basada en el estilo de aprendizaje del estudiante lo denominan Mastery Learning, pues el alumno debe aprobar como mínimo el 80% de cada quiz que encuentra al final de un módulo. Arthur utiliza razonamiento basado en casos para realizar la clasificación de estudiantes, si no existe información previa se escoge de manera aleatorio el material a presentar al estudiante. Utiliza una compleja base de conocimiento que mantiene las

- relaciones entre estudiantes, instructores y cursos. Implementa un sistema de recuperación de información para responder rápidamente las preguntas frecuentes de los estudiantes.
- **CS383** [CAR99] Es un SHA que utiliza los estilos de aprendizaje de Felder para realizar la adaptación del material hipermedia entregado a los estudiantes. El sistema tiene gran cantidad de material para cursos que han sido desarrollados considerando los diferentes estilos de aprendizaje. Además presentan un esquema donde señalan el tipo de material apropiado para cada estilo. Dentro de los recursos tienen imágenes, sonidos y videos que permiten apuntar a todos los estilos de aprendizaje de su interés. Una propuesta interesante es el hecho de incorporar una herramienta CS383 DOOM, la cual crea un ambiente similar al del conocido juego y en el cual el estudiante puede aprender de manera cooperativa con sus compañeros. Presenta una tabla donde se expresan los porcentajes de aporte de cada tipo de material a un estilo de aprendizaje específico (este ranking puede variar dependiendo del curso y el medio de contenido).
 - **KBS-Hyperbook** [HEN00]. El Objetivo de este sistema es construir un armazón para el desarrollo de SHA, abiertos sobre la Internet. Aplica el Aprendizaje basado en proyectos. Los conceptos en este sistema están relacionados a partir de un modelo conceptual. La captura de datos del usuario es posible cuando ejecuta algún proyecto de la librería de proyectos del KBS. El modelo del dominio está estructurado de forma separada a la estructura de relaciones entre conceptos. Las relaciones de prerrequisitos no están contenidas en las páginas que contienen los conceptos o conocimiento. El usuario puede definir su propio objetivo de aprendizaje o utilizar uno que esté definido en el sistema, dependiendo de ello las secuencias de aprendizaje pueden variar.
 - **MANIC** [STE00] Es un SHA basado en la Web que provee material basado en lecturas y audio de las mismas. Cada curso consta de diapositivas, las cuales son diseñadas por el instructor. Esta versión de Manic construye las diapositivas de manera dinámica basándose en el modelo de usuario. El sistema utiliza básicamente técnicas de adaptación de contenidos tales como hotword [KOB94] y stretchtext. Incorpora estilos de aprendizaje a su modelo de usuario. Para dicho modelo utiliza clasificadores Naive Bayes ideales para condiciones en las cuales no se dispone de gran número de datos para realizar inferencias.
 - **ELM-ART** [WEB01] En esta nueva versión del sistema ELM –ART se introdujo el modelo de superposición multi-capas mejorado. Además el estado del conocimiento es puesto a disposición de los estudiantes quienes pueden cambiar su nivel de conocimientos y si lo desean volver al estado antes de los cambios que ellos mismos introdujeron. Se adicionaron dos herramientas de comunicación: la lista de discusión y la administración de ficheros entre usuarios del mismo grupo.
 - **INSPIRE** [GRI01] Es un Sistema Hipermedia Educativo Adaptativo y adaptable que basa su adaptación en la meta de aprendizaje expresada por el estudiante. Las lecciones generadas para cada estudiante tienen en cuenta tanto el nivel de conocimiento como el estilo de aprendizaje. El framework pedagógico está inspirado en teorías de diseño instruccional y aprendizaje de adultos. El modelo de estilo de aprendizaje escogido fue el de [KOL84]. Permite la intervención del estudiante en la creación de modelo de aprendizaje. El estudiante llena un cuestionario con lo cual se determina su estilo de aprendizaje, además se recolecta información de su interacción con el sistema. El sistema soporta navegación adaptativa.
 - **WHURLE** (Web- based Hierarchical Universal Reactive Learning Environment) [MOO01] Es un prototipo de ambiente Web de aprendizaje hipermedia educativo basado en XML hábil para responder adaptativamente a perfiles individuales de aprendices a través de transclusión condicionada. El autor presenta el modelo como un proceso iterativo en el cual ambos profesor y estudiante describen sus concepciones del problema o tópico y el profesor da una salida al estudiante de acuerdo a las necesidades percibidas. Tiene en cuenta la interacción del estudiante con el sistema. Permite el uso de entidades externas las cuales son parte de la especificación de XML, lo que permite las referencias a recursos externos.

- **WHURLE-HM** [ZAK02] Es la versión de WHURLE que usa un modelo de usuario híbrido y adaptación basada en el conocimiento a priori del usuario. Es un sistema dinámico y es actualizado continuamente. Pedagógicamente este modelo de usuario es simplista, pues no se preocupa por las diferencias existentes en la forma como los individuos procesan la información. Usa conceptualmente unidades discretas de información almacenadas como trozos, estos trozos solo describen su propio contenido, la estructura de cada lección es sobrecargada para dar un plan de lección. Un plan de lección LP (Lesson Plan) describe el plan a seguir por defecto para una lección e incluye todos los trozos requeridos para describir una lección. La adaptación ocurre cuando cada trozo para este plan es filtrado usando la información del perfil del usuario.
- **AHA** [DEB02]. AHA (Adaptive Hypermedia Architecture) es un sistema de código abierto que permite la generación de cursos adaptativos para la Web [DEB98]. En este caso, la adaptación está basada en una serie de reglas incluidas en las páginas HTML que son mostradas al estudiante. Estas reglas, definidas por el creador del curso, determinan que partes de la página serán mostradas u ocultadas al estudiante. Las condiciones de estas reglas están basadas en ciertas características del usuario. Dichas características se guardan en un modelo de usuario muy simple (qué conceptos ha aprendido y qué preferencias de interface tiene) que también puede crear el diseñador del curso mediante documentos XML.
- **APeLS** [CON02a] Es un servicio hipermedia adaptativo educativo. Este servicio fue implementado con un enfoque que separa el contenido, la metodología utilizada y el estudiante. Es decir que a partir de los mismos repositorios de objetos de aprendizaje es posible entregar contenidos diferentes a los estudiantes dependiendo de las características consideradas en el modelo de usuario y de la metodología definida por el profesor. Los objetos contenidos son caracterizados con el estándar IEEE-LOM y su diseño genérico permite que otros cursos puedan ser generados de manera adaptativa a través del uso del mismo servicio.
- **AES-CS** [TRI02] Es un Sistema Educativo Adaptativo que incluye estilos cognitivos con el objetivo de mejorar las interacciones del estudiante y los resultados del aprendizaje. Está formado por tres componentes que interactúan para adaptar diferentes aspectos del proceso instruccional: modelo del dominio, modelo del estudiante y módulo de adaptación. Utilizan el modelo de estilos cognitivos propuesto por [WIT81], y para la determinación del estilo cognitivo del estudiante utilizan un test. Para la adaptación utilizan la técnica de texto condicional y se crean dos variantes de páginas dependiendo las características cognitivas del estudiante. Incluye soporte a la navegación adaptativa cuando el programa asume el control, pero no cuando el control lo ejerce el estudiante (Anotación Adaptativa). Ofrece guía directa con efectos de colores azul y gris.
- **iWeaver** [WOL02] Ambiente interactivo de aprendizaje adaptativo basado en la Web. Realizan adaptación utilizando el estilo de aprendizaje propuesto por Dunn&Dunn. La presentación del trabajo se realiza de manera visual y verbal, apoyados en referencias que sugieren mejores resultados de esta manera. Se pone especial cuidado al uso racional del material multimedia en la presentación y adaptación de contenidos, pues existen referencias que indican resultados pobres con poco o demasiado material multimedia en los procesos de aprendizaje. Consideran que el estilo de aprendizaje no es estático y que puede variar de contexto a contexto por lo cual la adaptación se hace de manera dinámica. Exploran técnicas de Inteligencia Artificial (IA) tales como Redes Bayesianas para realizar la adaptación. Sugieren dar al estudiante el control sobre su propio modelo, pero de una manera moderada para no sobrecargarlo.
- **MetaLinks** [MUR03]: Es un sistema para autoría y presentación adaptativa de libros, influenciada por sistemas tales como InterBook y ELM-ART. La principal meta de este sistema es ayudar a encontrar una ruta óptima a través de los contenidos. Mantiene una historia de usuario pero no hace inferencias sobre el nivel de conocimiento del estudiante y

- por lo tanto no trabaja con modelado de usuarios. El contenido del libro está dividido en páginas pequeñas modulares y estructurado a través de relaciones padre-hijo.
- **ILASH** [BAJ03a] Es un SHA que incorpora los estilos de aprendizaje global y secuencial propuestos en el modelo de Felder [FEL01]. Para la clasificación de los estudiantes se utilizó el test propuesto por los autores del modelo. Se realizaron pruebas con estudiantes que escogían de manera correcta y de manera incorrecta su estilo de aprendizaje. Los resultados mostraron que los estudiantes que estudiaron el material de acuerdo a su estilo de aprendizaje, obtuvieron mejores resultados, lo cual sugiere la incorporación de los estilos de aprendizaje a la hora de realizar adaptaciones en los SHA.
 - **MOT** [CRI03a] My Online Teacher es un ambiente de autoría de Sistemas Hipermedia Adaptativo basado en la Web. Desarrollado usando LAOS [CRI03b], un framework de cinco capas para la autoría de material hipermedia adaptativo y Web adaptativo. LAOS contiene cinco modelos: dominio, metas, usuario, adaptación y presentación. La adaptación sigue una estructura de granularidad de tres capas denominada LAG [CRI03b], además incorpora una cantidad considerable de técnicas de adaptación directa y reglas, así como un lenguaje de adaptación y estrategias de adaptación.
 - **SHABOO** [LLAM03], “Sistema Hipermedia Adaptativo Educativo para la enseñanza de los conceptos Básicos de la programación Orientada a Objetos” (SHABOO) aplica y ajusta la presentación del contenido multimedia conforme al estilo de aprendizaje de un estudiante, y el nivel de conocimiento alcanzado por un usuario particular, para que éste realice un proceso de recorrido (navegación) de acuerdo a sus características personales. La perspectiva de SHABOO como instrumento de apoyo al proceso de enseñanza – aprendizaje de un estudiante se basa en las técnicas de anotación y ocultamiento adaptativo de enlaces cuyo objetivo es reducir el hiperespacio de información disponible para que un estudiante se ubique y logre la comprensión del contexto rápida y fácilmente. Esta acción se logra con el motor de navegación de SHABOO, que presentan al estudiante los enlaces a los contenidos que pretende y puede estudiar de acuerdo al nivel de conocimiento en que se encuentre.
 - **MAGADI** [ALV04], Es un ambiente educativo adaptativo basado en agentes y multi dominio. Fue desarrollado sobre la base conceptual de los resultados obtenidos en el sistema IRIS [ARR97]. En [ALV04] se propone la extensión de Magadi incluyendo un modelo de profesor y la posibilidad de usar diferentes vistas de dominios y estudiantes. Además un mecanismo para que de manera adaptativa se seleccionen las reglas de planeación para ser usadas en la generación de las rutas de aprendizaje que son provistas al estudiante.
 - **SPORAS** en [SCH05], Es un sistema implementado para adaptar secuencias de material hipermedia de cursos basados en la Web, considerando el modelo de estilos de aprendizaje de Felder y el nivel de conocimiento del estudiante. Incorpora mecanismos para seguir el progreso del estudiante y sus experiencias a través de un MAS. Utilizan Ontologías para permitir que se comparta los contenidos almacenados entre SPORAS y sistemas análogos.
 - **Capuano et al.** en [CAP05] Presenta un sistema basado en computación para generación automática y personalizada de cursos. Se utiliza un test para obtener información sobre los conocimientos del estudiante en el dominio específico y sus preferencias de aprendizaje. Utiliza el modelo de Felder para categorizar el material de aprendizaje de acuerdo al estilo de enseñanza y para categorizar a los estudiantes de acuerdo a su estilo de aprendizaje. Luego se verifica el material de tal manera que coincida con el estilo de aprendizaje del estudiante.
 - **SEDHI** [TRE06] Es un sistema hipermedia adaptativo para cursos a distancia basado en la Web. La arquitectura del sistema incluye tres módulos principales: clasificación, estudiante y adaptación. SEDHI clasifica a los estudiantes de acuerdo a los perfiles definidos a partir de estudios estadísticos sobre el curso y uso de los datos del usuario. Utiliza las técnicas de ocultamiento y anotación de enlaces para realizar la adaptación a la navegación.
 - **Cataldi et al.** en [CAT06] Presenta una arquitectura para los STI (Sistemas Tutores Inteligentes) que integra los aspectos más significativos de la tecnología de agentes. La arquitectura considera la incorporación de agentes en los módulos del tutor y del estudiante a

- fin de poder integrarlos al modelado considerando la base teoría uno de Perkins los estilos de aprendizaje de Felder y las inteligencias múltiples de Gardner.
- **Carchiolo et al.** en [CAR08a]. Propone una arquitectura que permite la construcción de rutas de aprendizaje personalizadas y dinámicamente adaptadas a cada estudiante de acuerdo a sus conocimientos y necesidades. También permite la re-evaluación dinámica de dichas rutas durante el proceso de aprendizaje, considerando los resultados de las evaluaciones o necesidades de los estudiantes. Adicionalmente, los materiales de enseñanza fueron organizados en PROSA [CAR08b] una organización de recursos que imita la forma como las personas establecen enlaces sociales entre ellas. De acuerdo a los autores, esta organización, favorece el intercambio y la recuperación efectiva y eficiente de los recursos de aprendizaje.
 - **Yudelson y Brusilovsky** en [YUD08]. Este trabajo explora la viabilidad del enfoque basado en servicios de personalización para sistemas hipermedia adaptativos distribuidos, específicamente en anotación de enlaces adaptativa. Con este enfoque, la funcionalidad de adaptación es separada de la aplicación y encapsulada como un servicio. El objetivo subyacente de este trabajo es direccionar los retos de la implementación de anotación de enlaces adaptativa en el contexto de los modernos y, cada vez más populares, sistemas hipermedia de cuerpos abiertos. Es decir, aquellos sistemas en los que en tiempo de diseño no se conoce toda o ninguna parte del contenido disponible.

Un resumen de los principales aspectos considerados en la revisión de trabajos es presentado en la tabla No. 7. La tabla permite visualizar con mayor claridad aspectos como: las características de la personalización provista por el sistema, si el estudiante puede o no tener acceso a su modelo de usuario/estudiante, si en el modelo de usuario se considera el estilo de aprendizaje, si utilizan o no estándares e-Learning y finalmente si el sistema fue diseñado para un curso específico o puede ser usado para la adaptación de otros cursos generados con algunas características específicas.

Al analizar cada uno de estos trabajos se detectaron algunos de los principales elementos que han dado origen a muchos de los planteamientos desarrollados en esta tesis. Con respecto a las características deseadas en un sistema hipermedia adaptativo, podemos decir que la gran mayoría de los trabajos presentados, por no decir todos, llegan al nivel de adaptatividad suficiente para desempeñarse exitosamente en ambientes de cuerpos cerrados [BRU08]. Sin embargo, a pesar de haber sistemas que dicen ser dinámicos [OPP97], lo cierto es que esto solo puede pensarse en un ambiente con las características descritas en una de las nuevas tendencias en sistemas hipermedia adaptativos, los ambientes de cuerpo abierto. Estos, aunque han hecho referencia a un tipo específico de adaptación [YUD08], en general se refieren a las adaptaciones generadas a partir de recursos de aprendizaje no disponibles en tiempo de diseño.

Un componente importante en todo sistema hipermedia adaptativo ha sido el modelo de usuario. De allí, que todos los trabajos, independientemente de su sencillez o complejidad, tienen un modelo de usuario. Un elemento de interés para nosotros fue conocer cuales sistemas abrían sus modelos a los estudiantes [WEB01], y cuáles no. Lo predominante en sistemas hipermedia adaptativos, tal y como lo comprueba esta revisión es que los modelos de usuario son ocultos. De esta manera se pierde un potencial importante para promover la reflexión y la autonomía, elementos que han demostrado ser fundamentales para la generación de procesos de aprendizaje significativo [BUL06]. Otros propósitos podrían buscarse al abrir el modelo de usuario tal como se dijo en el capítulo anterior.

También fueron considerados el uso o no de estándares en tales sistemas, lo que pudimos observar es que aunque en los primeros sistemas, al no existir madurez en el desarrollo de estándares en e-Learning, el tema fue prácticamente ignorado. Esta situación ha cambiado con el paso del tiempo, dando lugar a sistemas que incorporan por lo menos los estándares más representativos y masivamente utilizados en los ambientes de educación virtual [BAL07a, BAL07b, BAL08a].

Tabla 7. SHA educativos.

REF	SISTEMA	ADAPTATIVIDAD [OPP97]			MODELO DE USUARIO ABIERTO		ESTILOS DE APRENDIZAJE			ESTÁNDARES		TIPO DE SISTEMAS	
		Adaptable	Adaptativo	Dinámico	No	Si	No	Si	¿Cuál?	No	Si	Genérico	Propietario
BRU93	ITEM/PG		X		X		X			X			X
BRU94	ISIS-Tutor		X		X		X			X			X
KOB94	KN-AHS		X		X		X			X		X	
BRU96b	ELM-ART		X		X		X			X			X
WEB97	ELM-ARTII		X		X		X			X			X
BRU98b	INTERBOOK	X	X		X		X			X		X	
GIL99	ARTHUR		X		X			X	DUN	X			X
CARR99	TANGOW		X		X		X			X		X	
CAR99	CS383	X	X		X			X	Felder	X			X
STE00	MANIC	X	X		X			X	Sin Especificar	X			X
HEN00	KBS-Hyperbook		X		X		X			X		X	
GRI01	INSPIRE	X	X		X			X	Honey	X			X
WEB01	ELM-ART		X			X	X			X			X
PAR02	TANGOW	X	X		X			X	Felder	X		X	
DEB02	AHA		X		X			X		X		X	
TRI02	AES-CS	X	X		X			X	Witkin	X			X
CON02	APeLS		X		X			X	Kolb		X	X	
WOL02	Iweaber	X	X		X			X	Dunn	X			X
BAJ03a	ILASH	X	X		X			X	Hsiao	X			X
CRI03	MOT		X		X			X		X		X	
BAJ03b	LSAS	X	X		X			X	Felder	X			X

LLAM03	SHABOO	X	X		X			X		X			X
PAR04	TANGOW	X	X		X			X		X			X
STA04	MOT		X		X			X	Kolb	X		X	
ALV04	MAGADI		X		X		X			X		X	
SCH05	SPORAS	X	X		X			X	Felder		X	X	
CAP05			X		X			X			X	X	
PAR06	TANGOW-WOTAN	X	X		X			X		X		X	
BRO06a	WHURLE-HM	X	X	X	X			X		X			X
CAT06			X		X			X		X		X	
TRE06	SEDHI		X		X		X			X			X

Del mismo modo algo que con el tiempo ha venido cambiando es el desarrollo de sistemas inicialmente diseñados e implementados para la enseñanza de un curso o asignatura particular. Hoy en día las tendencias actuales nos indican que incluso la adaptación puede ser vista como un servicio [CON02a, CON02b, YUD08], necesario en los actuales sistemas de administración de aprendizaje: LMS o CMS. Ello ha dado lugar al desarrollo de importantes proyectos financiados por la Unión Europea, entre ellos tenemos:

GRAPPLE (Generic Responsive Adaptive Personalized Learning Environment): es un proyecto financiado por la Comisión Europea en su programa marco de apoyo a la investigación en el período 2007-2013 (FP7). Este proyecto busca el desarrollo de un ambiente de aprendizaje mejorado tecnológicamente (Technology-enhanced learning TEL), que provea experiencias de aprendizaje significativo a largo plazo adaptándose automáticamente a los estudiantes de acuerdo a: preferencias personales, conocimientos previos, habilidades y competencias, metas de aprendizaje y al contexto personal y social en el cual es llevado a cabo el aprendizaje. El proyecto fue concedido para el período 2008-2011 y en él participan 15 miembros de países europeos distribuidos entre universidades y centros de investigación.

EASEL (Educator Access to Services in the Electronic Landscape). Proyecto financiado por la Comisión Europea en su quinto programa marco (Tecnología en las sociedades de la Información). En este proyecto se buscó la integración de tecnologías que permitieran la construcción de ambientes en donde fácilmente se pudieran construir nuevas ofertas de educación virtual a partir de la combinación de objetos de aprendizaje existentes. El proyecto fue desarrollado en el periodo 2000-2002. En él participaron 9 miembros pertenecientes a institutos y universidades europeas. Como resultado de este proyecto se obtuvo el servicio hipermedia adaptativo educativo APeLS [CON02a] y posteriormente la integración de este servicio con un ambiente de aprendizaje a través de un mecanismo desarrollado en el marco del mismo proyecto [CON02b].

Además de estos proyectos, muchos autores han reconocido la distancia existente entre los sistemas comerciales, libres o no, y los sistemas hipermedia adaptativos. Pues los primeros han ganado la popularidad y masificación al ser generalmente fáciles de utilizar y mantener, así como, incorporando muchas herramientas para apoyar el trabajo síncrono y asíncrono de miles de usuarios y recursos disponibles. Por otra parte, los sistemas hipermedia adaptativos, se han caracterizado por su limitación para permitir que otros cursos puedan ser entregados de manera adaptativa, por las limitaciones en cuanto a la administración de recursos y usuarios y por la ausencia de herramientas complementarias para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje virtual. Sin embargo, los sistemas hipermedia adaptativos han demostrado, entre otras cosas, que reducen esfuerzos en la navegación y en el tiempo que le toma a un estudiante alcanzar sus metas de aprendizaje [WEB97, NG02, DAV03]. Por todo ello lo que se ha ido imponiendo es una tendencia hacia la integración de LMS y sistemas hipermedia adaptativos, ya sea como servicios [CON02a, CON02b], como componentes [WEB01] o como quiera que se defina la arquitectura necesaria para unir las ventajas que cada uno de estos tipos de sistemas.

Finalmente también fue objeto de nuestro interés el número de trabajos que han considerado estilos de aprendizaje en el modelo de estudiante. En la revisión se tuvo en cuenta además, que modelo de estilo de aprendizaje se utilizaba, encontrándose que el de mayor uso ha sido el modelo de estilos de aprendizaje propuesto por Felder y Silverman [FEL88, FEL01].

3.2 Revisión de Modelos de Usuario

Como se presentó en el capítulo II, existen diferentes modelos de usuario dependiendo del área de dominio de la aplicación, de la información representada, de la forma como se representa dicha información y la forma como el modelo es construido y mantenido. En la tabla No. 8 se presenta una versión reducida de la tabla No. 1 del capítulo II. En la tabla No. 8, en lugar de

centramos en la descripción del cada modelo de usuario, nos hemos centrado en los trabajos relacionados de cada uno de ellos.

Tabla 8. Revisión de Modelos de Usuario.

MODELOS DE USUARIO				
REFERENCIA	CRITERIO	CARACTERÍSTICA		
[KOR97]	Área en el que se usa	Perfil del usuario		
[POL88]		Modelo del estudiante		
[BEA94]	Naturaleza de la información	Características individuales.		
[BRA04]		Contexto		
[MUA97]	Estructura y representación	Perfil del usuario	Perfil de palabras principales	
[STE98]			Redes semánticas	
[TRA04]			Perfil de conceptos	
[BEA94]		Modelo del estudiante	Escalar	
[RIC89]			De estereotipos	
[WEB01]			Modelos Estructurales	Superposición
[STA03]				De error
[GOL82]			Genético	
[JIN05]		Construcción y Mantenimiento	Perfil del usuario	Minería de datos
[MIC04]				Filtrado basado en contenidos
[RIC03]	Filtrado colaborativo			
[WOL02]	Modelo del estudiante		Redes Bayesianas	
[GOZ05]			Razonamiento Basado en casos	
[PEÑ02a]			Lógica difusa	

A continuación se explicarán brevemente y en el orden en el que aparecen en la tabla, cada uno de los trabajos que son referenciados en la tabla.

Korfhage en [KOR97]. Este libro se enfoca en el almacenamiento y recuperación de la información. Específicamente en métodos y tecnologías para llevar a cabo dichas actividades. Se describe el usuario como principal componente para el éxito de un sistema de recuperación de información. A lo largo del libro se hace referencia al perfil de usuario como la información del usuario que ha sido obtenida a partir de sus necesidades.

REFERENCIA	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
[KOR97]	Área en el que se usa	Perfil del usuario

Polson y Richardson en [POL88] presentan una síntesis de los ITS a la fecha de publicación del libro. El modelo de estudiante es definido como un componente de un sistema de tutoría inteligente que representa el estado actual de conocimiento de un estudiante. Además se define el diagnóstico como el proceso de inferir el modelo de usuario pues se compara con el diagnóstico médico de encontrar un estado fisiológico interno a partir de síntomas. En esta analogía el estado fisiológico es el nivel de conocimiento inferido a partir de los datos recolectados de un estudiante particular.

REFERENCIA	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
[POL88]	Área en el que se usa	Modelo del estudiante

ANTATOM-TUTOR [BEA94]. Describe el componente de modelado de usuario de un sistema de tutoría inteligente para estudiantes de medicina. El sistema es denominado ANATOM-TUTOR y la característica considerada en el modelo de usuario es el nivel de conocimiento. El modelo de usuario en este sistema es utilizado para: generación de hipertexto y generación de preguntas y explicaciones adaptadas al nivel de conocimientos del estudiante.

REFERENCIA	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
[BEA94]	Naturaleza de la información	Características individuales.
[BEA94]	Estructura y representación	Modelo del estudiante Escalar

Brady en [BRA04] examina la usabilidad de la generación dinámica de experiencias de aprendizaje sobre PDAs. Para la generación de las adaptaciones en las PDAs se utilizó el sistema adaptativo APeLs [CON02a], específicamente con un curso de SQL personalizado. En este sistema el modelo de usuario considera la variable de contexto tipo de dispositivo de acceso.

REFERENCIAS	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
[BRA04]	Naturaleza de la información	Contexto

Amalthaea [MUA97]. Es una evolución de un ecosistema multi-agente para el filtrado, descubrimiento y monitorización personalizada de sitios de información. La principal aplicación de este sistema es la Web y su propósito principal es asistir a los usuarios en la búsqueda de información en la que esté interesado. El sistema aprende los intereses de los usuarios y los mantiene mientras el usuario explora nuevos dominios. Utiliza técnicas de aprendizaje de máquinas para determinar los intereses de los usuarios a través de la extracción de las palabras principales desde las páginas consultadas por dicho usuario.

REFERENCIAS	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
[MUA97]	Estructura y representación	Perfil del usuario Perfil de palabras principales

SiteIF [STE98]. El sistema SiteIF intenta anticipar los documentos del sitio Web que pudieran ser interesantes para un usuario en particular, basados en su propia navegación. El sistema aprende dinámicamente las áreas de interés y a partir de ellas genera o actualiza el modelo de usuario. El modelo de usuario es generado por agentes que además generan documentos personales como puntos de entrada en el sitio. El modelo es representado utilizando redes semánticas. Adicionalmente el usuario no debe proporcionar ninguna información sobre sus preferencias y/o intereses sino que estas son deducidas de los enlaces que visita cada usuario.

REFERENCIA	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
[STE98]	Estructura y representación	Perfil del usuario Redes semánticas

Trajkiva y Gauch [TRA04]. El principal propósito de este trabajo fue la personalización de búsquedas y navegación en la Web a través de la construcción de perfiles de usuario basados en ontologías. Estas ontologías son construidas de manera implícita a medida que el usuario navega por las páginas Web. La ontología la constituyen el conjunto de conceptos, y las relaciones entre ellos, que han sido detectados por el sistema como interesantes para el usuario. Por los resultados obtenidos sugieren ordenar los conceptos en los perfiles de usuario de acuerdo al número de documentos asignados a ellos en lugar de ordenarlos por pesos.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[TRA04]	Estructura y representación	Perfil del usuario	Perfil de conceptos

Rich en [RIC89]. Este trabajo fue resultado del primer congreso de modelado de usuario realizado en 1986. En él, el autor provee una completa explicación de estereotipos de usuarios lo cuales representan usuarios como miembros de alguna clase de jerarquía. En la obtención de estos estereotipos se utilizan características del usuario a partir de las cuales se pueden inferir otras características de interés para clasificar el usuario. Inicialmente se utiliza un modelo de usuario por defecto el cual se va especializando y manteniendo a medida que el sistema valida o no diferentes presunciones acerca de cada usuario.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[RIC89]	Estructura y representación	Modelo del estudiante	De estereotipos

Stacey en [STA03] describe el diseño y construcción de un modelo de enseñanza en un sistema de tutoría adaptativo. El propósito es cambiar las concepciones erróneas de los estudiantes en el tema de número decimales. El modelo de enseñanza explora los conflictos cognitivos de los estudiantes a través de la incorporación de un modelo de estudiante basado en las concepciones y desempeño de tareas erróneas. Estas concepciones erróneas se representan a través de redes bayesianas.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA	
[STA03]	Estructura y representación	Modelo del estudiante	Modelos Estructurales	De error

Goldstein en [GOL82] presenta un sistema adaptativo que modela el nivel de conocimiento de los estudiantes es un sistema adaptativo. El modelo del estudiante es una variación del modelo de superposición en el que además de identificarse las concepciones erróneas de de los estudiantes, permite “ver” la evolución del nivel de conocimiento del estudiante desde lo complejo a lo específico y desde lo general a lo particular.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA	
[GOL82]	Estructura y representación	Modelo del estudiante	Modelos Estructurales	Genético

JIN en [JIN05] propone un marco de trabajo para modelar el comportamiento, relativo a la navegación, de los usuarios Web basado en patrones de nivel-tarea. Las tareas descubiertas son caracterizadas probabilísticamente como variables latentes y representan los intereses subyacentes de las metas de los usuarios durante la navegación Web. Emplean técnicas de minería de datos basadas en el framework PLSA [JIN04] para caracterizar de manera cualitativa las tareas asociadas a la navegación de un usuario y las relaciones entre estas tareas y las páginas Web o los usuarios.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[JIN05]	Construcción y Mantenimiento	Perfil del usuario	Minería de datos

WIFS [MIC04]. Presenta un caso de estudio en sistemas de filtrado de información adaptativos. Describe los dos principales módulos de dicho sistema llamados HUMOS y WIFS. HUMOS es el sistema de modelado de usuario basado en estereotipos. Este módulo construye y mantiene el modelo de los usuarios de Internet a través de la representación de sus necesidades de información mediante palabras organizadas en redes semánticas. WIFS es un módulo de información basado en contenidos que se encarga de la selección de documentos html/texto entre material de ciencias de la computación disponible en la Web y de acuerdo a los intereses de los usuarios.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[MIC04]	Construcción y Mantenimiento	Perfil del usuario	Filtrado basado en contenidos

Ricci en [RIC03] Describe un enfoque para producir recomendación de productos combinando las técnicas de filtrado de información basadas en colaboración y contenido. El sistema ayuda al usuario a especificar consultas que filtren los productos no deseados en catálogos electrónicos (Basado en contenido). Sin embargo si la consulta produce demasiados o ningún resultado, el sistema sugiere cambios útiles en la consulta manteniendo la esencia de la solicitud original. Este proceso se hace iterativamente hasta que se obtiene un número razonable de productos. Estos productos son ordenados haciendo exploración basada en casos de sesiones de recomendación previas (basado en colaboración).

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[RIC03]	Construcción y Mantenimiento	Perfil del usuario	Filtrado colaborativo

El trabajo [WOL02] ha sido descrito previamente en este capítulo y el trabajo [PEÑ02a] se explicará en detalle en este capítulo dentro de los trabajos relacionados en el grupo BCDS.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[WOL02]	Construcción y Mantenimiento	Modelo del estudiante	Redes Bayesianas
[PEÑ02a]			Lógica difusa

En [GON05] se presenta un ambiente de aprendizaje inteligente que es construido con la tecnología de sistemas multi-agentes. En este trabajo el modelado del estudiante se realiza utilizando el razonamiento basado en casos. El efecto alcanzado es la adaptación de la tutoría a cada estudiante. El ambiente de aprendizaje inteligente está compuesto por 4 agente: agente que aprende los casos, agente tutor, agente orientador y agente de adaptación.

REFERENCIA	CRITERIO		CARACTERÍSTICA
[GON05]	Construcción y Mantenimiento	Modelo del estudiante	Razonamiento basado en casos

A partir de la tabla No. 1 y de la revisión de trabajos resumidos en la tabla No. 8 fueron determinadas entre otras cosas las variables consideradas en el modelo de usuario integral y en la instancia de dicho modelo, denominada Modelo de Estudiante Integral. Además, estas dos tablas fueron elementos esenciales en la definición de la forma como se representa y mantiene la

información en el modelo de usuario. Estos y otros aspectos del Modelo de Usuario Integral y del Modelo de Estudiante integral se presentan en detalle en el capítulo IV.

3.3 Trabajos Relacionados en el Grupo BCDS

El grupo BCDS viene desde hace años, adelantando trabajos en la línea de SHA con tecnología de agentes, sin embargo las propuestas siempre han considerado dimensiones de adaptación independientes. La efectividad alcanzada en los procesos educativos a través del uso de las TICs podría ser mejorada si tenemos en cuenta la concurrencia de todas las dimensiones en el momento de realizar la adaptación.

Un punto en el espacio tridimensional de la Figura 1 representa la adaptación que se debe hacer teniendo en cuenta las características del usuario, su contexto y su interacción con otros usuarios.

$$\text{Adaptación} = f(\text{características del usuario, contexto, interacción})$$

En esta función se pueden considerar sólo algunas de estas dimensiones para proporcionar diferentes tipos de adaptación. A continuación presentamos los trabajos que se han realizado en el grupo BCDS de la Universidad de Girona para proveer adaptación en una de las tres dimensiones de manera independiente.

3.3.1 Plan-G

Este proyecto (CICYT - TEL98-0408-C02-01) planteó como objetivo principal la obtención de un sistema integral, en el que los diferentes niveles de comunicación existentes colaboraran entre ellos. Este sistema [PEÑ02a] y [PEÑ01] incluye los aspectos de adaptatividad y adaptabilidad presentados por Oppermann en [OPP97], a través de un nivel de gestión de red y un nivel de aplicación. El nivel de aplicación del PLAN-G se concretó en el diseño de una plataforma educativa virtual denominada USD (Unidades de Soporte a la Docencia). La aplicación USD fue el punto de partida de otros trabajos en el grupo BCDS de la Universidad de Girona, para investigar los SHA en los que se consideran los aspectos del usuario relacionados con el problema de la heterogeneidad considerado desde el punto de vista más amplio posible: preferencias y características del usuario tanto individuales como colaborativas, y características tecnológicas de los dispositivos de acceso y del tipo de red, las cuales son consideradas en la dimensión de contexto.

3.3.2 MAS-PLANG

Es un MAS Inteligente que permite, gracias a la utilización de tecnología Web, el mejoramiento de los aspectos adaptativos de la plataforma USD relacionados con los estilos de aprendizaje [PEÑ02a].

Inicialmente, la plataforma educativa virtual USD es un sistema adaptable que permite a los profesores crear y mantener unidades docentes navegables de forma secuencial o libre, y a los estudiantes, configurar el entorno de aprendizaje según sus preferencias en aspectos relacionados con la medida, forma y posición de los íconos, posición de las ventanas y barras de navegación, idioma del entorno, etc. En este caso nos estamos centrando en la dimensión “características del usuario”.

Una unidad docente de la aplicación USD consiste en un conjunto de páginas HTML que contienen material didáctico. La estructura de navegación se da por medio de un gráfico dirigido diseñado por el profesor de acuerdo con la estructura curricular del curso.

El ambiente de aprendizaje proporciona herramientas para: navegar por la información de manera secuencial o libre (utilizando los botones de adelante, atrás, árbol de navegación o glosario de términos), auto-evaluarse, comunicar a los estudiantes y a los profesores (correo electrónico, chat, foros), tomar apuntes, para imprimir los contenidos educativos, para verificar el progreso del estudiante, etc.

El MAS MAS-PLANG modela al estudiante por medio del ambiente HabitatPro [Habitat-Pro]. HabitatPro es una herramienta para la personalización de contenidos y explotación del mercado que utiliza técnicas de la IA como por ejemplo el razonamiento basado en casos y la lógica difusa.

Se adoptó el modelo de estilos de aprendizaje de Felder (FSLSM, Felder and Silverman Learning Style Model) [FEL88], para categorizar a los estudiantes según sus habilidades para procesar, percibir, asimilar, organizar y entender la información. Para la clasificación inicial del estudiante, se aplica el índice de estilos de aprendizaje (ILS, Index of Learning Styles), un instrumento de diagnóstico del modelo FSLSM, que evalúa las preferencias del estudiante en las cuatro dimensiones vistas anteriormente.

El objetivo de modelar al estudiante en este sistema es recuperar la importancia que tienen los contenidos didácticos (teniendo en cuenta los formatos de la información y las estrategias instructivas), las herramientas de navegación y las estrategias de navegación para los estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje.

MAS-PLANG fue desarrollado utilizando una arquitectura con dos niveles de agentes (agentes de información y de soporte, ver Figura 8).

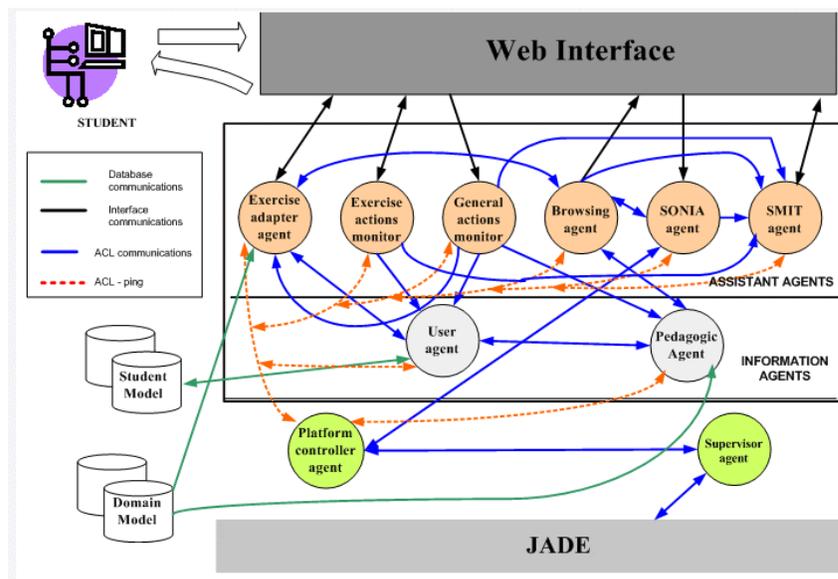


Figura 8. Arquitectura en dos niveles de MASPLANG.

- Los agentes de **soporte** ayudan al estudiante mientras trabaja con el material didáctico de los cursos. Este soporte consiste en registrar las acciones del estudiante a través de los agentes *Monitor*. Estos agentes identifican el comportamiento y permiten personalizar el material de estudio ofrecido al estudiante y las herramientas de navegación. Para ello se utiliza el agente *Browsing*. Los ejercicios de auto evaluación son adaptados mediante el agente *Exercise Adapter*. Además, mientras se estudia o realizan las actividades propuestas, existe el agente

- SMIT [PEÑ02b] que, mediante un personaje animado, muestra información de soporte, refuerzo y las alertas que son suministradas por el agente SONIA.
- Los agentes de información son dos: en primer lugar el agente encargado de mantener el modelo del estudiante (user agent), y en segundo lugar el agente pedagógico, encargado de evaluar las reglas pedagógicas que forman parte del curso.

3.3.3 Soporte Adaptativo al Aprendizaje Colaborativo e Individual: ASCIL

Tradicionalmente, en los SHA las características y preferencias de cada usuario individual se aplican para adaptar la presentación y la navegación. En el primer caso la información que se presenta a cada usuario individual varía de acuerdo al modelo construido, en el segundo caso la forma de movernos en el espacio de información también es diferente con cada usuario individual.

En este proyecto se definen modelos de soporte adaptativo al aprendizaje a través de un modelo del usuario y un modelo de la colaboración. Partimos del supuesto de que las actividades de aprendizaje pueden ser tanto individuales como colaborativas, y aunque aparentemente existe una división entre ellas, éstas son totalmente interdependientes en el proceso de aprendizaje y ambas pueden ser integradas en un solo ambiente de aprendizaje.

Este proyecto tuvo como objetivo que los sistemas resultantes, tuvieran un comportamiento adaptativo integral y que el efecto de la adaptación se viera reflejado tanto en las actividades de aprendizaje individual como en las colaborativas. Por lo tanto, nos estamos centrando básicamente en la dimensión “interacción del usuario”.

Este ambiente está construido partiendo de la premisa de que un ambiente de aprendizaje debería permitir:

- Definir Objetivos: ¿Para qué enseñar y aprender?
- Preparar y crear Contenido: ¿Qué enseñar y aprender?
- Seleccionar los Métodos y Procedimientos: ¿Cómo enseñar y aprender?
- Brindar los Medios o recursos: ¿Con qué enseñar y aprender?
- Planificar Formas de Organización: ¿Cómo organizar el enseñar y aprender?
- Utilizar técnicas de Evaluación: ¿En qué medida se cumplen los objetivos?
- Administrar el proceso de enseñanza aprendizaje. ¿Cómo se controlan los recursos, alumnos, participación, etc?
- Realizar las actividades de aprendizaje: ¿Cómo participa el estudiante en el proceso de aprendizaje?

A partir de lo recientemente expuesto, Arteaga en [ART04] y [ART06] plantea dos trabajos, haciendo uso de dos LMS diferentes. A continuación presentamos ambos trabajos.

- En [ART04] se desarrolló un prototipo basado en Web denominado ASCIL (Adaptive Support for Collaborative and Individual Learning) que es una herramienta para el soporte adaptativo del aprendizaje individual y colaborativo. ASCIL integra en su arquitectura dos importantes sistemas: AHA [DEB98] y Claroline (ver Figura 9).

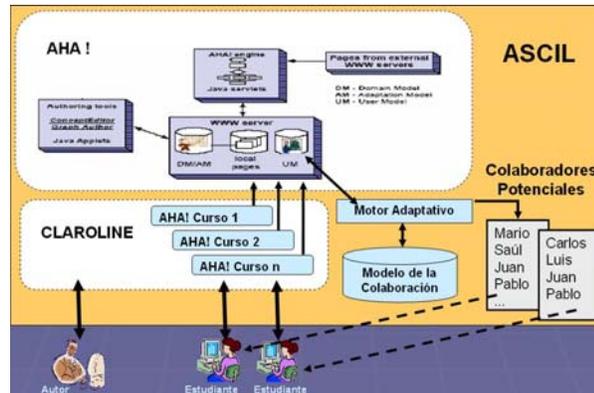


Figura 9. Arquitectura de ASCIL usando Claroline y AHA.

El objetivo de esta primera versión de ASCIL fue fomentar la colaboración entre estudiantes a partir de: su propio avance en el ambiente de aprendizaje individual (AHA), su disponibilidad para colaborar y la máxima cantidad de estudiantes a los que puede apoyar sin retrasarse en su propio avance. En la integración de AHA y CLAROLINE lograda en ASCIL, este sistema usa la información contenida en el Modelo del Usuario de AHA a fin de obtener un soporte adaptativo para el aprendizaje colaborativo. En este momento la adaptación está definida a través del conjunto de colaboradores potenciales propuestos para cada estudiante, teniendo en cuenta los conocimientos previos que estos colaboradores tenían sobre el tema o material sobre el que otro estudiante está solicitando colaboración. En esta etapa inicial de desarrollo de ASCIL, su comportamiento adaptativo fue muy simple y sólo se refería a la conformación de grupos de colaboradores.

- Una segunda versión de ASCIL basada en Moodle se presenta en [ART06]. La arquitectura de ASCIL usando Moodle (ver Figura 10) es muy parecida a la de la implementación usando AHA! Y CLAROLINE.

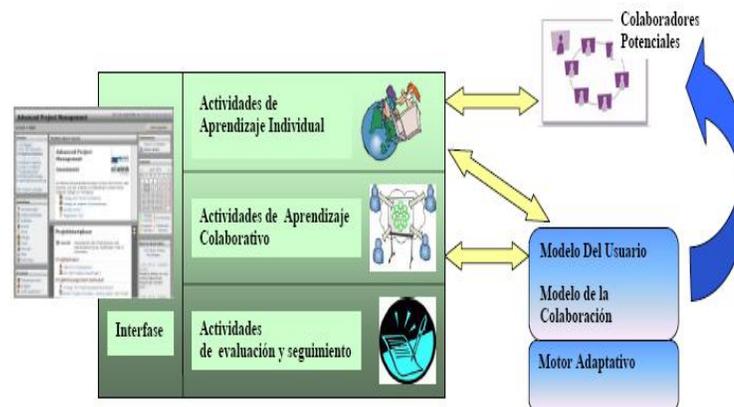


Figura 10. Arquitectura de ASCIL usando MOODLE.

Los componentes de esta versión son:

- **Actividades de aprendizaje individual.** Son las que realiza el estudiante directamente con el contenido definido por el profesor. No se requiere interacción con otros estudiantes.
- **Actividades de aprendizaje colaborativo.** Utiliza las herramientas de comunicación (Chat, Foros, etc.) para realizar actividades que involucran a más de un estudiante. En la arquitectura tradicional de MOODLE esto se realiza a través de interacciones directas o dentro de grupos previamente definidos. En ASCIL las actividades pueden ser creadas dinámicamente y gestionadas a partir de los Colaboradores Potenciales.
- **Seguimiento de las actividades realizadas.** Permite la evaluación de las actividades de aprendizaje.
- **Interfaz.** Permite la interacción de los estudiantes con el sistema.
- **Modelo del Estudiante y Modelo de la Colaboración.** Estos dos modelos se construyen utilizando la información contenida en la base de datos de Moodle. Esta información permite identificar el estado de aprendizaje de cada estudiante. Moodle permite obtener mucha más información que la que se podía obtener en AHA!
- **Motor Adaptativo.** Crea el conjunto de colaboradores potenciales a partir de la información almacenada en los modelos del estudiante y modelo de la colaboración. La única diferencia con la implementación realizada usando AHA! es que el estado de aprendizaje y avance de los estudiantes se obtiene a través de cuestionarios cuyos resultados se almacenan en la Base de Datos.

Aunque ambas propuestas son muy similares, Arteaga argumenta en [ART06], algunos elementos que le llevaron a replantear la arquitectura. Por ejemplo AHA! requiere un entrenamiento especial para los diseñadores y creadores del material. Otra dificultad fue la instalación y el mantenimiento de la aplicación ya que se tenían operando simultáneamente dos plataformas: Apache para utilizar PHP y Tomcat para utilizar aplicaciones dinámicas en java. Esta configuración disminuía la eficiencia del sistema pues cargaba fuertemente el servidor. Por su parte Claroline carecía de elementos que facilitarían el trabajo colaborativo, por lo que se buscó una alternativa en Moodle.

3.3.4 *SHAAD – Sistema Hipermedia Adaptable, Adaptativo y Dinámico para la entrega de contenidos.*

Como ya hemos comentado anteriormente, la gran heterogeneidad en términos de tipos y capacidades de los dispositivos de acceso, ancho de banda de la red y necesidades-preferencias de los usuarios no suelen ser tenidas en cuenta por un servidor cuando entrega contenido Web rico en imágenes, audio y video. Por ejemplo, el servidor entregará el documento solicitado aunque el terminal (WebTV, PDAs o teléfonos móviles) utilizado no pueda acceder a estos contenidos debido a las limitaciones del monitor, de las capacidades de almacenamiento, de procesamiento o de acceso a la red, [MER02a].

Para solucionar este problema se deben desarrollar alternativas que permitan un acceso universal a cualquier tipo de material, desde cualquier tipo de dispositivo y que tengan en cuenta las preferencias del usuario y el estado de carga de la red y del servidor.

Ahora bien, una gestión inteligente de redes con calidad de servicio incide básicamente en dos aspectos de las redes con estos requerimientos:

- La gestión de la red, es decir, la gestión de los recursos y fallos de la red.
- La calidad de servicio desde la óptica de las aplicaciones adaptativas

Este trabajo se centra en el segundo aspecto atendiendo al problema de la heterogeneidad en términos del contexto en el cual se encuentra el usuario (tipo de dispositivo de acceso, ancho de banda, estado de la red, etc.) y se ha trabajado en SHAAD, un sistema hipermedia adaptable, adaptativo y dinámico para la entrega de contenidos (ver Figura 11). Por ejemplo, la entrega de

contenido Web con imágenes de alta calidad a un ordenador de escritorio con un monitor de alta resolución capaz de mostrar dichas imágenes, frente a la entrega de los mismos contenidos a un dispositivo móvil con una pantalla de dimensiones reducidas y capacidad reducida para mostrarlas, para los cuales deberá entregarse imágenes de baja calidad y tamaño reducido.

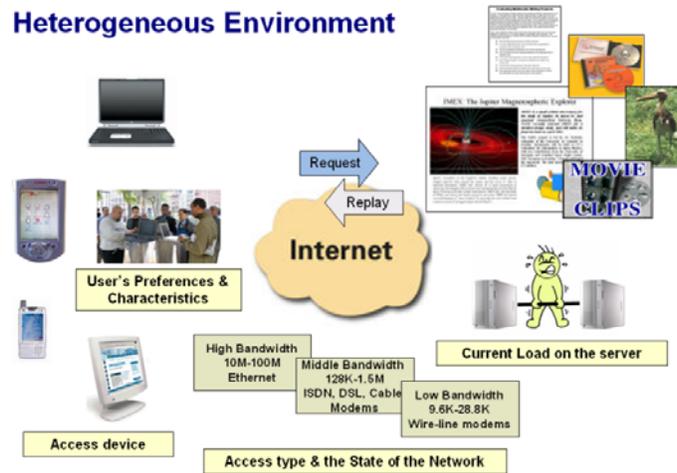


Figura 11. Entorno heterogéneo definido en SHAAD

SHAAD tiene en cuenta las características tecnológicas del dispositivo de acceso, el tipo de acceso a la Web, el estado de la red y el estado de carga del servidor, es decir la dimensión de “contexto”, a fin de adecuar los contenidos Web a estas características.

SHAAD define en su arquitectura 3 módulos básicos, ver Figura 12:

- Mecanismos para la caracterización de las variables de adaptación: define los valores de las variables de adaptación que tienen en cuenta el problema de heterogeneidad de Internet.
- Motor de decisión: en el cual las variables de adaptación y los contenidos disponibles serán evaluados.
- Repositorio de contenidos: donde están almacenados los datos y que pueden ser provistos en diferentes formatos.

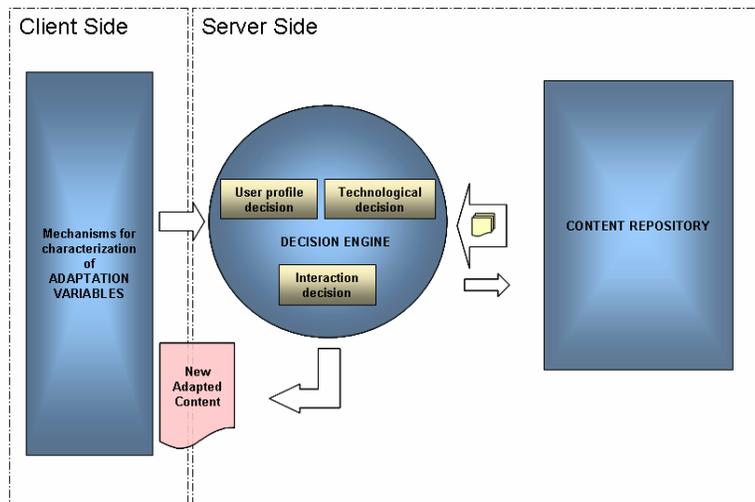


Figura 12. Módulos básicos de SHAAD.

Hasta el momento, se han propuesto dos implementaciones de SHAAD:

- **X-SHAAD** en [MER03], basada totalmente en tecnología XML y en la cual se trabajó con base en diferentes estándares como CC/PP (Composite Capabilities/Preferentes Profile) y UAProf (User Agent Profile) que tienen como objetivo modelar al usuario teniendo en cuenta sus preferencias y la tecnología utilizada en su acceso a Internet. A través de este primer modelado y haciendo uso de diferentes parsers de XML, se han conseguido simples motores de decisión que pueden tomar decisiones respecto al contenido de las páginas Web mostradas al usuario ante una petición.
- **MAS-SHAAD** en [MER04], es una propuesta basada en un MAS. Para ello, se trabajó con JADE [JADE], una plataforma multi-agente. En este caso se implementaron una serie de agentes que recuperan información del usuario (a fin de modelarlo) y a partir de la información recibida y de la información almacenada en el repositorio de contenidos infieren que tipos de contenidos deben ser entregados. Es importante resaltar que en ambas implementaciones el repositorio de contenidos está basado en XML.

3.3.5 *Diseño e implementación de un sistema Multi-Agente para la adaptación y presentación de contenidos Web.*

El objetivo de este trabajo [MER06, HUE06] fue dar solución a problemas derivados de la falta de una infraestructura que tuviera en cuenta las preferencias de los usuarios y las características de sus dispositivos de acceso a Internet cuando se quiere acceder a contenidos Web. El trabajo se basó en el modelo SHAAD [MER02a] que permite adaptar los contenidos a la información que haya recopilado sobre las características y preferencias de los usuarios. En este trabajo se realizó una implementación de SHAAD basada en un sistema multi-agente que utiliza tecnologías como: XML, Java, MySQL, Apache Tomcat, Jade, RDF y perfiles CC/PP para la caracterización de los dispositivos, sesame (repositorio rdf para el almacenamiento de perfiles cc/pp), Xindice (almacén de documentos xml), hojas de estilo XSLT y Xalan-java para su procesamiento, hojas de estilo CSS para dar apariencia a los contenidos HTML y Xpath para la localización de elementos en documentos xml.

El modelo se divide en los 3 módulos que se indican a continuación:

- **Mecanismos para caracterizar las variables de adaptación.** Evalúan las características comentadas previamente para que puedan ser consideradas en el proceso de adaptación.
- **Repositorio de Contenidos.** Donde se almacenan los datos. Éstos pueden estar en diferentes formatos.
- **Motor de Decisión.** Es el núcleo del sistema y el lugar donde las variables de adaptación y los contenidos disponibles son considerados para determinar la adaptación de contenidos que se debe realizar. Incluye al Generador de Contenidos con los mecanismos para adaptar los contenidos del repositorio teniendo en cuenta las indicaciones dadas por el Motor de Decisión.

La función del Generador de Contenidos es la de entregar los contenidos solicitados por los usuarios. Éstos pueden ser generados dinámicamente a partir de los elementos unitarios que constituyen la página web a entregar (también es conocida como generación on-line o “en línea”), o seleccionados entre una serie de versiones estáticas de los contenidos generadas previamente también es conocida como generación off-line o “fuera de línea”).

El proceso de adaptación se inicia con la determinación por parte del usuario de sus preferencias a partir de una interfaz provista por el sistema, ver Figura 13. En la interfaz se pueden distinguir diferentes partes: información del dispositivo, resolución de la visualización, objetos multimedia, idioma y compromiso entre calidad de los contenidos y tiempo de descarga. Esta información es almacenada en un fichero y cuando el “agente servlet” del servidor solicita las preferencias es transformado a un objeto JAVA por el “agente gestor del cliente”.

En la implementación actual, el “agente servlet” cuando dispone de las preferencias del cliente determina los “parámetros del constructor” considerando una sencilla secuencia de condicionales (ver Figura 14).

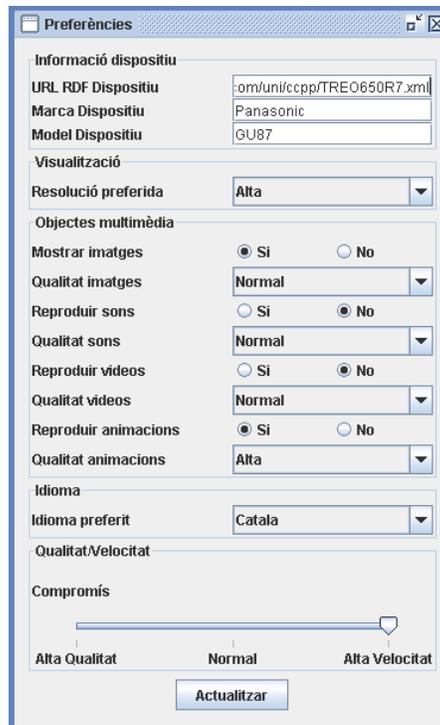


Figura 13. Interfaz para indicar las preferencias del usuario.

```
int resx = Integer.valueOf(cd.getProperty("ScreenSize").split("x")[0]);

if(resx < 150)pc.setProperty("Patro","mob");
else if(resx < 400)pc.setProperty("Patro","pda");
else pc.setProperty("Patro","");
```

Figura 14. Secuencia de condiciones.

El “agente constructor” una vez que dispone de los “parámetros del constructor” realiza los siguientes pasos para obtener la web adaptada:

- Obtiene los contenidos XML asociados a la página solicitada por el cliente y si es posible los obtiene en el idioma seleccionado por el cliente.
- Consulta el parámetro del constructor establecido por el “agente decisor” correspondiente a la hoja de estilo XSLT más apropiada al dispositivo del cliente
- El “agente constructor” da los contenidos XML, la hoja de estilo XSLT y el resto de parámetros al procesador XSLT XALAN-JAVA que es el encargado de aplicar a la hoja XML las adaptaciones indicadas en la hoja XSLT para obtener la página HTML que le será entrega al cliente

En la Figura 15 se muestran como son entregados al cliente los mismos contenidos XML dependiendo de las características indicadas por el usuario. En 15-a) se utiliza un navegador permitiendo la representación de imágenes. En 15-b) también se utiliza un navegador pero en este caso no se permiten las imágenes y el idioma seleccionado es el castellano. En 15-c) cuando se utiliza un emulador de teléfono móvil y en 15-d) cuando se utiliza un emulador de PDA.

El contenido desplegado al usuario cambiaba dependiendo del dispositivo que usaba, veamos:

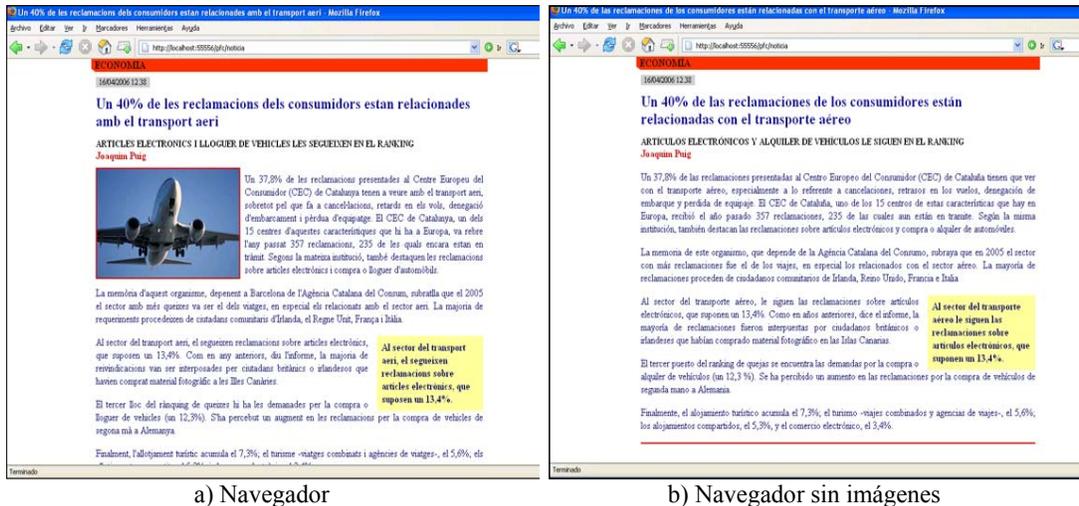




Figura. 15. Resultados obtenidos para diferentes dispositivos de acceso y preferencias del usuario.

A partir del trabajo anterior se planteó la necesidad de disponer automáticamente de las características del dispositivo del cliente en lugar de solicitarlas a través de una interfaz.

3.3.6 Integración del Sistema MAS-SHAAD con la plataforma dotLRN

En la integración que se llevó a término el sistema MAS-SHAAD proporciona los agentes para monitorizar, evaluar e inferir el contexto de usuario mientras que desde dotLRN se adapta el entorno y los recursos de aprendizaje al contexto que le indican los agentes a través de las variables de adaptación definidas en tiempo de diseño en la unidad de aprendizaje y actualizadas en tiempo de ejecución por el MAS [HUE08].

La Figura 16 representa la arquitectura del sistema desarrollado y que describiremos en este apartado:

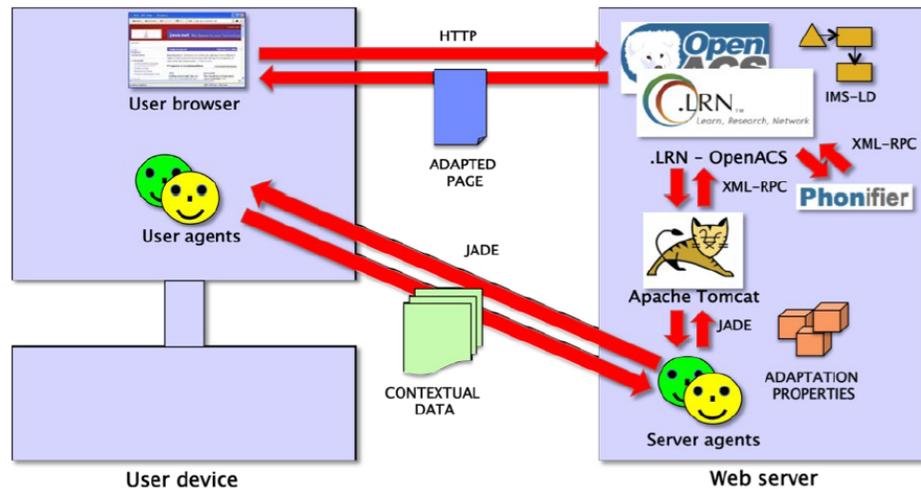


Figura. 16. Arquitectura de la integración del sistema.

A grandes rasgos los dos sistemas se coordinan de la siguiente manera: Cuando el usuario solicita un recurso a dotLRN/OpenACS a través de su navegador Web, dotLRN/OpenACS se comunica con los agentes del sistema MAS-SHAAD para obtener el valor de las variables que

describen el contexto del usuario y condicionan el proceso de adaptación. Un procedimiento dotLRN/OpenACS recibe las variables y las utiliza para llevar a término la adaptación del entorno y los recursos de aprendizaje.

En la tabla No. 9 podemos ver un resumen de los trabajos relacionados desarrollados en el grupo BCDS considerando las principales características analizadas en la revisión de trabajos. En dicha tabla podemos observar que la adaptabilidad y la adaptatividad han estado presentes en todos los trabajos del grupo. Además, se han desarrollado proyectos que han permitido la entrega de adaptaciones dinámicamente generadas. Por otra parte, el modelo de usuario ha estado siempre oculto a los usuarios, algo común en los sistemas hipermedia adaptativos y el uso de estándares se ha venido considerando a partir de los trabajos más recientes. Finalmente, es posible deducir a partir de la tabla que en todos los casos, los sistemas desarrollados han sido genéricos, es decir, que permiten la adaptación de cualquier curso, en el caso de PLAN-G y MAS-PLANG, y/o contenido Web, en los otros casos.

Tabla 9. Trabajos del grupo BCDS relacionados con SHA.

REF	SISTEMA	ADAPTATIVIDAD [OPP97]			MODELO DE USUARIO ABIERTO		ESTILOS DE APRENDIZAJE			ESTÁNDARES		TIPO DE SISTEMA	
		Adaptable	Adaptativo	Dinámico	No	Si	No	Si	¿Cuál?	No	Si	Genérico	Específico
PEÑ01	PLANG	X			X			X	Felder	X		X	
PEÑ02a	MAS-PLANG	X	X		X			X		X			X
ART04	ASCIL		X		X		X			X		X	
ART06	ASCIL-Moodle		X		X		X			X		X	
MER02a	X-SHAAD	X	X	X	X		X			X		X	
MER04	MAS-SHAAD	X	X	X	X		X			X		X	
HUE06	MAS-SHAAD	X	X		X		X				X	X	
HUE08	MAS-SHAAD - .LRN	X	X		X		X				X	X	

Todos los trabajos revisados tienen en común el uso de las TICs para el mejoramiento de los procesos enseñanza-aprendizaje en los entornos educativos. Sin embargo, podemos decir que ninguno de los trabajos considerados hasta el momento realiza adaptación considerando todas las dimensiones planteadas en [VEL07a], Características del usuario, contexto e interacción. Lo anterior conlleva a que lo que se entrega al usuario final llegue de una manera inapropiada bien sea por que el usuario carece de los recursos tecnológicos para visualizar el material, porque necesita colaboración para resolver inquietudes del material o por que el contenido o complejidad de lo entregado no se adecua a su nivel, a sus preferencias o a su estilo de aprendizaje, entre otras.

Las dificultades planteadas por la carencia de propuestas de adaptación que consideren las tres dimensiones identificadas, generan resultados pobres a la hora de entregar el material al estudiante. De esta manera, se limita el potencial de las tecnologías de información y éstas terminan jugando un papel poco importante en el entorno educativo. Por este motivo, se convierten en muchos casos en simples acompañantes de los procesos de educación tradicional, y son utilizadas sin objetivos y metodologías claras. Ello genera que su uso sea poco efectivo en cuanto a resultados educativos se refiere.

Por lo tanto es interesante plantear la posibilidad de considerar la tecnología disponible para lograr adaptación en las tres dimensiones definidas en el Modelo de Usuario Integral [VEL07a]. De esta manera se podría pensar en acercamientos más significativos a cada estudiante en entornos heterogéneos como los educativos y ganar así efectividad, en cuanto a aprendizaje se refiere, del uso de las TICs en tales entornos.

3.4 Conclusiones

En los trabajos revisados se encontró que las características de personalización que son generalmente desarrolladas en los sistemas hipermedia adaptativos son la adaptabilidad y la adaptatividad. Aunque algunos sistemas han implementados adaptaciones dinámicas, estos resultados deberían ser revisados a partir de las nuevas tendencias en sistemas hipermedia adaptativos de cuerpos abiertos [BRU08]. El enfoque de cuerpos abiertos se refiere generalmente a adaptaciones en anotación de enlaces, pero se podría extender a adaptaciones de contenido. Lo anterior nos llevaría a pensar en ambientes en los que se entrega un contenido adaptado pero en el que los repositorios y recursos disponibles no son conocidos ni preparados en tiempo de diseño, esto tendría que ser el punto de partida para hablar de adaptaciones dinámicamente generadas.

Con relación al modelo de usuario, éste ha sido generalmente escondido a los usuarios perdiendo de esta manera el potencial que representa un modelo abierto para promover la reflexión y autonomía en el aprendizaje, lo que es un componente esencial para el éxito de los procesos de educación virtual.

El uso de estándares ha ido paulatinamente aumentando a la par que el desarrollo y la madurez de los mismos. Este incremento se observa como tendencia en los trabajos de e-Learning de los últimos años pues los estándares propician la reutilización y la interoperabilidad entre plataformas, elementos fundamentales en los nuevos entornos de aprendizaje virtual.

Adicionalmente, es importante destacar la tendencia del grupo BCDS en el desarrollo de sistemas genéricos (los cuales son objeto de interés del programa marco de la Séptima Comisión Europea). Estos permiten no solo la generación de un curso/contenido personalizado sino que además permite la reproducción de la misma personalización en otros cursos con las mismas características. Es decir los cursos/contenidos deben ser diseñados con unas características mínimas predefinidas para que el sistema pueda generar las adaptaciones correspondientes a dicho recurso. Una

alternativa para la creación de sistemas genéricos es integrar servicios, módulos o motores de adaptación a sistemas como los LMS o CMS. De este modo es posible concentrarse en el modulo que proveerá la adaptación en lugar de ocuparse de aspectos tales como la administración de recursos y usuarios, que son tradicionalmente incorporados exitosamente en dichos sistemas.

Finalmente, con relación a las variables utilizadas para definir el modelo de usuario podemos decir que las más utilizadas han sido el nivel de conocimiento, los intereses y los estilos de aprendizaje en los sistemas educativos y los intereses del usuario en los sistemas de filtrado y recuperación de información. Ninguno de los trabajos revisados define su modelo de usuario a partir de las tres dimensiones consideradas en [VEL07a], las cuales son la base para la definición e instanciación del Modelo de Usuario Integral propuesto en esta tesis. Como se mencionó previamente esta falta de integración en la definición del modelo de usuario utilizado genera distorsiones en la personalización que el sistema provee. A continuación se presenta una alternativa a esta problemática.

4. MODELO DE USUARIO INTEGRAL

4.1 Introducción

Como acabamos de ver en la revisión de trabajos relacionados, en el grupo BCDS se han realizado adaptaciones en las tres dimensiones, propuestas en [MER04] y redefinidas en [VEL07a] como Modelo de Usuario Integral, pero de manera independiente. En PLAN-G y MAS-PLANG se tuvo en cuenta la dimensión de las características del usuario, en ASCIL se consideró la dimensión de interacción y finalmente en el modelo SHAAD se consideró principalmente la dimensión contexto. Aunque los trabajos revisados han tenido en cuenta independientemente las tres dimensiones de adaptación, ninguno las ha considerado conjuntamente cuando en realidad estas tres dimensiones cohabitan en los entornos educativos.

Las variables identificadas en cada una de las dimensiones propuestas están presentes en los procesos de enseñanza – aprendizaje. Por esto, los resultados obtenidos en tales procesos dependen entre otras cosas de las particularidades del estudiante, del material didáctico que se utilice y de las interacciones con tutores y compañeros. Con tantas variables que considerar, es casi imposible pensar que la educación tradicional pueda mejorar los resultados en los procesos de enseñanza – aprendizaje. Sin embargo, las TICs tienen el potencial para favorecer dichos procesos con la incorporación de ambientes educativos adaptados a las necesidades de los estudiantes. Para que esto sea posible debemos considerar una visión más amplia del entorno del estudiante que haga posible adaptaciones acordes a sus necesidades reales.

Es necesario entonces, dar un enfoque unificado a las tres dimensiones identificadas anteriormente para que el ambiente de aprendizaje proporcione herramientas que permitan a profesores y a estudiantes comunicarse entre sí; para que la información proporcionada sea mostrada en un formato o en otro dependiendo de su contexto, para que el contenido y las actividades que se presenten al usuario estén ajustadas a sus características y a sus interacciones con el sistema, etc.

Una primera posibilidad sería considerar la adaptación al contexto como un paso posterior a la aplicación de las otras dos dimensiones de adaptación (ver Figura 17). Pero hacerlo de esta manera presenta algunos inconvenientes que vamos a ilustrar con un par de ejemplos:

- la adaptación basada en las características del usuario (estudiante en el dominio educativo) nos indica que lo mejor es mostrarle un video, pero el dispositivo de acceso que está utilizando no le permite visualizarlo,
- la adaptación basada en la dimensión de interacción nos indica que dos estudiantes deben compartir una aplicación pero la red en la que se encuentran no se lo permite.

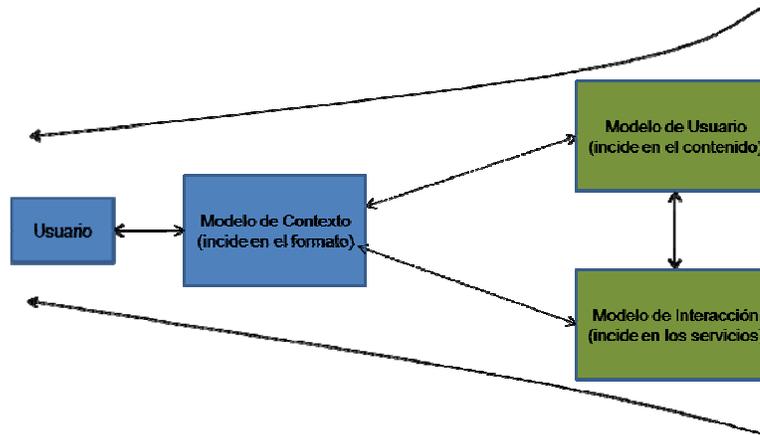


Figura 17. Adaptación en dos pasos.

Para solucionar estos inconvenientes, nos planteamos integrar los tres modelos en uno solo, denominado Modelo de Usuario Integral (MUI) y de esta forma construir un modelo del estudiante que tenga en cuenta simultáneamente todas las dimensiones consideradas (ver Figura 18). De esta forma en los dos ejemplos anteriores el sistema nos indicaría que la adaptación se debe realizar, por ejemplo mostrando una secuencia de imágenes en el primer caso y activando una aplicación equivalente que corra sobre Web en el segundo.

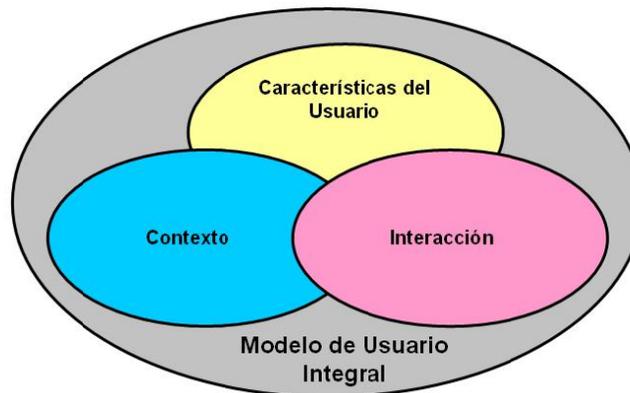


Figura 18. Modelo de Usuario Integral (MUI).

Muchas de las falencias encontradas en la mayoría en los trabajos revisados reflejan la necesidad de un solo hilo conductor que plantee soluciones globales al objetivo común de proveer sistemas adaptativos en entornos educativos considerando todos los aspectos de la realidad actual.

No podemos ignorar que el fraccionamiento de los problemas es una técnica muy utilizada para abordar problemas complejos. Sin embargo, también es cierto que se debe tener claro a partir de que nivel de abstracción podemos identificar elementos coherentes que puedan ser trabajados de manera independiente sin ocasionar distorsión en los resultados esperados.

Creemos por lo tanto que deben ser modeladas soluciones que consideren simultáneamente las tres dimensiones descritas y que a partir de allí se establezcan puntos de implementación que de manera coordinada aúnen esfuerzos y proporcionen soluciones

en los entornos heterogéneos actuales. Lo que proponemos son entornos que consideren un Modelo de Usuario Integral.

Por otra parte y como se ha planteado desde la introducción, existen necesidades actuales referentes a la administración de recursos de aprendizaje. Es por esto que la usabilidad de los SHA estará influenciada por la incorporación de éstos en un LMS que permita el control sobre los contenidos y que proporcione todas las ventajas propias de los entornos educativos modernos. Algunos intentos en esta línea son el proyecto “Adaptive Moodle” desarrollado en la Trinity College Dublín en el que se combina Moodle y el SHA llamado APeLS [TIA05], y el proyecto de la UNED denominado aLFanet [SAN04b] que aunque no une dos sistemas como en el caso anterior, agrega capacidades de adaptación al LMS dotLRN y considera dos de las dimensiones planteadas en la presente propuesta. Otro aspecto considerado en el proyecto aLFanet, que también ha sido tenido en cuenta en este trabajo, es el uso de estándares educativos los cuales proporcionan la deseada característica de reusabilidad de recursos, bastante crítica en cuanto a desarrollo de recursos educativos se refiere. Un proyecto más reciente que ha considerado e implementado un MUI es ADAPTAPlan [BAL08b], sin embargo, las variables de adaptación y la forma de construir y mantener el modelo varían de acuerdo a las necesidades particulares de dicho proyecto.

4.2 Definición del Modelo de Usuario Integral

La definición y adopción del modelo de usuario se desarrolló a partir de dos tipos de actividades. Revisión de trabajos que implementaban modelos de usuarios y diseño y desarrollo de prototipos experimentales que validaban algunas de las variables consideradas en el modelo de usuario definido inicialmente. Los resultados de esta fase fueron, la definición de un modelo de usuario genérico, expandible y ajustable a las necesidades del dominio de la aplicación, en el se han incluido variables propuestas para adaptación desde diferentes perspectivas tal como se menciona en el capítulo II de esta tesis. También es resultado de esta fase la instanciación del Modelo de Usuario Integral, denominada Modelo de Estudiante Integral, ajustada a los entornos de aprendizaje virtual y en el que se ha considerado la relación costo/beneficio entre definición de variables y mantenimiento del modelo.

4.2.1 Dimensiones y variables del modelo de usuario

A partir de la definición de un Modelo de Usuario Integral que comprende inicialmente tres dimensiones: características del usuario, interacción y contexto, se tomaron todas las variables propuestas en otros modelos de usuarios y se clasificaron de acuerdo a sus características y al uso que se les daba en el sistema adaptativo, a continuación se explica en detalle cada dimensión y las variables que podrían ser consideradas en ellas.

- **Dimensión Características del Usuario:** En esta dimensión se incluyen las variables asociadas al estudiante. Entre ellas tenemos: edad, género, preferencias, estado civil, país de nacimiento, país de residencia, lengua madre, otras lenguas, nivel de conocimiento, nivel de competencia, objetivos de aprendizaje, metas, conocimientos previos, competencias en el uso del computador, estilos de aprendizaje, etc.
De acuerdo a la forma como pueden ser obtenidas estas variables pueden ser clasificadas como: implícitas y explícitas. Implícitas cuando pueden ser obtenidas a través del seguimiento del estudiante durante su trabajo en el entorno, por ejemplo realizando el análisis de los logs generados en el servidor donde funciona la plataforma. Explícitas, cuando su obtención debe realizarse a través de la pregunta o interrogación directa al usuario, cabe aclarar que en un sistema ideal de educación

virtual, esta información se podría obtener a través de la consulta a un repositorio expedientes o folios de los estudiantes.

- **Dimensión Contexto:** En esta dimensión se incluyen todas aquellas variables que describen de una u otra manera el entorno o circunstancias que rodean a un estudiante cuando sigue un curso/unidad de aprendizaje a través de un entorno de aprendizaje virtual. De lo anterior podemos deducir que el contexto se refiere no solo al componente tecnológico (hardware, software, infraestructura de red) del cual dispone un estudiante, sino que también comprende toda la disposición física y mental que tenga un estudiante en el momento específico en el que hace uso de la plataforma. Algunas de las variables que podríamos considerar en esta dimensión son: tipo de dispositivo de acceso, ancho de banda, sistema operativo, software de usuario, resolución de la pantalla, tipo de teclado, dispositivo de navegación, contraste, tamaño del texto, preferencias del teclado, etc.

De acuerdo a las características que se consideren en el contexto, podemos hablar de varios tipos de contextos tales como: tecnológico, accesibilidad, emocional, etc. Tecnológico si nos referimos a configuraciones genéricas de hardware, software e infraestructura de red. De accesibilidad si estamos considerando variables particulares para dispositivos especiales utilizados por personas con algún tipo de discapacidad. Emocional si las variables definidas se refieren a impulsos físicos detectados a través de sensores especiales capaces de medir grados de excitación, fijación, etc., durante la realización de tareas específicas. Otros contextos pueden ser incluidos en el modelo.

- **Dimensión Interacción:** En esta dimensión se incluyen todos los aspectos que pueden ser inferidos a partir del uso de la plataforma por parte del estudiante. Algunas variables que pueden ser incluidas son: número de sesiones, duración por sesión, material accesado, aportes hechos en foros, chats, news, etc., número de interacciones con otros usuarios, tipo de interacción y duración de la misma, fechas de acceso, etc. En esta dimensión es posible clasificar las variables de acuerdo a: si se refieren a interacciones del usuario con la plataforma o si se refieren a interacciones entre estudiantes a través de la plataforma. En el primer caso hablamos de interacción personal y en el segundo de interacción de comunidad. La interacción de comunidad es muy útil para orientar adaptaciones al trabajo colaborativo y grupal.

Las dimensiones, algunas sub-clasificaciones y las variables de cada dimensión son presentadas en la tabla No. 10.

Tabla 10. Dimensiones y variables del MUI.

DIMENSIÓN		VARIABLE
Características del Usuario		Edad
		Sexo
		Hobbis
		Estado civil
		País de origen
		País de residencia
		Lengua madre
		Otras lenguas
		Lengua de preferencia
		Nivel de competencia
		Objetivos
		Conocimientos Previos
		Experiencia en el uso de entornos virtuales
		Estilos de aprendizaje
Contexto	Tecnológico	Tipo de dispositivo de acceso
		Ancho de banda disponible
		Retardo y variación del retardo
		Capacidad disponible de computo del servido
		Sistema operativo
		Software del usuario
		Navegador
		Resolución de la pantalla
	Accesibilidad	Tipo de teclado
		Dispositivo de navegación
		Tamaño del texto
		Contraste
		Preferencias del teclado
Interacción	Personal	Numero de sesiones (d,m,h)
		Tiempo de visita
		Tipo de material solicitado
		Número de aportes a news, foros, chats, etc.
	Comunidad	Número de interacciones con otros usuario
		Fecha inicio interacción
		Usuarios con quienes ha interactuado
		Tipo interacción (tool)
		Tipo interacción (contenido)
		Duración de interacciones

Aunque el uso de cada dimensión es susceptible de modificación, en este trabajo las dimensiones de adaptación plantean alternativas a tres problemáticas en sistemas adaptativos. La dimensión característica del usuario es usada para adaptación de contenido de acuerdo al modelo del usuario. La dimensión interacción es usada para la adaptación de actividades (también podría considerarse la adaptación a servicios que ofrece la plataforma) y la dimensión de contexto es usada para adaptación al dispositivo de acceso, (ver Figura 19).

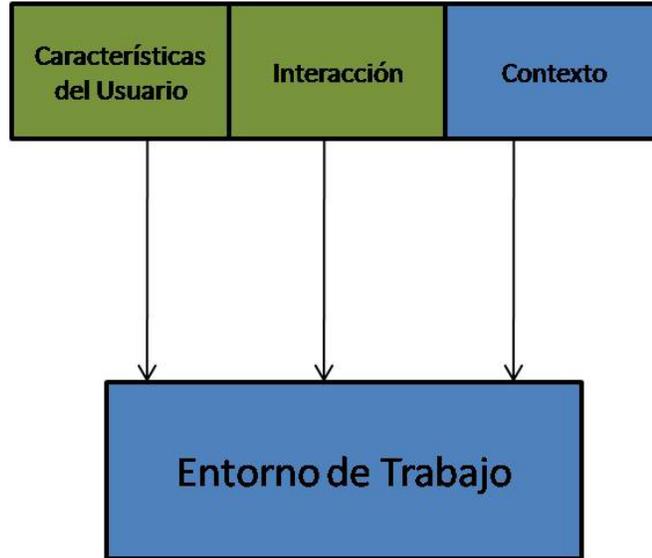


Figura 19. Contribución de cada dimensión al comportamiento adaptativo del sistema.

Aunque el modelo descrito anteriormente es un modelo expandible y ajustable a cualquier dominio, fue necesario que se definieran concretamente cual sería la contribución de cada dimensión a la salida que la plataforma mostraría al estudiante. Para ello se tuvo en cuenta la Figura 4 que describe el esquema general de un modelo de usuario y la tabla No. 2 que lista un conjunto de servicios que han sido o pueden ser ofrecidos a partir de modelos de usuarios. De este modo la contribución de cada dimensión al entorno es vista como servicios de adaptación. En este caso nos referimos a los servicios de adaptación de contenido, de formato y de actividades en un entorno de educación virtual.

4.2.2 Variables del Modelo de Estudiante Integral

Una vez definido el Modelo de Usuario Integral fue necesario realizar los ajustes pertinentes para realizar su instanciación en entornos educativos. Esta instanciación se denomina Modelo de Estudiante Integral (ver Figura 20).

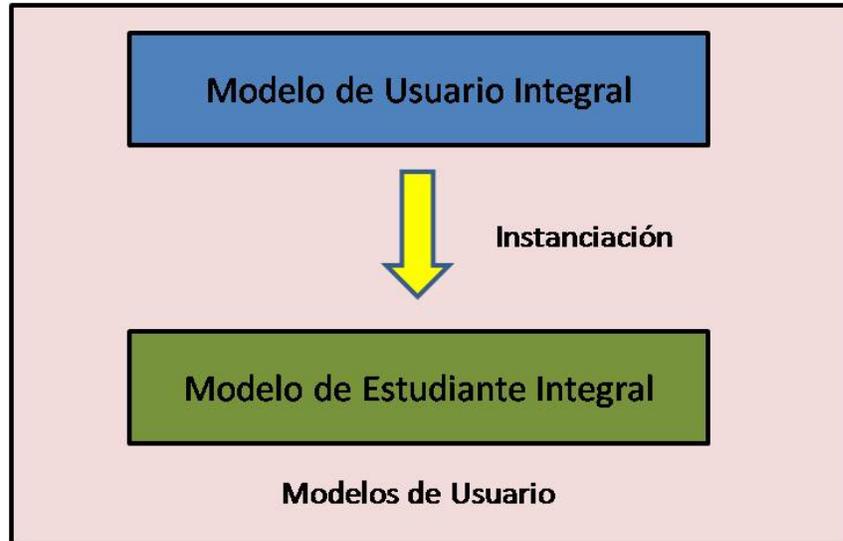


Figura 20. Instanciación del Modelo de Usuario Integral.

Debido a que cada dimensión del Modelo de Usuario Integral considera un número importante de variables se debió seleccionar entre todas ellas las que han demostrado, en otros trabajos o a través de prototipos experimentales propios, ser relevantes para los procesos educativos y técnicamente viables desde el punto de vista del desempeño del sistema.

A continuación se presentan cada una de las dimensiones del modelo de Usuario Integral y las variables utilizadas para la instanciación del Modelo de Estudiante Integral en dicha dimensión. Adicionalmente se describe de donde parte cada prototipo desarrollado en relación a la trayectoria de trabajos del grupo BCDS.

A. Características del usuario

En el campo de los SHA la dimensión característica del usuario ha sido bastante utilizada en la implementación de modelos de usuarios. En esta dimensión la definición de la(s) variable(s) que mayor efectividad aporten al proceso de enseñanza-aprendizaje se ha realizado basados en una revisión detallada de trabajos y en los resultados que ellos obtuvieron. De acuerdo a lo planteado por [BRU07] las variables más utilizadas, en los modelos de usuario han sido nivel de conocimiento [GRI01, WEB01], intereses [HIR97], metas [FIS01], experiencias previas[GAT98] y rasgos individuales tales como el estilo de aprendizaje [CAR99, PAR04] y el estilo cognitivo[TRI02]. Aunque el nivel de conocimiento es quizás la variable más destacada en este conjunto, otra variable que ha venido tomando fuerza ha sido la de intereses. A pesar de ello, en sistemas educativos el nivel de conocimiento es una buena elección para nuestro modelo. Una particularidad de nuestro modelo es que en lugar del nivel de conocimiento se trabajará con el nivel de competencia de un estudiante. Ello implica a que la estructura de representación que se utilice sea adaptada para competencias en lugar de conocimientos.

Otra variable comúnmente utilizada en los sistemas adaptativos educativos y cuyo estudio ocupó un espacio importante en este trabajo es la variable estilos de aprendizaje, de hecho a continuación presentamos los resultados obtenidos en un prototipo inicial desarrollado para la validación de un modelo de estudiante basado en el estilo de aprendizaje.

Sistema Multi-agente para la adaptación de contenidos Web basados en los estilos de aprendizaje del estudiante.

El prototipo presentado en [VEL07c] se realizó a partir de los proyectos MAS-PLANG [PEÑ02a] y MAS-SHAAD [HUE06] (ver Figura 21). Del primero se tomaron los estilos de aprendizaje y del segundo el entorno desarrollado. El propósito de este trabajo fue explorar la viabilidad técnica y los aportes al proceso educativo de la variable estilos de aprendizaje. Dicha variable constituyó el elemento primordial en el modelo de estudiante de un entorno de aprendizaje virtual adaptativo.

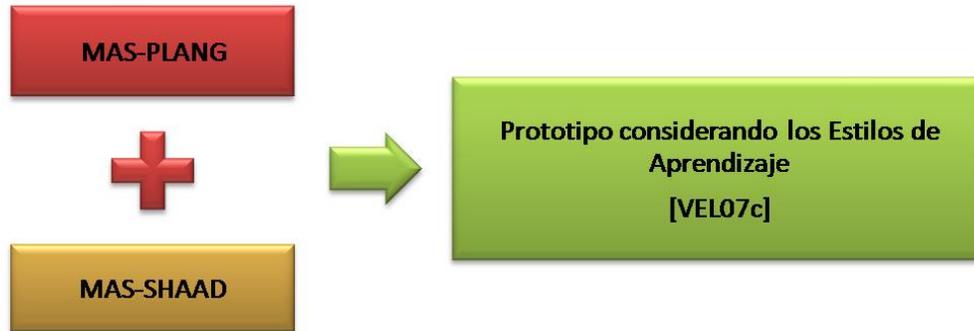


Figura 21. Prototipo que incorpora estilos de aprendizaje.

Este prototipo que integra tecnologías como Extensible Mark-up Language (XML), Extensible Style sheet Language Transformations (XSLT), Java (lenguaje de programación), MySQL (Motor de base de datos), Apache Tomcat (Servidor Web), Jade (plataforma para el desarrollo de agentes), etc., fue construido con el objetivo de extender la arquitectura MAS-SHAAD [MER06] a los entornos de aprendizaje virtual. En él se incorpora, al modelo de usuario, la variable estilo de aprendizaje basada en el modelo de estilos de aprendizaje definido por Felder en [FEL01]. El modelo considera cuatro estilos de aprendizaje visual, verbal, global y secuencial. Ofrece el servicio de entrega de contenido Web adaptado a dichos estilos, las adaptaciones se basan en el trabajo desarrollado por Paredes et al. en [PAR04].

El modelo de estudiante construido para entregar el contenido Web considerando los estilos de aprendizaje cambia de acuerdo a la interacción que el estudiante tiene con el sistema. Por ejemplo, si el estudiante dentro del modelo de Felder ha sido clasificado como global pero estudia el material de manera secuencial, el sistema podría cambiar automáticamente su estilo de aprendizaje [PAR04], y este cambio es reflejado inmediatamente en los contenidos entregados.

La idea general es que el estudiante, una vez identificado en la plataforma de agentes, acceda a un sitio Web educativo en el cual pueda navegar a través de los contenidos de una temática específica. Esta navegación es adaptada considerando el modelo de usuario del estudiante. Este modelo consideraba inicialmente solo características del dispositivo, pero fue extendido con la incorporación de estilos de aprendizaje que se actualizan teniendo en cuenta el comportamiento del estudiante en el sistema durante sus accesos al sitio Web.

La interacción del usuario con el sistema es seguida a través de los logs que se almacenan en el servidor de la aplicación. Éstos permiten conocer el material que ha visto el estudiante y la forma de navegación que ha utilizado. El modelado del usuario podría

cambiar si el sistema infiere que su navegación o el tipo de material que acostumbra a visitar no coinciden con los datos previamente definidos.

Para probar el funcionamiento del sistema se creó un sitio Web utilizando XML y XSLT. XSLT es una recomendación oficial de la W3C que proporciona un lenguaje potente y flexible para transformar los documentos estructurados en XML a otro lenguaje, por ejemplo HTML. De esta manera, el sistema puede adaptar los contenidos a las necesidades del estudiante.

En la Figura 22 se muestra el contenido de una página en la que se adapta el contenido a un usuario que accede desde un pc y que sus estilos de aprendizaje son global y visual. En este caso se puede observar que la página dispone de un menú en la parte superior para facilitar la navegación a los estudiantes con un estilo de aprendizaje global aunque también se han incluido los enlaces para realizar una navegación secuencial. Como el estudiante es visual, en la página se despliegan imágenes.

En la Figura 23, se muestra como vería esta misma página si ese estudiante accede desde una PDA. La imagen de la derecha corresponde a los contenidos que vería después de hacer scroll.

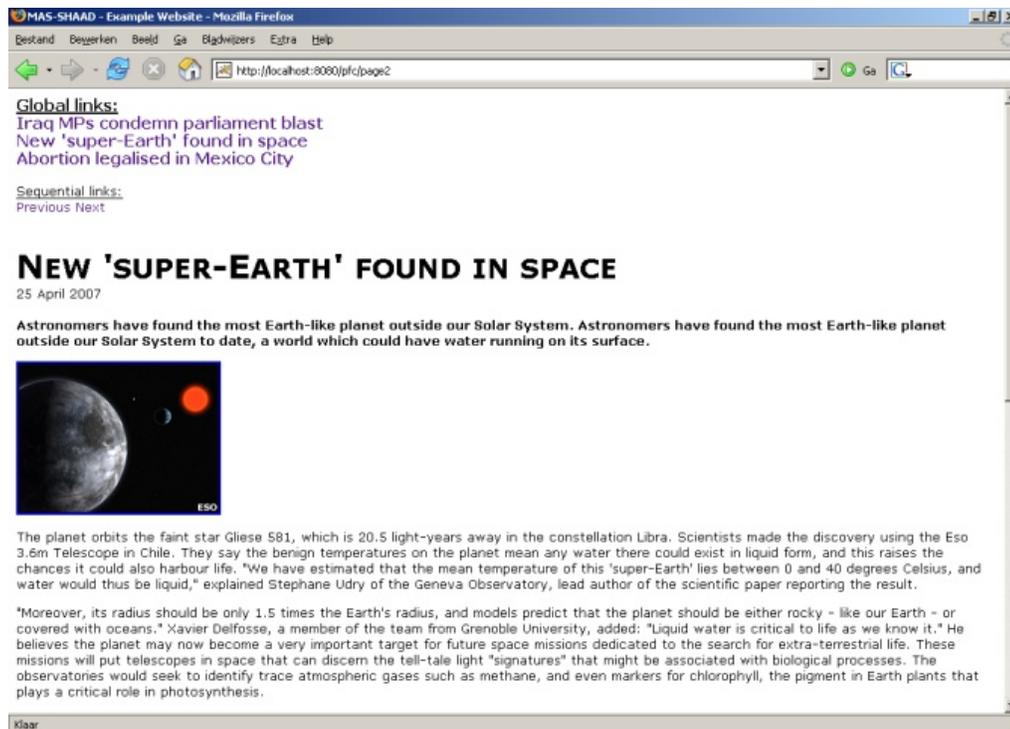


Figura. 22: Vista de la página desplegada a un estudiante con estilos de aprendizaje Global - Visual.



Figura. 23: Vista de la página desplegada a un estudiante con estilos de aprendizaje Global – Visual que accede desde una PDA.

Aunque los resultados fueron satisfactorios en cuanto a la validación del modelo y de la variable estilos de aprendizaje, el hecho de la preparación de los recursos hace poco práctico la utilización de esta variable en el Modelo de Estudiante Integral. Sabemos por las evaluaciones y observaciones que se han hecho, que los estilos de aprendizaje son reales, observables y orientables en proceso de enseñanza-aprendizaje, sin embargo, ha llamado nuestra atención que el tipo de recursos educativos que con cada vez más frecuencia se busca producir, son recursos multimedia interactivos que integran en su mayoría elementos que direccionan al mismo tiempo los distintos estilos de aprendizaje. De esta manera si disponemos de recursos ricos en posibilidades para los estudiantes se ahorraría el esfuerzo necesario para la generación de reglas que consideraran todos los estilos de aprendizaje posibles. A partir de la consideración anterior, se instanció la dimensión características del usuario con la variable nivel de competencia.

B. Contexto

Para la determinación de las variables de la dimensión contexto, específicamente lo que se refiere a contexto tecnológico, se partió de los resultados previos en el grupo BCDS y adicionalmente se construyó un prototipo que permitió la detección automática de las variables de contexto de un dispositivo móvil. Este prototipo se creó como una extensión del sistema MAS-SHAAD [HUE06], (ver Figura 24).

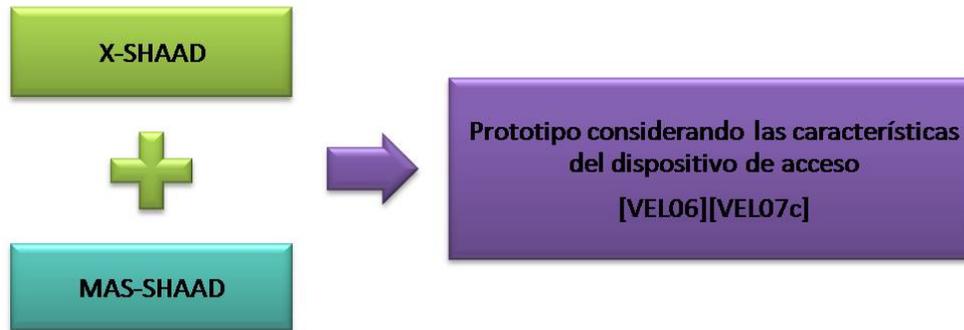


Figura. 24: Prototipo que extiende el sistema MAS-SHAAD y considera la dimensión contexto.

Sistema Multi-agente para la recuperación de las características tecnológicas de dispositivos de acceso.

La detección de las características del dispositivos se realiza a través de un MAS que corre sobre el dispositivo del usuario [VEL07c]. La plataforma del dispositivo se comunica con la plataforma del servidor, con el objetivo de proporcionarle la información necesaria para realizar el modelado del estudiante. Actualmente el MAS del estudiante funciona sobre un emulador de un dispositivo de mano (móvil). Pero puede ser extendido a otro tipo de dispositivos e incluir otras variables que se consideren necesarias. Esta plataforma de agentes ha sido implementada sobre el dispositivo móvil utilizando JADE LEAP y otras tecnologías utilizadas en MAS-SHAAD [HUE06].

En la Figura 25 es posible visualizar los agentes corriendo, la interfaz de Jade Leap utilizada para la programación del agente que se ejecuta en el dispositivo móvil y la vista del emulador del dispositivo móvil. A partir de este trabajo se estableció la posibilidad de obtener automáticamente no solo el tipo del dispositivo sino también otra información sobre la configuración actual del dispositivo que generalmente no se encuentra en los perfiles de los dispositivos de acceso.

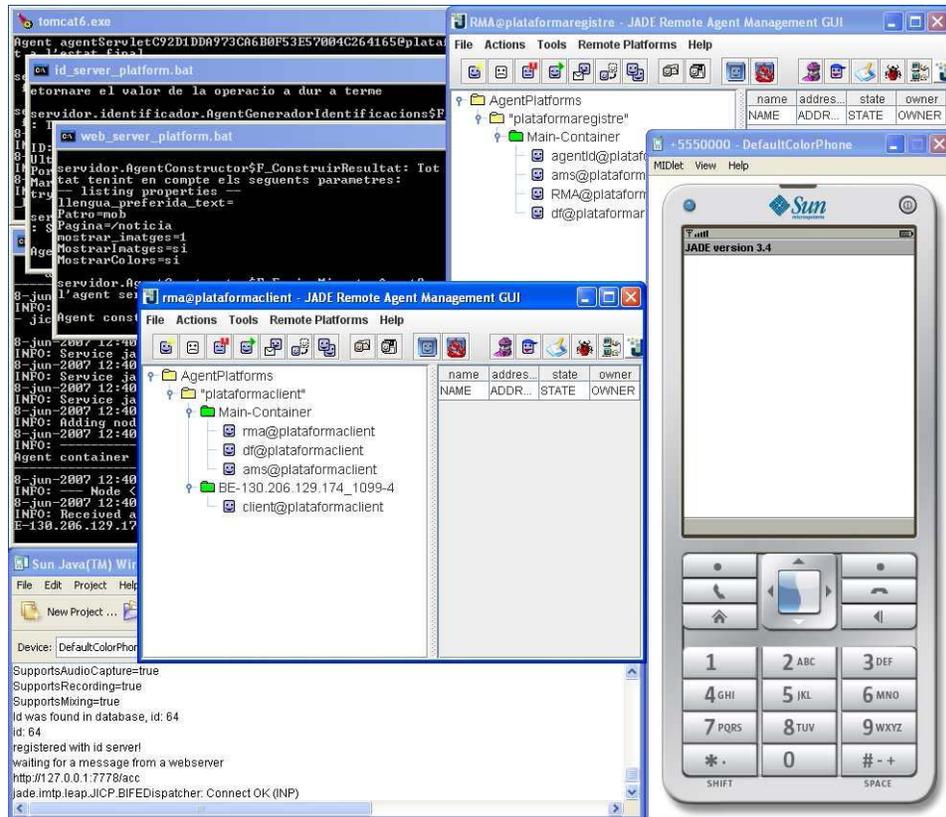


Figura. 25. Ejecución del agente cliente.

Aunque no se trabajó ninguna variable en el contexto accesibilidad, en este momento se viene adelantando un proyecto en el grupo BCDS que intenta cubrir esa línea [MOR08].

Con la experiencia de MAS-SHAAD [HUE06] y los resultados del prototipo desarrollado [VEL07c] se pudo:

- Conocer el estado del arte en cuanto a identificación de características de los dispositivos de acceso.
- Definir posibilidades de adaptación a partir de la información obtenida y de las tecnologías disponibles.
- Explorar la complejidad en el mantenimiento del modelo de usuario que considera la dimensión contexto tecnológico
- Evaluar la utilidad que podría aportar al entorno de aprendizaje virtual algunas de las variables consideradas en el Modelo de Usuario Integral.

A partir de todas estas experiencias en la dimensión contexto se concluyó que la variable de mayor relevancia para el contexto tecnológico era el tipo de dispositivo de acceso, puesto que aunque existen otras que influyen en el resultado presentado al estudiante, del tipo de dispositivo dependerá en primer lugar la visualización que el usuario tenga de un recurso cualquiera.

C. Interacción

La dimensión interacción es quizás una de las menos estudiadas en el campo de los sistemas hipermedia adaptativos. Sin embargo, en campos como el aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL) este tipo de variables son más comunes en la implementación de modelos de usuarios. Tal como se mencionó previamente, algunos de los usos dados al modelo de usuario en este campo han sido la generación automática de grupos de trabajos [ALF06, PAR06] el apoyo a la evaluación y autoevaluación de estudiantes [MAR06a], entre otros.

Tal como se plantea en [SAN04a], de los entornos de aprendizaje virtual es posible extraer una gran cantidad de información ya sea activa (acciones de los estudiantes) o pasiva (a través del contenido de sus aportes). Esta información puede ser útil para la clasificación de los usuarios en diferentes categorías y de esta manera ofrecer servicios de personalización o de soporte al trabajo colaborativo. Dos categorizaciones interesantes en cuanto al segundo aspecto son propuestas en [SAN04a] y una de ellas retomada en el proyecto ADAPTAPlan para soportar la competencia colaborativa en el modelo de usuario que allí se define [BAL08a]. Sin embargo, tales implementaciones pueden incurrir en la poca practicidad a la hora de implementación en entornos virtuales de aprendizaje de explotación.

En este trabajo aunque en un principio se consideraron diferentes variables en la dimensión interacción, finalmente se decidió que para la validación del modelo se seleccionaría una variable fácilmente obtenible y que nos permitiera de manera sencilla obtener la adaptación requerida por el usuario, ver Figura 26. La variable seleccionada fue la frecuencia de interacción del usuario con la plataforma y el servicio ofrecido a partir de esta variable es la adaptación de las actividades complementarias que debe recibir un estudiante en virtud del tiempo que dedica trabajar en el entorno de aprendizaje virtual y más específicamente en su unidad de aprendizaje.

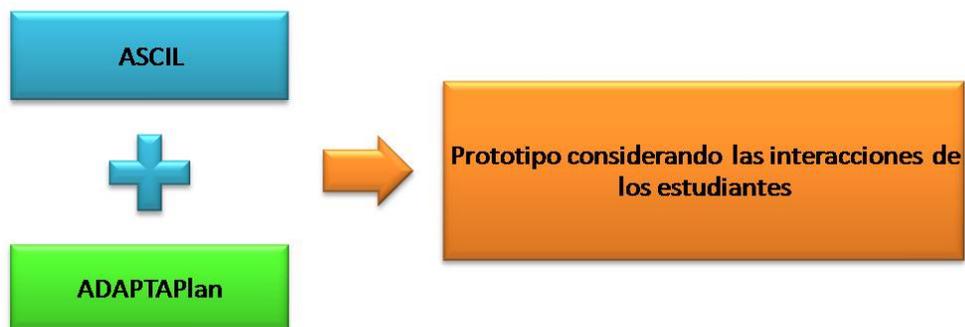


Figura. 26. Definición de la variable de la dimensión Interacción.

Un trabajo desarrollado como aporte del grupo BCDS al proyecto ADAPTAPlan explora otras variables en el modelo de usuario y utiliza técnicas de aprendizaje de máquinas para establecer los valores de estas variables en el modelo de usuario, detalles del mismo pueden ser vistos en [MAN08].

De esta manera nuestro modelo de estudiante queda constituido por las siguientes variables:

- Características del usuario: Nivel de competencia/conocimiento
- Contexto: Dispositivo de acceso
- Interacción: Frecuencia de interacciones del estudiante con el sistema

Con las variables del Modelo de Estudiante definidas, se ha, de acuerdo a la tabla No. 1, definido la naturaleza de la información del modelo de usuario, es necesario entonces conocer en detalle la forma como dichas variables serán representadas y mantenidas.

4.3 Representación y mantenimiento del Modelo de Usuario

Integral

Como complemento a la definición del Modelo de Usuario Integral es necesario que se especifique que representa el modelo de usuario, como se representa esta información y como se mantiene actualizado en la plataforma, ver Tabla No. 1.

A. Que se representa

El Modelo de Usuario Integral representa: el nivel de competencia/conocimiento que un estudiante ha alcanzado en una unidad de aprendizaje, el tipo de dispositivo y la frecuencia de interacción del estudiante con el sistema. Aunque hay mucha similitud con la representación de conocimiento, la representación de competencias se diferencia en el enfoque del curso o unidad y en las implicaciones que esto tiene para el proceso de aprendizaje. Cada competencia es definida en un archivo XML que sigue el esquema de la especificación IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective [RDCEO].

El *nivel de competencia* incluido en la dimensión características del usuario se define a partir de la taxonomía propuesta por Bloom [BLO56] en ella el autor establece 6 categorías (conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación), las cuales se pueden obtener como resultado de un proceso de aprendizaje. En la tabla 1 se listan las categorías propuestas en la taxonomía de Bloom y al mismo tiempo se presenta una simplificación hecha para efectos de implementación y validación del Modelo de Usuario Integral.

Tabla 11. Correspondencia entre la taxonomía de Bloom y el nivel de competencia

OBJETIVO	DESCRIPCION	NIVEL
Conocimiento	Recordar un hecho sin un entendimiento real del significado del hecho.	Principiante
Compresión	Asir el significando del material.	
Aplicación	Usar el material aprendido en situaciones nuevas y concretas.	Intermedio
Análisis	Dividir un problema complejo en partes.	
Síntesis	Poner en partes para reunir las y crear una nueva entidad única.	
Evaluación	Juzgar el valor del material para un propósito dado.	Avanzado

Una norma de competencia puede establecer criterios hasta de nivel de evaluación de acuerdo a la taxonomía de Bloom, sin embargo, cuando se diseña la unidad de aprendizaje el experto temático puede considerar que el alcance del curso es intermedio y podrá de esta manera solo definir variables de adaptación hasta dicho nivel. En este trabajo el nivel de competencia con respecto a una competencia particular no viene dado por una sola variable, en lugar de ello utilizamos una, dos o tres variables dependiendo del nivel de competencia máximo de la unidad de aprendizaje con respecto a una competencia. Esto quiere decir que para una competencia C podríamos tener las variables C.principiante, C.intermedio y/o C.avanzado. Las razones para utilizar variables independientes es que se ha establecido que un estudiante puede saber hacer algo o entender el concepto pero no saberlo aplicar, etc. Estableciendo variables independientes podemos establecer cual es el progreso del estudiante en cada categoría.

El siguiente aspecto a modelar es la frecuencia de interacción que se ha definido en la dimensión *interacción*. Para ello utilizamos la categorización alta, media y baja. El diseñador de la unidad de aprendizaje debe establecer que actividades son sugeridas en cada uno de los posibles niveles de interacción.

Finalmente el modelo de usuario también representa la información del tipo de dispositivo de acceso que se ha definido en la dimensión *contexto tecnológico*. Igual que en las dos variables anteriores, en ésta se utiliza una categorización: pc, pda o móvil. Aunque en los últimos años han sido desarrollados dispositivos que combinan características de PDA y móviles, en este trabajo se ha mantenido la clasificación inicialmente definida pues consideramos que aún es posible identificar la característica predominante en un dispositivo. Sin embargo, esto debería ser considerado la definición de una nueva clasificación para nuevos prototipos que generen adaptaciones considerando el dispositivo de acceso.

Una descripción resumida de lo que se representa en el modelo de estudiante y los rangos que se establecen para cada variable puede ser visto en la tabla No. 12.

Tabla 12. Información representada en el Modelo de Estudiante Integral.

DIMENSIÓN	VARIABLE		RANGO
Características del Usuario	Nivel de Competencia/conocimiento	Principiante	0 – 1
		Intermedio	
		Avanzado	
Contexto	Tipo dispositivo		Pc, móvil, pda
Interacción	Frecuencia de interacción		Alta, media, baja

Aunque el número de variables propuestas para el Modelo de Usuario Integral es mayor en comparación con las utilizadas en el Modelo de Estudiante Integral, esta última es una instancia realizada para el prototipo a validar en esta tesis y su limitación está basada en la revisión de trabajos y los prototipos previos al desarrollo de dicha instancia. A continuación se presenta la forma como esta información se representa en dicho modelo.

B. Como se representa la información en el modelo de usuario

La información del modelo de usuario ha sido estructurada en forma de árbol. En la Figura 27 se muestra la representación de *nivel de competencia/conocimiento*. Esta es la variable de mayor complejidad para su representación en el modelo de usuario, esto se debe a la naturaleza de dicha información que implica la definición de toda una estructura

capaz de relacionar competencias, unidades de aprendizaje y la relación existente entre las competencias que se desean alcanzar y las que el usuario realmente ha alcanzado.

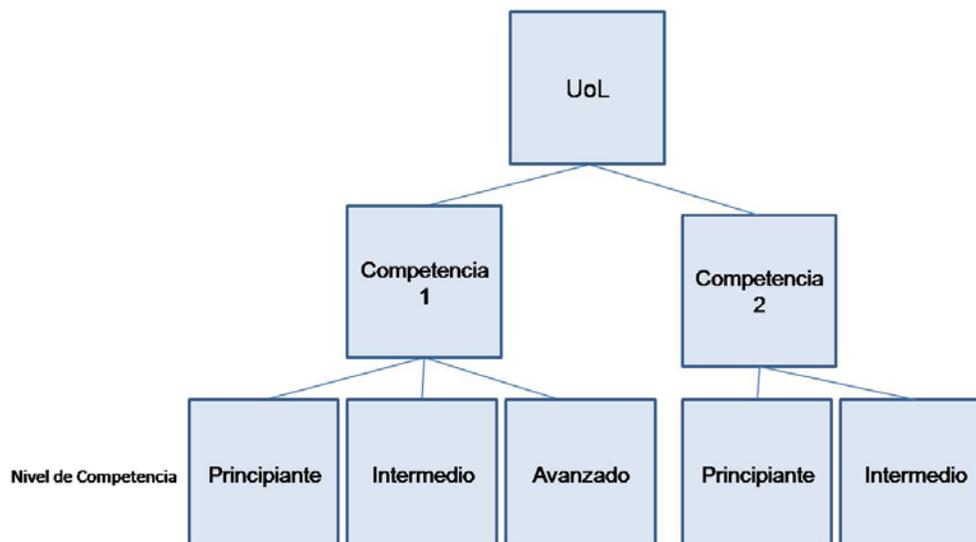


Figure 27. Representación del nivel de competencia

Como podemos observar en la figura 27, el nodo raíz lo constituye la unidad de aprendizaje (UoL) que el estudiante desarrollará. Una unidad de aprendizaje durante el proceso de diseño es definida a través de la especificación IMS-LD. En dicha especificación es/son relacionada(s) una(s) competencia(s) a través del elemento objetivos de aprendizaje. Este elemento puede ser incluido en varios niveles de jerarquía en la unidad de aprendizaje, sin embargo, en este trabajo se ha especificado en el nivel de mayor jerarquía. Las competencias han sido previamente caracterizadas con la especificación IMS-RDCEO y siguen la estructura que se describirá en el apartado 4 de este capítulo. El nodo competencia tiene en su estructura interna la información sobre el enlace en el cual es posible acceder a la especificación completa de cada competencia en formato XML. Es posible que en el diseño de la unidad de aprendizaje se haya determinado que para una competencia C el nivel alcanzado sería únicamente hasta el intermedio, por lo cual el enlace hacia el nodo avanzado sería nulo para dicha competencia. Finalmente los nodos principiante, intermedio y avanzado si son diferentes de null, contienen en su estructura interna un valor entre 0 y 1 que indica el grado alcanzado por ese estudiante en el nivel específico.

La información de la variable frecuencia de acceso fue representada utilizando una estructura similar a la que se muestra en la Figura 27. Aunque directamente una UoL no ha sido concebida con el fin de utilizar información referente a las interacciones del usuario en una plataforma de educación virtual, la especificación IMS-LD permite la definición de variables que directamente no están relacionadas con el desempeño de un estudiante en una unidad de aprendizaje. Esta característica ha sido utilizada para la definición y representación de las variables de las dimensiones interacción y contexto.

En la Figura 28 se presenta la representación de la *dimensión interacción*. El nodo raíz sigue siendo la UoL y la relación frecuencia de interacción – unidad de aprendizaje se establece en tiempo de diseño a través de la definición de variables personales que mantendrán el valor correspondiente dependiendo del comportamiento del estudiante en la plataforma.

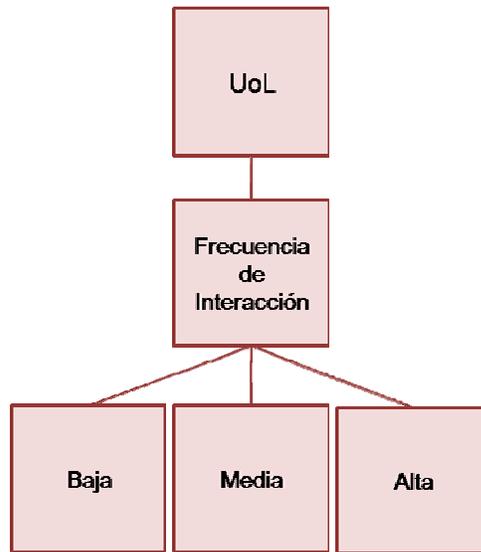


Figure 28. Representación de la frecuencia de interacción.

Por último se observa en la Figura 29 la forma como fue representada la información de la variable tipo de dispositivo de la dimensión *contexto tecnológico*. Continuando con una representación similar a las dos anteriores, el nodo raíz es la UoL y la variable se relaciona con dicha unidad en tiempo de diseño a través de la definición de la variable correspondiente. El rango de valores para esta variable es pc, móvil y pda. La forma como se obtienen ésta y las otras variables del modelo de usuario será explicado a continuación en el numeral C.

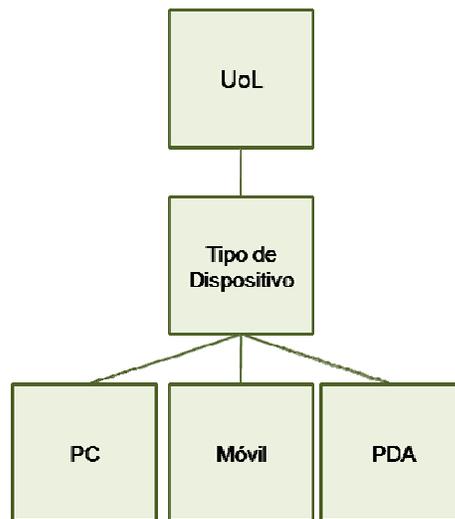


Figure 29. Representación de la variable tipo de dispositivo.

C. Como se mantiene el modelo de usuario

El enfoque utilizado para modelar las *competencias de un estudiante* es el modelo de superposición, ver tabla No. 1. Este modelo es utilizado para determinar cual es el nivel

de competencia de un estudiante a partir de la superposición de la(s) competencias(s) a desarrollar en el curso sobre las competencias que el estudiante va alcanzando a medida que desarrolla una unidad de aprendizaje. De la representación de las competencias de una UoL y de la relación de éstas con los criterios de desempeño que deberían alcanzar los estudiantes en cada nivel se obtiene el modelo del dominio. Dicho modelo corresponde a las competencias que mostraría un experto para una UoL específica. Tal como vemos en la tabla No. 13, el modelo de dominio se especifica como un conjunto de criterios de desempeño verificables en un nivel específico de una competencia.

En la tabla No. 13 se presenta una vista del modelo de dominio, en el se listan cada una de las competencias que el diseñador de una UoL ha definido como alcanzables al finalizar la unidad. La columna “competencia” mantiene el código de la competencia que debe ser único en una taxonomía de competencias determinada. La columna “nivel” contiene los niveles de cada competencia que serán alcanzables en la unidad. Aunque la competencia definida completamente comprende tres nivel (Principiante, Intermedio y Avanzado), el diseñador del curso puede determinar que una competencia será alcanzada hasta un nivel menor que el avanzado. Por último, la columna “criterios de desempeño” contiene los códigos de los criterios de desempeño de una competencia. Estos códigos son utilizados para evaluar si una competencia se alcanza o no y posteriormente enlazados con preguntas dentro de cuestionarios diseñados para cada UoL.

Tabla 13. Modelo del dominio.

COMPETENCIA	NIVEL	CRITERIOS DE DESEMPEÑO
RDCEO1	Principiante	01.01.1
		01.02.1
	Intermedio	01.03.2
	Avanzado	01.04.3
RDCEO2		

El modelo del estudiante al ser una superposición sobre el anterior tiene una apariencia similar, sin embargo, en el modelo de estudiante se observa el grado en el que ha sido alcanzado dicha competencia para cada nivel y además considerando, en el caso de que existan, los valores de niveles de competencia obtenidos previamente. Es decir el desarrollo de la competencia será progresivo y tendrá memoria de cómo el estudiante se ha desempeñado en el pasado en dicha unidad, ver tabla No. 14.

Tabla 14. Modelo del estudiante.

COMPETENCIA	NIVEL	CRITERIOS DE DESEMPEÑO	GRADO DEL NIVEL ACTUAL		GRADO DEL NIVEL ANTERIOR	
			V	GRADO	VA	GRADO
RDCEO1	Principiante	01.01.1	0.8	Moderado	0	Sin información
		01.02.1				
	Intermedio	01.03.2	0.3	Muy limitado	0	Sin información
	Avanzado	01.04.3	0	Sin información		
RDCEO2						

En la tabla No. 14 se observan, además de las tres columnas del modelo del dominio (ver tabla No. 13), dos columnas más “Grado de nivel actual” y “Grado del nivel anterior” relacionadas al nivel de competencia alcanzado por un estudiante en dos instantes de tiempo diferentes: el actual y el anterior. El primero es el resultado obtenido al aplicar la fórmula (1) sobre el último test tomado por el estudiante en la unidad de aprendizaje. El segundo es el resultado obtenido de la misma forma pero en una instancia previa, es decir, el nivel de competencia obtenido al finalizar el penúltimo cuestionario.

$$G(x)_i = (G_{anterior}(x)_i \times a) + \left(\left(\frac{\text{preguntas correctas}(x)_i}{\text{total respondidas}(x)_i} \right) \times (1 - a) \right) \quad (1)$$

Donde $0 \leq G(x)_i \leq 1$ y $0 \leq a \leq 1$ (2)

El nivel de competencia de un estudiante es medido en grados de acuerdo a la tabla No. 15. Este grado se obtiene a partir de la fórmula (1) la cual expresa el grado actual que el estudiante ha alcanzado en un nivel de una competencia específica. La fórmula está compuesta por dos sumandos. El primero multiplica el grado anterior por un factor a . Este factor es un valor comprendido entre cero y uno (0-1), un ejemplo del valor tomado para a es 0,3 [MAB08]. El objetivo es dar mayor peso a los resultados obtenidos por un estudiante en evaluaciones recientes e ir poco a poco disminuyendo la importancia de resultados anteriores. En el segundo sumando se obtiene el puntaje de las preguntas respondidas correctamente a partir de las preguntas totales que respondió el estudiante y este valor es multiplicado por $(1 - a)$.

Tabla 15. Categorías para definir con que grado se ha alcanzado un nivel

VALOR	GRADO
Null	Sin Información
$0.00 \leq V \leq 3.0$	Muy Limitado
$0.30 < V \leq 0.60$	Limitado
$0.60 < V \leq 0.80$	Moderado
$0.80 < V \leq 1.00$	Excelente

Además de definir el modelo del dominio y del estudiante fue necesario establecer mecanismos para la evaluación de cada UoL y para relacionar esta evaluación con los estudiantes correspondientes. Para ello se utilizó la especificación IMS-QTI y un sistema multi-agente desarrollado para mantener actualizado el modelo del estudiante. La especificación IMS-QTI permitió caracterizar todas las evaluaciones hechas para una UoL y relacionar cada pregunta de la evaluación con un código que asocia una competencia, un nivel y un criterio específicos. Este código se basa en los utilizados en el modelo del dominio y del estudiante y su diferencia está principalmente en que a estos últimos se les adicionó un número consecutivo de acuerdo al orden como se van agregando las preguntas. A continuación se presenta una explicación más detallada.

Una vez creados y caracterizados los cuestionarios, éstos son relacionados a las UoL en tiempo de diseño a través de enlaces que permiten acceder desde la UoL a cada cuestionario diseñado para la unidad. Los cuestionarios al ser finalizados son utilizados por el sistema multi-agente para actualizar el modelo del estudiante. La tarea principal en la determinación del nivel de competencia de un estudiante es establecer el grado de competencia del estudiante en cada nivel definido como alcanzable para una competencia en una UoL.

Para determinar el grado actual del estudiante en cualquiera de los tres niveles alcanzables para una competencia se siguen los siguientes pasos:

1. Verificar que el número de preguntas respondidas de un nivel X , de una competencia (i) es superior al 20% de las preguntas totales. Donde X puede tomar un valor entre 1, 2 y 3 que corresponden a los niveles Principiante, Intermedio y Avanzado (P, I, A) respectivamente. Si este valor es inferior al 20%, entonces el nivel no puede inferirse y se coloca un valor null y un grado “sin información” para un nivel específico, (ver tabla No. 15).
2. Si se cuenta con suficiente información se procede a definir el grado del nivel de acuerdo a la tabla No. 15 y basados en la fórmula (1).
3. El grado actual para un nivel determinado X (P, I, A) y una competencia (i) se calcula con la fórmula (1) y de acuerdo a lo explicado previamente. Con el resultado obtenido y de acuerdo a la tabla No. 15 se puede establecer el grado que un estudiante ha alcanzado en cada uno de los niveles de las competencias de un curso.

El modelo de estudiante definido para la dimensión *interacción* es mantenido y actualizado por el sistema multi-agente. El MAS utiliza la información proporcionada por el paquete user-tracking [ORT05] para determinar la frecuencia de las interacciones de un usuario en la plataforma. Este paquete permite conocer las páginas visitadas, los días de la semana y horas en las cuales los usuarios acceden a la plataforma, etc., información bastante útil y disponible en .LRN una vez se instala dicho paquete. El trabajo del sistema multi-agente es entonces tomar la información proporcionada por el paquete user-tracking y de acuerdo a la tabla No. 16 calcular la frecuencia (f) de acceso de un estudiante a la UoL. Una vez obtenida f el MAS se encarga de actualizar el valor en la variable definida en la UoL para ello. Los valores para determinar si la frecuencia era alta, media o nula se tomaron de los promedios que se registraron en cursos previos. Sin embargo, se espera poder ajustar estos cálculos considerando otros resultados y/o otros parámetros.

Tabla 16. Categorías para definir la frecuencia de interacciones del estudiante con la plataforma.

FRECUENCIA (Acceso Por Semana)	VALOR
$0 \leq F \leq 3$	Baja
$4 \leq F \leq 7$	Media
$8 \leq F$	Alta

Por último consideramos la forma en la que se mantiene y actualiza el modelo de estudiante en su dimensión *contexto tecnológico*. Para ello en el sistema multi-agente desarrollado en este trabajo se integra el sistema desarrollado por Huerva en [HUE08]. En dicho proyecto el sistema multi-agente a partir del dispositivo del usuario, captura el valor de la variable tipo de dispositivo y otra información referente a preferencias y características del dispositivo de acceso. Aunque se hizo un prototipo que consideró toda la información del dispositivo extraída por Huerva en [HUE07] en el prototipo final se incluyó únicamente el tipo de dispositivo de acceso. La razón para tal decisión se sustenta en las limitaciones tecnológicas existentes en el lugar donde se desarrolló y validó el prototipo final. Sin embargo, en escenarios tecnológicamente más exigentes podría ser ampliado el modelo. La validación del prototipo completo se realizó con simuladores de diferentes tipos de dispositivos. Una vez establecido el tipo de dispositivo, el MAS actualiza la UoL con el valor correspondiente y se produce la entrega de recursos con el formato correspondiente y la adaptación de la apariencia de la plataforma (Figura 16).

A continuación se presentan diferentes aspectos tecnológicos y de implementación que fueron necesarios para la construcción y validación del sistema final propuesto en esta tesis. Entre estos aspectos tecnológicos presentamos la identificación de los estándares y especificaciones utilizados para el desarrollo de unidades de aprendizaje adaptativas reutilizables y la relación que se estableció entre estos estándares/especificaciones con el modelo de estudiante.

4.4 Creación de Unidades de Aprendizaje

Para la construcción de las unidades de aprendizaje (UoL) adaptativas es necesario disponer de un conjunto de elementos tales como: recursos de aprendizaje, estándares para la caracterización de los recursos, especificaciones para definir cuestionarios, UoL, competencias, taxonomías, modelos pedagógicos, etc. Sin embargo, aún disponiendo de todos los elementos descritos previamente, ello no garantiza la construcción de una unidad de aprendizaje adaptativa puesto que es necesario además los puntos de conexión entre todos estos elementos. A continuación se presentan algunos de los elementos utilizados para la creación de las UoL y los puntos de conexión que se establecieron entre dichos elementos.

4.4.1 Especificaciones, Estándares y Modelo de Estudiante Integral

Como se ha mencionado previamente en el proyecto ADAPTAPlan se realizaron propuestas que relacionan especificaciones como RDCEO, IMS-LD, IMS-QTI, IMS-LIP, IMS-accessForAll y el estándar LOM [BAL08a] las cuales constituyen un gran aporte a este trabajo pues dieron origen a lo que a continuación será presentado.

Aunque se partió de algunos resultados de ADAPTAPlan [BAL07b, BAL08a], en este trabajo se utilizó RDCEO de forma particular. La razón para ello es que las competencias fueron definidas de acuerdo al modelo pedagógico definido en la UPB

Montería, donde fue validado el prototipo final y las UoL adaptativas que fueron subidas al prototipo. Este uso particular de IMS-RDCEO es posible puesto que la especificación no obliga a seguir un modelo determinado para expresar una competencia sino que define unos elementos básicos a partir de los cuales se puede establecer el caso de uso que se ajuste a las particularidades del contexto y dominio para el que se utiliza.

Por otra parte las variables incluidas en el IMS-LD y la forma como se asocian estas con el QTI con el objetivo de establecer el nivel de competencia de un estudiante en una unidad de aprendizaje específica, también corresponden a una definición propia e independiente de ADAPTAPlan.

Es decir, que el proyecto ADAPTAPlan inspiró la forma como se establecieron las relaciones entre los diferentes estándares y las especificaciones pero la implementación de estas relaciones se realizó en cada sistema de forma diferente de acuerdo a los objetivos y necesidades de cada sistema

Como se dijo previamente IMS-RDCEO es una especificación que define un modelo de información para describir, referenciar e intercambiar definiciones de competencias, principalmente en el contexto de la educación en línea y distribuida. El uso de ésta especificación (definida en XML) permite la caracterización de competencias u objetivos de una unidad de aprendizaje. Como el modelo de información de IMS RDCEO es flexible en esta tesis se tomó como base la propuesta de definición de competencias de Tobón [TOB08]. Esta propuesta se ajusta a los lineamientos y prácticas pedagógicas que se vienen direccionando en la UPB Montería. Los elementos de la especificación IMS-RDCEO de mayor relevancia para relacionar las competencias con el modelo de usuario son:

- rdceo.identifier → identifica la competencia
- rdceo.definition.statement.statementid → identifica un criterio de una competencia de acuerdo al modelo de competencia elegido en este trabajo
- rdceo.definition.statement.statementtext → identifica los conceptos relacionados a un criterio en una competencia

Tal como se comentado previamente, la especificación IMS-QTI (Questions and Test Interoperability) es utilizada para la creación de cuestionario que posteriormente serán referenciados en unidades de aprendizaje y que permitirán medir el nivel de competencia de un estudiante en una UoL con respecto a una competencia determinada. La relación entre una unidad de aprendizaje y un cuestionario se establece a través de la codificación de cada pregunta del cuestionario con un código que permite asociar la pregunta con el criterio de la competencia que evalúa. El código de la cada pregunta se coloca en el elemento qti.item.ident de la especificación.

Finalmente, el IMS-LD es una especificación para la caracterización de UoL. Esta especificación es bastante compleja y poderosa, uno de sus potenciales está en la característica de permitir la definición de variables locales y globales. Estas variables precisamente son las que se han utilizado para definir el modelo de usuario en la UoL y para construir las reglas de adaptación que se deben ejecutar dependiendo del valor de dichas variables.

El elemento que nos relaciona el modelo de usuario con el nivel de competencia es imslld.properties.locpers-property.identifier. El identificador de la variable del nivel de competencia debe guardar relación con la competencia que evalúa y de esta manera también se relaciona con las preguntas de los cuestionarios que la evalúan.

En cuanto a la variable tipo de dispositivo, definida en la dimensión contexto para prestar servicios de adaptación de formato, la especificación que se consideró fue IMS-accessForAll. Esta especificación como se dijo previamente direcciona la entrega de recursos que satisfacen todas las necesidades de los usuarios.

La relación modelo de usuario – contexto puede ser definida a través de la extensión de la especificación IMS-LIP, que agrega un elemento adicional al esquema conocido como accessForAll.

Finalmente la variable frecuencia de interacción de la dimensión interacción no es de momento relacionada con ninguna de las especificaciones existentes.

Un panorama completo de los elementos de las especificaciones que se relacionan con el modelo de usuario, concretamente con el modelado del nivel de competencia, puede ser visto en la tabla No. 17. Aunque la importancia de todas las dimensiones del modelo de usuario es igual, de las variables propuestas para el modelo de usuario la de mayor complejidad en cuanto a estructura y representación es el nivel de competencia.

Tabla 17. Especificaciones y modelo de usuario.

DIMENSIÓN	VARIABLE	ELEMENTOS DE LAS ESPECIFICACIONES
Características del Usuario	Nivel de Competencia/conocimiento	IMS – RDCEO rdceo.identifier rdceo.definition.statement. statementid statementtext IMS – QTI qti.item.ident IMS-LD imslld.properties.locpers-property.identifier
Contexto Tecnológico	Tipo de dispositivo	IMS-accessForAll accessibility.accessForAll.context.display

4.4.2 Taxonomía de objetivos/competencias para el programa de Ing. Informática de la UPB Montería.

Una vez se habían definido los puntos de conexión entre unidades de aprendizaje y estándares/especificaciones, surgió una problemática no considerada. Una competencia o conocimiento que se desee evaluar debe estar catalogada o codificada de alguna manera para poder nombrarla tanto en la unidad de aprendizaje, como en los cuestionarios y por su puesto en la especificación de la misma competencia.

Al ser necesaria la codificación de las competencias, la primera tarea consistió en la búsqueda de clasificaciones de competencias existentes que nos pudieran servir de base para nuestra codificación interna. Sin embargo, pese a haber muchas taxonomías de conocimiento [ACM, NASA], las taxonomías de competencias son escasas y muy particulares al contexto y dominio para el que se definen. Por lo anterior hubo la necesidad de definir una taxonomía de competencias con el nivel de detalle que se requería para el diseño de una UoL en el contexto de las ciencias de la computación y más específicamente en los programas de formación de la UPB Montería.

Como ya se ha comentado previamente, la taxonomía definida para el diseño de las UoL en la UPB Montería se basó en la definición de competencia propuesta por Tobón en [TOB08]. En dicho documento Tobón presenta un modelo que simplifica la definición de una competencia, de este modo los componentes de una competencia se reducen a problemas, competencias y criterios de desempeño. Veamos un ejemplo⁴.

⁴ Tomado de [TOB08]

- *Competencia: Planear un proyecto de software para satisfacer una necesidad de un cliente y obtener ingresos económicos por ello, con base en estándares de desarrollo de software y procesos que aseguren la calidad del mismo. Siguiendo los criterios y restricciones impuestas por el cliente y considerando las mejores alternativas tecnológicas para su desarrollo.*
- *Problemas*
 - *Ofrecimiento de servicios de desarrollo de software similares por parte de otras personas o empresas.*
 - *Cambio de la necesidad sobre la cual se ha basado el proyecto o inadecuada identificación de esta.*
 - *Aumento imprevisto de los precios de determinados recursos, con lo cual cambia el análisis financiero del proyecto.*
 - *Dificultad para tener acceso a determinados recursos presupuestados.*
- *Criterios de desempeño*
 1. *Criterio (01). Ejecuta el proyecto acorde a lo planeado.*
 2. *Criterio (02). Obtiene los márgenes de utilidad esperados al inicio.*

A partir de este modelo, cada competencia definida debe cumplir con los tres componentes que se muestran en el ejemplo (competencia, problemas y criterios de desempeño).

Por otra parte, también se ha utilizado como fundamento para la definición de la taxonomía utilizada, el documento marco de modelo pedagógico de la UPB Montería [VELE08]. La definición de la taxonomía se utilizó para establecer la codificación que relacionara competencias, niveles y criterios de desempeño de una forma clara y repetible en la UPB Montería.

Los criterios de desempeño son fundamentales para establecer el nivel de competencia que ha alcanzado un estudiante en una UoL determinada, por ello, la codificación creada se utilizó para identificar de forma similar las preguntas que evalúan un criterio específico en un cuestionario. La taxonomía facilitó entonces la evaluación del nivel de competencia a partir de los cuestionarios respondidos por los estudiantes.

A continuación se define a nivel general la taxonomía de competencias propuesta y seguidamente se explica la codificación que a partir de allí se propuso para servir de enlace entre las especificaciones y el modelo.

1. ESPECÍFICAS

1. Competencia 01

- Problemas
- (CR)Criterios de desempeño
 1. Criterio 01
 2. Criterio 02
 3. Criterio N

2. GENÉRICAS

3. BÁSICAS

La jerarquía superior clasifica a las competencias en específicas, genéricas y básicas. A partir de allí se pueden agregar las competencias que se considere necesario. También podemos ver la estructura de una competencia de acuerdo a [TOB08].

Una vez definida la estructura de la taxonomía estipulamos los siguientes códigos:

- Código de la competencia: consecutivo de dos dígitos para cada jerarquía superior.
- Código de un criterio: `codigocompetencia.codigocriterio.nivel`

Veamos un ejemplo:

Competencia: Crear y editar documentos en el editor de texto Microsoft Word versión 2007 de forma ágil y eficiente, utilizando la(s) herramienta(s) adecuada(s) disponible(s) en el editor para cada situación

Criterios de la competencia:

- Arranca y cierra Word 2007. Guarda, abre y cierra un documento en el editor.
- Conoce y utiliza elementos de Word 2007 tales como: elementos de la pantalla inicial, ayuda de Word, barras de herramientas, menús inteligentes.
- Crea, selecciona, borra y se desplaza a través de tablas. Ajusta texto y márgenes de tablas. Utiliza la barra de herramientas de tablas y bordes. Convierte texto en tablas y viceversa. Crea tablas anidadas.

Si la competencia definida anteriormente le corresponde el código 01 entonces los códigos de los criterios iniciarán por 01. Los criterios de una competencia son nombrados de forma consecutiva de acuerdo a su aparición. De esta manera el segundo criterio que aparece en la competencia sería codificado como 01.02.1 lo cual se puede interpretar como se describe a continuación:

01.02.1

- 01 → Competencia a la que pertenece (número único de dos dígitos).
- 02 → Número de dos dígitos único en cada competencia que identifica a cada uno de los criterios de desempeño definidos en la competencia.
- 1 → Identifica el nivel en el cual se ha catalogado el criterio. Puede tomar los valores 1, 2 o 3 que corresponden a los niveles Principiante, Intermedio y Avanzado (P, I y A) respectivamente. Es decir que para nuestro ejemplo el primer criterio se ha catalogado en un nivel Principiante.

Para el LD se crea por cada competencia un número de variables dependiendo de los niveles definidos como alcanzables para dicha competencia. Como se ha dicho previamente existen tres niveles definidos (Principiante, Intermedio y Avanzado). El principiante está relacionado con el conocer, el intermedio está relacionado con el hacer y el avanzado está relacionado con el evaluar y juzgar. De este modo si tenemos la competencia 01, podemos tener hasta tres variables para medir el nivel de competencia/conocimiento de un estudiante en dicha competencia. Las variables de adaptación se definen en el LD con un código que permite identificar la competencia y el nivel de la competencia que se está evaluando, es decir la variable 02.1 es una variable de adaptación que mantiene el grado que ha alcanzado un estudiante en el nivel Principiante de la competencia 01.

El archivo XML que define cada competencia debe contener todos los criterios de dicha competencias así como el conjunto de conceptos relacionados a cada criterio (ver Figura 30).

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<doco xsi:schemaLocation="http://www.imoglobal.org/xsd/inoedoco_rootvip0 inoedoco_rootvip0.xsd http://www.w3.org/XML/1998/namespace xml.xsd"
<identifier>http://horeb.upbmonteria.edu.co:8086/competencias/com010.xml</identifier>
<title>
<langstring xml:lang="es-SP">Crea y edita documentos en el editor de texto Microsoft Word version 2007 de forma agil y eficiente, uti
</title>
<description>
<langstring xml:lang="es-SP">Problemas que pretende resolver la competencia:
  @PR1@El uso de editores de texto, particularmente el editor de texto de Microsoft Office es ampliamente difundido a nivel mundial.
  @PR2@El reciente cambio de version del editor de texto Word de la compañía Microsoft, ha generado perdidas de tiempo a los usuarios.
  @PR3@Aunque el editor de texto ha cambiado de versiones y ampliado sus funcionalidades, muchos usuarios siguen haciendo uso de un m
</langstring>
</description>
<definition>
<model>http://item.upbmonteria.edu.co/competencias/model.doc</model>
<statement statementname="Arranca y cierra Word 2007. Guarda, abre y cierra un documento en el editor.">
<statementid>01.01.1.</statementid>
<statementtext>
  <langstring xml:lang="es-SP">
    @C01 Arrancar word2007#
    @C02 Guardar un documento#
    @C03 Cerrar un documento#
    @C04 Abrir un documento#
    @C05 Cerrar word2007#
  </langstring>
</statementtext>
</statement>
<statement statementname="Conoce y utiliza elementos de Word 2007 tales como: elementos de la pantalla inicial, ayuda de Word, barras
<statementid>01.02.1.</statementid>
<statementtext>
```

Figura 30. Competencia expresada en XML.

Para los cuestionarios definiremos un identificador de cada pregunta que permita realizar fácilmente la relación con la competencia, el criterio y el nivel. De este modo todos los identificadores de preguntas comenzarán por 01.02.1.0001. Este código puede ser leído de la siguiente manera:

- 01 → Competencia que evalúa la pregunta
- 02 → Criterio de desempeño evaluado
- 1 → Nivel en el que se ha catalogado el criterio de desempeño evaluado.
- 0001 → Consecutivo de 4 dígitos correspondiente a la pregunta.

Una codificación análoga es utilizada en cada pregunta de los cuestionarios asociados a una UoL. De esta manera el agente encargado de esta tarea puede enlazar competencias, criterios, niveles y preguntas de cada cuestionario utilizado para la evaluación. A continuación se muestra el código de una pregunta en un archivo .xml de un QTI.

```
<item ident="02.15.3.0097"> → competencia 02, criterio 15, nivel avanzado y
consecutivo 097
  <itemmetadata>
  <qtimetadata>
  <qtimedatafield>
```

Cada pregunta en un QTI es un ítem que tiene un conjunto de etiquetas que pueden ser utilizadas y que permiten definir el tipo de pregunta, las posibles respuestas y la respuesta correcta. También almacena el puntaje obtenido.

De esta manera en este punto se cuenta con los puntos de conexión y el Modelo de Estudiante Integral. Con la definición de la taxonomía se enlazaron los estándares y

especificaciones con la unidad de aprendizaje. Queda aún la tarea de la construcción de la unidad de aprendizaje la cual se explica a continuación.

4.4.3 Construcción de unidades de aprendizaje (UoL)

Una parte fundamental de cualquier plataforma de educación virtual lo constituyen los recursos que se utilicen en ella. De hecho todo el esfuerzo ingenieril que existe detrás del desarrollo e integración de tecnologías realizadas en esta tesis pueden ser inútiles si durante la preparación de la unidad de aprendizaje los objetos de aprendizaje enlazados no motivan ni satisfacen las expectativas del estudiante en cuanto a presentación, contenido e interactividad. Aquí juegan un papel muy importante, las edades y el nivel de formación de los estudiantes a quienes va dirigida la unidad de aprendizaje, la realidad de cada uno de ellos y la necesidad/motivación de los estudiantes al utilizar una plataforma de estas características.

Aunque todos esos aspectos fueron de preocupación y atención durante el desarrollo de este trabajo, analizar la calidad, y la interactividad de los recursos que la constituyen está fuera del alcance de este proyecto. Lo que se hizo fue utilizar recursos ya desarrollados y a partir de ellos definir la estructura de la unidad de aprendizaje que de acuerdo a nuestra experiencia como ingenieros y docentes consideramos apropiada para la validación final del entorno. Aún así la tarea fue bastante compleja pues aunque se dispuso de una herramienta como Reload [RELOAD] que permite el uso de la especificación IMS-LD sin necesidad de preocuparnos por su estructura XML o por su empaquetamiento, el trabajo consistió en establecer la correspondencia entre la definición de las reglas de adaptación y la forma como estas se ejecutaban luego en el paquete imslld de dotLRN. La validación de cada regla requería que el curso fuera subido a la plataforma y que se crearan instancias del mismo para usuarios de pruebas y simular el comportamiento de un estudiante con la característica que se deseaba validar. Como es de suponer la validación de un curso de manera completa necesitó bastantes horas de pruebas previas a la liberación a los estudiantes.

Como se dijo en el párrafo anterior, para la generación de la unidad de aprendizaje se utilizaron recursos ya acabados. Los recursos utilizados fueron tomados de SHABOO [LLAM03] un SHA desarrollado en la U. Industrial de Santander en el 2002 cuya temática principal es la programación orientada a objetos. Dado que en SHABOO el modelo de usuario consideraba el estilo de aprendizaje de Felder [FEL01] pudimos obtener recursos en diferentes formatos para la enseñanza de la programación orientada a objetos. Entre el tipo de recursos desarrollados en dicho sistema tenemos: imágenes, videos, texto y sonidos. Este tipo de recursos también estaba muy acorde con nuestras intenciones iniciales de incluir en el modelo de usuario a validar el estilo de aprendizaje del estudiante. Sin embargo, el uso de estilos de aprendizaje como parte del modelo de usuario integral fue descartado debido a la riqueza que hoy en día se puede obtener con recursos multimedia interactivos y que nos direccionan no uno sino varios estilos al mismo tiempo. Aunque en un principio se construyeron algunas unidades de aprendizaje con estos recursos, por ser un tema tan específico, se presentó un inconveniente adicional, la población de estudiantes que podría utilizar la unidad de aprendizaje en la U. Pontificia Bolivariana era mínima. Esto motivó la búsqueda de temas y recursos de mayor generalidad que permitiera una validación con mayor número de estudiantes.

Finalmente se encontró que los cursos de mayor demanda en la universidad eran los de Informática básica que se ofrecen a los diferentes programas que existen en la universidad y cuya temática incluye el uso de herramientas como procesadores de texto, hojas de cálculo, internet, etc. Fue así como llegamos a la conclusión que un curso de Word 2007 podría servir no solo para ser validado con estudiantes de primer semestre de la UPB sino también para ofrecerlo a personas ajenas a la institución que tuviesen interés

en dicha herramienta. Otro aspectos que motivó nuestra decisión de utilizar esta temática fue la autorización del sitio Web aulaClic [AClic] para utilizar sus recursos en el montaje y estructuración de una unidad de aprendizaje para la enseñanza de Word 2007.

Definida la temática y con la disponibilidad de los recursos los pasos a seguir en la construcción de la unidad de aprendizaje fueron:

1. Verificar en la taxonomía de competencias correspondiente si las competencias que busca desarrollar el curso ya están definidas. Si no lo están se debe definir la competencia y caracterizarla con la especificación IMS-RDCEO. Una vez se tiene el archivo con la caracterización de la competencia ésta se deja disponible en el repositorio acordado para las mismas. En todas las UoL diseñadas para la validación de prototipos fue necesario definir las competencias y criterios así como crear la caracterización correspondiente con la especificación IMS-RDCEO.
2. Realizar un pre-diseño del curso que describa el objetivo, las competencias a desarrollar y la estructura del mismo. Aquí se debe especificar que actividades y que recursos estarán disponibles para los diferentes perfiles de estudiantes.
3. Generación del la unidad de aprendizaje con Reload. Esta actividad puede ser a su vez desglosada en una serie de pasos:
 - a. Descripción de datos iniciales y definición de competencias a desarrollar (Figura 31).

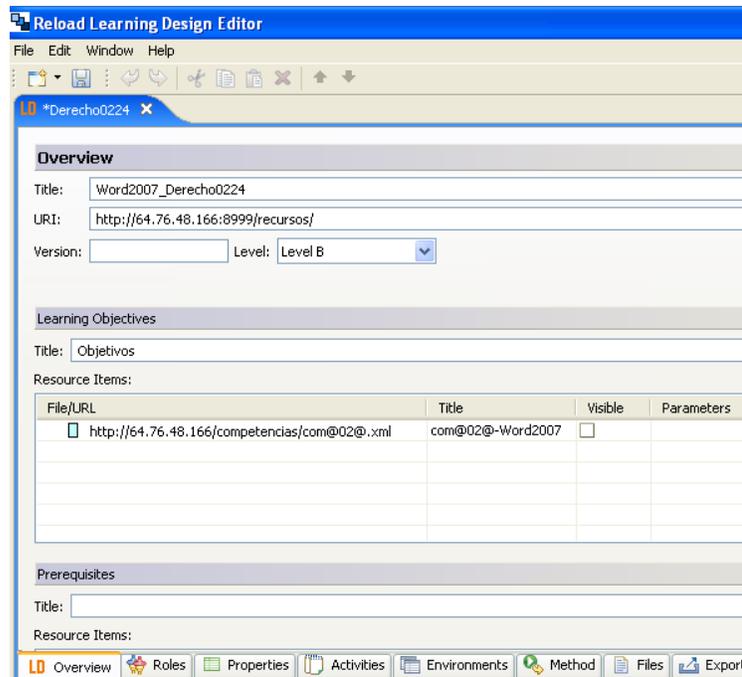


Figura 31. Definición de competencias y datos iniciales.

La figura 31 presenta básicamente el nombre dado a la UoL y su ubicación. Un elemento importante que se establece en esta fase inicial es la url de la competencia o competencias que serán alcanzadas con el desarrollo de la UoL.

- b. Creación de los roles que existirán en la unidad de aprendizaje (Figura 32). Es posible definir actividades que solo pueden ser realizadas por un determinado rol.

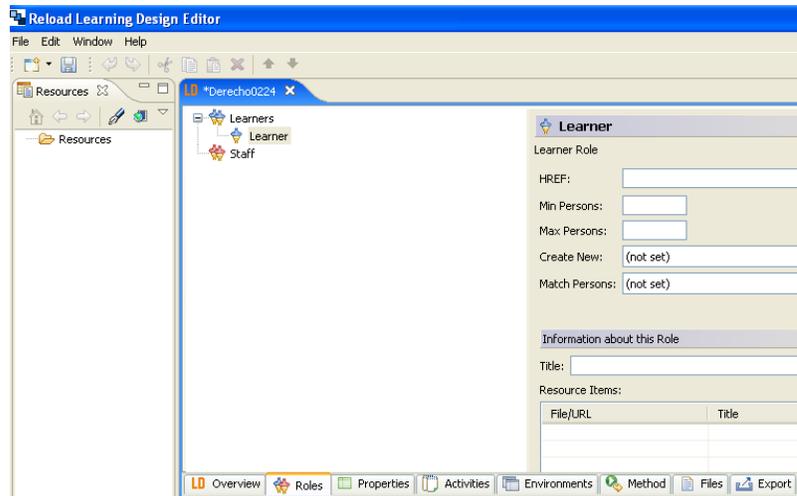


Figura 32. Definición de roles

En la definición de roles como su nombre indica se deben especificar todos los roles que considerarse durante la ejecución de una UoL. En el caso de la UoL definida en este trabajo solo se definió el rol *Learner* puesto que tanto el entorno como las unidades diseñadas se han planteado en entornos completamente virtuales en donde la adaptación es una alternativa al acompañamiento que deben realizar los tutores en otro tipo de escenarios.

- c. Definición de variables de adaptación (Figura 33). Se debe crear la variable del tipo de dispositivo, de la frecuencia de interacción y de una a tres variables, que corresponden a cada uno de los posibles niveles (P, I, A), por cada competencia definida en el curso.

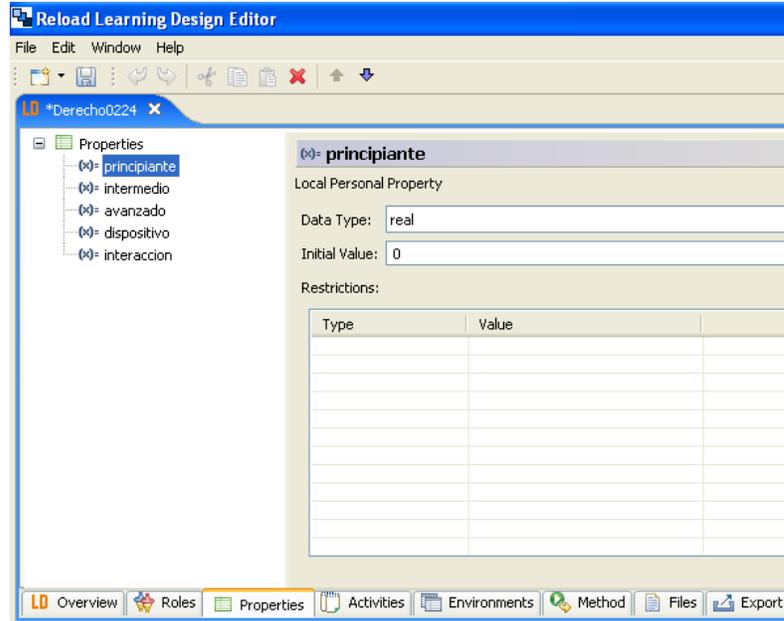


Figura 33. Definición de variables.

En la Figura 33 se observan las 5 variables definidas. Las tres primeras corresponden a los 3 niveles de competencia alcanzables con la UoL. Los dos últimos corresponden al tipo de dispositivo y la frecuencia de interacción respectivamente.

- d. Enlazar todos los recursos que se utilizaran en la unidad de aprendizaje (Figura 34). Aunque se encuentra casi al final de la herramienta, si no disponemos de los recursos en la carpeta correspondiente, no se podrá realizar el empaquetamiento correcto de la unidad de aprendizaje.

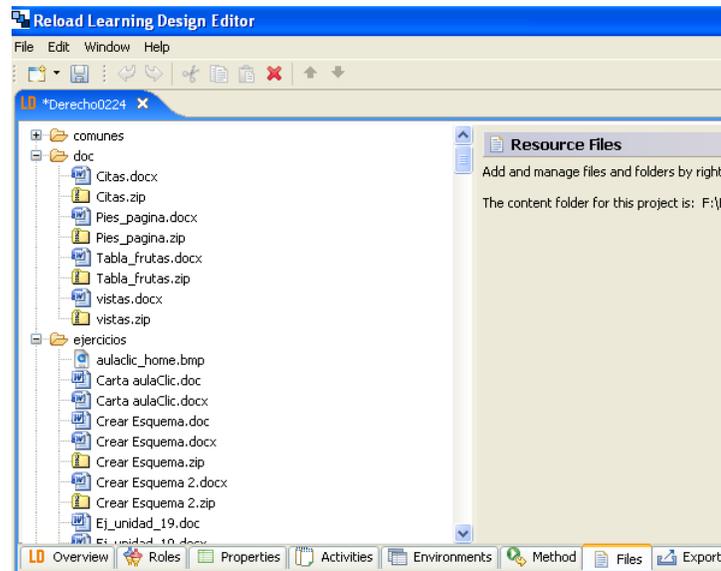


Figura 34. Recursos de la unidad de aprendizaje.

En la Figura 34 se observa un listado de algunos recursos que hacen parte de la UoL. Antes de relacionar un recurso específico con una actividad en una UoL es necesario que se agreguen en Reload todos los recursos que se utilizarán en la UoL. Una alternativa a esto es utilizar enlaces a sitios externos que contengan dichos recursos.

- e. Definición de actividades y sus recursos correspondientes (Figura 35). Aquí especificamos las actividades que tendrá una unidad de aprendizaje y los recursos que contendrá cada una. Una actividad puede, por ejemplo, tener un enlace a un cuestionario previamente creado.

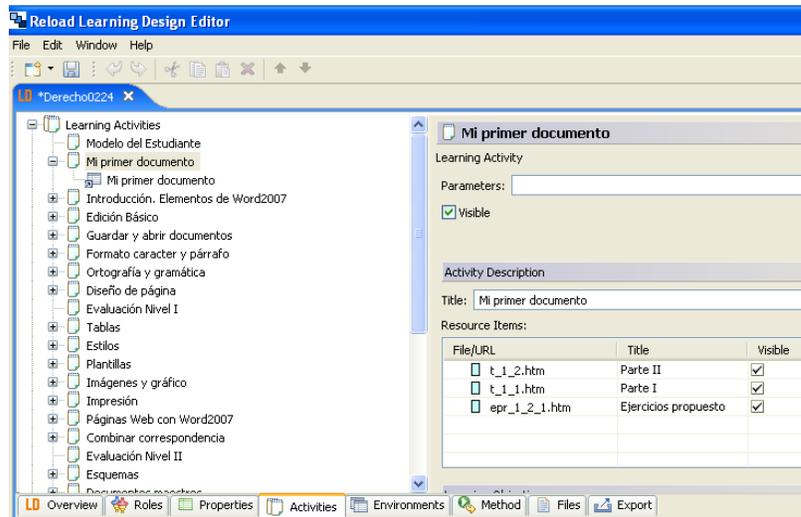


Figura 35. Definición de variables y sus recursos.

En la parte izquierda de la Figura 35 se observa el listado de actividades definidas para la UoL. En la parte derecha se observan los recursos disponibles para la actividad resaltada en la Figura y denominada *Mi primer documento*.

- f. Definición de la estructura de las actividades (Figura 36). Las actividades pueden seguir una estructura definida, para ello se deben organizar de acuerdo al orden de presentación que se quiera.

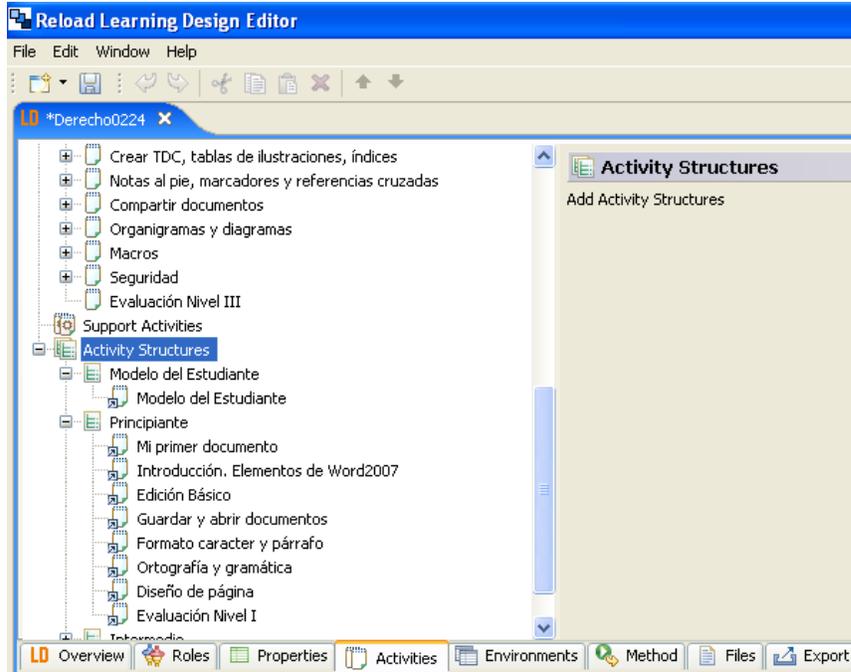


Figura 36. Definición de la estructura de las actividades.

En la Figura 36 se presenta la estructura definida para la UoL. La estructura se presenta a partir del cuadro azul sombreado en la figura. El primer elemento de la estructura “Modelo del Estudiante” corresponde a la apertura del modelo de estudiante. Este aspecto será explicado en detalle en el apartado 5. Lo que continúa de la estructura corresponde a las actividades programadas para un curso en el nivel principiante. Otros niveles pueden tener su propia estructura de recursos.

- g. Construcción del entorno (Figura 37). Una actividad puede tener asociado un entorno el cual desplegará referencias y recursos de interés que puedan complementar el desarrollo de una actividad.

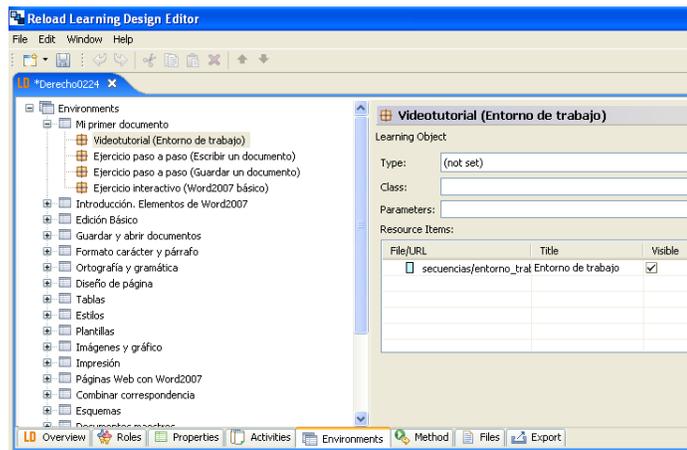


Figura 37. Definición de entornos.

La Figura 37 presenta al lado izquierdo los entornos definidos y al lado derecho los recursos asociados a cada entorno. En nuestro caso los entornos han sido utilizados para proveer actividades complementarias a aquellos estudiantes cuya frecuencia de interacción es alta.

- h. Generación de reglas de adaptación y de los plays, actos o partes que serán ejecutadas para cada rol definido en la unidad de aprendizaje (Figura 37). En esta parte es donde se desarrolla gran parte del proceso de adaptación y con ello se restringe o permite que un usuario visualice en la instancia de su unidad de aprendizaje un recurso, una actividad, un entorno o hasta un acto completo dependiendo de los valores que contenga su modelo de usuario.

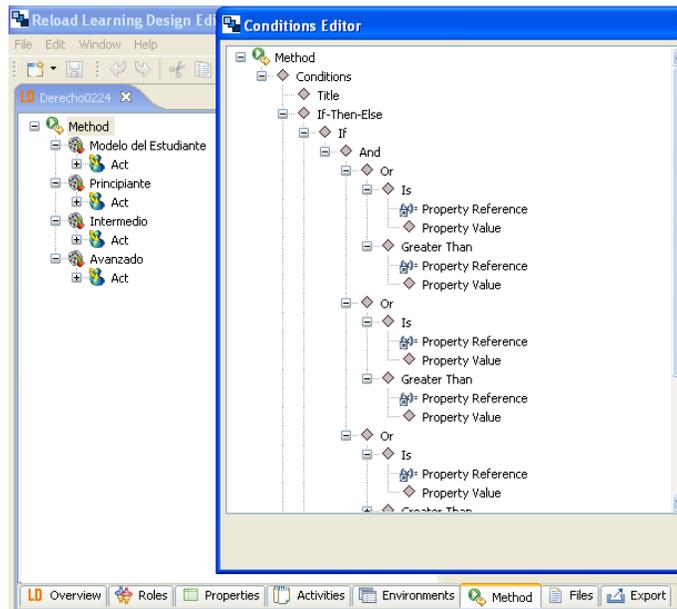


Figura 38. Definición de reglas de adaptación.

En la Figura 38 se presenta la estructura que siguen las reglas de adaptación en una UoL. En realidad lo que se hace es establecer las condiciones necesarias para que un recurso esté disponible o no en un momento determinado para un estudiante específico.

- i. Finalmente encontramos el lugar donde se empaquetan todos los elementos anteriores y se genera un .zip que puede ser subido a cualquier plataforma de administración de aprendizaje que soporte la especificación IMS-CP. Antes de la generación del .zip la herramienta verifica que no haya enlaces inválidos y que la estructura sea consistente (Figura 39).

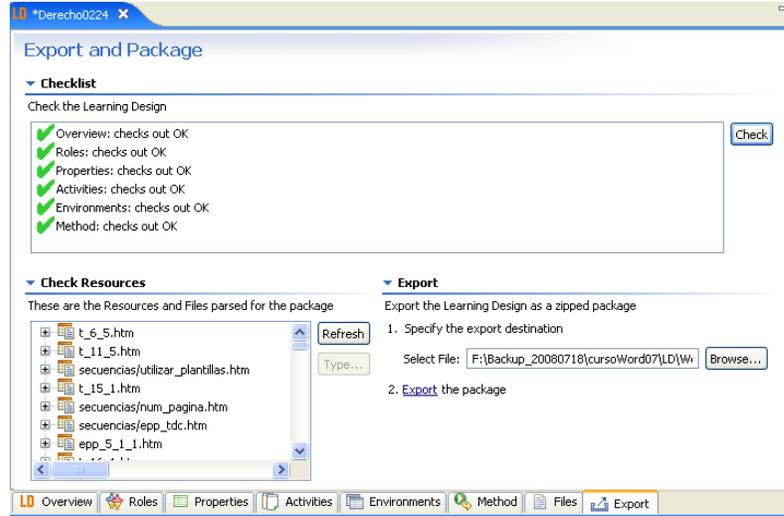


Figura 39. Empaquetamiento de la unidad de aprendizaje.

La figura 39 está dividida en tres partes. La parte superior contiene una lista de chequeo que debe ser totalmente aprobada antes de proceder al empaquetamiento de la UoL. La parte inferior izquierda contiene la lista de todos los recursos que serán empaquetados en la UoL. Por último, la parte inferior derecha contiene las opciones para empaquetar y exportar una UoL como un archivo .zip.

Una actividad que no hace parte directamente de la generación de la unidad de aprendizaje pero que es necesaria para poder modelar el nivel de competencia de un estudiante es la creación y caracterización de los cuestionarios que evalúen la unidad de aprendizaje. Cada pregunta en estos cuestionarios debe ser identificada con una codificación que corresponda con la taxonomía y caracterización de la competencia explicadas previamente. Una vez se tienen los cuestionarios en la plataforma, estos pueden ser enlazados en el curso respectivo a través de un enlace que permita acceder a ellos desde la misma unidad de aprendizaje (Figura 40).

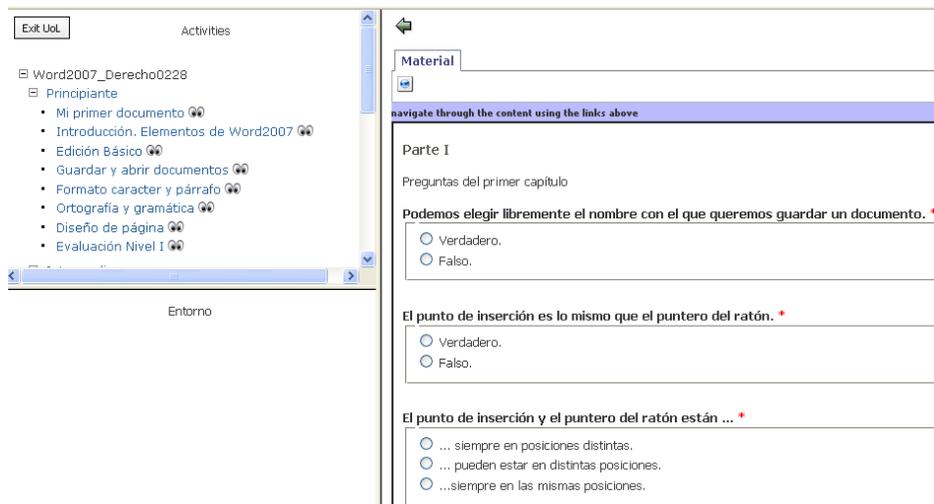


Figura 40. Acceso a cuestionarios a través de las unidades de aprendizaje.

Como se mencionó en el capítulo de introducción, la especificación IMS-LD tiene tres niveles de interacción dependiendo de que tan estática sea definida una unidad de aprendizaje en función de los recursos y la forma como estos son presentados a los estudiantes. En las unidades de aprendizaje definidas en este trabajo se alcanzó un nivel B. Este nivel permite la definición de propiedades que como se ha dicho son utilizadas para la adaptación de los contenidos presentados a los estudiantes que realizan la UoL. Las propiedades definidas en el nivel B pueden ser locales o globales dependiendo de si afectan a un curso específicamente o a la actuación del estudiante en la plataforma en general. También pueden ser personales, de roles o generales en función del tipo de actor que se vea afectado. En este trabajo las variables que corresponden a la dimensión características del usuario e interacción son variables locales personales y la variable de la dimensión contexto se definió como personal global.

Para que la adaptación pueda verse reflejada durante la interacción de los estudiantes con la plataforma se deben especificar las reglas necesarias para que cada variable definida en el modelo de estudiante produzca los efectos deseados por el diseñador de la unidad de aprendizaje. Esta tarea al estar fuera del alcance de este trabajo se ha realizado manualmente para la construcción de las unidades de aprendizaje de pruebas. Sin embargo, proyectos como ADAPTAPlan [SAN07b] proponen soluciones alternativas al diseño manual de dichas unidades.

Para la definición de las reglas de adaptación nos basamos en la Figura 20 y a partir de allí se determinó que las reglas se definirían en tres niveles de jerarquía: nivel de competencia, frecuencia de interacción y tipo de dispositivo. Siendo la primera la de mayor jerarquía. A partir de este principio tomamos cada IMS-LD generado y especificamos las reglas de acuerdo a lo establecido por el diseñador. Ocultamos y mostramos actividades y recursos específicos utilizando las propiedades show y hide de una actividad, un entorno, un acto o una estructura que se relacionan con una condición en IMS-LD. Por otra parte la variable tipo de dispositivo afecta directamente el formato por lo cual lo que hacemos es cambiar (show/hide) el recurso de la actividad dependiendo de la disponibilidad del formato que se debe mostrar. En el caso que no tuviésemos otro recurso disponible se muestra en el formato disponible aunque no corresponda con el formato ideal.

4.5 Modelo de Usuario Abierto

El Modelo de Estudiante Integral definido puede ser útil no solo para realizar adaptaciones sino también para promover la reflexión y autonomía de los estudiantes en entornos de aprendizaje virtual, con este objetivo a continuación se presenta el diseño de un modelo de usuario abierto diseñado a partir del framework SMIL[©] [BUL07] y del cual se ha implementado un primer prototipo también validado en esta tesis.

El framework SMILI[©] [BUL07] ayuda a identificar las principales consideraciones para abrir un modelo de estudiante. A partir de estas consideraciones se definen en esta tesis las principales características de un modelo de estudiante abierto y con base en ellas se implementa y valida un prototipo en un entorno de aprendizaje virtual adaptativo.

A continuación se presentan una serie de tablas que vistas en conjunto nos proporcionan el framework completo. Cada tabla responde a aspectos relevantes en el diseño del modelo de estudiante abierto y están compuestas por un grupo de elementos que direccionan la posición asumida por el diseñador en el respectivo aspecto. La notación utilizada es la siguiente: una X significa que el elemento es considerado y un espacio en blanco significa que no se considera.

La primera consideración para abrir un modelo de estudiante es definir las características del modelo y su propósito [BUL07]. Concretamente se ocupa de dos aspectos: a) La caracterización de la forma de interacción del estudiante con el modelo, b) La definición de la importancia y el papel que jugará el modelo abierto en el sistema. El segundo aspecto abarca la descripción de las evaluaciones conducidas y la información que se recopilará o se ha recopilado en relación a la efectividad del modelo abierto. Estos dos aspectos son abordados en la Tabla No. 18.

Tabla 18. SMILI© Framework. Generalidades

DESCRIPCIÓN GENERAL	CARACTERÍSTICA
Caracterización y contexto del modelo de estudiante abierto	La interacción se enfoca en la apertura del modelo al estudiante en unidades de aprendizaje adaptativas.
Evaluaciones	Escenarios de pruebas con estudiantes de Informática Básica y de Informática I de la U. Pontificia Bolivariana Seccional Montería.

En la tabla No. 18, tal como se mencionó previamente, se presenta una visión general del propósito de abrir el modelo y la forma como se evaluará su apertura. Aunque existen muchos propósitos para abrir un modelo de estudiante, como vimos en el capítulo II, en este trabajo el propósito es lograr la reflexión de los estudiantes en torno a su proceso de aprendizaje y de esta manera generar autonomía y responsabilidad en dicho proceso. Otros aspectos considerados por el framework son revisados a continuación en las tablas 19-21.

La tabla No. 19 se enfoca en el aspecto ¿Qué es asequible? Dentro de dicho aspecto se consideran diferentes elementos relacionados a que tanto del modelo de estudiante se dejará abierto para que los estudiantes vean o interactúen. Para mayores detalles ver [BUL07].

Tabla 19. SMILI© Framework. ¿Qué es asequible?

ELEMENTOS	PROPÓSITO	PROPIEDADES	REFLEXIÓN
1. Extensión del modelo accesible		Completo Parcial	X
2. Coincidencia con el modelo mantenido por el sistema		Nivel de competencia Conocimiento Dificultades Ideas erróneas	X
3. Acceso a información incierta		Cuestiones del aprendizaje Preferencias Otros Modelos de otros estudiantes	
4. Función del tiempo		Previo Actual Futuro	X X
5. Acceso a fuentes de entrada		Completo Parcial	X
		Sistema Propia Compañeros Instructor Otro	X
6. Acceso al efecto del modelo sobre su personalización		Completo Parcial	

En la tabla No. 19 se presenta un resumen de lo que es modelado. En la tabla se observa que lo que se abre a los estudiantes es el nivel de competencia. Este nivel de competencia se basa en información actual y anterior del desempeño del estudiante en la UoL. Únicamente el sistema puede acceder a la fuente de los datos.

En la tabla No. 20 se describen las principales características de la representación del modelo abierto. En esta tesis se ha elegido la representación del modelo a través de Skill meter. Básicamente la representación consiste en una barra en la que se distingue con algún color la cantidad de competencia que posea el estudiante en un tema específico. Esta forma de representación gráfica presenta una visión sencilla de lo que se ha alcanzado y lo que falta aún por alcanzar.

Tabla 20. SMILI© Framework.

ELEMENTOS	PROPÓSITO	PROPIEDADES	REFLEXIÓN
7. Presentación		Textual (i.e.) Gráfica (i.e.)	X (nivel, skill meter y colores)
		Descripción general Dirigidos/todos los detalles Todos los detalles	X
8. Método de acceso		Verificable Editable Se puede agregar Persuasión del estudiante Alentado por el sistema Negociado	X
9. Flexibilidad del acceso		Completo Parcial	

De acuerdo a la tabla No. 20, no todos los detalles del modelo de usuario están disponibles al estudiante. Otro aspecto a destacar en la tabla es que existen varios métodos para acceder a un modelo de usuario. El método utilizado en esta tesis es el método verificable, el cual permite ver a los estudiantes detalles sobre su nivel de competencia pero sin realizar ninguna modificación sobre dicho modelo.

Finalmente la tabla No. 21 aborda los aspectos que hacen referencia al control del modelo de usuario en cuanto a quien puede tener acceso o no y quien autoriza o restringe dicho acceso.

Tabla 21. SMILI© Framework.

ELEMENTOS	PROPÓSITO	PROPIEDADES	REFLEXIÓN
10. Las iniciativas de acceso vienen de		Sistema Usuario Compañero Instructor Otros	X
11. Control sobre la accesibilidad de otros al propio modelo		Completo Parcial	
		Sistema Compañero Instructor Otro	X

De acuerdo a la tabla No. 20 en el modelo de estudiante abierto diseñado el estudiante es quien controla cuando accede a su modelo, sin embargo, el no puede dar acceso a otros estudiantes a su modelo.

En resumen el propósito de abrir el modelo de estudiante es promover la reflexión en entornos de aprendizaje virtual adaptativos. Aunque en este primer prototipo el diseño e implementación fue simple, los resultados de esta tesis permitirán el direccionamiento

en esta línea que creemos de mucha importancia en ambientes en los cuales la autonomía y la responsabilidad son las únicas que garantizan el éxito de los procesos de aprendizaje.

En este punto se ha presentado la instanciación del Modelo de Usuario Integral (MUI) en entornos educativos, Modelo de Estudiante Integral (MEI), la descripción de la información que mantiene el modelo y de cómo es representada y mantenida dicha información.

También fueron presentados los elementos necesarios para construir una UoL necesaria para validar el prototipo final.

Finalmente hemos presentado la descripción de las principales consideraciones para abrir el modelo de estudiante.

4.6 Arquitectura y funcionamiento de la plataforma

Como parte del proyecto ADAPTAPlan en el grupo BCDS se desarrolló un proyecto que buscó la integración del SHA MAS-SHAAD con la plataforma dotLRN [HUE08], que fue definida desde el inicio del proyecto como la base para todos los desarrollos propuestos. El objetivo de esta integración fue proporcionar a la plataforma dotLRN la capacidad de adaptar el entorno y los contenidos de aprendizaje que presenta a sus usuarios teniendo en cuenta el contexto. Estas características ya habían sido conseguidas en el grupo BCDS con los proyectos X-SHAAD [MER03] y MAS-SHAAD [MER04]. Sin embargo su desarrollo se había hecho sobre entornos Web y no sobre plataformas de aprendizaje virtual.

A partir de esta integración se definió la arquitectura del entorno de aprendizaje virtual adaptativo basado en un Modelo de Estudiante Integral (Figura 41).

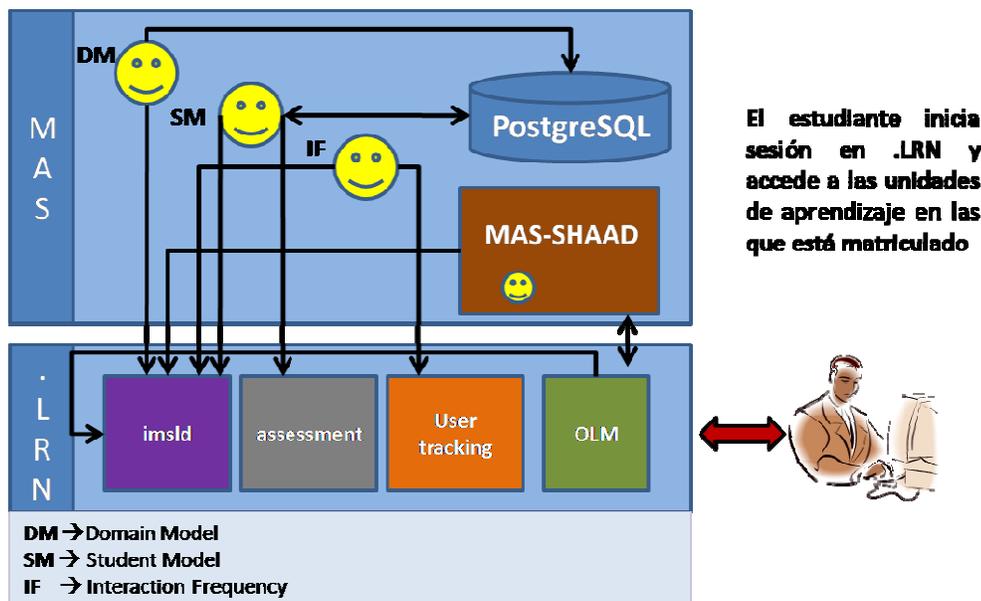


Figura 41. Arquitectura del sistema.

La arquitectura del sistema está formada por dos estructuras principales: el LMS y el MAS. El LMS tiene instalado entre otros paquetes:

- imslid: Administra las unidades de aprendizaje construidas utilizando la especificación IMS-LD.

- **assessment:** Administra los cuestionarios necesarios para la evaluación del nivel de competencia de un estudiante.
- **user-tracking [ORT05]:** Procesa la información referente a las interacciones de los usuarios con la plataforma.

Como se mencionó y tal como se puede ver en la Figura 41, el sistema consta del módulo MAS-SHAAD que realiza la mantiene actualizado el modelo de estudiante en relación a su contexto y un sistema multi-agente paralelo que se encarga de actualizar en el modelo de estudiante las variables nivel de competencia y frecuencia de interacción. El MAS adicional fue desarrollado en el grupo ITEM de la Facultad de Ingeniería Informática de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, como parte del proyecto de investigación interno “Sistemas Multi-Agentes para la Adaptación de Contenido Web” [VEL07c, VEL08b] auspiciado por dicha Institución y del que era investigadora responsable la autora de esta tesis. Su desarrollo fue hecho en la plataforma Jade (Java Agents Development Framework) de acuerdo a la arquitectura definida en [VEL07a] y está compuesto por 3 agentes que se lanzan en el servidor.

- Un agente DM (Domain Model) que se encarga de construir el modelo del dominio de una unidad de aprendizaje basándose en la información que proporciona el XML de dicha unidad. El XML contiene toda la información de la unidad de aprendizaje, junto con los recursos de dicha unidad que han sido empaquetados con la especificación IMS-CP tal como se dijo en el capítulo IV. Este archivo en formato .zip es subido a .LRN y utilizado por el agente para crear el modelo de dominio cada vez que un administrador o profesor crea una instancia de la unidad de aprendizaje.
- Por otra parte el agente SM (Student Model) se encarga de generar el modelo de dominio de cada uno de los estudiantes. Para realizar esta tarea el agente toma los resultados que un estudiante haya obtenido en las preguntas de los cuestionarios asociados a cada criterio, nivel y competencia específicos. A partir de estos resultados se obtiene el nivel de competencia y se genera el modelo del estudiante superponiendo el nivel del estudiante con el nivel de competencia definido en la unidad de aprendizaje. Esta tarea es realizada cada vez que un estudiante finaliza un cuestionario. El modelo del estudiante es utilizado por el agente para actualizar las variables definidas en el LD.
- El agente IF (Interaction Frequency) determina la frecuencia de interacción del estudiante utilizando la información generada por el paquete user-tracking. Una vez obtiene la información, la procesa y actualiza el valor de la variable en la unidad de aprendizaje. Esta actualización se realiza cada vez que el usuario finaliza su sesión.

El funcionamiento global de la plataforma se desarrolla de la siguiente manera:

- Iniciar los servicios de .LRN y Tomcat en el servidor
- Ejecutar de manera independiente los sistemas Multi-Agente (MAS) sobre la plataforma JADE que a su vez corren en la máquina virtual de JAVA instalada en el servidor.

La integración de estos dos sistemas se realiza por medio de un servlet (XML-RPC Servlet) que se ejecuta con la realización de ciertos eventos que ocurren en la plataforma .LRN como por ejemplo la terminación de una evaluación realizada por el estudiante. Dicho servlet se encarga de mandarle al MAS los datos que necesite para realizar la adaptación del contenido de la unidad de aprendizaje de cada estudiante.

Todos los procesos anteriormente descritos para el MAS se ejecutan a manera de middleware siendo completamente transparentes en su ejecución para el usuario, por lo que esta plataforma no interactúa directamente con el usuario sino que utiliza a manera de cliente la plataforma .LRN. El resultado es un prototipo de entorno de aprendizaje adaptativo que realiza adaptaciones basadas en el Modelo de Estudiante Integral.

A nivel de la unidad de aprendizaje lo que sucede es que cada uno de los agentes va actualizando las variables definidas en dicha unidad (Figura 33). El sistema MAS-SHAAD actualiza la variable dispositivo, el agente SM (Student Model) actualiza las variables de cada uno de los niveles de las competencias que desarrolle la unidad de aprendizaje y el agente IF (Interaction Frequency) actualiza la variable interacción. De esta manera las reglas de adaptación de la unidad de aprendizaje se ejecutan siguiendo el orden descrito anteriormente: contenido, actividades y formato.

Una vez iniciada la sesión el estudiante tiene acceso a todos los cursos en los cuales está matriculado. Si el curso dispone de una unidad de aprendizaje el estudiante podrá acceder a ella a través del enlace correspondiente en el espacio del curso (Figura 42).

Unit of Learning Name	Role(s) in Run	Status	Creation Date
Word2007_Derecho0228	Learner	▶	02/27/2009 16:39

Figura 42. Acceso a las unidades de aprendizaje.

Si la unidad de aprendizaje incluida en el curso es adaptativa lo primero que debe realizar el estudiante es una evaluación para determinar su nivel de competencia inicial (Figura 43). En caso contrario dispondrá de los recursos disponibles para la unidad en la forma predefinida por el diseñador de la unidad.

The screenshot shows a web-based learning environment. On the left, there is a navigation pane with a tree view containing 'Word_2007CAv4', 'Inicio', and 'Evaluación Inicial'. The top navigation bar is blue and contains links for 'Home', 'Períodos', 'Departamentos', 'Asignaturas', 'Cursos', 'Comunidades', 'Usuarios', 'Admin', and 'Hide/Show Info', along with user details: 'my user_id: 2797 context_id: 166008 community_id:'. Below this is a logo for 'LRN' and a breadcrumb trail: 'Principal : dotLRN : Asignaturas : Ingeniería Informática : Pruebas-Diciembre : Pruebas-Diciembre : Assesi'. A secondary navigation bar includes 'Inicio', 'Cursos', 'Comunidades', 'Panel de control', 'Administración', and 'Pruebas-Diciembre'. Below this, there are tabs for 'Espacio del curso', 'Calendario del curso', 'Documentos del curso', and 'Administración del curso'. The main content area starts with 'Inicio', followed by 'Porcentaje completado' showing '0 %'. Below that is 'Parte I' with the text 'En esta parte se evalúa el conocimiento básico del curso'. There are two multiple-choice questions: '¿Cómo sabemos el nombre del documento que tenemos abierto? *' with options 'Mirándolo con el Explorador de Windows.', 'Si no lo hemos guardado, no podemos saberlo.', and 'Figura en la barra de título.'; and '¿Es posible que al encender el ordenador se arranque el programa Word automáticamente? *' with options 'No', 'Si, pero es muy complicado y puede afectar a otros programas.', and 'Si, de forma sencilla y segura.'

Figura 43. Acceso a la evaluación para determinar el nivel de competencia.

Si la unidad de aprendizaje ha incorporado la opción de modelo de usuario abierto, estableciendo el enlace al paquete en tiempo de diseño, entonces lo que verá el estudiante en tiempo de ejecución es un enlace que le permite ver su nivel de competencia en cada una de las competencias desarrolladas por la unidad de aprendizaje. Adicionalmente el usuario tiene acceso a los contenidos sugeridos para alcanzar una competencia determinada, es decir que el estudiante además de ver el nivel de competencia alcanzado puede visualizar los contenidos que son sugeridos para dicho nivel, en la validación de la propuesta se proporcionarán detalles adicionales. Internamente lo que hace el paquete es tomar los datos de cada una de las variables de la dimensión características del usuario y presentar al estudiante el valor correspondiente en cada nivel de la competencia.

Durante los escenarios que hemos descrito se utilizan de forma transparente los paquetes ims-ld (encargado de la gestión y entrega de las unidades de aprendizaje) y el paquete assessment (encargado de gestionar y entregar los cuestionarios previamente preparados por el diseñador del curso y relacionados a través de enlaces con la UoL en tiempo de diseño). De esta manera el estudiante sigue su unidad de aprendizaje y obtendrá adaptación luego de los siguientes eventos:

- Terminación de una sesión: el agente IF determina su frecuencia de interacciones y con base en ello actualiza la variable correspondiente en la unidad de aprendizaje. Esto modifica los recursos disponibles en el entorno de la unidad de aprendizaje.
- Terminación de un cuestionario: el agente UM se encarga de establecer el nuevo nivel de competencia del estudiante y posteriormente actualizar la o las variables en la unidad de aprendizaje. Esto permitirá que sean ocultados o mostrados algunos contenidos en la unidad de aprendizaje.
- Finalmente el agente user de MAS-SHAAD se encargará en caso de ser necesario de cambiar la variable correspondiente al tipo de dispositivo de acceso en la unidad de aprendizaje. Esto permitirá que las reglas internas de la unidad, una vez definido el contenido, presenten al estudiante el contenido y las actividades en formatos adecuados.

4.7 Validación de la propuesta

Una vez definidos todos los elementos necesarios para la validación del entorno de aprendizaje y la instanciación del Modelo de Estudiante Integral, ya podemos presentar los diferentes escenarios de pruebas realizados y el resumen de dichas pruebas después de haber tabulado y analizado los datos obtenidos en cada uno de ellos.

Aunque el desarrollo de este trabajo fue generalmente realizado en las universidades de Girona y Pontificia Bolivariana Montería, la validación de la instancia del Modelo de Usuario Integral se desarrolló completamente en Colombia. Este hecho fue definitivo para los resultados obtenidos pues el grado de alfabetización digital encontrado en estos dos países es bastante diferente. En Colombia es aún común encontrar estudiantes universitarios que jamás han tenido la oportunidad de trabajar o utilizar un computador es válido pensar que las unidades de aprendizaje y los escenarios de pruebas deben ser adaptados a esas realidades.

Para la validación del Modelo de Usuario Integral se realizaron tres experimentos realizados en el siguiente orden cronológico:

- Caso 1: Estudiantes del UPB Montería del programa Ingeniería Informática.
- Caso 2: Estudiantes contactados a través del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Caso 3. Estudiantes de la UPB Montería de primer semestre cursando la asignatura Informática Básica.

Las edades de los estudiantes de la UPB oscilaban entre los 15 y los 22 años. Es de resaltar que en Colombia es común el ingreso de estudiantes a las universidades con edades de 15 y 16 años. Los estudiantes contactados a través del SENA tenían edades que oscilaban entre los 18 y 35 años.

Para cada experimento se realizaron dos evaluaciones: una cualitativa que evaluaba el desempeño del estudiante en cada UoL y una cualitativa que preguntaba por diferentes aspectos de interés para nuestra investigación.

Las evaluaciones cuantitativas fueron diseñadas en formato test utilizando, en algunas ocasiones, preguntas y/o evaluaciones disponibles en los sistemas que fueron base para la construcción de las UoL.

La escala utilizada para las evaluaciones cuantitativas corresponde con la escala de evaluación utilizada en la UPB Montería. Un curso es aprobado con una nota superior a 3.0 en una escala de 1 a 5. Para las evaluaciones cualitativas también se utilizó una escala de 1 a 5. Sin embargo, se buscó establecer si el estudiante estaba o no de acuerdo con un conjunto de afirmaciones que le fueron presentadas. En dicha escala el 5 significa estar totalmente de acuerdo con la afirmación y el 1 estar totalmente en desacuerdo con la afirmación. Ver escala a continuación.

Totalmente de acuerdo				Totalmente en desacuerdo
5	4	3	2	1

En la tabla No. 22 es posible observar el diseño de los experimentos realizados. La información de las características de los estudiantes que tomaron parte en el experimento, las fechas en las cuales fueron realizados y el número y el rango de edades de los estudiantes que tomaron parte de cada uno de estos experimentos. Aunque hemos

mencionado tres experimentos en cada uno de ellos fueron diseñados al menos dos escenarios de pruebas.

Tabla 22. Diseño de experimentos.

CASO	CONTENIDO	POBLACIÓN Y FECHA	EDAD (Años)	ESCENARIO		No. DE ESTUDIANTES	
						INICIO	FIN
Caso 1	Programación Orientada a Objetos	Estudiantes de Ingeniería Informática UPB Montería. Primer semestre 2008.	15 - 17	Unidad adaptativa y apertura del modelo de estudiante.	Módulo de objetos	11	11
					Módulo de clases.	12	12
Caso 2	Word 2007	Estudiantes contactados a través del SENA. Segundo semestre de 2008.	18 - 35	Unidad sin adaptación		15	0
				Unidad con adaptación		15	0
Caso 3	Word 2007	Estudiantes de la asignatura Informática Básica de la UPB Montería. Primer semestre de 2009.	16 - 22	Unidad sin adaptación		17	13
			16 - 19	Unidad con adaptación		27	19
			16 - 17	Unidad con adaptación y modelo de estudiante abierto.		25	23

A continuación se describen cada uno de los experimentos y los escenarios generados para cada uno de ellos.

4.7.1 Caso 1: Estudiantes de Informática I del programa Ingeniería Informática de la UPB Montería.

Tal como se puede ver en la tabla No. 22 en este primer experimento se trabajó con 11 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Informática de la UPB Montería. El principal objetivo de este experimento fue conocer el efecto que produciría la adaptación en el desempeño de los estudiantes y conocer la apreciación de los estudiantes en relación a la apertura del modelo de estudiantes. Para conocer la apreciación de los estudiantes con respecto a abrir el modelo de estudiante se presentaron dos alternativas de modelo de estudiante y luego se pidió a los estudiantes que completaran un cuestionario para recoger dichas apreciaciones en forma cualitativa.

En el diseño del experimento se utilizaron los recursos del proyecto SHABOO [LLAM03] para la construcción de las unidades de aprendizaje y la temática del mismo fue la programación orientada a objetos. La UoL estaba organizada en dos módulos: objetos y clases. Al finalizar cada módulo se realizó una evaluación. El estudiante que no aprobaba la evaluación no podía avanzar al siguiente nivel o finalizar el curso en caso de

encontrarse en el siguiente módulo. En este caso la variable definida en la unidad de aprendizaje fue el nivel de competencia del estudiante.

Adicionalmente se indagó a los estudiantes sobre si había o no tomado cursos virtuales. Ninguno de ellos había utilizado previamente una plataforma de educación virtual y todos estaban matriculados en un programa 100% presencial.

En la tabla No. 23 se observan los resultados obtenidos por cada uno de los estudiantes en el primer y segundo módulo.

Tabla 23. Resultados de la evaluación de cada módulo

Estudiante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Módulo 1	4,38	2,81	4,06	4,38	4,38	2,81	3,44	4,38	1,88	2,81	3,13	-	3,49
Módulo 2	2,05	1,82	3,18	3,64	3,41	3,18	2,95	2,27	2,27	2,50	3,18	2,73	2,77

El promedio del grupo para el primer módulo fue 3,49 con una desviación de 0,69. Aunque los resultados del primer módulo son aceptables, el desempeño en el segundo módulo fue bastante regular, el promedio registrado fue de 2,77 y la desviación 0,31. Aunque el promedio de este módulo fue inferior, cabe resaltar que la desviación disminuyó, lo que quiere decir que en este caso los resultados de los estudiantes están más cercanos al promedio. La desviación en el módulo objetos fue un poco más del doble que la del módulo clases.

Otro aspecto que tuvimos en cuenta durante la realización de este experimento fue la recopilación de apreciaciones de los estudiantes acerca de la apertura del modelo de estudiantes. Es decir, el estudiante pudo en todo momento conocer las inferencias que el sistema ha hecho de él, como lo ha clasificado y de esta manera entender el proceso de personalización como el resultado de esas inferencias hechas por el sistema.

La Figura 44 muestra como el modelo de usuario se presentó a los estudiantes.

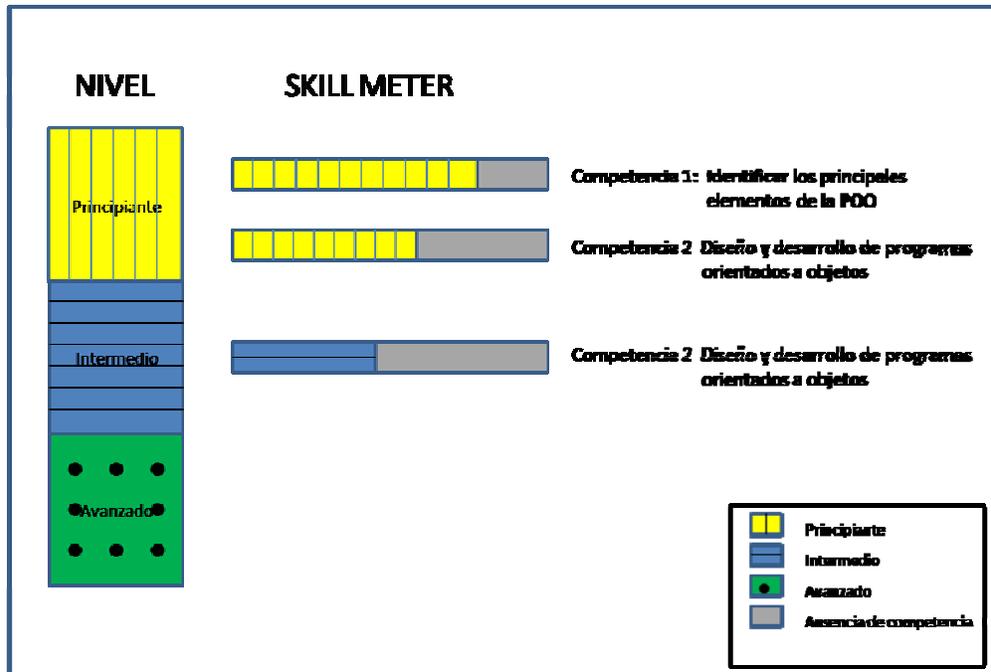


Figura 44. Representación del modelo de estudiante.

En la Figura número 44 para cada competencia se muestra un ejemplo de la representación para un estudiante en concreto. La figura consta de tres partes diferenciadas: Niveles, Skill Meter y competencias. Tal como se mencionó previamente los criterios de una competencia pueden ser agrupados en una de las tres categorías que se han definido previamente: Principiante, Intermedio y Avanzado. Para cada uno de los niveles de una competencia se presenta el skill meter correspondiente. El skill meter permite a los estudiantes conocer su progreso en cuanto a competencias y niveles de las mismas. También, frente a cada skill meter se muestra la competencia que ha sido considerada por el sistema en un curso adaptativo específico.

En la tabla No. 24 se presentan los resultados de la evaluación cualitativa que se realizó a los estudiantes sobre el modelo de estudiante abierto. Como hemos mencionado previamente, cada afirmación podía ser marcada del 1 al 5 de acuerdo a la escala que se muestra en la tabla. En cada casilla de la escala se coloca el número de estudiantes que marcaron la casilla correspondiente.

Tabla 24. Evaluación cualitativa del Modelo de Estudiante Abierto

AFIRMACIÓN	ESCALA				
	Totalmente de Acuerdo		Totalmente en Desacuerdo		
	5	4	3	2	1
Comprendo la presentación de mi nivel de competencia	4	4	2		
La presentación de mi nivel de competencia fue correcta (de acuerdo a mis conocimientos)	1	4	5		
Usé la información sobre mi nivel de competencia	1	4	4	1	
La presentación de mi nivel de competencia me ayudó a identificar los competencias que había alcanzado en el curso	7	3			
La presentación de mi nivel de competencia me ayudó a identificar dificultades en el logro de las competencias	2	4	4		
Creo que mi nivel de competencia fue útil para estudiar una parte específica del curso	7	3			
Creo que mi nivel de competencia me sirvió para obtener mejor calificación en el curso	1	3	6		
Creo que mi nivel de competencia me sirvió para mejorar mi comprensión del curso	1	6	2	1	
Estoy interesado en ver la información de mi nivel de competencia	7	3			
Estoy interesado en ver información más detallada de cada nivel de competencia	6	1	1	1	1
Me gustó la presentación de mi modelo de estudiante	7	2	1		
Me gustaría tener este clase de información disponible para otros cursos y evaluaciones	4	5		1	

De acuerdo a la tabla No. 24 la mayoría de los estudiantes que participaron en el caso 1 no “creen que conocer su nivel de competencia les sirvió para mejorar sus calificaciones”. Sin embargo, en general a los estudiantes les gustó la representación que se hizo del modelo de estudiante y están interesados en tener acceso a la información proporcionada por dicho modelo. Esto puede deberse a que en su mayoría han considerado que el modelo de estudiante abierto les ayudó a conocer las competencias alcanzadas y las que aún tenían pendientes.

Adicionalmente se recopilaron algunas apreciaciones que sobre la UoL y el modelo de estudiante abierto fueron hechas por los estudiantes. Estas apreciaciones son agrupadas de acuerdo al tema al que hacen referencia (tabla No. 25).

Tabla 25. Apreciaciones seleccionadas sobre el Modelo de Estudiante Abierto

<p>Para que utilizó el modelo de estudiante abierto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para complementar la información necesaria para responder adecuadamente los exámenes” • “Para saber que tengo que mejorar en algunas cosas” • “Para mejorar en las partes que siento tengo dificultad y para ver en que he fallado” • “La usé para saber con mucha precisión cuales eran mis conocimientos adquiridos en el curso y luego evaluar el nivel de conocimiento que tenía antes del curso y ahora que he finalizado”
<p>¿Cómo lo ayudó disponer del modelo de estudiante abierto?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Me ayudo a ver cuales son mis dificultades para así mejorarles” • “Complementando algunos datos que eran totalmente útiles para realizar las actividades del curso” • “Porque me dio a conocer en que iba bien y en que debía mejorar” • “Me ayudó a la hora en que me daba cuenta de mis habilidades y las partes que debía profundizar (aunque no lo hice muy seguido)”
<p>¿Qué clase de detalles le gustaría ver?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “La relación de mis resultados con los de los demás” • “Nada más así como está” • “Detalles tales como todos los temas divididos en forma de contenido (tema, subtema) con porcentajes claros de cada tema del curso con su peso respectivo”
<p>¿Le gustó la presentación del modelo de estudiante?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “ sí, porque es clara y precisa” • “Sí por que Presenta información cierta, tomada de pruebas válidas que corresponden al nivel de estudio de uno como estudiante”
<p>¿Le gustaría disponer del modelo de estudiante para otras unidades de aprendizaje?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Sí porque me ayudaría a comprender más fácilmente mi nivel con respecto al de los demás” • “Sí por que esta información me podría ayudar para futuros problemas que se presenten en otras asignaturas e incluso en la misma materia y así obtener mejores resultados y facilitar mi aprendizaje” • “Para saber lo que hice” • “Porque me dan posibilidades de entender mejor el curso”

En este primer experimento se indagó sobre el modelo de estudiante abierto y sobre su utilidad. Aunque no se hizo de manera explícita, también fueron consultados los estudiantes sobre la plataforma y la adaptación provista por el entorno de aprendizaje. En general la opinión de los estudiantes sobre el entorno y la unidad de aprendizaje fueron positivas y hacen suponer un interés creciente de los estudiantes hacia este tipo de modalidades de enseñanza. A partir de los resultados de este experimento se podría decir que:

- La aceptación de la UoL adaptativa y del modelo de estudiante abierto fue muy buena.

- Aunque el desempeño de los estudiantes en el segundo módulo fue inferior al del primer módulo se deben analizar los valores considerando la desviación estándar de ambas muestras.
- El modelo de estudiante abierto debería ser considerado para futuros experimentos y las apreciaciones utilizadas para mejorar el diseño actual del modelo abierto.

4.7.2 Caso 2: Entorno de aprendizaje virtual adaptativo para estudiantes no vinculados a una institución ni a un programa de la UPB Montería.

Con los resultados del caso les evidente que es necesario tener acceso a un mayor número de estudiantes para lograr resultados con mayor impacto. Se plantearon entonces dos estrategias: buscar estudiantes que no dependieran de los calendarios académicos para garantizar una frecuencia de pruebas mayor y generar unidades de aprendizaje de temáticas más generales que pudieran interesar a un público más amplio. Por este motivo se buscaron voluntarios entre las personas que se presentan al SENA a recibir orientaciones para la búsqueda de empleo. Para facilidad de los interesados se dispusieron salas de informática de la UPB Montería en donde quienes no tenían computadores podían realizar el curso. También se utilizó una temática más general como es el curso de Word2007. Para la construcción de la unidad de aprendizaje se utilizaron los recursos facilitados por el portal de aulaclie.

Las edades promedio de las personas oscilaban entre los 18 y los 35 años de edad. Todos recibieron una capacitación previa para el uso de la plataforma y de la unidad de aprendizaje. Algunos no tenían experiencia previa incluso en el uso del computador. Al realizar la convocatoria al curso se alcanzó un máximo de 30 candidatos. Sin embargo, con el pasar de los días se fue disminuyendo el grupo hasta reducirse a un solo estudiante que fue el único que siguió el curso hasta una etapa más avanzada. Estas personas no tenían ninguna obligación a finalizar el curso y ninguno estaba matriculado como estudiante de la UPB. En la mayoría de los casos no disponían de computadores en sus casas lo cual implicaba el desplazamiento obligado hasta la universidad o el uso de computadores privados cerca de sus residencias.

El fracaso de este experimento lleva a considerar en el futuro la importancia de la motivación y responsabilidad que un estudiante debe tener para realizar satisfactoriamente una asignatura/curso/UoL. También contribuye a considerar aspectos como la edad y las afiliaciones en el diseño de experimentos.

4.7.3 Caso 3: Entorno de aprendizaje virtual adaptativo para estudiantes de Informática Básica de la UPB Montería.

En este tercer experimento se trabajó con estudiantes de la UPB Montería. Se pudo ofrecer el módulo Word2007 a través de la plataforma .LRN extendida en el proyecto de investigación “Sistema Multi-agente para la adaptación de cursos ofrecidos en entornos de aprendizaje virtual”.

Para este experimento se diseñaron tres escenarios de prueba: UoL sin adaptación, UoL con adaptación y UoL con adaptación y modelo de estudiante abierto. En los tres escenarios se realizaron evaluaciones cuantitativas que nos permitieran obtener información sobre el desempeño de los estudiantes en cada uno de los escenarios. Además se recopiló información cualitativa sobre la plataforma y el modelo de estudiante abierto.

UoL	POBLACIÓN Y FECHA	EDAD	ESCENARIO	NÚMERO DE ESTUDIANTES	
				INICIARON	FINALIZARON
Word 2007	Estudiantes de la asignatura Informática Básica de la UPB Montería. Primer semestre de 2009.	16 - 22	Unidad sin adaptación	17	13
		16 - 19	Unidad con adaptación	27	19
		16 - 17	Unidad con adaptación y modelo de estudiante abierto.	25	23

Antes de iniciar el experimento se preguntó a todos los estudiantes sobre su familiaridad con los computadores, las plataformas de educación y el editor de texto Word 2007. Esta información se ha resumido y se presenta en la tabla No. 26.

Tabla 26. Cuestionario pre-validación.

PREGUNTAS	SIN ADAPTACIÓN		CON ADAPTACIÓN		MODELO DE ESTUDIANTE ABIERTO	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
¿Tiene experiencia en el uso de computadores?	10	1	10	1	14	5
¿Ha seguido previamente un curso en forma virtual?	1	10	3	8	6	13
¿Conoce que es una plataforma de educación virtual y para que se utiliza?	6	5	7	4	9	10
¿Ha utilizado alguna plataforma de educación virtual?	1	10	0	11	2	17
¿Ha utilizado previamente el editor de texto Word en alguna de sus versiones?	10	1	10	1	16	3

De la tabla No. 26 se resalta en el último curso un 26,3% de estudiantes que dicen no tener mucha experiencia con computadores. Esto refleja algunos inconvenientes mencionados al inicio de este capítulo sobre las limitaciones tecnológicas y de acceso que tienen una cantidad considerable de colombianos. Adicionalmente se destaca la poca familiaridad de los estudiantes con plataformas de educación virtual. Veamos entonces una descripción más detallada de cada escenario y los resultados obtenidos:

Escenario 1: curso sin adaptación

En este primer escenario se trabajó con un grupo de 17 estudiantes de los cuales solo finalizaron el experimento 13 (tabla No. 22). En este escenario los estudiantes tuvieron disponible toda la UoL sin ningún tipo de adaptación. El promedio obtenido por el grupo en las evaluaciones fue 3,23, por encima de la nota de aprobación fijada en 3.0. La

desviación estándar para el escenario 1 fue de 0,8 La tabla No. 27 presenta los valores cuantitativos que miden el desempeño de los estudiantes en la UoL.

Tabla 27. Notas del curso sin adaptación

Notas	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
No. Estudiantes	0	0	0	1	1	1	2	4	4	0	0

Adicionalmente se recopilamos apreciaciones de los estudiantes sobre la UoL y la plataforma adaptativa (tabla No. 28). Les preguntamos a los estudiantes si la plataforma les había facilitado el desarrollo de sus competencias, si la calidad de los recursos fue buena y si les gustaría tomar otros cursos de manera virtual.

Tabla 28. Apreciaciones de los estudiantes de la UoL sin adaptación.

AFIRMACIÓN	ESCALA				
	Totalmente de Acuerdo		Totalmente en Desacuerdo		
	5	4	3	2	1
La plataforma de aprendizaje me facilitó el desarrollo de competencias en el uso del editor de texto Word2007	1	11	1		
La calidad de los recursos del curso fue buena	1	9	1	2	
Me gustaría tomar otros cursos de manera virtual adaptativos	1	3	5	2	2

También se indagó sobre aspectos positivos y negativos del uso de la plataforma y de la unidad de aprendizaje. (Ver tabla No. 29)

Tabla 29. Apreciaciones seleccionadas sobre los aspectos positivos y negativos de la plataforma. UoL sin adaptación.

Aspectos positivos
<ul style="list-style-type: none"> • “Me gustó el diseño del curso” • “Es una nueva forma de aprender” • “Es un curso muy completo”
Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> • “Ya conocía mucho del contenido del curso” • “Tuve muchos inconvenientes para acceder a la plataforma pues el servidor no estaba disponible siempre” • “No me gustó la didáctica del curso” • “Proponer usos más creativos y dinámicos de la plataforma”

De las apreciaciones y el desempeño de los estudiantes (ver tabla No. 29) se puede inferir que:

- En general la plataforma tuvo buena aceptación.
- Aunque la calidad de los recursos fue buena, sería conveniente para próximos UoL disponer de recursos con mayor interactividad.

- Tanto el primer como el último aspecto negativo enunciados podrían ser mejorados con una UoL adaptativa.
- Es necesario mantener siempre la plataforma disponible para el acceso de los estudiantes.

Escenario 2: curso con adaptación

Este escenario lo iniciaron 27 estudiantes de los cuales 19 terminaron completamente la UoL. En la prueba estuvo disponible una UoL adaptativa. El promedio obtenido por el grupo en las evaluaciones fue 3,84, por encima de la nota de aprobación fijada en 3.0. La desviación estándar para el escenario 2 fue de 1,05. La tabla No. 30 presenta los valores cuantitativos que miden el desempeño de los estudiantes en la UoL.

Tabla 30. Notas del curso con adaptación

Notas	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
No. Estudiantes	0	0	0	0	0	0	2	2	6	8	0

Adicionalmente se recopilaron apreciaciones de los estudiantes sobre la UoL y la plataforma adaptativa (tabla No. 31). En este escenario además de las preguntas realizadas sobre la plataforma, (tabla No. 28) se adicionaron en este caso dos preguntas específicas sobre la adaptación. Las dos preguntas adicionadas se han resaltado en gris para mayor claridad.

Tabla 31. Apreciaciones de los estudiantes de la UoL con adaptación.

AFIRMACIÓN	ESCALA				
	Totalmente de Acuerdo		Totalmente en Desacuerdo		
	5	4	3	2	1
La plataforma de aprendizaje me facilitó el desarrollo de competencias en el uso del editor de texto Word2007	3	7	8		1
La calidad de los recursos del curso fue buena	4	9	5	1	
Me gustaría tomar otros cursos de manera virtual adaptativos	6	4	4	4	1
La adaptación que realizó el sistema de mi nivel de competencia fue correcta.	6	6	7		
La adaptación del sistema de acuerdo a mi nivel de competencia me ayudó a alcanzar más rápido las competencias del curso.	5	7	4	2	1

También se indagó sobre aspectos positivos y negativos del uso de la plataforma y de la unidad de aprendizaje (tabla No. 32).

Tabla 32. Apreciaciones seleccionadas sobre los aspectos positivos y negativos de la plataforma. UoL con adaptación.

<p>Aspectos positivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Forma de aprender rápido, eficaz y sencilla” • “Fácil de utilizar” • “Muy cómodo para estudiar” • “Es una nueva forma de aprender” • “Personalización” • “Se gana experiencia trabajando con unidades de aprendizaje virtual” • “Adaptación” • “Me permitió mejorar mi conocimiento” • “Comodidad para estudiar”
<p>Aspectos negativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Había información no disponible en la plataforma” • “Tuve dificultad para acceder a la plataforma.” • “Faltó ayuda del profesor” • “Mejorar la apariencia de los recursos” • “Proponer usos más creativos y dinámicos de la plataforma” • “Toma demasiado tiempo para acceder.

A partir de las apreciaciones y el desempeño de los estudiantes (tabla No. 32) es posible inferir que:

- El desempeño de los estudiantes mejoró en comparación con el entorno de aprendizaje sin adaptación.
- Tanto la plataforma como la formación virtual tuvieron buena aceptación.
- Los estudiantes que están acostumbrados a escenarios presenciales les cuesta entender que en la metodología virtual el rol de tutor cambia y en muchos entornos no se dispone de dicho tutor.
- Se debe revisar con mayor detalle el correcto funcionamiento y el tiempo necesario para acceder a la plataforma.

Escenario 3: curso con adaptación y modelo de usuario abierto

En este escenario se trabajó con un grupo inicial de 25 estudiantes. De estos 25 terminaron la UoL 23 estudiantes. Las edades de los estudiantes se encontraban en el rango 16-24. Estando más concentradas hacia los 16 y 17. El promedio de este grupo fue de 3,13 y la desviación estándar fue igual a 0,97. La tabla No. 33 presenta los valores cuantitativos que miden el desempeño de los estudiantes en la UoL.

Tabla 33. Notas del curso con adaptación y Modelo de Estudiante abierto

Notas	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
No. Estudiantes	0	0	1	0	3	2	11	0	1	4	1

Adicionalmente se recopilaron las apreciaciones de los estudiantes sobre la plataforma adaptativa y el modelo de estudiante abierto (tabla No. 34).

Tabla 34. Apreciaciones de los estudiantes de la UoL con adaptación y Modelo de Estudiante Abierto

AFIRMACIÓN	ESCALA				
	Totalmente de Acuerdo		Totalmente en Desacuerdo		
	5	4	3	2	1
La plataforma de aprendizaje me facilitó el desarrollo de competencias en el uso del editor de texto Word2007	5	16	1		1
La calidad de los recursos del curso fue buena	5	12	5	1	
Me gustaría tomar otros cursos de manera virtual adaptativos	7	8	2	3	3
Comprendo la presentación de mi nivel de competencia	3	11	8	1	
La presentación de mi nivel de competencia fue correcta (de acuerdo a mis conocimientos)	1	10	12		
Usé la información sobre mi nivel de competencia	3	11	8	2	
La presentación de mi nivel de competencia me ayudó a identificar los competencias que había alcanzado en el curso		13	10		
La presentación de mi nivel de competencia me ayudó a identificar dificultades en el logro de las competencias	3	12	8		
Creo que mi nivel de competencia fue útil para estudiar una parte específica del curso	4	15	4		
Creo que mi nivel de competencia me sirvió para obtener mejor calificación en el curso		13	10		
Creo que mi nivel de competencia me sirvió para mejorar mi comprensión del curso	3	14	6		
Estoy interesado en ver la información de mi nivel de competencia	14	5	2	2	
Estoy interesado en ver información más detallada de cada nivel de competencia	14	4	2	2	1
Me gustó la presentación de mi modelo de estudiante	2	10	8	3	
Me gustaría tener este clase de información disponible para otros cursos y evaluaciones	10	5	6	1	1

En la tabla No. 34 las filas sombreadas corresponden a las preguntas relacionadas con abrir el modelo a los estudiantes que se hicieron únicamente en este escenario. Aunque el escenario era con adaptación, en la información cualitativa solo se consideró información referente al modelo de estudiante abierto y no se incluyeron preguntas relativas a la adaptación.

Otra información referente al modelo de estudiante abierto se presenta en la tabla No. 35. Dicha tabla lista las apreciaciones de los estudiantes sobre diferentes aspectos del modelo de estudiante.

Tabla 35. Apreciaciones seleccionadas sobre el Modelo de Estudiante Abierto. Escenario 3.

<p>Para que utilizó el modelo de estudiante abierto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Para ver que dificultades tenía en los diferentes temas” • “Para comparar con los compañeros” • “Para informarme sobre lo que conocía y lo que no” • “Mejorar el nivel”
<p>¿Cómo lo ayudó disponer del modelo de estudiante abierto?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Conociendo las diferencias” • “Nos mostró las debilidades específicas en cada nivel” • “Mostrando detalles de cuales era mis competencias”
<p>¿Qué clase de detalles le gustaría ver?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Más detalles de competencias” • “Mayor detalle de los temas” • “Los diferentes temas, en cuáles fallé y por qué?” • “Que preguntas salieron mal y su corrección” • “Detalles gráficos”
<p>¿Le gustó la presentación del modelo de estudiante? ¿Por qué?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Sí, porque ayuda a ver el nivel de comprensión que tiene cada unos” • “Sí por que estuvo de acuerdo a mis conocimientos” • “No lo entendí” • “No refleja mis conocimientos de Word” • “No me gustó la forma de presentación” • “Faltó más detalle de contenido”
<p>¿Le gustaría disponer del modelo de estudiante para otras unidades de aprendizaje? ¿Por qué?</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Sí para mantenerme actualizada sobre mi desempeño” • “Si para conocer lo que puedo mejorar” • “Si para conocer lo que no se conoce”

También se indagó sobre aspectos positivos y negativos del uso de la plataforma y de la unidad de aprendizaje (tabla No. 36). Algunas aportaciones fueron:

Tabla 36. Apreciaciones seleccionadas sobre los aspectos positivos y negativos de la plataforma. UoL con adaptación y Modelo de Estudiante Abierto.

<p>Aspectos positivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Una experiencia interesante” • “Me gustó la plataforma” • “Es posible estudiar en cualquier momento y lugar” • “Buen diseño de la plataforma” • “Buenos recursos” • “Fácil de utilizar” • “Útil” • “Una forma distinta de trabajar”
<p>Aspectos negativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Seguridad de las evaluaciones realizadas” • “Faltó explicar algunos temas” • “Presentación de la plataforma” • “Se debía invertir demasiado tiempo en el curso” • “Mucho material” • “Dificultad de acceso”

A partir de las apreciaciones y el desempeño de los estudiantes es posible inferir que:

- Aunque el desempeño de los estudiantes no mejoró en comparación con el escenario de aprendizaje con adaptación esto podría deberse al mayor número de estudiantes.
- El escenario con adaptación y modelo de estudiante abierto fue el escenario con menor número de deserciones.
- Tanto la adaptación como el modelo de estudiante abierto fueron positivamente evaluados por los estudiantes.
- Aunque el potencial del modelo de estudiante abierto es alto se hace necesario realizar ajustes pertinentes que consideren todas las apreciaciones hechas por los estudiantes.

4.8 Conclusiones.

En este capítulo se presentó un Modelo de Usuario Integral el cual ha sido definido a partir de aportes provenientes de diversas áreas y con el objetivo de ser utilizado en el diseño de sistemas adaptativos. El Modelo de Usuario Integral está compuesto por tres dimensiones (características de usuario, interacción y contexto), sin embargo, el modelo puede ser extendido tanto en dimensiones como en las variables consideradas en cada dimensión.

Una instancia del Modelo de Usuario Integral para un entorno educativo fue creada y nombrada como Modelo de Estudiante Integral. Dicha instancia considera las tres dimensiones del modelo de usuario inicial. Con el objetivo de validar el modelo y de

disponer de un prototipo con buen desempeño se optó por limitar a una variable cada una de las dimensiones consideradas por el Modelo de Usuario Integral.

Otro elemento indispensable para la validación de la propuesta incluyó la construcción de la Unidad de aprendizaje (UoL). Para ello fue necesario definir una taxonomía de competencia ajustada a las particularidades de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería (donde se realizaron las validaciones). También fue necesario para la construcción de las UoL disponer de recursos que redujeran el tiempo de producción de las mismas. Una alternativa al desarrollo de los recursos fue el uso de recursos disponibles en proyectos previos tales como SHABOO [LLAM03].

Otro elemento que enriqueció el escenario del entorno de aprendizaje virtual adaptativo fue el trabajo realizado de abrir el modelo de usuario a los estudiantes, en este caso hablaremos de OLM. Aunque no es nueva el área de modelos de estudiantes abiertos, en LMS este tipo de sistemas no se ha extendido. La razón es que generalmente un sistema adaptativo se ha diseñado para temas muy específicos lo que limita la posibilidad de generación de nuevos cursos o UoL. Del mismo modo los OLM han sido diseñados en áreas muy específicas. La propuesta del modelo de estudiante abierto aquí presentada busca por un lado aprovechar el potencial de los OLM en entornos adaptativos educativos y por otro lado la construcción de entornos de aprendizaje virtual adaptativos y genéricos con modelos de usuario abierto.

Como resultado de la integración de todas las partes previamente descritas se obtuvo un prototipo de sistema adaptativo que está integrado por el LMS dotLRN y dos sistemas multi-agentes. Todo se ha integrado de forma transparente al usuario y de esta manera el estudiante solo debe conocer algunas indicaciones mínimas del uso del LMS. El prototipo entrega contenidos y actividades adaptadas al nivel de competencia, interacciones y tipo de dispositivos de un estudiante específico.

El prototipo fue además validado durante tres semestres a través de las pruebas diseñadas para tal fin en la UPB Montería. La prueba de mayor relevancia la constituyeron el último experimento presentado en el que se consideraron tres escenarios finales diseñados con las siguientes características: sin adaptación, con adaptación y con adaptación y modelo de estudiante abierto.

A partir de las pruebas se obtuvieron resultados tanto cualitativos como cuantitativos que ratifican el uso de las técnicas de adaptación como una característica que mejora el desempeño de los estudiantes en entornos virtuales. Adicionalmente se recopiló información muy valiosa sobre la utilidad y las expectativas de los estudiantes en relación con el modelo de estudiante abierto.

**5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS
FUTUROS**

5.1 Aportes

Durante el desarrollo de este trabajo se fueron realizando diferentes aportes en cada una de las publicaciones que han sido preparadas y presentadas en diferentes eventos y revistas. Entre los principales aportes de esta tesis encontramos:

La **definición de un Modelo de Usuario Integral** compuesto por tres dimensiones y un número de variables asociadas a cada dimensión, que facilitan el diseño de un modelo de usuario para un sistema adaptativo independiente del dominio de la aplicación para el que se desarrolla. Aunque estas dimensiones habían sido consideradas en otros sistemas, ninguno de ellos planteó su uso al mismo tiempo y definió un modelo genérico que sirviera de guía para otros diseños de modelos de usuario. Este aporte permite que en tiempo de diseño se analicen las distintas salidas que un estudiante podría obtener de un entorno de aprendizaje virtual en el que existe heterogeneidad de usuarios, contextos e interacciones.

La **integración tecnológica** realizada también constituye un aporte sustancial al estado del arte de los entornos de aprendizaje virtual adaptativos. En este trabajo se han integrado la tecnología de agentes (Jade), los sistemas de administración de aprendizaje (dotLRN), estándares (IEEE-LOM), especificaciones (familia IMS: QTI, LD, CP, RDCEO) y modelos de referencia en e-Learning (SCORM), tecnologías para la construcción de unidades de aprendizaje utilizando la especificación IMS-LD (Reload) y otras tecnologías utilizadas para la integración y funcionamientos de cada uno de los sistemas.

Adicionalmente, esta integración, es decir el sistema resultante, fue probado satisfactoriamente con estudiantes de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, durante el primer y segundo semestre del 2008 y el primer semestre de 2009.

Otro aspecto a destacar es que la adaptación se lleva a cabo de manera **independiente de la plataforma** lo que facilita la integración del MAS con otro LMS en caso de ser necesario.

También resaltamos que aunque al momento de iniciar esta tesis existían algunos proyectos que presentaban la integración de un LMS con servicios de adaptación, lo cierto es que a la fecha la Comisión Europea en su séptimo programa marco sigue dando recursos para el desarrollo de entornos integrados que puedan ser ampliamente utilizados en entornos de trabajo real.

Es también un aporte de esta tesis la **generación de la unidad de aprendizaje** con las características necesarias para que pueda ser adaptativa en el contexto y condiciones definidas en el sistema implementado. Aunque la mayoría de los pasos necesarios para la producción de la unidad de aprendizaje son genéricos, algunas precondiciones fueron necesarias para la construcción de la unidad de acuerdo a las directrices que en materia de educación se han definido en la UPB Montería por parte de la Vicerrectoría académica. Por ejemplo algunos elementos de la caracterización de la unidad de aprendizaje fueron adaptados para ajustarse al modelo pedagógico de referencia en la Universidad. Del mismo modo, fue necesario definir una **taxonomía de competencias** inexistente previamente en la Institución, y necesaria para la determinación del nivel de competencia alcanzado por un estudiante con relación a una competencia específica.

Finalmente, otra aportación es la **apertura del modelo de usuario en un LMS** pues en los trabajos revisados no se encontró ningún sistema con tales características. Aunque los resultados de los estudiantes que tomaron el curso adaptativo y que tuvieron su modelo de usuario a disposición no presentaron mejoras con respecto al resto de los escenarios, las aportaciones hechas por los estudiantes durante todas las pruebas sugieren que en condiciones de mayor uso y explotación de este modelo de usuario abierto se podrían obtener mayores beneficios para los estudiantes. Además las apreciaciones de los estudiantes en cuanto a la apertura del modelo de estudiante fueron muy positivas.

5.2 Conclusiones

Las conclusiones de esta tesis se han organizado en dos grupos. El primer grupo son conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos y el segundo grupo se basa en la revisión bibliográfica y en la experiencia ganada durante el desarrollo de este proyecto.

1. A partir de los resultados de validación del sistemas podemos concluir que
 - El usuario que utiliza un entorno de aprendizaje virtual adaptativo de forma exitosa es aquel que tiene alguna motivación u obligación para tomar un curso. Esto podría, por ejemplo, ser promovido a través de la reflexión y autonomía logradas con los modelos de estudiante abierto.
 - La adaptación favorece el desarrollo de procesos de aprendizaje más efectivos y eficientes. Los estudiantes del curso que tuvieron una unidad de aprendizaje adaptativa obtuvieron un promedio más alto que los estudiantes del escenario sin adaptación. Sin embargo, se presentó un caso particular en los resultados. El escenario donde los estudiantes tuvieron unidades de aprendizaje adaptativas y modelos de estudiantes abiertos, los estudiantes obtuvieron un promedio inferior a los anteriores. Estos resultados deben ser analizados considerando además que el grupo que tuvo modelo de estudiante abierto fue el de menor deserción y el de mayor número de estudiantes. El promedio final del último escenario del experimento 3 puede deberse entonces a otros factores ajenos a la adaptación o no de la UoL.
 - El abrir el modelo a los estudiantes fue bien recibido por parte de los estudiantes y realizaron aportes muy valiosos para el mejoramiento tanto del sistema, como de las futuras aperturas del modelo de estudiante.
 - Con respecto a los estudiantes que participaron en las pruebas es importante resaltar que muchos abandonaron las pruebas antes de finalizar. Por lo tanto es necesario que se seleccionen los participantes en pruebas de validación, teniendo en cuenta su edad, experiencia previa en uso de plataformas y motivación para aprender la temática ofrecida en el curso. De lo contrario pueden haber muchos retrasos debido a las inconstancias de quienes toman el curso. Se debe del mismo modo cuidar la calidad de los recursos enlazados en la unidad y buscar que los que se desarrollen entre otras cosas tengan un excelente nivel de interactividad.
2. A partir de la revisión bibliográfica y nuestra experiencia en el desarrollo del sistema y varios prototipos previos es posible concluir:
 - La concepción de sistemas hipermedia adaptativos de manera independiente se ha ido transformando en una característica deseada en sistemas especializados para diversos dominios. Tal es el caso de los sistemas de aprendizaje que con el pasar de los años han incorporado nuevos servicios que propician procesos enseñanza-aprendizaje más efectivos, eficientes y satisfactorios para el estudiante. Por esta razón las tendencias de integrar tecnologías educativas ha tomado fuerza en los últimos años.
 - Los desarrollos tecnológicos en el campo educativo deben ser acompañados muy de cerca de grupos interdisciplinarios en los campos de la pedagogía, la didáctica y el

diseño y producción de objetos de aprendizaje con el objetivo de garantizar resultados exitosos y de utilidad para algún ambiente específico.

- La evaluación y validación de entornos de aprendizaje virtual extendidos, en escenarios reales, es muy costosa y puede generar distorsiones importantes en los resultados obtenidos.

5.3 Trabajos Futuros

Validar y analizar otras variables propuestas en el Modelo de Estudiante Integral. Esto es necesario puesto que podríamos encontrar elementos que no hayan sido considerados en el presente trabajo y que puedan aportar a la mejora de los entornos de aprendizaje virtual.

Continuar con la integración práctica de tecnologías y validación de resultados en entornos reales de educación. La integración facilita la reutilización y elimina la redundancia de trabajo. Por otra parte la evaluación en entornos reales permite conocer la viabilidad de dicha implementación en entornos de producción educativos. Muchos sistemas desarrollados en el marco de proyectos europeos o nacionales, se quedan sin ser utilizados por que en las etapas finales del proyecto la obligación de entregar en los tiempos estipulados obliga a agilizar y/o omitir dichas fases.

Rediseñar el Modelo de Estudiante Abierto utilizando el framework SMILI[©] con el objetivo de incluir nuevos elementos que permitan nuevas valoraciones en cuanto a las aportaciones que la apertura del modelo puede generar en un entorno de aprendizaje virtual adaptativo. También es posible explorar nuevos propósitos para abrir el modelo de usuario más allá de la promoción de la reflexión y autonomía.

Integrar y validar el MAS con otros LMS con el objetivo de disponer de diferentes entornos de educación adaptativos y seleccionar aquel que aporte el mejor desempeño y satisfacción a los usuarios.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [ACCLIP] IMS Learner Information Package Accessibility for LIP Information Model. Version 1.0 Final Specification. (2003)
- [ACCMD] IMS AccessForAll Meta-data. Version 1.0 Final Specification. (2004).
- [ACM] IEEE Computer Society – Keywords. <http://www2.computer.org/portal/web/publications/acmtaxonomy> (2009)
- [ADL] Advanced Distributed Learning, <http://www.adlnet.gov/index.cfm>
- [AICC] Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee, <http://www.aicc.org/>
- [ALF06] Alfonseca, E., Carro, R., Martín, E., Ortigosa, A., Paredes, P.: The impact of learning styles on student for collaborative learning: a case study. 0924-1868 (Print) 1573-1391 (Online) Subject Computer Science and Humanities, Social Sciences and Law Issue Volume 16, Numbers 3-4 / September, (2006)
- [ALO94] Alonso, C. Domingo, J. and Money, P.: “Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnóstico y mejora”, Ediciones Mensajero, Bilbao, pp. 104-116. (1994).
- [ALV04] Alvarez, A. Fernandez-Castro, I. and Urretavizcaya, M.: Adaptive learning based on variable student and domain models in Magadi. Proceedings. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies /ICALT.2004. Pág. 844- 845 (2004).
- [ARIADNE] ARIADNE Foundation for the European Knowledge Pool, <http://www.ariadne-eu.org/>
- [ARR97] Arruarte, A. Fernández-Castro, I. Ferrero, B. and Greer, J.: The IRIS Shell: "How to Build ITSs from Pedagogical and Design Requisites", International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol. 8, pp. 341-381, (1997).
- [ART04] Arteaga, C., Fabregat R., Eyzaguirre, J., Mérida, D.: Adaptive Support for Collaborative and Individual Learning (ASCIL): Integrating AHA and CLAROLINE". Proceedings of AH 2004, third International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. LNCS 3137 pp. 279-282, Eindhoven University of Technology, The Netherlands (2004).
- [ART06] Arteaga, C. Fabregat, R. and Mérida. D.: Implementación del ambiente de aprendizaje ASCIL usando MOODLE, Published at Proceedings of SIIE 2006. Vol. 2. pp. 1-8. León. 24-26 . October (2006).
- [AULA] aulaClic. <http://www.aulaclic.es/>
- [BAJ03a] Bajraktarevic, N. Hall, W. and Fullick, P.: ILASH: Incorporating Learning Strategies in Hypermedia. Paper presented at the Fourteenth Conference on Hypertext and Hypermedia, August 26-30, Nottingham, UK. (2003).
- [BAJ03b] Bajraktarevic, N., Hall, W. and Fullick, P., Incorporating learning styles in hypermedia environment: Empirical evaluation. Proceedings of the Fourteenth Conference on Hypertext and Hypermedia, (2003)
- [BAL07a] Baldiris, S.; Santos, O.; Barrera, C.; Vélez, J.; Boticario, J; y Fabregat, R.: Linking educational specifications and standards for dynamic modelling in ADAPTAPlan. Published at International Workshop on Representation models and Techniques for Improving e-Learning: Bringing Context into Web-based Education. Roskilde University, Denmark, 20-24. (2007).
- [BAL07b] Baldiris, S.; Santos, O.; Boticario, J; Fabregat, R.: Modelado de cursos mediante el uso intensivo de estándares educativos para dar soporte a adaptaciones dinámicas. Published at Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2007). Zaragoza (España). (2007)
- [BAL08a] Baldiris, S., Santos, O., Barrera, C., Gonzalez, J., Velez, J., and Fabregat, R.: Integration of Educational Specifications and Standards to Support Adaptive

- Learning Scenarios in ADAPTAPlan. Published at Special Issue on New Trends on AI techniques for Educational Technologies. International Journal of Computer Science and Applications - IJCSA. Vol. 5, No. 1, pp. 88-107. (2008).
- [BAL08b] Baldiris, S.; Santos, O.; Huerva, D.; Moreno, G.; Fabregat, R. y Gonzalez, J.: Management of learning styles, competences and access device preferences to alleviate the authoring of standard-based adaptive learning designs. *Authoring of Adaptive and Adaptable Hypermedia*. Australia (2008)
- [BEA94] Beaumont, I.: User modeling in the interactive anatomy tutoring system ANATOMTUTOR. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 4, 1 (1994) 21-45
- [BLA05] Blanco-Fernández, Y., Pazos, J.J., Gil-Solla, A., Ramos, M., López, M., Barragáns-Martínez, A.B.: AVATAR: A Multi-Agent TV Recommender System using MHP Applications. *EEE* 660-665. (2005).
- [BLO56] Bloom, B.S. *Taxonomy of Educational Objectives*. New York: David Mckay, (1956).
- [BOU85] Boud, D., Keogh, R., & Walker, D.: *Promoting reflection in learning: A model. Reflection: Turning Experience into Learning*. D. Boud, R.. London, Kogan Page: 18-40. (1985).
- [BRA02] Brady, A., Conlan, O., Wade, V.: *Dynamic Composition and Personalization of PDAbased eLearning – Personalized mLearning*. In: Nall, J., Robson, R. (eds.) *Proc. of World Conference on E-Learning, E-Learn 2004*. AACE (2004) 234-242
- [BRO06a] Brown, E., Stewart, C. & Brailsford, T.: *Adapting for visual and verbal learning styles in AEH*. *IEEE Proceedings of International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006)*, Kerkrade, The Netherlands, 5-7 July (2006).
- [BRO06b] Brown, E. Brailsford, T. Fisher, T. Moore, A. and Ashman, H.: *Reappraising cognitive styles in adaptive web applications*. *Proceedings of the 15th International World Wide Web Conference (WWW2006)*, Edinburgh, UK, 22-26 May (2006).
- [BRU93] Brusilovsky, P. Pesin, L. and Zyryanov, M.: *Towards an adaptive hypermedia component for an intelligent learning environment*. In: Bass, L. J., Gornostaev, J. and Unger, C. (eds.) *Human-Computer Interaction. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 753. Springer-Verlag, Berlin 348-358, (1993).
- [BRU94] Brusilovsky, P.: *Adaptive Hypermedia: An Attempt to Analyze and Generalize*. In *Workshop on Adaptive hypertext and hypermedia at UM'94*, Hyannis, Cape Cod, MA, USA. (1994).
- [BRU94a] Brusilovsky, P. and Pesin, L.: *ISIS-Tutor: An adaptive hypertext learning environment*. In: H. Ueno and V. Stefanuk (eds.) *Proceedings of JCKBSE'94, Japanese-CIS Symposium on knowledge- based software engineering*. Pereslavl-Zalesski, Russia EIC pp. 83-87, (1994).
- [BRU96a] Brusilovsky, P.: *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia: User Modeling and User-Adapted Interaction*. Kluwer academic publishers Vol. 6, pp. 87–129. (1996).
- [BRU96b] Brusilovsky, P. Schwarz, E. and Weber, G.: *ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web*. In Frasson, C., Gauthier, G., & Lesgold, A. (Ed.), *Intelligent Tutoring Systems (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1086)*. Berlin: Springer Verlag. 261-269, (1996).
- [BRU98a] Brusilovsky, P.: *Adaptive Educational Systems on the World- Wide-Web: A Review of Available Technologies*. In: *Proceedings of Workshop "WWW-Based Tutoring" at 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98)*. San Antonio, Texas. (1998).

- [BRU98b] Brusilovsky, P. Eklundb J. Schwarzc, E.: Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware. Seventh International World-Wide Web Conference, April 14-18, Brisbane, Australia. (1998).
- [BRU04a] Brusilovsky, P.: KnowledgeTree: A distributed architecture for adaptive e-learning. In: Proceedings of The Thirteenth International World Wide Web Conference, WWW 2004 (Alternate track papers and posters), New York, NY, 17-22 May, 2004, ACM Press, pp. 104-113. (2004).
- [BRU07] Brusilovsky, P. & Millan, E.: User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. The Adaptive Web Book. Springer Berlin / Heidelberg. 4321, 3-53. (2007).
- [BRU08] Brusilovsky, P.: Adaptive Navigation Support for Open Corpus Hypermedia Systems. NejdI et al. (Eds.): AH 2008, LNCS 5149, pp. 6–8, 2008.
- [BUL95] Bull, S., and Pain, H. Did I say what I think I said, and do you agree with me? Inspecting and Questioning the Student Model. In J. Greer (Ed.) Proceedings of the World Conference on Artificial Intelligence in Education (pp. 501-508). Charlottesville, VA, USA: Association for the Advancement of Computing in Education. (1995).
- [BUL02] Bull, S., Dimitrova, V. and Brna, P.: Enhancing Reflective Modelling through Communicative Interaction in Learning Environments, in P. Brna, M. Baker, K. Stenning & A. Tiberghien (eds), The Role of Communication in Learning to Model, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah NJ, 183-211. (2002).
- [BUL04] Bull, S., and McKay, M. An Open Learner Model for Children and Teachers: Inspecting Knowledge Level of Individuals and Peers. In J.C. Lester, R.M. Vicari & F. Paraguaçu (Eds.) Intelligent Tutoring Systems: 7th International Conference, ITS 2004 (pp. 646-655). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. (2004).
- [BUL06] Bull, S., Quigley, S. & Mabbott, A. Computer-Based Formative Assessment to Promote Reflection and Learner Autonomy, Engineering Education: Journal of the Higher Education Academy Engineering Subject Centre 1(1), 8-18. (2006).
- [BUL07] Bull, S. and Kay, J.: Student Models that Invite the Learner In: The SMILI© Open Learner Modelling Framework, International Journal of Artificial Intelligence in Education 17(2), 89-120. (2007).
- [BUL08] Bull, S., Mabbott, A., Gardner, P., Jackson, T., Lancaster, M., Quigley, S. & Childs, P.A. Supporting Interaction Preferences and Recognition of Misconceptions with Independent Open Learner Models, in W. NeijdI, J. Kay, P. Pu & E. Herder (eds), Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 62-72. (2008).
- [BUR05] Burke, R.: Recommender Systems and User Modeling. In Advances in Recommender Systems Workshop, Haifa, Israel, (2005).
- [CAR99] Carver, C. A. Howard, R. A. and Lane, W. D.: Addressing different learning styles through course hypermedia. IEEE Transactions on Education, 42 (1), 33-38, (1999).
- [CLA] CLAROLINE. <http://www.claroline.net/>
- [CAP00] Capuano, N. Marsella, N. and Salerno, S.: "ABITS: An Agent Based Intelligent Tutoring System for Distance Learning", Proceedings of ITS 2000, Springer-Verlag, Montreal, Canada, June 19-23 (2000).
- [CAP05] Capuano, N. Gaeta, M. Micarelli, A. and Sangineto, E.: Automatic Student Personalization in Preferred Learning, in the proceeding of the on Human-Computer Interaction International HCII-2005 Las Vegas, Nevada USA, July 22-27 (2005).
- [CAR03] Carrillo, L. Baus, T. Fabregat, R. and Arteaga, C.: Definición de un modelo para la caracterización de plataformas de teleeducación y su aplicación a las

- USD. Published at Proceedings of CLEI 2003. La Paz, Bolivia. 29 de Setiembre - 3 de Octubre, (2003).
- [CAR08a] Carchiolo, V.; Malgeri, M.; Mangioni, G.; and Nicosia, V.: PROSA: Adaptive E-Learning: An Architecture Based on PROSA P2P Network. N.T. Nguyen et al. (Eds.): IEA/AIE 2008, LNAI 5027, pp. 777–786, (2008).
- [CAR08b] Carchiolo, V.; Malgeri, M.; Mangioni, G.; and Nicosia, V.: PROSA: P2P Resource Organisation by Social Acquaintances. Agents and Peer-to-Peer Computing. Volume 4461, (2008). 135-142
- [CARR99] Carro, R.M. Pulido, E. and Rodríguez, P.: TANGOW: Task-based Adaptive learner Guidance on the WWW". Computer Science Report, Eindhoven University of Technology, Eindhoven 49-57. (1999).
- [CAT06] Cataldi, Z. Salgueiro, F. and Lage, F.: Sistemas tutoriales multiagentes con modelado del estudiante y del autor, Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa Núm. 20, (2006).
- [COF04b] Coffield, F.J. Moseley, D.V. Hall, E. and Ecclestone, K.: Learning Styles: What Research Has to Say to Practice. Learning and Skills Research Centre, London, UK (2004).
- [CON02a] Conlan, O.; Wade, V.; Bruen, C. and Gargan, M.: Multi-model, Metadata Driven Approach to Adaptive Hypermedia Services for Personalized eLearning De Bra, P.; Brusilovsky, P. and Conejo, R. (Eds.): AH 2002, LNCS 2347, pp 100–111. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2002)
- [CON02b] Conlan, O., Hockemeyer, C., Wade, V., Albert, D., & Gargan, M. (2002). An Architecture for Integrating Adaptive Hypermedia Service with Open Learning Environments. Proceedings of ED–MEDIA (2002) (Vol. 1, pp. 344–350).
- [CRA92] Crawford, K., and Kay, J. Shaping learning approaches with intelligent learning systems. In N. Estes & M. Thomas (Eds.) Proceedings of the International Conference for Technology in Education (pp. 1472-1476). (1992).
- [CRI03a] Cristea, A. Flores, D. Stash, N. and De Bra, P.: MOT meets AHA!, PEG'03, St. Petersburg, Russia (2003).
- [CRI03b] Cristea A. and Kinshuk: Considerations on LAOS, LAG and their Integration in MOT. In D. Lassner & C. McNaught (Eds.) EdMedia 2003 Conference Proceedings, Norfolk, USA: AACE, 511-518 (2003).
- [CZA00] Czarkowski, M., and Kay, J.: Bringing scrutability to adaptive hypertext teaching. In G. Authier, C. Frasson & K. VanLehn (Eds.) ITS '00: Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 423-433). London: Springer-Verlag. (2000).
- [DAV03] Davidovic, A., Warren, J., Trichina, E.: Learning benefits of structural example-based adaptive tutoring systems. IEEE Transactions on Education 46(2), 241–251 (2003)
- [DCMI] Dublin Core Metadata Initiative, <http://es.dublincore.org/>
- [DEB99] De Bra, P.: Design Issues in Adaptive Web-Site Development. Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modelling on the WWW (1999).
- [DEB98] De Bra, P. and Calvi, L.: AHA: a Generic Adaptive Hypermedia System. Proc. of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia, pp. 5-12, Pittsburgh, (1998).
- [DEB02] De Bra, P., Stash, N. AHA! Adaptive Hypermedia for All. SANE Conference, Maastricht. (2002).
- [DUN78] Dunn, K., and Dunn, R.: Teaching students through their individual learning styles: A practical approach. Reston, VA: Reston Publishing, (1978).
- [DUN85] Dunn, R., Dunn, K., Price, G.: The learning style inventory. Lawrence, KS: Price Systems. (1985).

- [DUN87] K. Dunn and R. Dunn. Dispelling outmoded beliefs about student learning. *Educational Leadership*, 44(6), 55-63. (1987).
- [EduTools] EduTools, <http://www.edutools.info/index.jsp>
- [EduTech] EduTech, <http://www.edutech.ch/lms/ev3/>
- [FEL88] Felder, R.M. Silverman, L.K.: Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Education* 78(7) 674– 681. (1988).
- [FEL01] Felder, R.M. Brent, R.: Effective strategies for cooperative learning. *J. Cooperation & Collaboration in College Teaching* 10(2), 69-75 (2001).
- [FIN04] Fink, J.: User Modeling Servers - Requirements, Design, and Evaluation, volume 289 of DISKI. Aka Verlag, Berlin. (2004).
- [FIS01] Fischer, G.: User modeling in human-computer interaction. *User Modeling and User Adapted Interaction* 11, 1-2 (2001) 65-86
- [GAT98] Gates, K.F., Lawhead, P.B. & Wilkins, D.E. (1998). Toward an adaptive WWW: a case study in customized hypermedia. *New Review of Multimedia and Hypermedia* 4, 89-113.
- [GIL99] Gilbert, J.E. and Han, C.Y. (1999). Adapting instruction in search of "a significant difference". *Journal of Network and Computer Applications*, 22 (3), 149-160.
- [GOL82] Goldstein, I.P.: The genetic graph: a representation for the evolution of procedural knowledge. In: Sleeman, D.H., Brown, J.S. (eds.): *Intelligent tutoring systems*. Academic press, London (1982) 51-77
- [GON05] Carolina González, Juan C. Burguillo, Martín Llamas. (2005). Case-based Student Modelling in a Multi-agent Learning Environment. 4th International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems (CEEMAS05). *Multi-Agent Systems and Applications IV. Lecture Notes in Artificial Intelligence*, LNCS 3690: 72-81. Springer-Verlag. ISSN: 0302-9743. Budapest (Hungary)-
- [GON04] González, G., López B., de la Rosa, J.LL.: Smart User Models for Tourism: A Holistic Approach for Personalised Tourism Services. *Information Technology & Tourism Journal: Applications - Methodologies - Techniques*. Volume 6. Num. 4. (2004).
- [GRI01] Grigoriadou, M. Papanikolaou, K. Kornilakis, H. and Magoulas, G.: INSPIRE: An Intelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment. *Proceedings of the Eight International Conference on UserModeling (UM2001)*, (Sonthofen, Germany, (2001).
- [HAR02] Hartley, D. and Mitrovic, A.: Supporting Learning by Opening the Student Model. In *Proceedings of the 6th international Conference on intelligent Tutoring Systems (June 02 - 07, 2002)*. S. A. Cerri, G. Gouardères, and F. Paraguaçu, Eds. *Lecture Notes In Computer Science*, vol. 2363. Springer-Verlag, London, 453-462. (2002).
- [HIR97] Hirashima, T., Hachiya, K., Kashihara, A., Toyoda, J.i.: Information filtering using user's context on browsing in hypertext. *User Modeling and User Adapted Interaction* 7, 4 (1997) 239-256
- [HON86] Honey, P. and Mumford, A.: *The Manual of Learning Styles*. Maidenhead, Berkshire. P.Honey, Ardingly House. (1986).
- [HUN79] Hunt, D.E.: Learning style and student needs: An introduction to conceptual level. In J. W. Keefe (Ed.), *Student learning styles: Diagnosing and prescribing programs* (pp. 27-38). Reston, VA: National Association of Secondary School Principals. (1979).
- [HEN00] Henze, N.: PhD Thesis: Adaptive Hyperbooks: Adaptation for Project-Based Learning Resources" (2000).

- [HUE06] Huerva, D.; Merida, D.: Diseño e Implementación de un Sistema Multi-Agente para la Adaptación y Presentación de Contenido Web. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Girona. (2006)
- [HUE08] Huevar, D. y Fabregat R.: 3.6 Integración del Sistema MAS-SHAAD con la Plataforma dotLRN. Tesis de Fin de Master. Master en Automática y . Universidad de Girona. (2008)
- [IEEE] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., <http://www.ieee.org/portal/site>
- [JADE] Java Agent DEvelopment Framework, <http://jade.tilab.com/>
- [JIN04] X Jin, X., Zhou, Y., Mobasher, B.: Web usage mining based on probabilistic latent semantic analysis. In Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD Conference(2004),
- [JIN05] Jin, X., Zhou, Y., Mobasher, B.: Task-Oriented Web User Modeling for Recommendation. In: Ardissono, L., Brna, P., Mitrovic, A. (eds.) Proc. of 10th International User Modeling Conference. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 3538. Springer Verlag (2005) 109-118
- [IMS] IMS Global Learning Consortium <http://www.imsglobal.org/>
- [IMS-CP] IMS Content Packaging Specification. v1.1.4 final specification. (2004)
- [IMS-ES] IMS Enterprise Services Specification Version 1.0 Final Specification. (2004)
- [IMS-LIP] IMS Learner Information Package. Version 1.0 Final Specification (2001)
- [IMS-LD] IMS Learning Design. Version 1.0 Final Specification, (2003)
- [IMS-LRM] Learning Technology Standards Committee. Standard for Learning Object Metadata Final version 1.2. (2002)
- [IMS-QTI] IMS Question and Test Interoperability. Version 1.2.1 Final Specification, (2003)
- [IMS-SS] IMS Simple Sequencing Information and Behavior Model Version 1.0 Final Specification. (2003)
- [IMS-RDCEO] IMS Reusable Definition of Competency. Version1.0. Final Specification. (2002)
- [ISO] International Organization for Standardization. <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage>
- [KAR06] Kareal, F. and Klema, J.: Adaptivity in e-learning. In A. Méndez-Vilas, A. Solano, J. Mesa and J. A. Mesa: Current Developments in Technology-Assisted Education, Vol. 1, pp. 260-264, (2006).
- [KAY07] Kay, J., Li, L., and Fekete, A. Learner reflection in student self-assessment. In Proceedings of ACE 2007, 9th Australasian Computing Education Conference, pages 89-95. Australian Computer Society. (2007).
- [KOB94] Kobsa, A. M'uller, D. and Nill, A.: KN-AHS: An Adpative Hypertext Klient of the User Modelling System BGP-MS. In 4th International Conference on User Modeling, pages 31–36, Hyannis, MA, (1994).
- [KOL84] Kolb, D.A. Experiential learning: experience as the source of learning and development. Prentice Hall, New Jersey, (1984).
- [KOR97] Korfhage, R.R.: Information storage and retrieval. Wiley Computer Publishing, N.Y. (1997)
- [LOM] Learning Technology Standards Committee. Standard for Learning Object Metadata Final version 1.2. (2002).
- [LLAM03] Llamasa, R. Guarín, I. Moreno, G. and Baldiris, S.: Sistema Hipermedia Adaptativo para la Enseñanza de los Conceptos Básicos de la Programación Orientada a Objetos. Universidad Industrial de Santander, Coordinador CIDLIS. (2003).
- [LRN] dotLRN. <http://dotlrn.org/>
- [LTSC] Learning Technology Standards Committee,

- [MAB08] Mabbott, A.: User Choice in Viewing and Interacting with Open Learner Models. PhD Tesis. Pag. 87. (2008)
- [MAN08] Mancera, L., Baldiris, S., Fabregat, R.: Modelling Collaborative Competence Level using Machine Learning Techniques, Published at IADIS International Conference, e-Learning 2008. (2008).
- [MAR] Marshall,
<http://cecemca.rc.unesp.br/cecemca/EaD/artigos/comparison.pdf>
- [MAR06a] Marcos, J.A., Martinez, A., Dimitriadis, Y., Anguita, R.: Adapting Interaction Analysis to Support Evaluation and Regulation: A Case Study Advanced Learning Technologies, 2006. Sixth International Conference on, Vol., Iss., 05-07 125- 129. (2006)
- [MAR06b] Marcos, J.; Martínez, A.; Dimitriadis, Y. and Anguita, R.: Interaction Analysis for the Detection and Support of Participatory Roles in CSCL. CRIWIG 2006: 155-162. (2006).
- [MER02a] Mérida, D. Fabregat. R. Marzo, J.L.: SHAAD: Adaptable, Adaptive and Dynamic Hypermedia System for content delivery. Workshop on Adaptive Systems for Web Based Education. WASWE2002. Málaga España (2002).
- [MER03] Mérida, D. Fabregat, R. Arteaga, C. and Anna Urria: X-SHAAD: an XML implementation for hypermedia systems modeling through SHAAD". Proceedings of ICWE-2003, LCNS 2722, pp. 245-254, Oviedo. España (2003).
- [MER04] Mérida, D. Cannataro, M. Fabregat, R. and Arteaga, C.: MAS-SHAAD a Multiagent System Proposal for an Adaptive Hypermedia System. Proceedings of IJCEELL journal Special issue: Adaptivity in Web and Mobile Learning Services, (2004)
- [MER06] Mérida, D. Huerva, D. Fabregat, R. Vélez, J. and Jové, T.: Adaptación de contenidos web considerando las características de los dispositivos de acceso. Published at Quinta Edición Revista Enlace Informático - Universidad del Cauca. Diciembre (2006).
- [MIC04] Micarelli, A., Sciarrone, F.: Anatomy and Empirical Evaluation of an Adaptive Web-Based Information Filtering System. User Modeling and User-Adapted Interaction 14(2-3) June (2004) 159-200
- [MIK06] Mikic, F. Anido, L.: Towards a Standard for Mobile E-Learning. The First International Conference on Mobile Communications and Learning - MCL'2006. April 23-28, (2006).
- [MOO] Moodle. <http://moodle.org/>
- [MOO01] Moore, A. Brailsford, T. J., and Stewart, C. D.: Personally tailored teaching in WHURLE using conditional transclusion. Paper presented at the Twelfth ACM conference on hypertext and hypermedia, Aarhus, Denmark. August 14-18, (2001).
- [MOR08] Moreno, G.; Santo, O.; Boticario, J. y Fabregat, R.: Web services to allow access for all in dotLRN". 7th OpenACS / .LRN conference. Valencia (Spain). 18-19. November (2008)
- [MUA97] Moukas, A.: Amalthea: Information Discovery And Filtering Using A Multiagent Evolving Ecosystem. In: Applied Artificial Intelligence 11(5) (1997) 437-457
- [MUR03] Murray, T.: MetaLinks: Authoring and affordances for conceptual and narrative flow in adaptive hyperbooks. J. of Artificial Intelligence and Education, Vol. 13 (Special Issue on Adaptive and Intelligent Web-Based Systems), (2003)
- [NASA] Nasa Aeronautics and Space Administration.
<http://nasataxonomy.jpl.nasa.gov/2.0/>

- [NG02] Ng, M.H., Hall, W., Maier, P., Armstrong, R.: The Application and Evaluation of Adaptive Hypermedia Techniques in Web-based Medical Education. *Association for Learning Technology Journal* 10(3), 19–40 (2002)
- [OLG00] C. J. M. Olguin, A. L. N. Delgado, and I. L. M. Ricarte. An Agent Infrastructure to Set Collaborative Environments. *Educational Technology & Society*, 3(3):65-73, July (2000).
- [OPP97] Oppermann, R. Rashev, R. and Kinshuk: Adaptability and Adaptativity in Learning Systems. *Knowledge Transfer (Volume II)* (Ed. A. Behrooz) pAce London UK pp173-179, (1997).
- [ORT05] Ortega, D.; Arozarena, P. y Hernández, R.: Desarrollo de un Paquete de Seguimiento de Usuarios para Dotlrn. Proyecto E-LANE. (2005)
- [OUN] Open Universiteit Nederland, <http://www.ou.nl/>
- [PAR04] Paredes, P. and Rodriguez, P.: A Mixed Approach to Modelling Learning Styles in Adaptive Educational Hypermedia, *ADVANCED TECHNOLOGY FOR LEARNING*, ACTA PRESS, Volume 1, issue 4, 210-215. (2004).
- [PAR06] Paredes, P. Rodriguez, P, The Application of Learning Styles in Both Individual and Collaborative Learning. *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)* IEEE 1141-1142 (2006).
- [PEÑ01] Peña, C.I. Fabregat, R. Urra, A. Vallès, M. and Marzo, J.L.: Shared Whiteboard Manager and Student Notebook for the PLAN-G Telematic Platform". *Proceedings of Kluwer Academic Publishers 2001: Computers and Education, Towards an Interconnected Society*, ISBN 0-7923-7188-7. (2001).
- [PEÑ02a] Peña, C.I. Marzo, J.L. de la Rosa, P.L. Fabregat, R.: Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. *IE2002*. Vigo España. (2002).
- [PEÑ02b] Aguilar, M. Peña, C. Fabregat, R.: SMIT: Diseño e implementación de un agente sintético de presentación para las Unidades de Soporte a la Docencia del PLAN-G, Published at *Proceedings of JENUI 2002*. Caceres, España. (2002).
- [POL88] Polson, M y Richardson, J. (eds.): *Foundations of intelligent tutoring systems*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (1988).
- [RELOAD] [38] Reload, <http://www.reload.ac.uk/>
- [RIC89] Rich, E.A.: Stereotypes and user modeling. In: Kobsa, A., Wahlster, W. (eds.): *User models in dialog systems*. Vol. 18. Springer-Verlag, Berlin (1989) 35-51
- [RIC03] Ricci F., et al. Product recommendation with interactive query management and twofold similarity. In K.Ashley & D. Bridge (Eds.), *Proceedings of ICCBR 2003, the 5th International Conference on Case-Based Reasoning*, Trondheim, Norway. (2003).
- [SAK] Sakai. <http://sakaiproject.org/portal>
- [SAN03] Santos, J. Anido, L. and Llamas, M.: On the Use of e-learning standards in Adaptive Learning Systems. *ICALT03. The Third International Conference on Advanced Learning Technology*, Athens, Greece. Julio (2003).
- [SAN04a] Santos, O.C., Boticario, J.G. Supporting a collaborative task in a web-based learning environment with Artificial Intelligence and User Modelling techniques. *Proceedings of the VI International Symposium on Educative Informatics (SIE'04)*, (2004).
- [SAN04b] Santos, O.C. Boticario, J.B. Barrera, C.: The Standards-based Architecture of the Adaptive Learning Environment aLFanet. *World Scientific and Engineering Academy and Society. 4th WSEAS04 International Conference on Applied Informatics and Communications*. Pto. de la Cruz, Tenerife, (2004).
- [SAN06] Santos, O.C.: Technology Enhanced Life Long eLearning for All. In K. Maillet and R. Klamma: *Proceedings for the 1st Doctoral Consortium on Technology*

- Enhanced Learning. European Conference on Technology Enhanced Learning, p.66-71, (2006).
- [SAN07a] Santos, O.C. Boticario, J.G. Raffenne, E. and Pastor, R.: Why using dotLRN? UNED use cases. 1st International Conference on FLOSS: Free/Libre/Open Source Systems. (2007).
- [SAN07b] "Dynamic Support in ADAPTAPlan: ADA+", Olga C. Santos, Silvia Baldiris, Jeimy Velez, Jesús G. Boticario, Ramón Fabregat. Published at Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA). Salamanca. 12-16. November (2007)
- [SCH99] Schafer, J.B., Konstan, J.A., Riedl, J.: Recommender Systems in Electronic Commerce. Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce, (EC-99) (1999).
- [SCORM] SCORM, Sharable Content Object Reference Model <http://www.adlnet.gov/scorm/>
- [SCH83] Schmeck, R. R.: Learning Styles of college students. En Dillon y Schmeck (Eds). Individual differences in cognition (vol. I, pp. 233-279). New Cork: Academia Press. Nacional de Principal de Escuela de Secundaria. (1983).
- [SCHÖ83] Schön, D. A. The reflective practitioner. New York, Basic Books. (1983).
- [SCH05] Scheihing E.I. Carrasco, S. Guerra, J.D. and Parra, D.A.: An adaptive Web Platform based on a Multiagent System and Ontologies. Nuevas Ideas en Informática Educativa, N° 1, (Libro Anual): ISBN 956-299-954-8, Inscripción N: 151.262 Chile (2005).
- [SCHÖ87] Schön, D. A. Educating the reflective practitioner. San Francisco, Jossey-Bass Publishers. (1987).
- [SEL90] Self J. A.: Bypassing the Intractable Problem of Student Modelling. In C. Frasson and G. Gauthier (eds). Intelligent Tutoring Systems: At the Crossroad of Artificial Intelligence and Education, Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ. 107-123. (1990).
- [SENA] Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. <http://www.sena.edu.co/porta><http://www.adlnet.gov/scorm/>
- [STA02] Stahl G.: Proceedings of CSCL 2002. Boulder, Colorado, USA. (2002)
- [STA03] Stacey, K.P., Sonenberg, L., Nicholson, A., Boneh, T., Steinle, V.: A Teaching Model Exploiting Cognitive Conflict Driven by a Bayesian Network. In: Brusilovsky, P., Corbett, A., Rosis, F.d. (eds.) Proc. of 9th International User Modeling Conference. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2702. Springer-Verlag (2003) 352-362
- [STA04] Stash, N. Cristea, A. and De Bra, P.: Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: problems and solutions. Proceedings of the Thirteenth World Wide Web Conference 2004, (New York, USA. (2004).
- [STE98] Stefani, A., Strappavara, C.: Personalizing Access to Web Sites: The SiteIF Project. In: Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia HYPERTEXT' 98 Pittsburgh, June 20-24 (1998)
- [STE00] Stern, M.K. and Woolf, B.P.: Adaptive content in an online lecture system. Proceedings of the International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems, (Trento, Italy, 2000), 291-300, (2000).
- [SUN05a] Sun, S. Joy, M. and Griffiths, N.: The Use of Learning Objects and Learning Styles in a Multi-Agent Education System, in Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA 2005), Montreal, Canada pp. 3403-3410, ACEE (2005).
- [SUN05b] Sun, S. Joy, M. and Griffiths, N.: To Support Adaptivity in Agent-Based Learning Systems - The Use of Learning Objects and Learning Styles, in Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Advanced Learning

- Technologies (ICALT 2005), Kaohsiung, Taiwan pp. 846-847, IEEE Press. (2005).
- [SUN05c] Sun, S. Joy, M. and Griffiths, N.: An Innovative Use of Learning Objects and Learning Styles in Pedagogic Agent Systems, in Proceedings of the 6th Annual Conference of the HEA Network for Information and Computer Sciences (HEA-ICS 2005), York, UK pp. 115-119, (2005).
- [TOB08] Tobon, S.: La Formación Basada en Competencias en la Educación Superior. Bogota: cife. (2008).
- [TIA05] Tiarnaigh, M.: An integration of Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) with an AHS (Adaptive Hypermedia System). Final Year Project, May (2005).
- [TRA04] Trajkova, J., Gauch, S.: Improving Ontology-Based User Profiles. In: Proceedings of RIAO 2004, University of Avignon (Vaucluse), France, April 26-28 (2004) 380-389
- [TRE06] Trentin, G and Costa, M.: Adaptation in Educational Hypermedia Based on the Classification of the User Profile. M. Ikeda, K. Ashley, and T.-W. Chan (Eds.): ITS 2006, LNCS 4053, pp. 268–277, (2006)
- [TRI02] Triantafyllou, E. Pomportsis, A. and Georgiadou, E.: AESCS: Adaptive Educational System based on Cognitive Styles. Proceedings of AH2002 Workshop, Second International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems, (University of Malaga, Spain, (2002).
- [VEL06] Vélez, J.; Fabregat, R.; y Mérida, D.: Sistemas Hipermedia Adaptativos Educativos considerando las características tecnológicas. 8vo. Simposio Internacional de Informática Educativa SIIE 2006. Vol. 2. pp. 245-252. ISBN 84-9773-302-9. León. 24-26. (2006)
- [VEL07a] Vélez, J. y Fabregat, R.: Arquitectura para la Integración de las Dimensiones de Adaptación en un Sistema Hipermedia Adaptativo", J.Vélez, R.Fabregat. Proceedings of Research report Institut d'informàtica i aplicacions (IIiA 07-01-RR). (2007)
- [VEL07b] Vélez, J., Fabregat, R., Gonzalez, G. & Arteaga, C.: Servicios Ofrecidos en Entornos de Aprendizaje Virtual a partir de un Modelo de Usuario Integral. Published at Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2007), Zaragoza (España). 11-14. (2007).
- [VEL07c] Vélez, J.; Fabregat, R.; Hueva, D.; Steem, S. y Willensen, P: SMAW: Sistema Multiagente para la Adaptación de contenido Web. Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. Cartagena de Indias (Colombia). (2007)
- [VEL07d] Vélez, J.; Fabregat, R.; González, G.: Entornos de Aprendizaje Virtual Adaptativos soportados por Máquinas de Soporte Vectorial. Congreso Internacional de Inteligencia Computacional (CIIC 2007). Bogotá. 5-7. (2007)
- [VEL08a] Vélez, J.; Baldiris, S.; Nassiff, S.; and Fabregat, R: Generación de Cursos Virtuales Adaptativos basados en SCORM e IMS-LD. Revista Avances en Sistemas e Informática. Vol. 5 - No. 3. Medellín. ISSN 1657-7663. (2008)
- [VEL08b] Vélez, J.; Petro, J.; Fernández, A. y Fabregat, R.: Entornos de aprendizaje virtual adaptativos e interoperables. Published at ACOFI 2008. XXVIII Reunión Nacional. Cartagena de Indias (Colombia). (2008)
- [VEL08c] Vélez, J.; Fabregat, R.; Nassiff, S.; Fernández, A.; y Petro, J.: User Integral Model in Adaptive Virtual Learning Environment. World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, E-Learn. Las Vegas. (2008)
- [VEL09a] Vélez, J.; Fabregat, R.; Bull, S.; y Huerva, D.: The Potential of Open Learner Models in Adaptive Virtual Learning Environments. Aceptado TUMAS-A 2009 at AIED. (2009)

- [VEL09b] Vélez, J.; y Fabregat, R.: SAVE: Sistema Adaptativo Virtual de Educación. Enviado a la Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA), Sevilla, España. Noviembre (2009)
- [VELE08] Vélez, L.: Modelo Pedagógico UPB Montería: Investigación para la acción. Ediciones UPB. Montería, (2008)
- [WAH89] Wahlster, W. and Kobsa, A.: User models in dialog systems. In Kobsa, A. and Wahlster, W., editors, *User Models in Dialog Systems*, pages 4–34. Springer, Berlin. (Symbolic Computation Series). (1989).
- [WEB97] Weber, G. and Specht, M.: User modeling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems. In *Proceedings of the Sixth International Conference on User Modeling, UM97* (Sardinia, Italy, (1997).
- [WEBB01] Weber, G., and Brusilovsky, P.: ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 12(4), 351-384. (2001).
- [WHI99] White, B.Y., Shimoda, T. A, & Frederiksen, J.R.: Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *Int. Journal on AI in Education*, 10 151-182. (1999).
- [WIT81] Witkin, H.A. and Goodenough, D.R.: Cognitive styles -essence and origins: Field dependence and field independence. *International Universities*, New York, (1981).
- [WOL02] Wolf, C.: iWeaver: towards "learning style"-based elearning in computer science education. *Proceedings of the Fifth Australasian Computing Education Conference*, 273 – 279. (2002).
- [WOO96] Woolfolk, Anita.: *Psicología Educativa*, México. Editorial Prentice Hall. (1996).
- [WU02] Wu, H.: A reference architecture for Adaptive Hypermedia Applications. PhD thesis, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands. (2002).
- [YUD08] Yudelso, M. and Brusilovsky, P.: Adaptive Link Annotation in Distributed Hypermedia Systems: The Evaluation of a Service-Based Approach. W. Nejdl et al. (Eds.): *AH 2008, LNCS 5149*, pp. 245–254, (2008)
- [ZAK02] Zakaria, M.R. and Brailsford, T.J.: User modeling and adaptive educational hypermedia frameworks for education, *New Review of Hypermedia and Multimedia (NRHM 2002)*, vol. 8, pp. 83-97, (2002).