







30 años de  
AIESAD



Educación  
a Distancia  
con visión  
de futuro

*Ried*

Revista Iberoamericana de  
Educación a Distancia

VOL. 13 N° 2

Loja (Ecuador)

Diciembre, 2010



# ÍNDICE

## EDITORIAL

Educación a Distancia en Iberoamérica: XXX aniversario de la AIESAD ( <i>Distance education XXX anniversary of the LADEHS</i> ) Miranda Justiniani, A.; Yee Seuret, M. ....	13
<b>MONOGRÁFICO: ADAPTACIÓN Y ACCESIBILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS PARA EL APRENDIZAJE</b>	<b>37</b>
<i>EDITORIAL: Jesús G. Boticario, Olga C. Santos y Alejandro Rodríguez Ascaso (Coordinadores)</i> .....	39
Estándares para e-Learning adaptativo y accesible ( <i>Standards for adaptive and accessible e-learning</i> ) Alonso, F.; Fuertes, J.L.; González, Á. L.; Martínez, L.; Moreno, G.....	45
Sistemas heterogéneos adaptativos basados en el contexto ( <i>Delivery context-aware adaptative heterogeneous systems</i> ) Merida, D.; Baldiris, S.; Fabregat, R.....	73
Accesibilidad a los contenidos educativos audiovisuales: nuevas tecnologías con formatos contenedores ( <i>Container formats as a new technological mean for improving accesibility in audiovisual learning resources</i> ) Rodrigo, C.; Delgado, J. L.; Sastre, T. ....	107
Apoyo adaptativo basado en IMS-LD y estrategias psico-educativas para la familiarización de estudiantes con discapacidad con su entorno virtual de aprendizaje ( <i>Adaptative support based on ims-ld and psychoeducational strategies for students familiarization with the virtual learning enviroment</i> ) Del Campo, E.; Saneiro, M.; Fernández Montecello, M.; Raffenne, E.; Rodríguez Ascaso, A.; Santos, O. C.; G. Boticario, J. ....	133
Entornos de aprendizaje móviles adaptativos y evaluación: CoMoLE y GeSES ( <i>Adaptive mobile learning environments and evaluation: CoMoLE and GeSES</i> ) Martín, E.; Bravo, J.; Ortigosa, A.; Carro, R.M. ....	167
Adaptación de material educativo guiada por IMS Learning Design: experiencias con .LRN ( <i>Adaptation of learning material guided by IMS Learning Design: experiences with .LRN</i> ) De la Fuente Valentín, L.; Leony, D.; Pardo, A.; Delgado Kloos, C.. ....	209

Aplicación de métodos de diseño centrado en el usuario y minería de datos para definir recomendaciones que promuevan el uso del foro en una experiencia virtual de aprendizaje  
*(Application of user-centered design methods and data mining to define recommendations, which fosters the use of the forum in a virtual learning experience)*  
Valdiviezo, P. M.; Santos, O. C.; G. Boticario, J ..... 237

Una metodología para desarrollar y evaluar la usabilidad de software basado en audio para el aprendizaje y la cognición de usuarios ciegos  
*(A methodology for developing and evaluating the usability of audio-based virtual environments for learning and cognition of blind people)*  
Sánchez, J ..... 265

## RECENSIONES

I.S.S.N.: 1138-2783

# *Editorial*

AIESAD



## ***EDITORIAL***

---

El año que va a terminar, 2010, ha sido el de la celebración del XXX aniversario de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD), organización editora de la Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (RIED). En el reciente pasado mes de septiembre se han celebrado distintos actos conmemorativos de este aniversario en la ciudad de México.

Coincidiendo con estas celebraciones en México, tuvo lugar una reunión extraordinaria del Consejo Directivo de la AIESAD, donde se informó oficialmente de que los Ministros de Educación de los países miembros de la Comunidad Iberoamericana, reunidos en la ciudad de Buenos Aires, de la República Argentina, durante el día 13 de septiembre de 2010, con motivo de la XX Cumbre Iberoamericana, cuyo lema es “Educación con inclusión social”, entre otros, adoptó el siguiente acuerdo:

*18. Solicitar a la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), a la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), junto a la Asociación Iberoamericana de Educación a Distancia (AIESAD), que avancen en el diseño de un Proyecto de Educación a Distancia con el objetivo de reforzar y potenciar la educación inclusiva en la región.*

Este acuerdo supone un espaldarazo a esta Asociación Iberoamericana que, ya nos consta, está dando los pasos necesarios para responder a tal encargo.

Igualmente, y como es preceptivo, cada año en el Consejo Directivo de la AIESAD el director de la RIED ha de presentar el informe anual relativo a la revista. Así se hizo en la citada reunión de México. En este informe correspondiente a 2010, que en sus términos generales aparece en la Web de la revista, se destacó la creciente consolidación de la RIED, medida fundamentalmente por los siguientes parámetros:

En este último año (desde septiembre de 2009 hasta septiembre de 2010) fueron recibidos un total de 103 artículos para ser sometidos a la valoración para su previsible publicación. El crecimiento por el interés en publicar en RIED puede visualizarse en el sentido de que en el año 2007 se recibieron 36 originales, en 2008 fueron 69 y en 2009 un total de 86. Es decir, que tan sólo en cuatro años este indicador casi se ha triplicado.

De los 103 artículos recibidos y revisados, el 17% (18) fue publicado ese mismo año, un 54% (55) fue rechazado, un 11% (11) fue aceptado y está pendiente de

publicación en los próximos números y, finalmente, el 18% (19) está aún en proceso de revisión externa por haberse recibido posteriormente.

Por otro lado, ha de señalarse que prácticamente la totalidad de los artículos aceptados lo fue de forma provisional, en un 83% de los casos, condicionada su publicación a la incorporación de las sugerencias o modificaciones propuestas o exigidas en los informes de los miembros del Comité Científico y de los Evaluadores Externos.

El impacto de difusión Web también ha ido incrementándose de forma significativa, así el número de visitas a la Web de la RIED en 2007 fue de 33.184 que ascendieron a 263.940 en 2008. En 2009 el contador de visitas alcanzaba la cifra de 388.775, para llegar en septiembre de 2010 a la cifra de 519.086 cantidad que para una publicación de carácter científico no está nada mal.

El número de bases de datos y catálogos e índices a los que se encuentra indexada la RIED continúa en aumento y esperamos que no se detenga.

Volviendo al XXX aniversario de la AIESAD ha de recordarse que en el número anterior de la revista, el editorial quedó reservado a la realización de una semblanza de estos 30 años de vida, documento que fue elaborado por el Presidente de la AIESAD y Rector de la UNED, Dr. Juan Gimeno. En el presente número se publica un artículo firmado por los Dres. María Yee y Antonio Miranda, este último, historia viva de la AIESAD, al ser el miembro del Consejo Directivo que ha permanecido en el mismo durante más años. Remitimos a este artículo para todos aquellos que deseen conocer algo más del pasado, presente y futuro de esta Asociación Internacional.

Además de esta conmemoración, por la que nos sentimos felices, el presente número de la RIED, 13.2, vuelve a retomar la publicación de un monográfico, en este caso relativo al trascendente tema de la Adaptación y accesibilidad de las tecnologías para el aprendizaje que ha sido coordinado por Jesús González Boticario, Olga Santos y Alejandro Rodríguez, altos expertos en estas cuestiones que han sabido aglutinar a unos pocos autores más que hoy son profundos conocedores de los asuntos que abordan. Dejamos a la presentación que del monográfico realizan sus coordinadores, las referencias más concretas a la presente publicación.

No debemos ocultar que durante los actos de celebración del XXX aniversario de la AIESAD se otorgó una placa al director de la RIED en reconocimiento por la labor desarrollada en la misma, dado que fue quien en 1998 creó esta revista y en 2006,

junto a la UTPL y a otros colaboradores, refundó esta publicación, en esa época a punto de desaparecer. Quede en estas líneas mi agradecimiento a aquel equipo inicial de la RIED, Juan Ardoy y Jose María Luzón y, por supuesto, ahora, a todo el equipo que desde la UTPL de Ecuador y desde la UNED de España estamos haciendo posible este sólido resurgir de la RIED. Agradecimiento que se extiende a los comités asesor y científico, evaluadores externos y, cómo no, a todos aquellos que envían sus originales para publicar. Todos ellos, junto a mi persona, deben ser receptores de esa placa de reconocimiento entregada al director.

Lorenzo García Aretio  
Director de la RIED



## **EDUCACIÓN A DISTANCIA EN IBEROAMÉRICA: XXX ANIVERSARIO DE LA AIESAD**

(DISTANCE EDUCATION XXX ANNIVERSARY OF THE LADEHS)

*Antonio Miranda Justiniani  
María Yee Seuret  
Universidad de La Habana (Cuba)*

### **RESUMEN**

La Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD) fue fundada en octubre de 1980 en Madrid, durante el I Simposio Iberoamericano de Rectores de Universidades Abiertas y a Distancia. Su objetivo fundacional fue el de aunar esfuerzos para lograr mejorar la educación superior a distancia y promover el intercambio entre las universidades abiertas y a distancia en Iberoamérica. Fue una de las primeras instituciones en nuestra región que tuvo una visión integradora y una proyección de trabajo cooperado en esta modalidad de estudios.

Este año, la AIESAD arriba a su XXX aniversario, por lo que el objetivo de este trabajo es hacer un recuento en apretada síntesis de la significación histórica de esta Asociación en el desarrollo y calidad de la educación superior abierta y a distancia.

**Palabras clave:** AIESAD, educación superior, educación a distancia, Iberoamérica, cooperación.

### **ABSTRACT**

The Latinamerican Distance Education in Higher Studies (AIESAD, in Spanish) was founded in October 1980 in Madrid during the I Latinamerican Symposium of Rectors of Open and Distance Education Universities. Its foundational aims were to combine efforts to achieve improvements in distance education and to promote the interchange between open and distance education universities in Latin America. It was one of the first institutions in our region to have an embracing vision and a working cooperated project for this sort of studies.

The objective of this work then is to make in a brief synthesis a recount of the historical significance of this Association in the development and quality in open and distance education in higher studies in its XXX Anniversary.

**Keywords:** LADEHS, higher education, distance education, Latinamerican, cooperation.

Este año 2010, la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia arriba a su XXX aniversario. Han transcurrido tres décadas desde aquel octubre de 1980 en que un grupo de rectores con visión de futuro se propusiera crear la AIESAD, Asociación que en su objetivo fundacional tenía como propósito aunar esfuerzos para lograr mejorar y promover el intercambio entre las universidades abiertas y a distancia en Iberoamérica; pero este era un gran reto, porque esta modalidad era algo demasiado nuevo, demasiado reciente si se tiene en cuenta que fue en la década de los años 70 cuando logró alcanzar un desarrollo inusitado a escala mundial y en particular en Iberoamérica con la fundación de instituciones como la UNED de España, la UNED de Costa Rica, la UNA de Venezuela y el SUA-UNAM de México, entre otras.

Experiencia de este tipo eran pocas y todavía a la educación a distancia le rodeaba un halo de escepticismo que podía afectar cualquier iniciativa que se quisiera desarrollar. Sin embargo, la AIESAD ha logrado realizar el sueño de integrar a las instituciones de educación abierta y a distancia iberoamericanas, sin que la distancia física constituyera un obstáculo.

El presente estudio hace, en apretada síntesis, un recuento de cómo surgió la AIESAD, su significación para el desarrollo e integración de las instituciones abierta y a distancia en Iberoamérica, principales actividades realizadas y retos para el siglo XXI. Para su confección se han utilizado diferentes documentos tales como: actas de las reuniones del Consejo Directivo y de las Asambleas Generales, Estatutos, etc. que han constituido verdaderas fuentes de información, así como nuestras vivencias personales como miembro del Consejo Directivo desde hace más de veinte años.

## **SURGIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS FUNDACIONALES**

Durante la celebración del I Symposium Iberoamericano de Rectores de Universidades Abiertas y a Distancia, realizado en Madrid del 5 al 10 de octubre de 1980, se acordó que para lograr un mayor impulso de la Educación Superior a Distancia en beneficio de los pueblos de Iberoamérica era conveniente crear un mecanismo de información, coordinación y cooperación, es así que se decide constituir la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD), como

Organismo de Coordinación y Cooperación entre las instituciones iberoamericanas interesadas en la educación a distancia.

Para organizar y desarrollar las primeras actividades que una institución de este tipo requería se estableció una Comisión Organizadora integrada por seis miembros, que actuaría como órgano directivo provisional hasta que las instituciones formalizaran su ingreso en la asociación, y se aprobaran los estatutos de la misma. La Comisión Organizadora estuvo compuesta por:

Presidente:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dr. D. Tomás Ramón Fernández Rector Magnífico de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. España</li></ul>
Vocales:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dr. D. Francisco Antonio Pacheco Rector Magnífico de la Universidad Estatal de Costa Rica (UNED). Costa Rica</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dr. D. Luis Enrique Faría Mata Presidente Universidad Nacional Abierta. Venezuela</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dr. D. Octavio Arizmendi Posada Rector Magnífico de la Universidad de la Sabana. Colombia</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dr. D. Carlos José de Almeida Azevedo Vicerrector Universidad de Brasilia. Brasil</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dr. D. Augusto Moreno Moreno Universidad Nacional Autónoma de México. México</li></ul>

Esta Comisión fue designada en Madrid el 9 de octubre de 1980, asumió las funciones del Consejo Directivo de la Asociación hasta la reunión de la primera Asamblea General.

Durante los primeros años, la actividad de esta Comisión se centró en lograr una estructuración de la organización que propiciara la cooperación científica y académica entre sus instituciones y en la creación y ampliación de la red.

De inmediato se redactaron los primeros estatutos que fueron distribuidos a los interesados y cuyas propuestas de enmiendas fueron estudiadas en una reunión del Consejo Directivo, celebrada en marzo de 1981 en San José (Costa Rica), dando lugar a los Estatutos definitivos. En reunión posterior realizada en esta misma ciudad fue designado Director de la Secretaría Permanente el Dr. Joaquín Summer Gámez y se establecieron unas bases mínimas de la política a seguir.

La siguiente reunión del Consejo Directivo tuvo lugar en Madrid, en junio de 1983. Los puntos más importantes de esta reunión fueron:

- a) El Boletín Informativo de la AIESAD.
- b) El Centro de Documentación.
- c) La política para aumentar el número de miembros y el establecimiento de vínculos de relación y cooperación con organismos internacionales como: OEA, UNESCO, OEI, ICDE entre otros.
- d) Creación de la Universidad Iberoamericana de Educación Superior a Distancia.

En septiembre de 1983, en Caracas, tuvo lugar nuevamente otra reunión del Consejo Directivo, esta vez para acordar la cuota de suscripción para el Boletín (15 dólares anuales), que contaría con seis números al año. También se decidió proponer a la Asamblea General el establecimiento de una cuota de asociación única de 150 dólares anuales, y celebrar en el año 1984 la I Asamblea General.

Es en esta I Asamblea que se realiza la elección del Consejo Directivo, que según los Estatutos estaría compuesto por un máximo de siete representantes, elegidos por los miembros de pleno derecho en el curso de las sesiones de la Asamblea General. Es así que el Consejo Directivo queda integrado por las instituciones y países siguientes:

UNED (España)	Dra. Dña. Elisa Pérez Vera Rectora Magnífica Presidenta de AIESAD
UNA (Venezuela)	Dra. Dña. Aline Lampe Rectora Magnífica Vicepresidenta
UNED (Costa Rica)	Dr. D. Chester Zelaya Rector Magnífico Vicepresidente
UNAM-SUA (México)	Dr. Oscar Zorrilla, Coordinador
Universidad de la Sabana (Colombia)	Dr. Octavio Arizmendi Rector Magnífico
Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)	Hno. D. Ángel Pastrana Corral
CENAPEC (República Dominicana)	Lic. D. Mariano Mella

Como Director de la Secretaría Permanente se mantiene el Dr. D. Joaquín Summer Gámez.

En esta asamblea se informa que en esos momentos hay incorporadas a la AIESAD 45 instituciones de 18 países.

**Argentina:**

Universidad Nacional de Córdoba  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
Instituto Superior de Formación Docente No. 21 “Dr. Ricardo Rojas”  
Universidad del Norte de Santo Tomás de Aquino  
Universidad de Belgrano

**Bolivia:**

Universidad Católica Boliviana

**Brasil:**

Universidad de Brasilia  
Universidad Federal de Río Grande do Sul

**Chile:**

Universidad Austral de Chile  
Universidad Católica de Chile  
Universidad del Norte

**Colombia:**

Universidad de la Sabana  
Universidad Surcolombiana  
Universidad Distrital “Francisco José Caldás”  
Escuela Superior de Administración Pública  
Universidad de San Buenaventura  
Colegio Mayor de Cundinamarca  
Universidad de Tolima  
Universidad de San Buenaventura de Cali  
Instituto Central Femenino  
Fundación Universitaria Católica de Oriente  
Universidad de Francisco de Paula Santander  
UNISUR  
Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior

**Costa Rica:**

Universidad Estatal a Distancia

**Cuba:**

Universidad de La Habana

**Ecuador:**

Universidad Técnica Particular de Loja

**España:**

Universidad Nacional de Educación a Distancia

**Guatemala:**

Universidad San Carlos

**Honduras:**

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

**El Salvador:**

Dirección General de Comunicación y Tecnología Educativa

**México:**

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto Politécnico Nacional

Universidad Pedagógica Nacional

Universidad de La Salle

Universidad Autónoma Metropolitana

**Perú:**

Pontificia Universidad Católica del Perú

Universidad Nacional de Trujillo

Universidad Abierta a Distancia

**Puerto Rico:**

Universidad de Puerto Rico

**República Dominicana:**

Centros APEC de Educación a Distancia

**Uruguay:**

Centro de Investigación y Experimentación Pedagógica

Venezuela:

Universidad Simón Bolívar

Universidad Nacional Abierta

Desde los primeros estatutos se estableció una Secretaría Permanente de la Asociación con sede en Madrid y organizada por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). El domicilio de la AIESAD se fijó en Madrid (España), en el rectorado de la UNED, que en la actualidad se encuentra en la calle Bravo Murillo 38, donde está ubicada la Secretaría Permanente.

**AIESAD: 30 AÑOS DE EDUCACIÓN A DISTANCIA EN IBEROAMÉRICA**

La constitución de AIESAD hace 30 años tuvo y tiene una gran significación para el desarrollo de la educación a distancia en la región.

Los proyectos realizados durante estas tres décadas han contribuido a la cooperación y coordinación de esfuerzos conjuntos entre las instituciones miembros.

La preparación y entrenamiento de docentes y técnicos en el conocimiento y dominio de la modalidad han permitido disponer de un personal altamente calificado, capaz de diseñar y desarrollar con calidad programas en educación a distancia.

Por lo anterior, no es posible resumir en un artículo toda la actividad de una institución que ha desplegado una extensa y exitosa labor en el campo de la educación a distancia. A continuación se presentan algunos de los aspectos de mayor relevancia y que han sido el centro de atención de la Asociación en estas tres décadas.

**Los estatutos y reglamentos**

Los primeros estatutos, como se ha expresado anteriormente, se redactaron inmediatamente por la Comisión Organizadora, constaban de cinco capítulos cuyos contenidos se estructuran de la siguiente manera:

- Capítulo I De la naturaleza.
- Capítulo II De los fines.
- Capítulo III De los miembros.
- Capítulo IV Del gobierno y administración.
- Capítulo V Del régimen económico.

Los estatutos presentados en la reunión del Consejo Directivo, celebrada en marzo de 1981, en San José (Costa Rica), dieron lugar a los estatutos definitivos que posteriormente se analizaron en dos reuniones del Consejo Directivo celebradas en la ciudad de La Habana (Cuba) en 1996. Las modificaciones propuestas en estas reuniones fueron aprobadas en la VII reunión de la Asamblea General celebrada en mayo de 1997 en Río de Janeiro.

Posteriormente, en la reunión de la Asamblea General realizada en Quito (Ecuador) en 1999, se aprueban modificaciones a los Estatutos relativas a la ampliación de los miembros del Consejo Directivo, con la incorporación de un nuevo miembro que represente el área andina. A partir de esta fecha el Consejo Directivo queda integrado: por un Presidente, tres Vicepresidentes y cuatro vocales.

En marzo de 2000, en la reunión del Consejo Directivo realizada en La Habana, se plantea la necesidad e importancia de regularizar la Asociación, por lo que se propone una nueva reforma a los Estatutos y la creación de un Reglamento. Esta nueva modificación es aprobada en la reunión extraordinaria de la Asamblea General de la AIESAD, realizada en Madrid (España) en el año 2000; el mismo año en que alcanza su autonomía administrativa y fiscal con respecto a la UNED, y queda registrada oficialmente como una asociación sin ánimo de lucro.

La reforma realizada a los documentos legales de la AIESAD para adaptarlos a las nuevas exigencias legales también implicó que en el año 2000 se aprobara el Reglamento de Régimen Interno el cual, en su contenido, regula los aspectos siguientes:

- I. Régimen económico y sistema contable.
- II. Gobierno y administración.

Después de estas modificaciones no es sino hasta el año 2007, que a partir de lo acordado en la reunión del Consejo Directivo realizada en el 2006 en Buenos Aires, que nuevamente en una reunión en La Habana, se analizan una serie de cambios necesarios para ajustar los Estatutos a la legislación y regulaciones establecidas

en España por el Ministerio del Interior para la creación y funcionamiento de las Asociaciones. Las modificaciones propuestas fueron aprobadas en la reunión de la Asamblea General celebrada en Puerto Plata (República Dominicana) en junio de 2007. Los nuevos Estatutos introducen cambios que merecen destacarse como son: la modificación de las categorías de socios y algunas cuestiones de movilidad, para que tenga más fortaleza en el caso de las subvenciones que se soliciten a distintos organismos públicos.

En esta Asamblea también se aprobó elevar la cuota de asociado a \$ 1000 anuales, lo que permitiría incrementar los ingresos por este concepto y reducir el déficit que se generaba con la cuota de \$ 500.

### **Principales actividades**

Después de la I Asamblea en la que la Asociación queda organizada oficialmente de acuerdo a los Estatutos, esta institución ha desarrollado actividades y proyectos cada vez de mayor envergadura académica y científica. En este marco se destacan:

- Las publicaciones.
- Los Encuentros Iberoamericanos de Educación Superior a Distancia.
- Los proyectos.
- El Premio AIESAD

#### *Publicaciones*

La primera publicación que tuvo la AIESAD fue el Boletín Informativo, cuyo primer número vio la luz en diciembre de 1982. En este formato se editaron 23 números, todos muy breves, sólo un número especial alcanzó 40 páginas; el resto no superó las 35 páginas. Estos boletines en su contenido, fundamentalmente, relataban la experiencia de diferentes países en la aplicación de la educación a distancia, la comunicación de noticias y reseñas de las Asambleas y Encuentros Iberoamericanos de Educación Superior a Distancia.

La evolución del boletín fue mostrando la necesidad de lograr una publicación con un corte más de revista científica especializada, que incluyera artículos con mayor profundización en los aspectos tratados, así como en las experiencias que se relataran, y pudiera acceder a una población más amplia que la integrada por los miembros de la AIESAD.

Con estos propósitos, para octubre de 1988 se edita el primer número de la Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia que significó un cambio radical en el formato y en el contenido, ya que incluía estudios, experiencias e informaciones que ofrecían la posibilidad de mantener actualizados a aquellos interesados en un campo como el de la educación a distancia en pleno desarrollo y progreso.

Después de casi una década, otro cambio se avizora; pues, en la reunión del Consejo Directivo de diciembre de 1996 se presentó y fue aprobada una propuesta de modificación a la vigente Revista de la Asociación.

Una vez aprobada por el Consejo fue necesario realizar un intenso y profundo trabajo, fundamentalmente por el Instituto Universitario de Educación a Distancia (IUED) de la UNED y la Secretaría Permanente de la Asociación, que culminó con la presentación de la nueva revista, la cual representó un cambio significativo en el diseño, contenido y presentación. Es así que en octubre de 1997 se edita el Volumen 0, No. 0 de la Revista Iberoamericana de Educación a Distancia (RIED), que contiene información general sobre los integrantes del Consejo Directivo, Comité de Redacción y las normas de funcionamiento.

Desde el año 2006 la RIED comenzó a editarse en formato digital, lo que ha tenido un impacto mediático que se refleja en el número de visitas que ha recibido. Además, en la actualidad se edita en la Universidad Técnica Particular de Loja y cuenta con un Comité Científico de 29 profesionales de gran prestigio en el ámbito internacional de la educación a distancia, 17 del ámbito latinoamericano y 12 europeos.

La RIED, heredera de la anterior Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia, tiene como objetivo potenciar el carácter científico de una revista de este tipo y ser reconocida en un breve plazo por la comunidad científica internacional.

### *Los Encuentros Iberoamericanos de Educación Superior a Distancia*

Desde su creación, la AIESAD ha contemplado entre sus fines “Promover la organización de encuentros y reuniones de expertos y autoridades académicas iberoamericanas”, es por ello que en su metodología de trabajo considera la realización de Encuentros Bianuales con amplia presencia de especialistas internacionales, promoviendo de esta forma el análisis y la generación de conocimiento en los aspectos más destacados de la Educación a Distancia. San José, Tucumán, Madrid,

Río de Janeiro, Quito, Puerto Plata o Cartagena de Indias son algunas de las ciudades que han servido de marco privilegiado para su celebración.

Hasta la fecha se han realizado trece encuentros, que han devenido en verdaderos espacios de debate e intercambio de experiencias, investigaciones y proyectos en los que se ha podido profundizar en las especificidades de este tipo de educación. La diversidad de temas alrededor de los cuales se han organizado estos eventos evidencia el ascenso y la calidad de los mismos. A continuación se presenta una síntesis de los trece encuentros realizados.

## **I ENCUENTRO**

### **Objetivo:**

Colaborar a comprender la especificidad de este tipo de educación y a situar la problemática de los sistemas de educación a distancia del área iberoamericana en el contexto internacional.

**Institución:** Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES).

**Fecha y Lugar:** noviembre 1984. Bogotá, Colombia.

## **II ENCUENTRO**

### **Objetivo:**

Colaborar a comprender la especificidad de este tipo de educación y a situar la problemática de los sistemas de educación a distancia del área iberoamericana en el contexto internacional.

**Institución:** Universidad del Norte “Santo Tomás de Aquino” Católica de Tucumán.

**Fecha y Lugar:** octubre 1986. Tucumán, Argentina.

## **III ENCUENTRO**

**Tema:** La planificación, la producción y la evaluación del material didáctico en un Sistema de Educación a Distancia.

**Institución:** Universidad Estatal a Distancia (UNED).

**Fecha y Lugar:** abril 1989. San José, Costa Rica.

## **IV ENCUENTRO**

**Tema:** Educación a Distancia y Desarrollo.

**Institución:** Universidad Nacional Abierta (UNA).

**Fecha y Lugar:** noviembre 1990. Caracas, Venezuela.

Este Encuentro se realizó con motivo de la celebración de la XV Conferencia Mundial del ICDE en este país.

#### **V ENCUESTRO**

**Tema:** La experiencia iberoamericana de cooperación en Educación Superior a Distancia.

**Institución:** Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

**Fecha y Lugar:** noviembre 1992. Madrid, España.

#### **VI ENCUESTRO**

**Tema:** La formación de expertos en educación superior abierta y a distancia en Iberoamérica y la Integración.

**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

**Fecha y Lugar:** mayo 1995. Ciudad México, México.

#### **VII ENCUESTRO**

**Tema:** Las experiencias de las Universidades a Distancia en Ciencias Humanas, Sociales y Jurídicas.

**Institución:** Universidad Salgado de Oliveira.

**Fecha y Lugar:** mayo 1997. Río de Janeiro, Brasil.

#### **VIII ENCUESTRO**

**Tema:** Las Tecnologías de la Comunicación y la Información en apoyo de la calidad y eficiencia de la Educación a Distancia del siglo XXI.

**Institución:** Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).

**Fecha y Lugar:** julio 1999. Quito, Ecuador

#### **IX ENCUESTRO**

**Tema:** Prospectiva de la Educación Superior a Distancia en Iberoamérica.

**Institución:** Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

**Fecha y Lugar:** julio 2001. Cartagena de Indias, Colombia.

#### **X ENCUESTRO**

**Tema:** Calidad, Tecnología y Valores en la Educación Superior a Distancia.

**Institución:** Universidad Estatal a Distancia (UNED).

**Fecha y Lugar:** julio 2003. San José, Costa Rica.

#### **XI ENCUESTRO**

**Tema:** La Internacionalización de los procesos de Educación Superior a Distancia: colaboración y armonización curricular.

**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

**Fecha y Lugar:** junio 2005. Ciudad México, México.

## XII ENCUENTRO

**Tema:** La calidad de la educación superior a distancia en el ámbito euro-latinoamericano: perspectivas, políticas y estrategias.

**Institución:** Universidad Abierta para Adultos (UAPA).

**Fecha y Lugar:** junio 2007. Puerto Plata, República Dominicana.

## XIII ENCUENTRO

**Tema:** Redes Universitarias, Postgrados y Complementariedad Curricular.

**Institución:** Universidad Aberta.

**Fecha y Lugar:** septiembre 2009. Lisboa, Portugal.

### *Proyectos*

La AIESAD desde sus inicios se propuso desarrollar proyectos que permitieran la integración de los países iberoamericanos y la cooperación entre sus miembros, con el objetivo de lograr avances significativos en la educación a distancia en la región.

Los proyectos generados por la AIESAD han estado dirigidos a garantizar, entre otros, dos de los fines que contempla esta Asociación:

- “Facilitar a sus miembros la posibilidad de intervenir en programas internacionales de cooperación mediante la creación de proyectos de estudio, cooperación e investigación”.
- “Fomentar la formación de profesores y técnicos en la modalidad de educación a distancia, así como en todas aquellas materias que afecten a la Educación a Distancia”.

A continuación se detallan algunos de esos proyectos:

- **Universidad Iberoamericana**

En la I Asamblea General celebrada en noviembre de 1984 se acuerda establecer las bases para la creación de una Universidad Iberoamericana de Educación a Distancia y autorizar al Consejo Directivo de la AIESAD su desarrollo y ejecución.

Este proyecto, uno de los más ambiciosos, pero con un alto sentido de cooperación e integración se fundamentó en el hecho de que:

- en varios países de Iberoamérica existían universidades abiertas o a distancia;
- la educación a distancia hace posible la existencia de universidades transnacionales, que pueden tener alumnos simultáneamente en varios países;
- uno de los objetivos de la AIESAD es fomentar la cooperación entre sus miembros;
- se debe aprovechar las potencialidades de integración de Iberoamérica.

Pero este proyecto que fue sin dudas uno de los más importantes que se ha propuesto la AIESAD, a pesar de haber sido tema de análisis en varias reuniones del Consejo Directivo y de las Asambleas Generales, de haberse elaborado hasta los estatutos, se quedó en las intenciones ya que nunca se pudo realizar, abortando con ello lo que podría constituir la primera gran esperanza de integración y cooperación iberoamericana en educación a distancia.

Después de este proyecto la AIESAD y sus miembros continuaron trabajando para lograr proyectos que permitieran aunar esfuerzos comunes, en aras de la formación en educación a distancia de sus profesores.

- **Curso Iberoamericano de Educación a Distancia y Educación de Adultos**

Otro de los proyectos que más ha contribuido a la formación de profesores en la modalidad de educación a distancia ha sido el Curso Iberoamericano de Educación a Distancia y Educación de Adultos, que se ofrece desde el año 1983, y realiza la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), en Madrid (España), a través del Instituto Universitario de Educación a Distancia (IUED) con la colaboración de la AIESAD y la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

La UNED, en colaboración con el Instituto de Cooperación Internacional (ICI), ha realizado la convocatoria de becas para profesores de las diferentes universidades asociadas a la AIESAD.

El curso tiene como objetivos la introducción y profundización en las técnicas, métodos y procedimientos de la educación a distancia y sus aplicaciones a la

educación de adultos en sus distintos niveles y modalidades; familiarizar a los participantes en el funcionamiento de los sistemas abiertos y/o a distancia.

Al principio, la metodología aplicada exigía la presencia física del profesor durante dos meses en Madrid, pero el desarrollo de las TICS ha permitido flexibilizar este aspecto del curso, de manera tal que el cursista sólo está parte del tiempo en Madrid y el resto puede hacerlo en su país de origen.

Se han celebrado 27 convocatorias iberoamericanas, las cuales desde la edición XV han tenido carácter internacional. La trayectoria de este curso se valora satisfactoriamente por los participantes y por las instituciones que estos representan.

### • **Curso Iberoamericano de Formación de Expertos en Educación Superior a Distancia**

A pesar del éxito del Curso Iberoamericano de Educación a Distancia y de Adultos, en la reunión del Consejo Directivo celebrada en Buenos Aires en 1995, se analizó un informe sobre los posibles cambios que pudieran introducirse a este curso para transformarlo en un Curso Iberoamericano de Especialización Superior en Educación a Distancia como Curso de Especialización conducente al Título de Especialista Superior Universitario en Educación a Distancia, para lo cual se responsabilizó al Sistema Universidad Abierta (SUA) de la Universidad Nacional Autónoma de México con la coordinación y desarrollo en los diferentes países.

Por ello, en el diseño se tomó como referencia las características curriculares del Curso Iberoamericano de Educación a Distancia y de Adultos.

La organización curricular y la distribución de los módulos entre las universidades colaboradoras fue el siguiente:

MÓDULO	TÍTULO	INSTITUCIÓN
I	Concepción, desarrollo y perspectivas de la educación abierta y a distancia.	Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Colombia
II	Estructura y materiales didácticos de la educación abierta y a distancia.	Universidad Estatal a Distancia (UNED). Costa Rica
III	Organización y administración de la educación a distancia.	Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). España
IV	La asesoría como práctica docente.	Dirección de Educación Abierta, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México
V	Tecnologías en educación a distancia.	Universidad Nacional Abierta (UNA). Venezuela
VI	Evaluación en la educación a distancia.	Universidad de La Habana (UH). Cuba

Este proyecto contó con una subvención concedida por la ATT para financiar la adquisición del equipamiento que serviría de soporte al curso y que estaría destinado a las universidades que se habían responsabilizado de elaborar los materiales e impartir los distintos módulos.

Después de haber elaborado los materiales de los diferentes módulos y de enviarse a cada país el equipamiento financiado por la ATT, se acordó comenzar el curso en enero-febrero de 1998. Sin embargo, si bien este proyecto avanzó mucho más que el de la Universidad Iberoamericana, tampoco llegó a hacerse realidad, y nuevamente fracasaron los intentos por lograr un proyecto de colaboración que integrara a varios países de Iberoamérica.

A estos le han seguido diversos proyectos bilaterales y multilaterales de investigación conjunta en los que han participado las instituciones miembros de la AIESAD. Algunos de ellos estuvieron vinculados al tema de la calidad en la educación a distancia, otros a la movilidad académica. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

- **Proyecto Caribe**, “Centro Virtual para el desarrollo de Estándares de Calidad para la Educación Superior a Distancia en América Latina”, tenía como objetivo desarrollar las bases para un sistema de normas de calidad de programas de Educación Superior a Distancia en América Latina y el Caribe. En él se implicaron

un número importante de instituciones, que facilitó la difusión y utilización de las mismas para la evaluación de la calidad de las instituciones de educación a distancia en la región.

- **Proyecto RUEDA**, “Evaluación de Programas de Educación a Distancia, se centró en la “Evaluación de Programas de Educación a Distancia”, basado en la experiencia de tres universidades europeas y tres de América Latina, tenía como objetivo proponer las directrices conceptuales y los criterios metodológicos para mejorar la evaluación de los programas de Educación Superior a Distancia. El Proyecto RUEDA contó con el patrocinio de la Unión Europea, como parte del programa ALFA, que depende de su Comisión.
- **CALED**, los avances logrados en los proyectos Caribe y RUEDA, entre otras actividades, fueron factores que llevaron a la creación del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Calidad en Educación Superior a Distancia (CALED). Su misión principal es contribuir al mejoramiento de la calidad en la enseñanza superior a distancia en todas las instituciones de América Latina y el Caribe que ofrezcan este tipo de estudios. El CALED brindará asesoría principalmente en el proceso de autoevaluación de los programas que lo requieran.

El CALED tienen su sede en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

- **Proyecto UE-AIESAD**, fue un proyecto que favoreció la movilidad para estudiantes europeos y latinoamericanos. El programa inicial de intercambio estuvo dirigido a cursos de Master y Doctorado.

El proyecto logró intercambiar a 26 estudiantes de posgrado entre las instituciones miembros, sirvió para dar un impulso a la titulación internacional mediante la movilidad física, experiencia que sirvió de base para proyectar la movilidad virtual.

- **Proyecto NetACTIVE**, es una iniciativa de movilidad virtual, cofinanciada por la Comisión Europea, en el marco del Programa Erasmus Mundus, que tiene como principal propósito incrementar el número de estudiantes de países que se benefician de los postgrados ofrecidos por universidades europeas.

Este proyecto es muy importante; pues, la movilidad virtual, como se señala en la Declaración de Puerto Plata (2007), es una herramienta válida para el intercambio de estudiantes en programas de postgrado y se manifiesta como indicador de excelencia en los procesos de evaluación de la calidad de la Educación Superior a Distancia.

### *Premio AIESAD*

Otro mecanismo propuesto con el objetivo de estimular el desarrollo de la investigación y la innovación en Educación a Distancia, y de contribuir con ello a la consolidación de las instituciones universitarias abiertas y a distancia, fue el Premio AIESAD. El Consejo Directivo, desde el año 1990, estableció las bases para optar por este Premio y las divulgó entre sus miembros.

Los trabajos que podían concursar debían ser estudios que constituyeran un aporte innovador en el campo de la educación a distancia, bien de carácter teórico o experimental, o en un material didáctico específico para la Educación Superior a Distancia.

El jurado para evaluar los trabajos, estuvo constituido por cinco miembros: el Presidente del Instituto de Cooperación Iberoamericano (ICI) o persona a quien éste delegase; como Secretario el Director de la Secretaría Permanente de la AIESAD; tres especialistas miembros de países iberoamericanos, designados por rotación y propuesto por los miembros del Consejo Directivo para cada convocatoria.

El Premio tenía una dotación de 2500\$ USA y la AIESAD en colaboración con el ICI tenía la responsabilidad de su publicación.

En la primera edición del Premio (1992) participaron ocho concursantes y el premio recayó en Dña. Catalina Martínez Mediano, de la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España, con el trabajo titulado “Los factores de eficacia de los Centros Asociados de la UNED”.

En la segunda edición del Premio (1994) participaron cuatro concursantes; el premio fue otorgado a Dña. Nuria Riopérez Losada, con el trabajo “Estudio del Perfil Psicopedagógico del alumnado del Curso de Acceso Directo para mayores de 25 años de la UNED”.

El Premio tuvo poca concurrencia en sus dos ediciones, debido quizás a problemas con la divulgación y promoción de la convocatoria en los diferentes países, tal vez a la exigencia del carácter innovador o a la extensión exigida a los trabajos (120 folios). Lo cierto es que aunque se hizo la III Convocatoria al Premio, ésta no se realizó y no se volvió a convocar.

## Funcionamiento actual

Durante estos 30 años la AIESAD ha continuado experimentando cambios que han perfeccionado su funcionamiento y han hecho más eficiente su gestión; uno de ellos es el propuesto en la reunión del Consejo Directivo realizada el 16 de julio de 2008 en Zaragoza (España), donde se planteó que para el desarrollo de la actividad permanente de la Asociación se debían analizar tres posibles ejes básicos para el posterior desarrollo de grupos de trabajo:

- La calidad y acreditación.
- La movilidad en el espacio euro-latinoamericano.
- La gobernanza.

A partir del planteamiento anterior se articulan cuatro seminarios permanentes de trabajo a los que, a partir de las propuestas realizadas, se adiciona el de Gestión del Conocimiento, quedando como sigue:

Grupo I:	Postgrados de Calidad.
Grupo II:	Metodología de la Educación a Distancia y TICs.
Grupo III:	Modelos de Movilidad para Educación a distancia en el espacio euro-latinoamericano.
Grupo IV:	Observatorio de cooperación.
Grupo V:	Gestión de conocimiento.

La organización y funcionamiento de estos grupos constituye un método de trabajo permanente que alterna la presencialidad, el trabajo con la plataforma y las comunidades virtuales para desplegar una mayor actividad.

Otro aspecto, en los que también han ocurrido cambios, es en el número de instituciones y países miembros, ya que durante estos años han ocurrido altas y bajas; pero siempre se ha logrado mantener que integren la Asociación instituciones de prestigio. En la actualidad, son instituciones y países miembros los siguientes:

### Argentina:

Asociación CODESEDH\*  
Universidad Nacional de Mar del Plata

Universidad del Norte de Santo Tomás de Aquino  
Instituto Universitario Aeronáutico

**Brasil:**

Centro Universitario de Ensino a Distancia do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ)  
Universidad Salgado de Oliveira (UNIVERSO)  
Universidad de Alfenas (UNIFEMAS)  
Fundação Universidades Do Tocantins-Unitins

**Chile:**

Universidad Arturo Prat\*  
Universidad Católica del Norte de Chile

**Colombia:**

Instituto Tecnológico Pascual Bravo  
Fundación Universitaria Manuela Beltrán (UMB)\*  
Universidad de la Sabana  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)  
Universidad del Quindío  
Universidad de Santo Tomás  
Universidad de Tolima  
Universidad del Valle

**Costa Rica:**

Universidad Estatal a Distancia (UNED)

**Cuba:**

Universidad de La Habana (Facultad de Educación a Distancia)

**Ecuador:**

Escuela Politécnica del Ejército (ESPE)  
Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL)  
Universidad Politécnica Salesiana  
Universidad Tecnológica Equinoccial  
Universidad Internacional del Ecuador

**España:**

Instituto Internacional de Teología a Distancia  
Universidad Nacional de Educación a Distancia

**México:**

Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social (CIESS)  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM);  
Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia, (CUAED)  
Universidad Pedagógica Nacional  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Instituto Tecnológico Superior de San Luís de Potosí\*

**Panamá:**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Panamá (UNADP)

**Paraguay:**

Universidad Autónoma de Asunción\*

**Perú:**

Escuela de Periodismo Jaime Bausate y Mesa

Pontificia Universidad Católica de Perú

Universidad Nacional Federico Villarreal\*

Universidad Privada San Ignacio de Loyola\*

Universidad Inca Garcilaso de la Vega

Universidad Alas Peruanas

Universidad José Carlos Mariategui

**Portugal:**

Instituto Politécnico de Leiría\*

Universidad Aberta

**República Dominicana:**

Universidad Abierta para Adultos

**Venezuela:**

Universidad Nacional Abierta

Universidad Rafael Belloso Chacín (URBE)

El asterisco (\*) significa que la institución es miembro observador.

Las reuniones del Consejo Directivo y de las Asambleas Generales han continuado funcionando como órganos donde se analizan los problemas de la educación a distancia en Iberoamérica y se traza la política a seguir en la región por los países miembros.

En la actualidad, el Consejo Directivo está integrado por:

Presidente	Dr. D. Juan A. Gimeno Ullastres Rector Magnífico UNED. España
Vicepresidente Primero	Dr. D. Jaime Leal Afanador Rector Magnífico UNAD. Colombia
Vicepresidente Segundo	Dr. D. Francisco Cervantes Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED). UNAM. México
Vicepresidente Tercero	Dr. D. Rodrigo Arias Rector Magnífico UNED. Costa Rica

Vocales:	Dr. D. Antonio Miranda Justiniani Decano Facultad de Educación a Distancia Universidad de La Habana. Cuba Dr. D. Angel Hernández Rector Magnífico UAPA. República Dominicana Dr. D. Luis Miguel Romero. Canciller UTPL Ecuador Dra. Dña. Masako Oya Masuda Presidenta CEDERJ. Brasil
----------	---

Como Directora de la Secretaría Permanente y Tesorera ha sido designada la Dra. Dña. Teresa Aguado Odina, Vicerrectora de Relaciones Internacionales e Institucionales de la UNED de España.

### **AIESAD: VISIÓN DE FUTURO PARA IBEROAMÉRICA**

Durante estos 30 años, la AIESAD ha contribuido al surgimiento, desarrollo y perfeccionamiento de sistemas educativos en países de Iberoamérica. Es una Asociación que ha logrado crear un importante espacio para el intercambio de experiencias y el debate mediante la realización de eventos, el desarrollo de investigaciones conjuntas, publicaciones especializadas, entre otras actividades. También ha contribuido a la formación y superación de docentes y personal técnico en la modalidad de educación a distancia.

Pero estos importantes logros alcanzados en las tres décadas transcurridas le imponen nuevos retos que garanticen que la AIESAD continúe como un organismo de excelencia en educación a distancia, y permita hacer realidad en Iberoamérica el derecho de todos a la Educación Superior. Por esta razón se podrían considerar, entre otros, propósitos futuros los siguientes:

- ✓ Atraer a la Asociación a universidades iberoamericanas de prestigio.
- ✓ Desarrollar una Red Iberoamericana de educación a distancia.
- ✓ Lograr que organismos y organizaciones internacionales financien los proyectos conjuntos de investigación y de movilidad de estudiantes que se propongan las instituciones de los países miembros.
- ✓ Impulsar y crear nuevos programas de movilidad e intercambio para los países asociados.
- ✓ Retomar el proyecto de Universidad Iberoamericana.
- ✓ Perfeccionar la Página Web de la Asociación.
- ✓ Restablecer el Premio de la AIESAD.

- ✓ Crear una Red de acreditación y formación de expertos evaluadores de instituciones y programas de educación a distancia.
- ✓ Promover la existencia de Comunidades Virtuales.
- ✓ Continuar utilizando las posibilidades de financiamiento que ofrecen la Convocatoria Alfa III de la Comisión Europea, la Convocatoria Erasmus Mundus y la Convocatoria para el desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior y la Cooperación Internacional de la UNED.
- ✓ Lograr la periodicidad de la RIED y su inclusión en catálogos de bibliotecas de reconocido prestigio y en las bases de datos relevantes en el ámbito científico.
- ✓ Mantener y perfeccionar las relaciones con organismos y organizaciones internacionales tales como: ICDE, EADTU, UDUAL, OEA.

## BIBLIOGRAFÍA

- AIESAD (1983). Acta de la reunión del Consejo Directivo de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia. *Boletín Informativo de la AIESAD*, Año 1, No. (1, 3).
- AIESAD (1984). Acta de la I Asamblea General Bogotá (Colombia) 13 y 16 de noviembre de 1984. *Boletín Informativo de la AIESAD*, Año 1, No. 6, (27-31).
- AIESAD (1989). Creación del Premio Iberoamericano de Educación Superior a Distancia (en colaboración con el Instituto de Cooperación Iberoamericana). *Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia*. Vol.1 No.2,80.
- AIESAD (1998). Nuevos Estatutos de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD). *Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia*. Vol. 1 No. 2, (171-175).
- AIESAD (2003). Directorio de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia. *Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia*. Vol. 6 No. 2
- AIESAD (1984-2009). *Actas de todas las reuniones del Consejo Directivo de la AIESAD* realizadas en el período de 1984 al 2009.
- AIESAD (1984-2009). *Actas de todas las reuniones de la Asamblea General de miembros de la AIESAD* realizadas en el período de 1984 al 2009.
- AIESAD (1984-2007). *Estatutos de la AIESAD y modificaciones realizadas en el período de 1984 al 2009*.
- Fernández Roig, T. R. (1982). La UNED: Reflexiones en torno a una experiencia. *Boletín Informativo de la AIESAD*, Año 1, No. 0, (1-6).
- León Sandi, R. (1989). Tercer Encuentro Iberoamericano de Educación a Distancia. *Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia de la AIESAD*, Vol. 1, No. 3, (9-11).
- López Barajas Zayas, E. (1993). Resumen General del V Encuentro Iberoamericano de Educación Superior a Distancia. *Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia de la AIESAD*, Vol. 5, No. 2, (107-112).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Antonio Miranda Justiniani** es Doctor en Ciencias Económicas, Profesor Titular y Decano de la Facultad de Educación a Distancia de la Universidad de La Habana. Miembro del Consejo Directivo de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD). Se ha dedicado a la investigación sobre la Organización y Administración de Instituciones de Educación a Distancia. Miembro del claustro y del Comité Académico de la Maestría en Educación a Distancia. Ha participado en numerosos eventos nacionales e internacionales. Es autor de más de 20 artículos sobre educación superior y educación a distancia publicados en libros y revistas especializadas.

E-mail: [amiranda@fed.uh.cu](mailto:amiranda@fed.uh.cu)

**María Yee Seuret** es Vicedecana Docente de la Facultad de Educación a Distancia de la Universidad de La Habana, Cuba. Es Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación y profesora titular. Es miembro del Claustro y del Comité de Maestría en Educación a Distancia de la Universidad de La Habana. Miembro de la Vicepresidencia para América Latina y el Caribe del ICDE. Su línea de investigación desde hace varios años está centrada en todo lo relacionado con el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación a distancia, calidad y evaluación institucional. Ha participado en numerosos eventos nacionales e internacionales. Como autora principal, ha publicado más de 30 artículos en libros y revistas especializadas.

E-mail: [mariayee@fed.uh.cu](mailto:mariayee@fed.uh.cu)

### DIRECCIÓN DE LOS AUTORES:

Facultad de Educación a Distancia.  
Universidad de La Habana  
Edificio Varona. San Lázaro y L.  
El Vedado, CP 10400. C. Habana (Cuba)

**Fecha de recepción del artículo:** 19/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 27/09/10

***Monográfico:  
Adaptación y  
accesibilidad de las  
tecnologías para el  
aprendizaje***

***Jesús G. Boticario  
Olga C. Santos  
Alejandro Rodríguez Ascaso  
(Coordinadores)***



# ***PRESENTACIÓN***

---

## **ADAPTACIÓN Y ACCESIBILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS PARA EL APRENDIZAJE**

**Jesús G. Boticario, Olga C. Santos y Alejandro Rodríguez Ascaso**  
(coordinadores)

Grupo de Investigación aDeNu  
Dpto. Inteligencia Artificial, UNED, España.

La adaptación aplicada a la educación mediada por tecnología ha dejado de ser una cuestión de interés científico centrada en el desarrollo de pequeños prototipos para convertirse en un aspecto primordial, sin el cual es difícil abordar los retos actuales planteados en todos los niveles educativos, pero especialmente en el campo de la educación superior y el aprendizaje permanente (AP, que responde al conocido término en inglés “Lifelong Learning”). El reto planteado es, tal y como se ha expuesto en numerosos informes e iniciativas, el aprendizaje centrado en el estudiante y sus necesidades, así como el tratamiento de su evolución a lo largo del tiempo.

En este contexto, se supone que la formación universitaria ha de favorecer un aprendizaje flexible, regido por criterios fiables y justificados, planteando una visión del conocimiento como proceso constructivo en el que es esencial facilitar el aprendizaje de nuevas competencias docentes. Bajo esta perspectiva, se asume que el aprendizaje de los estudiantes debe estar sujeto a un proceso constructivo, activo, autorregulado, situado y social, en el que la participación del sujeto en el proceso es imprescindible. En definitiva, se reafirma que el proceso de aprendizaje es un proceso personal y centrado en el individuo que afecta a sus competencias y habilidades y se devalúan las perspectivas centradas en el mero aprendizaje de un determinado cuerpo de conocimientos.

El paradigma del AP considera que el aprendizaje debe realizarse a lo largo de la vida de las personas, de forma que puedan integrarse educación, trabajo y vida personal en un proceso continuo que considera el aprendizaje reglado, el informal –hoy en día de especial interés por el uso creciente de las redes sociales– y el ámbito laboral. En el mismo se asume que la educación debe ser inclusiva, lo que implica que la tecnología debería asegurar el tratamiento de la diversidad de necesidades y el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad desde cualquier lugar y en cualquier contexto.

El uso de los estándares y especificaciones relacionados con la educación y la interacción con las personas deberían garantizar la sostenibilidad de los desarrollos y la interoperabilidad con todos los elementos implicados: usuarios, contenidos, actividades, dispositivos de acceso, etc. Estos estándares deberían permitir el modelado de escenarios personalizados que consideren las características individuales del estudiante y su entorno.

De otra parte, se observa un creciente desarrollo de nuevos marcos y entornos abiertos de aprendizaje centrados en el uso de arquitecturas de servicios web y herramientas basadas en la web semántica, con los que se espera facilitar la interoperabilidad de las aplicaciones, su reutilización y sostenibilidad.

Todo lo expuesto plantea numerosos desafíos de interés que abarcan temas diferentes relacionados con el modelado del usuario y de la instrucción, del contexto, la colaboración, el uso de los nuevos estándares disponibles centrados en las necesidades de interacción de las personas, la aplicación de sistemas recomendadores y de técnicas de minería de datos en la educación, entornos de aprendizaje personalizado, la accesibilidad y usabilidad de todos los recursos utilizados, escrutabilidad y acceso a los modelos abiertos de los estudiantes, el desarrollo de arquitecturas abiertas de servicios educativos, etc.

El objetivo de este número especial de RIED es mostrar los avances tecnológicos, en los campos mencionados y en otros relacionados, que se están realizando para garantizar un aprendizaje adaptativo e inclusivo centrado en el estudiante y en sus competencias, que atienda su diversidad funcional, considerando el interés de poder abordar la evolución de dicho aprendizaje a lo largo del tiempo.

Los artículos incluidos en este número especial pueden agruparse en torno a diversos temas de interés: I) elementos estructurales que soportan la adaptación y la accesibilidad de los contenidos y las interacciones del estudiante con el sistema, II) cuestiones e infraestructura de apoyo al diseño para todos que permiten describir las necesidades de los usuarios y sus preferencias de interacción y de carácter psicoeducativo, III) aplicaciones y soluciones en tiempo de ejecución que facilitan la interacción personalizada y accesible con los contenidos y los servicios ofrecidos y, finalmente, IV) herramientas para verificar la usabilidad de las soluciones desarrolladas para atender la diversidad funcional de los usuarios.

Dentro de los elementos estructurales, en el trabajo de Fernando Alonso y otros se presenta una recopilación actualizada de los principales estándares relacionados

con la accesibilidad, usabilidad y adaptabilidad de los sistemas de e-Learning. El análisis es exhaustivo y cubre modelos de usuario, escenarios de aprendizaje, preferencias de interacción, capacidades de los dispositivos y metadatos para especificar cómo entregar cualquier recurso de acuerdo a las necesidades de los usuarios, así como otros estándares relevantes en el campo de la accesibilidad y la usabilidad del software. Del estudio se concluye que hay una falta de estándares que estén orientados al mismo tiempo hacia los usuarios y los desarrolladores y que tengan en cuenta todas las áreas de modelado.

Los elementos estructurales requeridos para desarrollar sistemas adaptativos y accesibles son revisados en el artículo de David Mérida y otros. Una vez clarificada la naturaleza de los sistemas adaptativos se repasan los elementos básicos del modelado. En concreto, se incide en las propuestas planteadas para resolver el problema del modelado del contexto del usuario y de los contenidos a adaptar, así como los de la interacción entre el usuario, los contenidos y el contexto, analizando los estándares y herramientas (p.ej., ontologías), que sirven para hacer operativos, interoperables y reutilizables las soluciones aportadas. Se muestran ejemplos concretos de cómo se especifican estos desarrollos mediante estándares y se introduce una arquitectura multiagente capaz de llevar a efecto las adaptaciones señaladas.

Con un planteamiento basado en el diseño para todos, que garantiza el considerar las cuestiones de diversidad funcional desde el comienzo del proceso de desarrollo, Covadonga Rodrigo y otros nos muestran el uso de formatos contenedores para desarrollar recursos multimedia, lo cual redundará en una mejora de los actuales procesos de producción, distribución, y mantenimiento de los contenidos y escenarios educativos así como amortiza el esfuerzo realizado asegurando la mayor reutilización e interoperabilidad de los mismos. En este trabajo se resaltan aquellos aspectos que deben contemplarse para garantizar la accesibilidad de los formatos y lograr adaptar el uso de los contenidos a las necesidades del estudiante.

Igualmente con un enfoque centrado en atender las necesidades del individuo desde el comienzo del diseño de la experiencia educativa y en poder reutilizar las soluciones mediante el uso de estándares, en el artículo de Elena del Campo y otros se muestra el desarrollo de diseños instruccionales (construidos sobre la especificación IMS Learning Design) que tienen en cuenta distintos tipos de estudiantes que presentan diferentes necesidades de apoyo psicoeducativo (p.ej., déficit de atención, dislexia y déficits auditivos). Se presenta la elaboración de un curso adaptativo (esto es, adaptable en tiempo de ejecución en función de las interacciones del usuario) centrado en la familiarización del estudiante con el entorno virtual de aprendizaje,

considerando el diseño, implementación e integración de las unidades de aprendizaje con los servicios de apoyo necesarios en la plataforma de aprendizaje, lo que permite que las adaptaciones preparadas puedan aplicarse al estudiante en un entorno educativo real.

Para ilustrar aplicaciones concretas que tratan con los problemas de la adaptación, Álvaro Ortigosa y otros describen sistemas que dan soporte a la creación y evaluación de entornos de aprendizaje móviles adaptativos. En ellos se recomiendan las actividades más adecuadas para cada estudiante en cada momento y se adapta la interfaz, seleccionando los contenidos y herramientas más apropiados en cada caso. Dada la complejidad de evaluar la adecuación para cada usuario de las recomendaciones y adaptaciones se presenta un sistema que utiliza técnicas de minería de datos para extraer de las interacciones de los estudiantes información sobre los elementos que causaron mayores dificultades. Estos problemas se muestran al profesor, de modo que éste pueda intervenir añadiendo/eliminando/modificando actividades, contenidos o criterios de recomendación o adaptación.

Ahondando en las capacidades de los estándares y especificaciones para el diseño de escenarios de educación adaptativos, en concreto, de nuevo mediante la especificación IMS Learning Design, en el artículo de Derick Leony y Luis de la Fuente se presenta una recopilación de experiencias basadas en la creación e instanciación de estrategias adaptativas basadas en el uso de dicho estándar, y cuyo objetivo es la determinación empírica de la expresividad de la especificación en el ámbito de la adaptación de materiales educativos. En este trabajo se discuten las relaciones entre accesibilidad, adaptación y flexibilidad, abordando en concreto los temas de accesibilidad de contenidos y del sistema en sí, así como los problemas derivados de la especificación y de la herramienta que permita desarrollar escenarios educativos según dicha especificación.

Una alternativa de interés creciente para el desarrollo de sistemas de educación adaptativos es utilizar los llamados sistemas recomendadores. En el trabajo de Priscila Valdiviezo y otros se discute el uso, mediante técnicas de minería de datos, de los datos de interacción de los estudiantes para identificar elementos de interés que permitan ofrecer las recomendaciones adecuadas a cada estudiante y situación. Aquí se describe la identificación de patrones comunes de interacción en los foros disponibles en un curso para mejorar la elaboración de dichas recomendaciones. Mediante técnicas de agrupación aplicadas sobre indicadores de colaboración relevantes como nivel de iniciativa, de actividad y de reacciones causadas por un usuario, se permite caracterizar a los estudiantes como participativos, no

colaborativos y con iniciativa. Partiendo de la detección automática de estas situaciones se plantea la redefinición de recomendaciones para cada tipo de usuario alimentando un modelo de recomendaciones que soporta la descripción de dichas recomendaciones mediante técnicas de diseño centrado en el usuario.

Finalmente Jaime Sánchez nos muestra una metodología para desarrollar y evaluar la usabilidad de entornos virtuales basados en audio para el aprendizaje y la cognición de usuarios ciegos. El sonido espacial –también llamado sonido 3D- puede ayudar a mejorar y ejercitar la memoria, la percepción háptica, las estructuras cognitivas temporales y espaciales, la orientación y movilidad, el aprendizaje de las matemáticas y ciencias, y la resolución de problemas. En esta investigación se identifican instrumentos claves para una correcta evaluación de usabilidad y cognitiva de un entorno basado en sonido para usuarios con discapacidad visual. Aplicando la metodología se repasan entornos virtuales basados en audio. Las evaluaciones de usabilidad confirman las ventajas operativas y cognitivas de los entornos virtuales con sonido espacial para los usuarios no videntes.

Como editores de este número especial queremos agradecer a los responsables de la revista RIED su apoyo para su elaboración, a los autores de las contribuciones presentadas, su involucración en la escritura de artículos centrados en los temas tratados en la revista y, en particular, al apoyo recibido de los proyectos de investigación nacionales y europeos del grupo de investigación aDeNu de la UNED que sufragan el desarrollo de sistemas accesibles y adaptativos de educación, tales como EU4ALL (ISTFP6-034778), CISVI (TSI-020301-2008-21), ACCEDO2.0 (TSI-040200-2009-137) y muy especialmente A2UN@ (TIN2008-06862-Co4-00/TSI).

**Jesús G. Boticario, Olga C. Santos y Alejandro Rodríguez Ascaso**

(Coordinadores)

Grupo de Investigación aDeNu,  
Dpto. Inteligencia Artificial, UNED  
Madrid, España.



## **ESTÁNDARES PARA E-LEARNING ADAPTATIVO Y ACCESIBLE**

(STANDARDS FOR ADAPTIVE AND ACCESSIBLE E-LEARNING)

Ramón Fabregat Gesa  
Germán Darío Moreno García  
Universitat de Girona (España)

Fernando Alonso Amo  
José Luis Fuertes Castro.  
Ángel Lucas González Martínez  
Loïc Martínez Normand  
Universidad Politécnica de Madrid (España)

### **RESUMEN**

En la actualidad existe un gran número de estándares que tratan sobre la accesibilidad de los sistemas de e-Learning, desde diversos puntos de vista, como los modelos de usuario, los escenarios de aprendizaje, las preferencias de interacción, las capacidades de los dispositivos y metadatos para especificar cómo entregar cualquier recurso de acuerdo a las necesidades de los usuarios. También existen otros estándares relevantes en el campo de la accesibilidad y la usabilidad del software. Cada uno de estos estándares representa un punto de vista diferente con su propio conjunto de objetivos y alcance, lo que dificulta comprender las relaciones que existen entre todos ellos. Este artículo presentará una recopilación actualizada de los principales estándares relacionados con la accesibilidad, usabilidad y adaptabilidad de los sistemas de e-Learning en el contexto del proyecto de investigación A2UN@, que está centrado en atender las necesidades de accesibilidad y adaptación de todos, en la Educación Superior.

**Palabras clave:** adaptación, accesibilidad, e-Learning, estándares.

### **ABSTRACT**

Currently there are many standards that deal with accessibility issues regarding users' models, learning scenarios, interaction preferences, devices capabilities, metadata for specifying the delivery of any resource to meet users' needs, and software accessibility and usability. It is difficult to understand the existing relationships between these standards, as each one represents a different viewpoint and thus has its own sets of goals and scope. This paper gives an overview on existing standards addressing

accessibility, usability and adaptation issues in e-learning, and discusses their application to cope with the objectives of the A2UN@ project, which focuses on attending the accessibility and adaptation needs for ALL in Higher Education.

**Keywords:** adaptation, accessibility, e-Learning, standards.

Los sistemas de formación deberían ofrecer un servicio inclusivo e individualizado al considerar las necesidades específicas de cada alumno. Para ello dichos sistemas deberían adaptar sus procesos formativos en función del contexto, del entorno, de los dispositivos que utiliza cada usuario, así como en función de las competencias, destrezas y habilidades individuales.

Esto es especialmente importante en los sistemas de e-Learning, basados en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), y que están dirigidos a ofrecer su servicio de forma remota, con lo que se amplían las posibilidades de cobertura de toda la sociedad. Las TIC desempeñan hoy en día un papel cada vez más importante en el apoyo del proceso de e-Learning de estudiantes y profesionales con necesidades específicas, incluidas las personas con diversidad funcional, o personas con discapacidad. Y todo esto cobra más importancia cada día, con el auge de paradigmas tales como el “Diseño para todos”, el “Acceso para todos” y la formación durante toda la vida o aprendizaje permanente (LLL, del inglés life-long learning). Puede definirse LLL como la formación durante toda una vida, voluntaria y por motivación propia, debida a razones personales o profesionales. La accesibilidad es especialmente relevante en este paradigma LLL, debido a la evolución de las capacidades humanas al envejecer.

Actualmente las TIC utilizadas en el contexto del e-Learning no se pueden considerar aun como plenamente inclusivas, a pesar de los grandes avances realizados en el campo de la accesibilidad electrónica en los últimos años. Por esta razón, tanto las iniciativas europeas como las legislaciones nacionales, promueven y regulan acciones y estándares que permiten generar las condiciones para que todos los ciudadanos puedan participar en la sociedad de la información proporcionando los servicios, procedimientos e información de manera accesible para cada persona. También se definen políticas para crear una sociedad que está dispuesta a los cambios tecnológicos en el momento en que ocurren.

Este artículo se plantea en el contexto del proyecto de investigación A2UN@, su objetivo es analizar la posibilidad de desarrollar un marco de trabajo TIC, basado

en estándares y modelado de usuario, para dar soporte al desarrollo de los servicios LLL, requeridos para atender las necesidades de accesibilidad y adaptación de todos en la Educación Superior.

Este artículo recoge los resultados del análisis de estándares relacionados con la accesibilidad, usabilidad y adaptación de e-Learning en el contexto del proyecto A2UN@. La siguiente sección introduce brevemente los objetivos y alcance del proyecto, haciendo especial hincapié en su estrategia de utilización de estándares. El apartado 3 proporciona una enumeración y análisis de aquellos estándares que se han considerado más relevantes para el proyecto. Finalmente trata, a modo de conclusiones, sobre la posibilidad de crear un modelo genérico para un sistema LLL basado en estándares.

### **EL PROYECTO A2UN@: ACCESIBILIDAD Y ADAPTACIÓN PARA TODOS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

El proyecto A2UN@ “Accesibilidad y adaptación para todos en la Educación Superior”, está financiado por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación. Comenzó en enero de 2009 y tendrá una duración de 3 años. El proyecto es responsabilidad de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y la Universidad de Girona (UdG), con la colaboración de investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). La UNED coordina el proyecto.

El objetivo principal del proyecto es crear un marco general de las TICS para apoyar el desarrollo de los servicios de LLL requeridos para atender las necesidades de adaptación y accesibilidad para todos en la Educación Superior (ES). Para este fin el proyecto se ha estructurado mediante una serie de paquetes de trabajo, incluyendo las siguientes áreas: (1) Estándares que soportan la accesibilidad de los objetos y servicios de aprendizaje, (2) Modelado del usuario y soporte dinámico, (3) Flujos de trabajo y servicios de aprendizaje adaptables y reutilizables, y (4) Modelado de dispositivos, interfaces de usuario adaptativas y estrategias de negociación. En otros términos, el objetivo de este proyecto también podría ser planteado cómo detectar, extender, interrelacionar, integrar y aprovechar a la medida de lo posible todos los ámbitos en el que pueda definirse un marco general, flexible, abierto, y basado en estándares para soportar el desarrollo del paradigma del aprendizaje permanente.

Por otra parte, se puede evidenciar la existencia de una necesidad dirigida a lograr la interoperabilidad en los diferentes niveles de abstracción de las tecnologías de aprendizaje teniendo en cuenta la gran variedad de servicios, contenidos y

dispositivos que existen. Esta necesidad plantea como desafío el desarrollo de la infraestructura necesaria para facilitar la definición, desarrollo, implantación y evaluación de los servicios que se proporcionan para apoyar el aprendizaje de una manera accesible y personalizada en la Educación Superior.

Con el propósito de desarrollar estos objetivos, el proyecto A2UN@ sigue una estrategia de uso activo de diferentes estándares. La pregunta que se planteó al iniciar el proyecto es: ¿la implementación de estándares aceptados mundialmente, dentro de un entorno global y dinámico, puede hacer frente a desafíos de la sociedad moderna tal como la aplicación del aprendizaje permanente? Nuestra hipótesis inicial es positiva y se basa en dos premisas:

- Uso generalizado: para asegurar el éxito de un producto, servicio o tecnología, ésta debe ser aceptada, implementada y utilizada por una gran mayoría de personas. Desde el proyecto se piensa que el uso de estándares internacionales es un medio adecuado para recopilar los conocimientos sobre un tema determinado con un grado suficiente de representación de las partes interesadas.
- Punto de partida: al desarrollar el proyecto no se pretende reinventar la rueda. El uso de estándares es un buen punto de partida para comprobar y analizar el conocimiento adquirido hasta la fecha sobre un tema específico y, desde allí, tratar de ampliarlo tanto como nos sea posible.

Por otra parte, los participantes en el proyecto consideran que el conocimiento sobre un tema es dinámico y debe ser adecuado a las necesidades de la humanidad. Por lo tanto, otro objetivo del proyecto A2UN@ es trabajar activamente en la extensión y la evolución de los estándares para reflejar los nuevos resultados (Martínez, 2007).

## **ESTÁNDARES RELEVANTES PARA A2UN@**

Aquí se presentan los resultados del análisis de estándares que pueden servir de base para el desarrollo del proyecto A2UN@. Se ha estructurado esta descripción en dos apartados. En el primero se presentan los criterios utilizados para elegir estándares relevantes y se enumeran y describen brevemente dichos estándares (se han recopilado 43 documentos). En el segundo se presenta un análisis de estos estándares de acuerdo con los pilares del proyecto A2UN@.

Se han utilizado como fuentes clave de información el informe sobre estándares relacionados con accesibilidad preparado por Richard Hodgkinson para el Instituto Real Británico de Personas Ciegas (en inglés Royal National Institute for the Blind) (Hodgkinson, 2009) y el inventario de estándares publicado en el informe técnico internacional ISO/IEC TR 29138-2 (ISO/IEC, 2009).

## Visión general

Para seleccionar los estándares que fueran relevantes en el ámbito de la accesibilidad y adaptación para todos en sistemas de e-Learning, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Los estándares están relacionados con las áreas de investigación de nuestro proyecto.
- Se trata de pautas publicadas por consorcios internacionales o bien estándares publicados por organismos oficiales de normalización internacionales.
- Son documentos que prestan especial atención a la accesibilidad o a la usabilidad.

Los documentos que se han seleccionado han sido producidos por las siguientes entidades:

- ADL (*Advanced Distributed Learning Initiative*) una iniciativa que tiene su origen en la oficina de la Secretaría de Defensa de Estados Unidos, y que trabaja en la introducción de sistemas de enseñanza distribuidos en el entrenamiento del personal de defensa.
- CETIS (*Centre for Educational Technology and Interoperability Standards*) es un Centro del Reino Unido, encargado de dar soporte sobre tecnologías y estándares educativos al sector de la educación superior.
- ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) es uno de los tres organismos oficiales de normalización europeos. ETSI produce estándares para las TIC, incluyendo tecnologías fijas, móviles, de radio, convergentes, de radiodifusión y de Internet.

- IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) esta asociación de ingenieros de ámbito global incluye, entre sus acciones, el desarrollo de estándares sobre diversos aspectos de la ingeniería eléctrica y electrónica, incluyendo la computación y el software.
- IMS GLC (*IMS Global Learning Consortium*) es un consorcio internacional en el que participan proveedores de tecnologías educativas, proveedores de contenidos, instituciones educativas y organizaciones gubernamentales. Su objetivo es mejorar la educación y el aprendizaje mediante la aplicación estratégica de la tecnología.
- ISO (*International Standards Organization*) es un organismo oficial de normalización de ámbito internacional. Desarrolla estándares e informes técnicos en una gran cantidad de ámbitos, incluyendo algunos relacionados con las TIC.
- IEC (*International Electrotechnical Commission*) es otro organismo oficial de normalización de ámbito internacional, aunque más centrado en electricidad y electrónica de consumo. ISO e IEC colaboran en el desarrollo de normas conjuntas en el ámbito de la computación, a través de un comité técnico conjunto.
- W3C (*World Wide Web Consortium*) es un consorcio internacional formado por empresas, universidades, organizaciones de usuarios, etc., cuya misión es liderar el desarrollo de las tecnologías que se usan en la web.

A continuación se presentan brevemente los documentos que se han analizado, ordenados alfabéticamente según su código completo. Se ha mantenido su título en inglés para facilitar su referencia posterior

#### *ADL SCORM – Learning object reference model*

SCORM (del inglés Sharable Content Object Reference Model) es una especificación de ADL. La última versión se denomina SCORM 2004, y ha sido revisada varias veces. Actualmente está publicada la cuarta edición (ADL, 2009).

Se trata de una colección de estándares y especificaciones para enseñanza virtual basada en tecnologías web. Define las comunicaciones entre el contenido en el lado del cliente y un sistema servidor llamado entorno de ejecución. SCORM también decide qué contenido se puede empaquetar en un fichero ZIP.

Los tres documentos de referencia son SCORM CAM (*del inglés Content Aggregation Model*), SCORM RTE (de Run Time Environment) y SCORM SN (de *Sequencing and Navigation*).

#### *CETIS LEAP2A – Portability and interoperability of e-portfolio*

Esta especificación, titulada en inglés “*The LEAP2A specification for portability and interoperability of e-portfolio information*” (CETIS, 2009) trabaja sobre el concepto de portfolio electrónico (“e-portfolio”), donde una persona puede recopilar información relativa a su formación, logros y habilidades. Un estudiante usa un “e-portfolio” para recoger evidencias de su formación, de cara a la búsqueda de empleo.

La especificación LEAP2A ha sido desarrollada para dar soporte a la interoperabilidad entre las herramientas de “e-portfolio” y sistemas similares. Para desarrollar esta especificación se ha usado el formato Atom (*Atom Syndication Format*). Los elementos principales especificados con LEAP2A son: habilidad, logro, actividad, reunión, organización, persona, plan, recurso, selección.

#### *ETSI EG 202 116 V1.2.1 - Design for all guidelines for ICT products and services*

Este documento (ETSI, 2002) proporciona pautas destinadas a los diseñadores de productos y servicios TIC sobre factores humanos, buenas prácticas de diseño y estándares relevantes nacionales e internacionales. Estas pautas pretenden promover el enfoque del diseño para todos de forma que se diseñen productos y servicios que sean accesibles para el mayor número de personas posibles, incluyendo personas con discapacidad y personas mayores, sin que sea necesario adaptarlos o hacer diseños específicos. Este documento se aplica a cualquier producto y servicio TIC con interfaz de usuario que pueda conectarse a redes de comunicaciones móviles o fijas.

#### *ETSI ES 202 746 V1.1.1 - User profile preferences and information*

Este documento (ETSI, 2010) define un conjunto de parámetros de configuración de preferencias y de información de perfiles de usuario para que sean aplicados en servicios y dispositivos TIC, de forma que los puedan utilizar sus usuarios y proveedores. El documento especifica:

- Objetos, incluyendo parámetros, valores, operaciones y un léxico de términos de usuarios finales.
- Un lenguaje de reglas para definir funcionalidades como la modificación automática de perfiles de usuario.

Este documento incluye en su objeto y campo de aplicación tres tipos de soluciones de perfiles de usuario:

- Aquellas soluciones destinadas al beneficio del usuario final.
- Aquellas soluciones en las cuales el usuario final tiene derechos para gestionar directamente los contenidos del perfil.
- Aquellas soluciones en las cuales el usuario tiene el derecho de negociar con la entidad que posee la información sobre los contenidos del perfil.

#### *IEEE std. 1484.1-2003 – Learning Technology Systems Architecture*

Este estándar de IEEE (IEEE, 2003) propone una arquitectura de alto nivel para sistemas de e-Learning, llamada LTSA (del inglés *Learning Technology Systems Architecture*). La arquitectura describe el diseño de estos sistemas y sus componentes principales. Trata de ser neutra en lo que respecta a métodos pedagógicos, contenidos, cultura, implementaciones y plataformas. Con ello proporciona un marco de trabajo para comprender sistemas existentes y futuro, y promueve la interoperabilidad y la portabilidad al proporcionar interfaces de sistema abstractas y de alto nivel.

#### *IEEE std. 1484.4-2007 – Digital Rights Expression Languages for eLearning*

Este documento (no es un estándar, sino un documento de nivel inferior: “Recommended Practice”) facilita la creación, gestión y entrega de contenido digital para e-Learning que implementen los Lenguajes de Expresión de Derechos Digitales (DREL). Con este documento se determinan qué extensiones son necesarias en los DREL para cubrir los requisitos que se han identificado desde el punto de vista de sistemas de enseñanza (IEEE, 2007).

*IEEE std. 1484.11.1-2004 – Data model for content to learning system communication*

Este estándar (IEEE, 2004) describe un modelo de datos para dar soporte al intercambio de elementos de datos y sus valores entre un objeto de contenido de aprendizaje (LOM, del inglés *Learning Object Metadata*, basado en el estándar 1484.12.1) y un sistema de gestión de aprendizaje (LMS, del inglés *Learning Management System*). Este estándar está basado en un modelo de datos del mundo aeronáutico definido en el documento “*Computer Managed Instruction Guidelines For Interoperability*”, modelo que ha sido adaptado al caso de sistemas de aprendizaje.

*IEEE std. 1484.11.2-2003 – ECMAScript API for content to runtime services communication*

En este estándar (IEEE, 2003b) se describe una interfaz de programación de aplicaciones (API, del inglés *Application Programming Interface*) para el lenguaje ECMAScript para la comunicación entre el contenido de aprendizaje y los sistemas de ejecución. El objetivo de este estándar es lograr consenso, resolver ambigüedades y corregir defectos en las especificaciones actuales de API de ECMAScript para el intercambio de datos entre los contenidos de aprendizaje y los LMS.

*IEEE std. 1484.11.3-2005 – XML Schema binding for content object communication*

Este estándar (IEEE, 2005) define un esquema XML (*eXtensible Markup Language*) que permite representar el modelo de datos para la comunicación de objetos de contenido (LOM) definido en el estándar 1484.12.1.

*IEEE std. 1484.12.1-2002 - Learning object metadata*

Este estándar (IEEE, 2002) es la primera parte de un estándar IEEE dividido en varias partes que define metadatos para objetos de aprendizaje (LOM). En el estándar, una instancia de LOM describe características relevantes del objeto de aprendizaje al que se aplica, agrupadas en varias categorías: general, ciclo de vida, meta-metadatos, educativas, técnicas, derechos, relaciones, anotaciones y clasificación.

*IEEE std. 1484.12.3-2005 - XML Schema for learning object metadata*

Este estándar (IEEE, 2005b) define un esquema XML para representar el modelo LOM definido en IEEE Std. 1484.12.1. El objetivo de este estándar es permitir crear instancias LOM en XML para facilitar su intercambio entre diferentes LMS.

*IEEE std. 1484.20.1-2007 – Reusable competency definitions*

Este estándar (IEEE, 2007b) se define un modelo de datos para describir, referenciar y compartir definiciones de competencias, fundamentalmente en el contexto de e-Learning. Se proporciona una representación formal de las características clave de una competencia, independientemente de su uso en un contexto particular. Permite la interoperabilidad entre sistemas de e-Learning que gestionen información sobre competencias, por ello guarda cierta relación con los trabajos de CETIS LEAP2A vistos anteriormente.

*IMS AccLIP - Accessibility for LIP*

Este es el primero, de una serie de documentos publicados por IMS GLC. Esta especificación técnica (IMS, 2003) define dos nuevos sub-esquemas para el paquete de información del aprendiz (IMS LIP, de *Learner Information Package*), que es otro documento de IMS GLC. Estos dos sub-esquemas proporcionan un modo de especificar preferencias de accesibilidad y acomodaciones (adaptaciones) para los usuarios. Las preferencias van más allá de dar soporte a las personas con discapacidad e incluyen otras necesidades de accesibilidad como la computación móvil, los entornos ruidosos, etc.

*IMS AccMD – Access for all meta-data specification*

Esta especificación de metadatos de acceso para todos (IMS, 2004) pretende facilitar la búsqueda de los recursos educativos que encajan con una declaración de preferencias o necesidades de usuario (documentadas mediante AccLIP).

Las necesidades y preferencias contempladas incluyen presentaciones alternativas de recursos, métodos alternativos para controlar recursos, recursos alternativos para recursos ya existentes y mejoras requeridas por el usuario.

Esta especificación proporciona un lenguaje común para identificar y describir los recursos principales y sus alternativas para distintas modalidades de interacción y aprendizaje.

### *IMS Digital Repositories*

Se trata de una especificación (IMS 2003b) definida mediante tres documentos (modelo de información, modelo XML y mejores prácticas). Su objetivo es proporcionar recomendaciones para la interoperabilidad de las funciones más comunes de los repositorios de recursos digitales. La idea es que estas recomendaciones puedan implementarse en los servicios para permitirles ofrecer interfaces comunes.

### *IMS ePortfolio*

El objetivo de esta especificación (IMS 2005) es conseguir que los “ePortfolios” (ver CETIS LEAP2A e IEEE 1484.20.1) sean interoperables entre diferentes sistemas e instituciones. Por ello da soporte al avance del aprendizaje permanente (LLL), facilita la transición de ePortfolios de la escuela al trabajo, permite que los educadores y las instituciones hagan un mejor seguimiento de las competencias, mejora la experiencia de aprendizaje y el desarrollo de los trabajadores.

### *IMS GDALA – Guidelines for accessible learning applications*

Se trata de un informe (o *white paper*) que proporciona pautas para el desarrollo de aplicaciones de e-Learning accesibles (IMS 2002). Con este documento se proporciona un marco de trabajo para la comunidad de aprendizaje distribuido. Este marco de trabajo define qué soluciones existen, qué oportunidades y posibilidades hay para implementarlas, y qué áreas de trabajo de las tecnologías educativas necesitan más desarrollo e innovación para garantizar una educación que sea accesible para todos en cualquier momento y en cualquier lugar.

### *IMS Learning Design*

La especificación de IMS LD (IMS 2003c) proporciona un lenguaje genérico y flexible para diseñar cursos usando cualquier tipo de enfoque pedagógico para e-Learning. Este lenguaje se ha diseñado para poder representar muchos métodos pedagógicos diferentes y con ello permite que sólo sea necesario implementar un único conjunto de herramientas de diseño y ejecución de contenidos educativos.

### *IMS Question & Test Interoperability Specification*

La especificación QTI proporciona un lenguaje XML para representar preguntas y cuestionarios, de forma que permita la interoperabilidad del contenido con los sistemas de evaluación. La versión oficial más actualizada es la 2.0 del año 2005 (IMS, 2005b).

### *ISO 9241-110 – Dialogue principles*

Este estándar internacional (ISO, 2006) está relacionado con la usabilidad y establece principios de diseño ergonómico formulados de forma general. También proporciona un marco de trabajo para aplicar estos principios al análisis, diseño y evaluación de sistemas interactivos. Los principios son: adecuación a la tarea, auto-descripción, conformidad con las expectativas del usuario, adecuación para el aprendizaje, control, tolerancia de errores y adecuación para la individualización.

### *ISO 9241-129 – Individualization*

Este estándar en desarrollo (ISO, 2009) contendrá requisitos y recomendaciones sobre la ergonomía de la individualización de las interacciones persona-ordenador basadas en software. Existe una gran variedad de mecanismos básicos de individualización, cada uno de los cuales puede tener efectos positivos o negativos para los usuarios.

La individualización puede ser iniciada por el usuario (preferencias) o bien iniciada por el sistema (adaptación). El resultado de la individualización es una serie de cambios en la interfaz de usuario y en la interacción.

Este estándar incluirá pautas sobre: determinar cuándo es adecuado incluir individualización, seleccionar mecanismos adecuados de individualización, usar los distintos tipos de mecanismos de individualización y combinar esos tipos de mecanismos de individualización.

### *ISO 9241-151 – Web user interfaces*

Este estándar internacional (ISO, 2008) proporciona recomendaciones y pautas para el diseño centrado en el usuario de interfaces de usuario web, con el fin de incrementar su usabilidad. El estándar está centrado en cuatro aspectos del diseño de interfaces de usuario web: decisiones de alto nivel y estrategia de diseño, diseño de contenidos, navegación y búsqueda, presentación de contenido.

### *ISO 9241-171 – Software accessibility*

Este estándar internacional (ISO, 2008b) proporciona requisitos y recomendaciones para el diseño de software accesible. Se aplica a la accesibilidad de sistemas interactivos y se dirige a muchos tipos de software (ofimática, web, sistemas de enseñanza, sistemas de bibliotecas, etc.).

Este documento promueve una usabilidad incrementada para un amplio rango de usuarios. Aunque el estándar no cubre el comportamiento o los requisitos de las tecnologías de apoyo (incluyendo software de apoyo), sí que aborda el uso de tecnologías de apoyo como una parte integrante de los sistemas interactivos.

Este estándar ha sido traducido al español y adoptado por AENOR como Norma Española, con el identificador UNE 139802 (AENOR, 2009).

### *ISO 9241-20 Accessibility guidelines for ICT*

Este estándar (ISO, 2008c) proporciona recomendaciones generales para mejorar la accesibilidad de equipos y productos TIC. Este documento está diseñado para servir de punto de partida, para poder definir los requisitos específicos de cada tecnología cuando se diseñen productos accesibles. Si existe un estándar específico para un equipo o servicio (como el caso del software con el estándar ISO 9241-171), entonces los usuarios de esta norma internacional también pueden referirse a ese estándar más específico.

### *ISO/IEC 13066-1 Interoperability with assistive technology*

Este estándar en desarrollo (ISO/IEC, 2010) define las responsabilidades de las tecnologías de la información (IT) y de las unidades funcionales de las tecnologías de apoyo o ayudas técnicas (AT) para su interoperabilidad. Está centrado en la utilización de interfaces estándares y públicas para que el software de aplicación y los sistemas operativos puedan proporcionar información accesible a las AT.

### *ISO TR 22411 Ergonomics data and guidelines to address the needs of older persons and persons with disabilities*

Este informe técnico (ISO, 2008d) presenta datos ergonómicos y pautas para aplicar la guía ISO/IEC 71 (ISO/IEC, 2001) al abordar las necesidades de las personas mayores y las personas con discapacidad en el desarrollo de nuevos estándares. Este informe proporciona datos ergonómicos y conocimiento sobre habilidades humanas (sensoriales, físicas y cognitivas) y alergias. También se incluyen pautas para el diseño accesible de productos, servicios y entornos.

### *ISO/IEC 24751-1 Framework for adaptability and accessibility in e-Learning*

Esta es la primera parte de un estándar dividido en tres. En la primera parte de ISO/IEC 24751 (ISO/IEC, 2008) se proporciona un marco de trabajo común para describir y especificar, por un lado, las necesidades y preferencias de los estudiantes y, por otro lado, la descripción correspondiente de los recursos educativos digitales. De esta forma las preferencias y necesidades de un individuo pueden equipararse con las herramientas de interfaz de usuario y los recursos digitales de aprendizaje más adecuados. El estándar 24751 (en sus tres partes) deriva de las especificaciones IMS AccLIP e IMS AccMD descritas anteriormente.

### *ISO/IEC 24751-2 Access for all personal needs and preferences*

Esta segunda parte de ISO/IEC 24751 (ISO/IEC, 2008b) proporciona un modelo común de información para describir las necesidades y preferencias de los estudiantes o usuarios cuando acceden recursos o servicios servidos de forma digital. Esta descripción es una de las dos partes de las descripciones necesarias para equiparar las preferencias y necesidades de los usuarios con la entrega de contenidos educativos (tal y como se describe en ISO/IEC 24751-1).

### *ISO/IEC 24751-3 Access for all digital resource description*

Esta tercera parte de ISO/IEC 24751 (ISO/IEC, 2008c) proporciona un lenguaje común para describir recursos digitales de aprendizaje de forma que se facilite la equiparación de esos recursos con las necesidades y preferencias de los estudiantes (tal y como se definen en ISO/IEC 24751-2). Esta descripción es la segunda de las dos descripciones necesarias para equiparar las preferencias y necesidades de los usuarios con la entrega de contenidos educativos (tal y cómo se describe en ISO/IEC 24751-1).

### *ISO/IEC 24752-1 Framework of the universal remote console*

Ésta es la primera parte de un estándar dividido en 5 partes. El estándar en su conjunto facilita el manejo de productos de información y electrónicos a través de interfaces remotas y alternativas y con agentes inteligentes. En este estándar los dispositivos y servicios que son controladas se denominan “objetivos” (“*targets*”) y los dispositivos de control y sus interfaces se denominan “consolas remotas universales” (“*universal remote consoles*”).

En esta primera parte de ISO/IEC 24752 (ISO/IEC, 2008d) se define un marco de trabajo de componentes que se combinan para facilitar interfaces de usuario remotas y el control remoto de dispositivos electrónicos y servicios accesibles por red a través de una consola remota universal (URC).

### *ISO/IEC 24752-2 URC user interface socket description*

Esta segunda parte de ISO/IEC 24752 (ISO/IEC, 2008e) describe los “sockets” de interfaz de usuario, un concepto abstracto que describe la funcionalidad y el estado de un dispositivo o servicio (objetivo – target) de forma que pueda ser interpretado por una máquina. También define un lenguaje basado en XML para describir un “socket” de interfaz de usuario.

### *ISO/IEC 24752-3 URC presentation template*

Esta tercera parte de ISO/IEC 24752 (ISO/IEC, 2008f) define un lenguaje (lenguaje de marcado para plantillas de presentación – *presentation template markup language*) para describir plantillas de presentación; es decir, especificaciones de interfaces de usuario que sean independientes de la modalidad de interacción con

el usuario. Estas plantillas de presentación están asociadas con descripciones de “sockets” de interfaz de usuario (ISO/IEC 24752-2).

#### *ISO/IEC 24752-4 URC target description*

Esta cuarta parte de ISO/IEC 24752 (ISO/IEC, 2008g) define un lenguaje basado en XML para la descripción de los objetivos (targets) y sus “sockets”, tal y como se usan en el marco de trabajo de URC para facilitar el descubrimiento de las funciones y servicios de los dispositivos. Una descripción de objetivo (target description) es un documento realizado en este lenguaje.

#### *ISO/IEC 24752-5 URC resource description*

Esta quinta parte de ISO/IEC 24752 (ISO/IEC, 2008h) define una sintaxis para describir recursos atómicos, hojas de recursos, descripciones de implementación de interfaces de usuario, servicios de recursos y directorios de recursos, todos ellos relevantes para la interfaz de usuario de un dispositivo o servicio (objetivo o target).

#### *ISO/IEC 24756 Common access profile*

Este estándar internacional (ISO/IEC, 2009b) define un marco de trabajo para especificar un perfil común de acceso (CAP, del inglés *Common Access Profile*) de las necesidades y capacidades de los usuarios, sistemas de computación y sus entornos, incluyendo el acceso proporcionado por las tecnologías de apoyo. Proporciona una base para identificar y gestionar de forma estandarizada los problemas de accesibilidad encontrados en distintas plataformas. Puede utilizarse para evaluar la accesibilidad para usuarios concretos de sistemas existentes en entornos determinados.

#### *ISO/IEC 24786 Accessible user interface for accessibility settings*

Este estándar internacional (ISO/IEC, 2009c) especifica requisitos y recomendaciones para lograr que la configuración de accesibilidad sea, a su vez, accesible. Proporciona orientación sobre determinados parámetros de accesibilidad, sobre cómo acceder y operar en el modo de configuración de accesibilidad y sobre cómo activar de forma rápida algunas características de accesibilidad. Este estándar se aplica fundamentalmente a los sistemas operativos.

### *ISO/IEC TR 29138-1 Accessibility: user needs summary*

Ésta es la primera parte de un informe técnico dividido en tres partes. En la primera parte (ISO/IEC, 2009d) se identifica una colección de necesidades de usuario de las personas con discapacidad, con el fin de que los desarrolladores de estándares tengan en cuenta esas necesidades para desarrollar o revisar sus estándares. Estas necesidades de usuario también son útiles para los desarrolladores de productos y servicios de tecnologías de la información, así como para las personas que defienden la necesidad de tener productos y servicios accesibles.

### *ISO/IEC TR 29138-2 Accessibility: standards inventory*

En esta segunda parte (ISO/IEC, 2009) se identifica una colección de documentos (llamados estándares, aunque se incluyen documentos que no son estándares tradicionales de ISO o de ISO/IEC) que proporcionan pautas para cubrir las necesidades de las personas con discapacidad.

### *ISO/IEC TR 29138-3 Accessibility: user needs mapping*

En esta tercera parte (ISO/IEC, 2009e) se proporciona una guía para equiparar las necesidades de los usuarios con las cláusulas de un determinado estándar, informe técnico o conjunto de pautas.

### *W3C CC/PP – Composite capability / preference profiles*

Esta recomendación del Consorcio de la Web (W3C, 2004) define un formato de datos para representar perfiles de cliente y un marco de trabajo para incorporar características específicas de las aplicaciones y de los entornos operativos. Un perfil CC/PP (composición de capacidades/perfiles de preferencias) es una descripción de las capacidades de un dispositivo y de las preferencias de sus usuarios. Normalmente se denomina contexto de entrega del dispositivo y se puede utilizar para dirigir la adaptación de contenido que se presenta en ese dispositivo. Se utiliza el lenguaje RDF (*Resource Description Framework*) para crear los perfiles que describen las capacidades de las aplicaciones de usuario (navegadores web, entre otros) y las preferencias de sus usuarios.

### *W3C ATAG – Authoring tool accessibility*

Esta recomendación del W3C (W3C, 2000) proporciona pautas de accesibilidad para los desarrolladores de herramientas de autor: los programas que se utilizan para

crear contenidos en la web. Estas pautas tienen dos objetivos: en primer lugar, se trata de conseguir que las herramientas de autor ayuden a crear contenido accesible; en segundo lugar se trata de conseguir que esas herramientas de autor tengan una interfaz de usuario accesible.

### *W3C UAAG – User agent accessibility*

Esta recomendación del W3C (W3C, 2002) proporciona pautas de accesibilidad para los desarrolladores de agentes de usuario (las aplicaciones que se utilizan para acceder a los contenidos web, como los navegadores o los reproductores multimedia). Un agente de usuario que cumpla con estas pautas promoverá la accesibilidad a través de su propia interfaz de usuario, así como por otros medios, como la habilidad para comunicarse con las tecnologías de apoyo. Finalmente, todos los usuarios, y no sólo los usuarios con discapacidad, deberían percibir que los agentes de usuario que cumplen con estas pautas son más usables.

### *W3C WCAG – Web content accessibility*

Esta recomendación del W3C (W3C, 2008) proporciona pautas de accesibilidad para conseguir que el contenido web sea más accesible. Si se siguen estas pautas se conseguirá que el contenido sea accesible para un rango más amplio de personas con discapacidad. Las pautas están definidas de forma que son, al mismo tiempo, verificables e independientes de las tecnologías web. En documentos adicionales a las WCAG 2.0 se proporcionan guías para cumplir con los criterios de conformidad en varias tecnologías web.

## **Análisis de los estándares**

Una vez que los estándares fueron seleccionados de acuerdo a los criterios anteriores, se decidió clasificarlos para obtener una imagen más clara de su alcance. Los criterios de clasificación en este caso fueron dos:

- De acuerdo con la orientación hacia el usuario (Martínez, 2007), los estándares pueden ser:
  - Centrados en el usuario (U), ofrecen orientación sobre la accesibilidad, el diseño para todos y la usabilidad general, desde el punto de vista de los usuarios del producto.

- Centrados en los desarrolladores (D), son de carácter más técnico y ofrecen soluciones técnicas que los desarrolladores pueden utilizar para crear productos.
- Dependiendo de las áreas de modelado con las que están relacionados:
  - Modelado de Contenido (C)
  - Modelado de Usuarios (U)
  - Modelado de Dispositivos (D), incluyendo hardware y software
  - Modelado de Adaptaciones (A)
  - Modelado de la Interfaz de Usuario (IU)

En la tabla 1 se recoge la clasificación de los estándares en función de los dos criterios expuestos. Y en la tabla 2 se muestra un resumen cuantitativo de los resultados obtenidos con este análisis.

Según los resultados podemos decir que:

- Hay una tendencia clara de los estándares analizados por orientar sus esfuerzos bien hacia los usuarios, bien hacia los desarrolladores, pero rara vez a ambos simultáneamente.

Estándar	Orientación		Áreas de modelado en A2UN@				
	U	D	C	U	D	A	IU
ADL SCORM		x	x				x
CETIS LEAP2A		x		x			
ETSI EG 202 116 V1.2.1	x				x		x
ETSI ES 202 746		x		x		x	
IEEE std. 1484.1-2003		x					
IEEE std. 1484.4-2007		x	x				
IEEE std. 1484.11.1-2004		x	x				x
IEEE std. 1484.11.2-2003		x	x				x
IEEE std. 1484.11.3-2003		x	x				x
IEEE std. 1484.12.1-2002		x	x				
IEEE std. 1484.12.3-2005		x	x				
IEEE std. 1484.20.1-2007		x		x			x

IMS AccLIP		x		x		x
IMS AccMD		x		x		x
IMS Digital Repositories		x		x		x
IMS ePortfolio		x		x		x
IMS GDALA	x					
IMS LD		x		x		
IMS QTI		x		x		
ISO 9241-110	x					x
ISO 9241-129	x			x		x
ISO 9241-151	x			x		
ISO 9241-171	x			x	x	x
ISO 9241-20	x				x	x
ISO/IEC 13066-1		x				x
ISO TR 22411	x					x
ISO/IEC 24751		x		x	x	x
ISO/IEC 24752		x			x	x
ISO/IEC 24756		x		x	x	x
ISO/IEC 24786	x	x				x
ISO/IEC TR 29138	x					x
W3C CC/PP		x		x	x	
W3C WAI ATAG	x	x		x	x	x
W3C WAI UAAG	x	x			x	x
W3C WAI WCAG 2.0	x			x		x

Tabla 1. Clasificación de los estándares para A2UN@

- Dentro de las áreas de modelado hay una clara tendencia por abordar el modelado del contenido, de la adaptación y de la interfaz de usuario. El modelado de usuario y de los dispositivos está mucho menos representado.

<b>Totales</b>	<b>Estándares centrados en el usuario</b>	<b>Estándares centrados en el desarrollador</b>	<b>Estándares centrados en usuario y desarrollador</b>
<b>C = 17</b>	<b>IU = 7</b>	<b>C = 13</b>	<b>IU = 3</b>
<b>A = 15</b>	D = 3	<b>A = 11</b>	<b>D = 2</b>
<b>IU = 14</b>	C = 3	U = 8	A = 1
U = 9	A = 3	<b>IU = 4</b>	<b>C = 1</b>
D = 8	<b>U = 0</b>	<b>D = 3</b>	<b>U = 0</b>

Tabla 2. Resultados de la clasificación por áreas de modelado

- Los estándares actuales de usabilidad y la accesibilidad centrados sólo en el usuario tienen una fuerte orientación hacia el modelo de interfaz de usuario. Esto contrasta con su falta de apoyo al modelado del usuario. La principal razón de esto es que ellos proveen soluciones desde la perspectiva de los usuarios y no soluciones técnicas para los desarrolladores.
- Los estándares actuales de usabilidad y accesibilidad centrados sólo en el desarrollador tienen una fuerte orientación hacia los modelos de contenido y de adaptación. Esto contrasta con su falta de soporte del modelado de interfaces de usuario y de dispositivos.
- Los estándares que están centrados tanto en el usuario como en el desarrollador están más orientados al modelado de la interfaz de usuario y de los dispositivos.

## CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Después del análisis de estándares existentes, se puede concluir que hay una falta de estándares que estén orientados al mismo tiempo hacia los usuarios y los desarrolladores y que tengan en cuenta todas las áreas de modelado. Dentro de estas áreas de modelado, las dos que tienen menor presencia son el modelado del usuario y el modelado de los dispositivos, dos áreas que son esenciales dentro del paradigma del aprendizaje permanente. Por lo tanto, desde el proyecto A2UN@ se trabajará en el desarrollo de estándares internacionales que cubran las carencias detectadas.

Por otro lado, desde el proyecto se pretende desarrollar un modelo conceptual de sistemas de aprendizaje permanente que esté basado en estándares, que cubra las dos orientaciones (usuarios y desarrolladores) y los cinco tipos de modelado. El objetivo de dicho modelo conceptual consistirá en facilitar la interoperabilidad entre los estándares que representan visiones parciales de un sistema de aprendizaje permanente.

La figura 1 muestra una representación esquemática del resultado que se pretende obtener con dicho modelo. Este modelo debe representar todos los elementos básicos de un sistema de aprendizaje permanente, las relaciones entre todos esos elementos y, finalmente, una equiparación entre esos elementos y los requisitos y recomendaciones de los estándares relevantes.

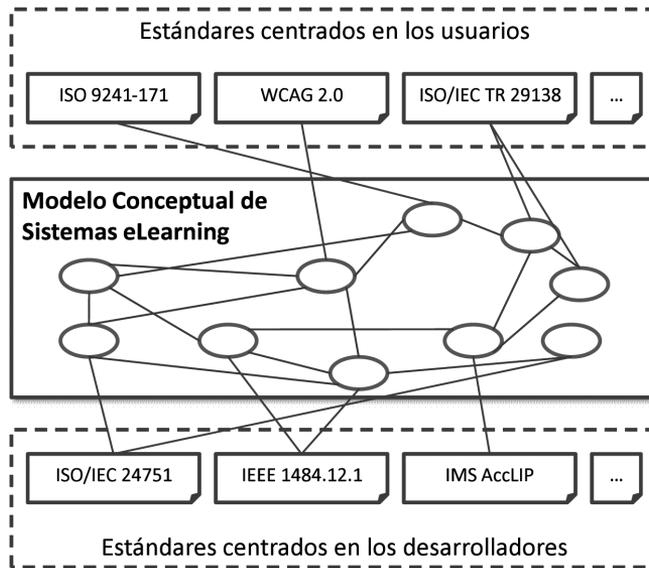


Figura 1 . Modelo conceptual de sistemas de aprendizaje permanente

Esta tarea es muy compleja por dos razones fundamentales. En primer lugar, existen varios estándares que podrían aplicarse a cada elemento o conjunto de elementos de un sistema de aprendizaje permanente y muchas veces estos estándares entran en conflicto unos con otros. Por ejemplo, en el área de modelado de dispositivos hay al menos ocho estándares diferentes que se podrían aplicar, pero que tienen diferentes enfoques.

En segundo lugar, hay estándares que se pueden aplicar a varias áreas de trabajo. Por ejemplo, el estándar internacional 9241-20 que tiene orientación de usuarios se puede aplicar, tanto al modelado de dispositivos, como al modelado de interfaces de usuario.

En cualquier caso, se aprecia una necesidad clara: el modelo debe proporcionar un vocabulario común y genérico para describir sistemas de aprendizaje permanente

y sus componentes. Y ese vocabulario debe diseñarse para facilitar al máximo la equiparación entre el modelo y los estándares relevantes.

## Agradecimientos

Este trabajo está parcialmente financiado por el proyecto A2UN@ (TIN2008-06862-Co4-01/TSI, TIN2008-06862-Co4-02/TSI).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADL (2009) *SCORM 2004 4th Edition Version 1.1 (4th Ed.)*. [en línea] Disponible en: <http://www.adlnet.gov/Technologies/scorm/SCORMSDocuments/2004%204th%20Edition/Documentation.aspx> (consulta 2010, 10de abril).
- AENOR(2009). *UNE139802:2009. Requisitos de Accesibilidad de Software. Norma Española* (adopción de EN ISO 9241-171).
- CETIS (2009) *The LEAP2A specification for portability and interoperability of e-portfolio information. 2009-03 version*. [en línea] Disponible en: [http://wiki.cetis.ac.uk/2009-03/Leap2A\\_specification](http://wiki.cetis.ac.uk/2009-03/Leap2A_specification) (consulta 2010, 10de abril).
- ETSI (2002) *ETSI EG 202 116 V1.2.1: Human Factors (HF); Guidelines for ICT products and services; "Design for All"*. ETSI Guide.
- ETSI (2010) *ETSI ES 202 746 V1.1.1: Human Factors (HF); Personalization and User Profile Management; User Profile Preferences and Information*. ETSI Standard.
- Hodgkinson, R. (2009) *9th Report on International ICT Accessibility Standards Proposed, Being Developed and Recently Published* [en línea] Disponible en: [http://www.tiresias.org/research/standards/report\\_10.htm](http://www.tiresias.org/research/standards/report_10.htm) (consulta 2010, 10de abril).
- IEEE (2002) *IEEE Std. 1484.12.1-2002*. IEEE Standard for Learning Object Metadata.
- IEEE (2003). *IEEE std. 1484.1-2003*. IEEE Standard for Learning Technology-Learning Technology Systems Architecture (LTSA).
- IEEE (2003b). *IEEE std. 1484.11.2-2003*. Standard for Learning Technology-ECMAScript Application Programming Interface for Content to Runtime Services Communication.
- IEEE (2004). *IEEE std. 1484.11.1-2004*. IEEE Standard for Learning Technology-Data Model for Content to Learning Management System Communication.
- IEEE (2005). *IEEE std. 1484.11.3-2005*. IEEE Standard for Learning Technology-Extensible Markup Language (XML) Schema Binding for Data Model for Content Object Communication.
- IEEE (2005b). *IEEE std. 1484.12.3-2005*. IEEE Standard for Learning Technology-Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata.
- IEEE (2007). *IEEE std. 1484.4-2007*. Trial-Use Recommended Practice for Digital Rights Expression Languages (DRELS) Suitable for eLearning Technologies. IEEE Recommended Practice.
- IMS Global Learning Consortium (2002). *IMS Guidelines for Developing Accessible Learning Applications*. Version 1. White Paper.
- IMS Global Learning Consortium (2003).

- IMS Learner Information Package Accessibility for LIP*. Version 1. Final Specification.
- IMS Global Learning Consortium (2003b). *IMS Digital Repositories Specification*. Version 1. Final Specification.
- IMS Global Learning Consortium (2003c). *IMS Learning Design*. Version 1. Final Specification.
- IMS Global Learning Consortium (2004). *IMS AccessForAll Meta-data Information Model Specification*. Version 1. Final Specification.
- IMS Global Learning Consortium (2005). *IMS ePortfolio*. Version 1. Final Specification.
- IMS Global Learning Consortium (2005b). *IMS Question and Test Interoperability*. Version 2. Final Specification.
- ISO (2006). *ISO 9241-110 Ergonomics of human-system interaction -- Part 110: Dialogue principles*. ISO Standard.
- ISO (2008). *ISO 9241-151 Ergonomics of human-system interaction -- Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces*. ISO Standard.
- ISO (2008b). *ISO 9241-171 Ergonomics of human-system interaction -- Part 171: Guidance on software accessibility*. ISO Standard.
- ISO (2008c). *ISO 9241-20 Ergonomics of human-system interaction -- Part 20: Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services*. ISO Standard.
- ISO (2008d). *ISO TR 22411 Ergonomics data and guidelines for the application of ISO/IEC Guide 71 to products and services to address the needs of older persons and persons with disabilities*. ISO Technical Report.
- ISO (2009). *ISO DIS 9241-129 Ergonomics of human-system interaction -- Part 129: Guidance on software individualization*. ISO Draft International Standard.
- ISO/IEC (2001). *ISO/IEC Guide 71 Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities*. ISO/IEC Guide.
- ISO/IEC (2008). *ISO/IEC 24751-1. Information technology--Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training -- Part 1: Framework and reference model*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008b). *ISO/IEC 24751-2. Information technology--Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training -- Part 2: "Access for all" personal needs and preferences for digital delivery*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008c). *ISO/IEC 24751-3. Information technology -- Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training -- Part 3: "Access for all" digital resource description*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008d). *ISO/IEC 24752-1. Information technology -- User interfaces -- Universal remote console -- Part 1: Framework*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008e). *ISO/IEC 24752-2. Information technology -- User interfaces -- Universal remote console -- Part 2: User interface socket description*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008f). *ISO/IEC 24752-3. Information technology -- User interfaces -- Universal remote console -- Part 3: Presentation template*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008g). *ISO/IEC 24752-4. Information technology -- User interfaces -- Universal remote console -- Part 4: Target description*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2008h). *ISO/IEC 24752-5. Information technology -- User interfaces -- Universal remote console -- Part 5: Resource description*. ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2009). *ISO/IEC TR 29138-2. Information technology -- Accessibility considerations for people with disabilities -- Part 2: Standards inventory*. ISO/IEC Technical Report.
- ISO/IEC (2009b). *ISO/IEC 24756. Framework for specifying a Common*

- Access Profile (CAP) of needs and capabilities of users, systems and their environments.* ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2009c). *ISO/IEC 24786. Information technology -- User interfaces -- Accessible user interface for accessibility settings.* ISO/IEC Standard.
- ISO/IEC (2009d). *ISO/IEC TR 29138-1. Information technology -- Accessibility considerations for people with disabilities -- Part 1: User Needs Summary.* ISO/IEC Technical Report.
- ISO/IEC (2009e). *ISO/IEC TR 29138-3. Information technology -- Accessibility considerations for people with disabilities -- Part 3: Guidance on user needs mapping.* ISO/IEC Technical Report.
- ISO/IEC (2010). *ISO/IEC FCD 13066 Information Technology - Interoperability with Assistive Technology (AT) -- Part 1: Requirements and recommendations for interoperability.* ISO/IEC Final Committee Draft.
- Martínez Normand, Loïc (2007). Software Accessibility Standards, User Modelling and Adaptive Systems. *TUMAS-A Workshop's Proceedings.* 11-16.
- W3C (2000). *Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0.* World Wide Web Consortium Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/ATAG10/> (consulta 2010, 10de abril)
- W3C (2002). *User Agent Accessibility Guidelines 1.0.* World Wide Web Consortium Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/WAI-USERAGENT/> (consulta 2010, 10de abril)
- W3C (2004). *Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structure and Vocabularies 1.0.* World Wide Web Consortium Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/CCPP-struct-vocab/> (consulta 2010, 10de abril).
- W3C (2008). *Web Content Accessibility Guidelines 2.0.* World Wide Web Consortium Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/WCAG/> (consulta 2010, 10de abril).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Fernando Alonso Amo** es Ingeniero Industrial, Licenciado en Informática y Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es Catedrático de Universidad en el área de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial y responsable del Grupo de Investigación CETTICO. Asimismo, pertenece al Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información de la Administración del Estado. Su actividad investigadora se centra en los modelos de desarrollo de software y la enseñanza b-elearning.

E-mail: [falonso@fi.upm.es](mailto:falonso@fi.upm.es)

**Ramón Fabregat Gesa** es Ingeniero en Informática y PhD en Ingeniería Industrial. Profesor del departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores e investigador del Instituto de Informática y Aplicaciones de la Universidad de Girona (UdG). Miembro del grupo de Comunicaciones y Sistemas Distribuidos (BCDS) y responsable del laboratorio de Sistemas Hipermedia Adaptativos. Actualmente es investigador principal por la UdG en el proyecto “A2UN@: Accessibility and Adaptation for ALL in Higher Education”.

E-mail: [rfabregas@fi.upm.es](mailto:rfabregas@fi.upm.es)

**José Luis Fuertes Castro** es Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid y Profesor en la Facultad de Informática de dicha Universidad. Es director adjunto de la Sección de Transferencia Informática en Apoyo a las Minusvalías del Centro de Transferencia Tecnológica en Informática y Comunicaciones. Ha participado en más de 35 proyectos de investigación y es autor de más de 60 publicaciones. Coordina el CTN139/SC8/GT1 de AENOR (Interfaces de Usuario para Personas con Discapacidad).

E-mail: [jfuertes@fi.upm.es](mailto:jfuertes@fi.upm.es)

**Ángel Lucas González Martínez** es Licenciado en Informática y Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Actualmente es Profesor Contratado, Doctor de la UPM. Sus campos principales de investigación son las aplicaciones en apoyo a la enseñanza a niños con necesidades educativas especiales y los sistemas de realidad virtual de escritorio para aplicaciones docentes, de ingeniería o comerciales.

E-mail: [agonzalez@fi.upm.es](mailto:agonzalez@fi.upm.es)

**Loïc Martínez Normand** es Licenciado en Informática y Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Actualmente es Profesor Contratado Doctor de la UPM. Es coautor de cuatro libros, ocho capítulos

de libro y más de 60 artículos publicados en revistas y congresos internacionales. Sus líneas de investigación son: accesibilidad de las TIC para personas con discapacidad, metodologías de desarrollo de software y técnicas de data mining. Ha participado en más de 40 proyectos nacionales o europeos.

E-mail: [loic@fi.ump.es](mailto:loic@fi.ump.es)

**Germán Darío Moreno García** es Ingeniero de Sistemas por la Universidad Industrial de Santander, Colombia (2003) y Máster por la Universidad de Girona, España (2008). Está estudiando el Doctorado en Tecnologías de la Información en la Universidad de Girona. Sus intereses de investigación abarcan temas relacionados con la accesibilidad web y la adaptación en eLearning para personas con necesidades especiales de interacción. Actualmente es investigador por la UdG en el proyecto “A2UN@: Accessibility and Adaptation for ALL in Higher Education”.

E-mail: [gmoreno@eia.udg.edu](mailto:gmoreno@eia.udg.edu)

#### DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Grupo de Investigación en  
Informática y Comunicaciones (CETTICO)  
Facultad de Informática  
Universidad Politécnica de Madrid  
Campus de Montegancedo  
286600 Boadilla de Monte  
Madrid

Grupo de Investigación BCDS  
Broadband Communications and Distributed Systems  
Universitat de Girona  
Edificio P-IV, Campus Montilivi  
17071-Girona

**Fecha de recepción del artículo:** 10/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 17/07/10



## **SISTEMAS HETEROGÉNEOS ADAPTATIVOS BASADOS EN EL CONTEXTO**

(DELIVERY CONTEXT-AWARE ADAPTATIVE HETEROGENEOUS SYSTEMS)

David Mérida  
Ramón Fabregat  
Silvia Baldiris  
Universitat de Girona (España)

### **RESUMEN**

Actualmente, la gran cantidad de tipos de dispositivos que han ganado acceso a la red es grande y diversa. Las diferentes capacidades y características de éstos, sumado a las diferentes características y preferencias del usuario, han generado un nuevo objetivo a superar: cómo adaptar los contenidos teniendo en cuenta esta heterogeneidad, conocida como el “contexto de entrega”. Los conceptos de adaptación y accesibilidad han sido ampliamente tratados y han dado como resultado gran cantidad de propuestas, técnicas y estándares tendientes a resolver el problema, haciéndose necesario acotar el análisis del objeto a considerar en el proceso de adaptación. En este trabajo, presentamos un recorrido de las diferentes propuestas y estándares que han marcado el área de trabajo de los sistemas heterogéneos y otros que han trabajado desde la interacción en tiempo real a través de plataformas basadas agentes. Todos apuntados a resolver un objetivo común: el contexto de entrega.

**Palabras clave:** sistemas hipermedia adaptativos, heterogeneidad, contexto entrega, CC/PP, independencia del dispositivo.

### **ABSTRACT**

Currently, many types of devices that have gained access to the network is large and diverse. The different capabilities and characteristics of them, in addition to the different characteristics and preferences of users, have generated a new goal to overcome: how to adapt the contents taking into account this heterogeneity, known as the “delivery context.” The concepts of adaptation and accessibility have been widely discussed and have resulted in many proposals, standards and techniques designed to solve the problem, making it necessary to refine the analysis of the issue to be considered in the process

of adaptation. We present a tour of the various proposals and standards that have marked the area of heterogeneous systems works, and others who have worked since the real-time interaction through agents based platforms. All targeted to solve a common goal: the delivery context.

**Keywords:** adaptive hypermedia systems, heterogeneity, delivery context, CC/PP, device independence.

No hace tantos años, la única forma de acceso a la web estaba relacionada a los ordenadores de escritorio o portátiles personales. Sin embargo, el explosivo incremento de dispositivos con acceso a la web planteó un nuevo objetivo: el acceso universal independiente del cómo o quién accede.

Así planteado, podría pensarse que la problemática no es compleja, pero la realidad dista mucho de este pensamiento. El concepto de “acceso universal independiente del cómo o el quién accede” ha provocado la atomización del problema y se ha reflejado en diversas propuestas para resolver la accesibilidad a la web. Propuestas que destacan un acceso universal independientemente del tipo de hardware, software, infraestructura de red, idioma, cultura, localización geográfica y capacidades de los usuarios. Es decir, independiente de lo que dio por llamarse el “contexto de entrega”, o Delivery Context en su acepción en inglés.

Ahora bien, dichas consideraciones sobre la “heterogeneidad” de usuarios/dispositivos existentes han provocado el surgimiento de propuestas tales como la de la W3C1 en su Web Accessibility Initiative (WAI) que indica en sus premisas que “la idea principal radica en hacer una web más accesible para todos los usuarios independientemente de las circunstancias y los dispositivos involucrados a la hora de acceder a la información”.

Partiendo de esta idea, una página accesible lo será tanto para una persona con discapacidad como para cualquier otra persona que se encuentre bajo circunstancias externas que dificulten su acceso a la información (en caso de ruidos externos, en situaciones donde nuestra atención visual y auditiva no estén disponibles, pantallas con visibilidad reducida, etc.). Denotando también la necesidad de considerar los dispositivos de acceso a esta información.

Para hacer el contenido Web accesible se han desarrollado las denominadas Web Content Accessibility Guidelines 1.0 (WCAG) cuya función principal es guiar el diseño de páginas Web hacia un diseño accesible que reduzca de esta forma barreras al acceso de la información.

Por otra parte, el Device Independence Work Group<sup>2</sup> (DIGW) de la W3C, en su trabajo sobre la “Independencia de Dispositivo” (Device Independence, 2001), plantea la premisa que independientemente del dispositivo usado para acceder a la información debe estar siempre disponible y accesible para el usuario. Es decir, tener una web universal y accesible para cualquier persona, en cualquier sitio, en cualquier momento; usando cualquier dispositivo y evitando la fragmentación de la web en espacios accesibles sólo por dispositivos concretos. Para ello, realiza un doble enfoque de la problemática, desde el punto de vista del usuario que implica un acceso universal y desde el punto de vista del desarrollador, que implica un único desarrollo con multitud de aplicaciones.

En el 2007 estos trabajos fueron potenciados y expandidos a otros niveles de abstracción a través del Ubiquitous Web Applications Working Group [UWAWG]. La nueva visión incluía la capacidad de disponer de servicios con valor añadido y modelos de negocio para dispositivos de red ubicuos. Incluyendo dentro de su actividad a los grupos Geolocation Working Group, Ubiquitous Web Applications Working Group y Device APIs and Policy Working Group.

Uno de los resultados más importantes a destacar, fue la definición de una ontología denominada Delivery Context Ontology para modelar las características del entorno en el cual los dispositivos interactúan con la web y otros servicios [DCO].

En este contexto de entrega se incluyen las características del dispositivo, el software utilizado para acceder al servicio y las características de la red que interconecta al cliente y al servidor.

Por otra parte, es un hecho que usualmente los servidores web no tienen en cuenta la diversidad y heterogeneidad de las preferencias de usuarios ni los tipos y características de sus dispositivos de acceso. Tradicionalmente se presupone que estos servidores no son responsables de proveer contenidos adaptados a dichas capacidades y/o preferencias.

Dada la gran variedad y diversidad de las capacidades de entrada/salida de estos dispositivos de acceso se hace más compleja la misión de obtener contenidos adaptados.

Resumiendo, si pensamos en la simple situación emergente en una comunicación web cliente-servidor (Figura 1) podemos identificar las primeras consideraciones y necesidades de este problema:

- herramientas que permitan disponer de las características del dispositivo de acceso,
- métodos que permitan definir las preferencias del usuario,
- protocolos de transporte de los perfiles de identificación de usuario/dispositivo,
- herramientas de edición para la creación de sitios y aplicaciones web que soporten la independencia del dispositivo de acceso,
- métodos de adaptación de contenidos en tiempo real,
- etc.

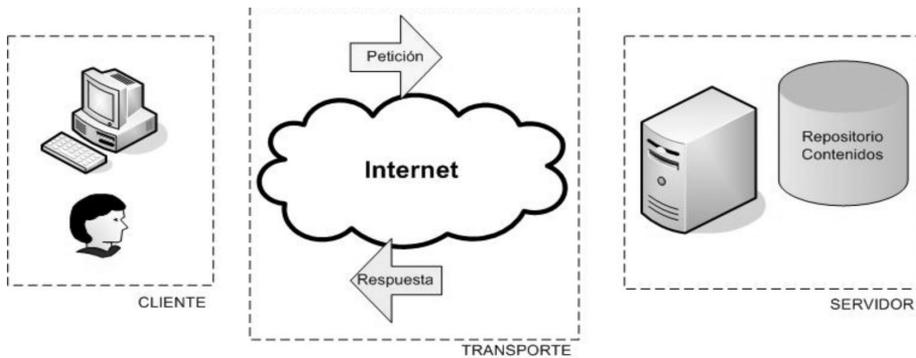


Figura 1. Comunicación web estándar cliente-servidor

Lo anteriormente expuesto pone de manifiesto cuán compleja y ambiciosa resulta ser la idea de un acceso universal independiente del cómo o quién accede.

A lo largo de este artículo, iremos explicando diversas tecnologías y propuestas para solventar esta problemática. Describiremos la necesidad de acotar el “qué y/o quién” se modela para poder adaptar los contenidos; analizaremos los distintos puntos de atención dentro del esquema de comunicación cliente-servidor; y, finalmente, circunscribiremos nuestro entorno de análisis al contexto de entrega y su afectación e implicación en las distintas técnicas de adaptación de contenidos propuestas.

Después, explicaremos qué entendemos por adaptabilidad y adaptatividad.

Para concretar qué es lo que vamos a modelar, a continuación se presentará una plataforma de usuario en la que se pueden considerar diferentes lugares para realizar la adaptación, y distintas tecnologías propuestas, surgidas a partir de estándares propuestos desde grupos de trabajo de la W3C para hacer la adaptación en el lado del cliente o en el servidor. Finalmente se presenta la arquitectura MAS-SHAAD que tiene en cuenta la heterogeneidad de usuarios y dispositivos existentes para realizar la adaptación de contenidos web.

## **ADAPTABILIDAD – ADAPTATIVIDAD**

En este punto vamos a rescatar los conceptos sobre los que se han basado los sistemas hipermedia adaptivos, conceptos que giran en torno a la adaptabilidad o la adaptatividad de los contenidos

El término adaptatividad ha sido muy utilizado por distintos autores en diferentes ámbitos. Dependiendo del entorno considerado, varían los objetivos perseguidos por tal adaptación.

Abdelzaher considera la adaptación de contenidos web como un mecanismo para mejorar el rendimiento de un servidor sobrecargado. En Brusilovsky (2001) se define un Sistema Hipermedia Adaptativo y se utiliza un modelo de objetivos, preferencias y conocimientos, que se construye para cada usuario, para adaptar los contenidos a sus necesidades.

De igual manera, son diferentes las clasificaciones realizadas para los sistemas hipermedia. Así, en Oppermann (1997) se plantea que el concepto de adaptación es una de las cuestiones de mayor relevancia en los sistemas de aprendizaje. Tales investigaciones demostraron que la aplicación de mecanismos de adaptación pueden proveer mejores entornos de aprendizaje en dichos sistemas hipermedia. En Opperman (1994) dos clases de sistemas fueron desarrollados para dar soporte al usuario en sus tareas:

- **Sistemas Adaptables:** permiten al usuario cambiar ciertos parámetros del sistema y adaptar el comportamiento de dicho sistema consecuentemente.
- **Sistemas Adaptativos:** Se adaptan al usuario automáticamente basándose en las suposiciones que el sistema realiza de las necesidades del usuario.

Entre esos dos extremos, se pone de manifiesto el espectro del concepto de adaptación para sistemas de computadores. Si bien es cierto que el espectro cubre un amplio rango de posibilidades existentes para el concepto de adaptación, encontramos mucho más adecuada la caracterización realizada en De Bra (1999) al referirse a los sistemas hipermedia adaptativos. En este trabajo se tienen en cuenta las preferencias del usuario como variable que decide la adaptación y se clasifican a los entornos hipermedias o a los sitios web construidos con la capacidad de realizar algún tipo de personalización en:

- Hipermedias adaptables: sistemas en los que el usuario puede proveer algún perfil (por ejemplo a través de cuestionarios) para que el sistema pueda proveer una versión de la aplicación hipermedia teniendo en cuenta ese perfil. Esta configuración, por parte del usuario, podría incluir preferencias de presentación (colores, tipo de media, estilos de aprendizaje, etc.) y el background del usuario (calificaciones, conocimiento relativo a los conceptos, etc.).
- Hipermedias adaptativos: sistemas que monitorizan el comportamiento de los usuarios y adaptan la presentación teniendo en cuenta dicho comportamiento. En estos casos la evolución, tanto en preferencias como en conocimientos, podría ser captada o deducida por el sistema a partir de los accesos realizados a las páginas. Por otra parte, muchas veces podrían necesitar cuestionarios o test a fin de obtener información más fiable respecto a las preferencias del usuario. La mayor parte de la adaptación es realizada, sin embargo, sobre la base de las acciones de navegación del usuario y también considerando el comportamiento de otros usuarios.
- Hipermedias dinámicos: el comportamiento de los usuarios es monitorizado como en los sistemas hipermedia adaptativos. En este caso, la adaptación, en lugar de ser cambiada seleccionando presentaciones predefinidas, es generada a partir de unidades atómicas de información. Es decir, es reconstruida dinámicamente a partir de los objetos individuales que componen la página tomando los que son más adecuados en base a las características del usuario.

En el presente trabajo, nos basaremos en esta clasificación por considerarla la más adecuada y representativa de nuestras caracterizaciones.

## ¿QUÉ MODELAMOS?

La necesidad de acotar el entorno de adaptación es evidente dado lo anteriormente expuesto. Por este motivo, la primera consideración que haremos es tener presente dos grandes categorías como objetos de la adaptación: el usuario y el contexto de entrega.

En este sentido en Brusilovsky y Millán (2007) se realiza un interesante planteamiento sobre “modelo del usuario” realizándose en términos generales el análisis a través de tres capas:

- Qué debe ser modelado (naturaleza).
- Cómo es representada dicha información (estructura y representación).
- Cómo son mantenidos los diferentes modelos (metodología para el modelado del usuario).

En lo concerniente a la naturaleza de la información a ser modelada, en los sistemas web adaptativos plantean la distinción entre modelos que representan:

- las características del usuario como individuo (modelado del usuario), y
- el actual contexto de trabajo del usuario (modelado del contexto).

El modelado del usuario tiene una gran importancia y ha sido considerado en todos los sistemas web adaptativos. El modelado del contexto ha sido objeto de consideración en la mayoría de sistemas adaptativos para dispositivos móviles y/o ubicuos.

El gran interés que han despertado los sistemas para dispositivos móviles y ubicuos ha generado una gran atención hacia otros campos del “contexto” tales como: ubicación, entorno físico, contexto social, estado emocional, etc. (Figura 2)

Es importante resaltar tal como se señala en Brusilovsky y Millán (2007) que el modelado del contexto es conceptualmente diferente del modelado de cualquier otra característica del usuario. No obstante, ambos modelos están estrechamente interconectados pues:

- muchos modelos de usuarios incluyen características del contexto,
- técnicas similares son usadas tanto para modelado del contexto como del usuario,
- marcos de trabajo integrados han sido desarrollados para modelar ambos, etc.

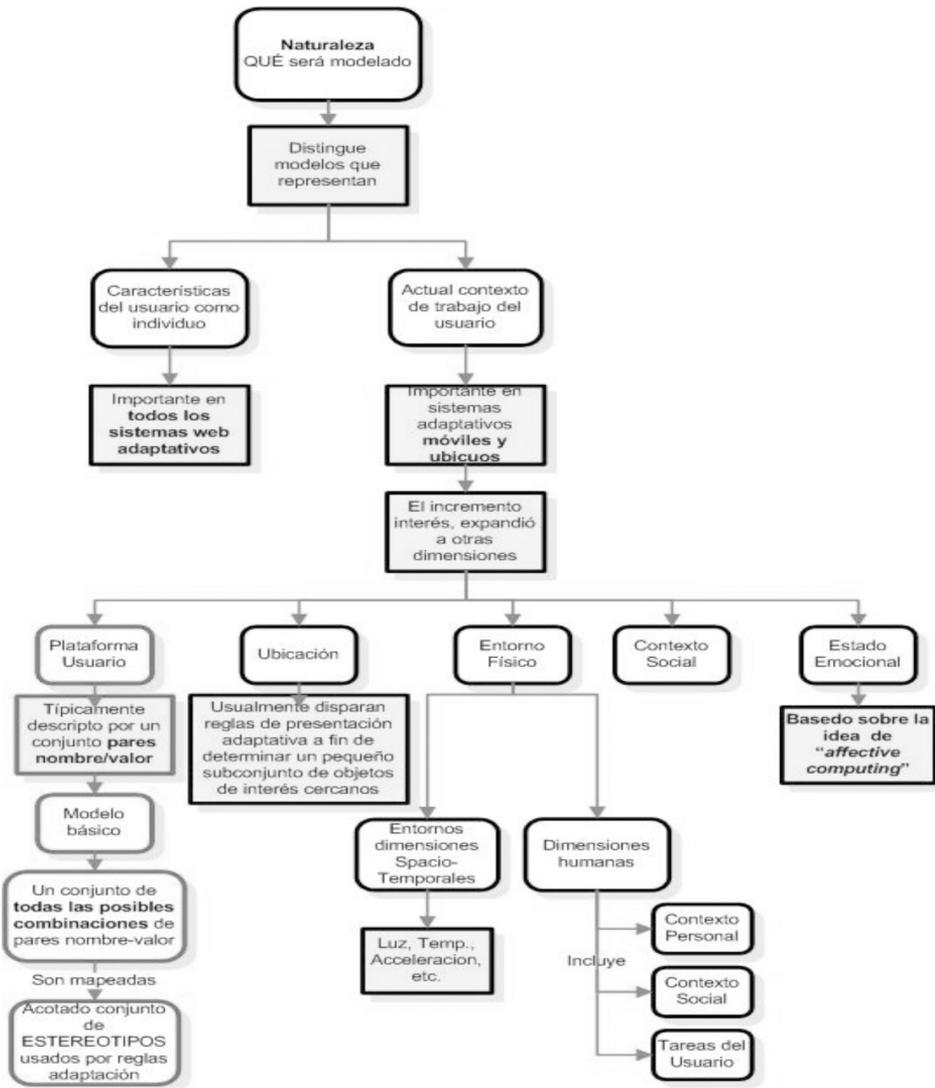


Figura 2. Capa 1: Naturaleza - ¿Qué será modelado?

## LA PLATAFORMA DEL USUARIO

Desde el punto de vista de la plataforma del usuario, el modelado del contexto involucra diversas y diferentes variables. Los sistemas hipermedia adaptativos han explorado un amplio rango de técnicas para adaptar los contenidos a aspectos tales

como: hardware, software y el ancho de banda de conexión, etc. Como así también, técnicas tendientes a generar herramientas de edición o esquemas para la definición de los contenidos.

La Figura 3 muestra diferentes propuestas planteadas a fin de resolver el problema del modelado del contexto del usuario y de los contenidos a adaptar. Asimismo, incluye algunas propuestas utilizadas para resolver el problema de cómo realizar el transporte de los modelos de usuario.

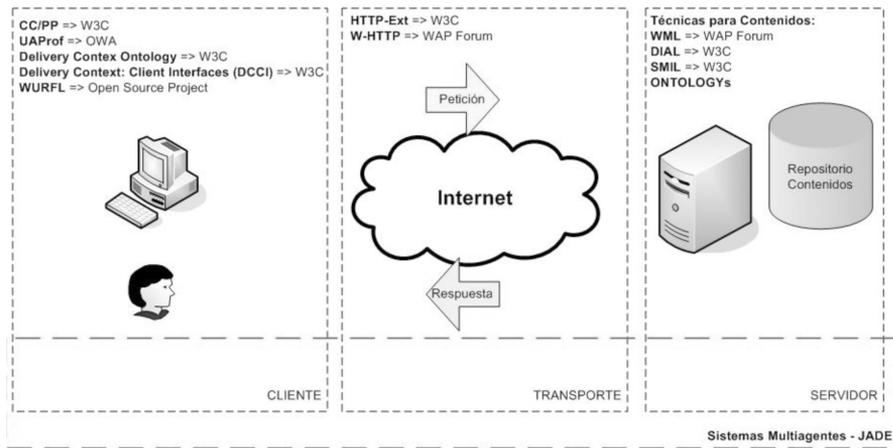


Figura 3. Propuestas para resolver el modelado del contexto de entrega

Como hemos comentado previamente, presentaremos las que se deben utilizar en el lado del cliente y las del servidor. Para el transporte de los perfiles de usuario/dispositivo se han considerado dos protocolos: el HTTP-ex propuesto por CC/PP y el W-HTTP propuesto por UAProf. Este último es funcionalmente idéntico a HTTP-ex pero con la característica de que es compatible con HTTP/1.1. Una explicación más detallada de estos protocolos queda fuera del alcance de este artículo.

## LADO DEL CLIENTE

En los siguientes apartados vamos a explicar cinco de las propuestas existentes que se pueden hacer en el lado del cliente: CC/PP, UAProf, WURFL, Ontologías y DCCI.

## **CC/PP – Composite Capabilities/Preferences Profile**

CC/PP representa una estructura de datos que permite enviar las capacidades del dispositivo de acceso y las preferencias del usuario desde el cliente al servidor. Estos valores pueden transportarse del cliente al servidor dentro de la petición HTTP en una cabecera separada o a través de transportes definidos por otros protocolos.

El Ubiquitous Web Applications Working Group [UWAWG] de la W3C publicó en el 2007 la recomendación: Capacidad de Composición/Perfiles de Preferencia (CC/PP): estructura y vocabularios 2.0 que es una actualización de la Recomendación CC/PP 1.0 y que se ha constituido como una de las áreas de convergencia entre el W3C y la OMA3.

A través de CC/PP se define una estructura de datos y una propuesta de vocabulario para perfiles con el fin de transportar información disponible en el contexto de entrega. Basado en RDF, CC/PP representa un vocabulario neutral que permite el desarrollo e implementación de otros vocabularios por parte de la comunidad involucrada en el desarrollo de aplicaciones, dispositivos y navegadores. Dado el contenido dinámico existente en estos perfiles, estos pueden estar distribuidos en múltiples repositorios a través de la web.

CC/PP ha sido, durante un tiempo, la propuesta preferida para el intercambio de la información del contexto de entrega entre clientes, intermediarios y servidores.

### **¿Cómo describir la capacidad de dispositivos y las preferencias del usuario?**

Es grande y diversa la cantidad de nuevos dispositivos con acceso a la web. Dispositivos con marcadas diferencias que reflejan: capacidades tanto de entrada como de salida, lenguajes soportados, conectividad a la red, soporte multimedia, etc. que imposibilitan muchas veces la correcta entrega de los contenidos disponibles. Así mismo, los usuarios al acceder a estos contenidos desearían tenerlos adaptados dinámicamente reflejando en tiempo real sus cambios de preferencias (ej. audio sí/no, vídeo sí/no, etc).

Para resolver el problema se hace necesario codificar en el lado del cliente este contexto de entrega, de tal manera que el servidor pueda utilizarlo para personalizar los contenidos teniendo en cuenta las características del dispositivo y del usuario.

CC/PP utiliza, para definir el contexto, una estructura simple y jerarquizada en dos niveles: componentes y pares de atributo/valor. Un componente representa una parte del contexto de entrega (ej. características de la red, el software soportado o las características del hardware del dispositivo) y puede contener uno o más atributos. En el siguiente ejemplo se muestra un componente que codifica las preferencias del usuario (user preferences) y que contiene, entre otros, el atributo que especifica si desea o no las características de audio (AudioOutput).

```
<ccpp:component>
  <rdf:Description rdf:ID="UserPreferences">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.example.org/profiles/prefs/v1_0#User
    Preferences"/>
    <ex:AudioOutput>Yes</ex:AudioOutput>
    <ex:Graphics>No</ex:Graphics>
    <ex:Languages>
      <rdf:Seq>
        <rdf:li>en-cockney</rdf:li>
        <rdf:li>en</rdf:li>
      </rdf:Seq>
    </ex:Languages>
  </rdf:Description>
</ccpp:component>
```

Debe remarcar que CC/PP no define un vocabulario específico ni un protocolo de transporte para estas instancias de vocabulario CC/PP que también son llamados perfiles.

### **UAPProf – User Agent Profiles**

El Open Mobile Alliance (OMA) definió UAPProf (2001) como una implementación de CC/PP para dispositivos móviles. Al igual que CC/PP, un perfil UAPProf define una jerarquía de dos niveles integrada por: componentes y atributos.

A diferencia de CC/PP, la especificación UAPProf propone un vocabulario (un conjunto específico de componentes y atributos) para describir la generación de teléfonos WAP4 y describe dos protocolos para la transmisión del perfil desde el cliente al servidor. Los perfiles usados por el vocabulario UAPProf están integrados de

seis componentes: HardwarePlatform, SoftwarePlatform, NetworkCharacteristics, BrowserUA, WapCharacteristics y PushCharacteristics, cada uno de los cuales contiene atributos. Cada atributo posee un nombre distintivo, un tipo de colección asociada, un tipo de atributo y una regla de resolución.

En UAProf existen tres tipos de colección:

- Simple: contiene un valor simple (Ej. ColorCapable en el componente HardwarePlatform).
- Bag: contiene valores múltiples desordenados (Ej. BluetoothProfile en el componente HardwarePlatform).
- Seq: contiene valores múltiples ordenados (Ej. Ccpp-AcceptLanguage en el componente SoftwarePlatform).

A su vez, cada atributo puede tener uno de los cuatro tipos de atributos:

- String (Ej. BrowserName en BrowserUA).
- Boolean (Ej. ColorCapable en HardwarePlatform).
- Number: es un entero positivo (Ej. BitsPerPixel en HardwarePlatform).
- Dimension: es un par de enteros positivos (Ej. ScreenSize en HardwarePlatform).

Finalmente, los atributos están asociados con una regla de resolución:

- Locked indica que el valor final de un atributo es la primera ocurrencia del atributo fuera del bloque de descripción por defecto.
- Override indica que el valor final de un atributo es la última ocurrencia del atributo fuera del bloque de descripción por defecto.
- Append indica que el valor final del atributo es la lista de todas las ocurrencias del atributo fuera del bloque de descripción por defecto.

El siguiente ejemplo muestra un fragmento del componente Hardware Platform de UAProf que define las características de la pantalla y bluetooth del dispositivo:

```
<prf:component>
  <rdf:Description rdf:ID="HardwarePlatform">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.openmobilealliance.org/profiles/
UAPROF/ccpps-schema-20021113#HardwarePlatform"/>
    <prf:ScreenSizeChar>15x6</prf:ScreenSizeChar>
    <prf:BitsPerPixel>2</prf:BitsPerPixel>
    <prf:ColorCapable>No</prf:ColorCapable>
    <prf:BluetoothProfile>
      <rdf:Bag>
        <rdf:li>headset</rdf:li>
        <rdf:li>dialup</rdf:li>
        <rdf:li>lanaccess</rdf:li>
      </rdf:Bag>
    </prf:BluetoothProfile>
  </rdf:Description>
</prf:component>
```

El estándar WAP 1.2.1 recomienda el transporte de la información UAProf sobre Internet utilizando HTTP Extension Framework (HTTPex, 2000) que originalmente fue sugerido por CC/PP. Debido a la falta de implementación de HTTPex, WAP 2.0 definió en su lugar la extensión de HTTP 1.1 como un protocolo de Internet en el que utilizó cabeceras personalizadas. Este protocolo puede soportar tanto perfiles estáticos como dinámicos.

Un perfil estático es accedido a través de una dirección web o URI. Esto conlleva algunas ventajas, ya que una petición desde un cliente a un servidor contendrá únicamente dicha URI y no un extenso documento XML. El cliente no tendrá que cargar ni crear el perfil y por lo tanto no se carga la comunicación con el servidor.

En cambio un perfil dinámico es generado en tiempo real (on-the-fly) y consecuentemente no tiene asociado una URI. El perfil consiste en un fragmento de perfil conteniendo la diferencia respecto del perfil estático, e incluso podría contener datos únicos no incluidos en el perfil estático.

UAProf ha tenido una amplia repercusión, incorporándose entre otros proyectos a Deli (DELI, 2006). Finalmente, cabe destacar la existencia de numerosos repositorios UAProf disponibles aún para su consulta, siendo uno de los más importantes el mantenido por la W3C5.

## **WURFL - Wireless Universal Resource File**

WURFL (Passani, 2010) es un proyecto de código abierto dentro del marco de SourceForge.net6 que provee una fuente alternativa de información a UAProf y está dirigido al amplio espectro de desarrolladores de aplicaciones y servicios de entornos WAP e inalámbricos.

La base de datos de WURFL es esencialmente un gran fichero XML que contiene información sobre las capacidades y características de miles de dispositivos móviles y sus variantes.

Estos datos están organizados jerárquicamente y son específicos de un dispositivo y de una o más familias del dispositivo. Todos estos datos son mapeados a través de un atributo/mecanismo recursivo denominado “fall-back” que nos permite con poco esfuerzo construir una amplia lista de capacidades de los dispositivos.

El principal alcance de este fichero XML es recolectar toda la información posible sobre la totalidad de dispositivos móviles existentes con acceso a páginas WAP para facilitar a los desarrolladores la construcción de mejores aplicaciones y servicios para los usuarios.

Toda esta información ha sido recolectada por gran cantidad de personas de diferentes países y son de libre utilización en cualquier tipo de aplicación, comercial o no. La única condición requerida es dejar pública cualquier modificación realizada sobre dicho fichero, continuando de esta manera con el espíritu original e idea de los creadores del proyecto.

### **¿Cómo funciona?**

En el ejemplo se muestra un dispositivo cuyo agente de usuario/navegador (user\_agent) se identifica asimismo como “SEC-SGHE950/1.0 NetFront/3.4 Profile/MIDP-2.0 Configuration/CLDC-1.1”. Consultando WURFL encontramos lo siguiente:

```
<device user_agent="SEC-SGHE950/1.0 NetFront/3.4 Profile/MIDP-2.0  
Configuration/CLDC-1.1"  
fall_back="samsung_sgh_e950_ver1"  
id="samsung_sgh_e950_ver1_sub1"/>;
```

La respuesta WURFL no dice mucho a primera vista y tan solo podríamos asumir que WURFL tiene identificado al dispositivo o familia de dispositivo a través de su agente de usuario. Sin embargo, el atributo de “fall\_back” cobra gran importancia en este momento ya que indica que el dispositivo pertenece también a la familia de dispositivos identificados como “samsung\_sgh\_e950\_ver1”. Al preguntar a WURFL por los detalles de este ítem se obtiene:

```
<device user_agent="SEC-SGHE950"  
actual_device_root="true"  
fall_back="sec_e900_ver1"  
id="samsung_sgh_e950_ver1">  
<group id="product_info">  
  <capability name="model_name" value="E950"/>  
</group>  
<group id="display">  
  <capability name="resolution_width" value="240"/>  
  <capability name="resolution_height" value="320"/>  
  <capability name="max_image_width" value="233"/>  
  <capability name="max_image_height" value="280"/>  
</group>  
<group id="markup">  
<capability name="preferred_markup" value="html_wi_oma_xhtmlmp_1_0"/>  
</group>  
</device>
```

Con esta respuesta hemos identificado el dispositivo, su modelo (E950), su tamaño de pantalla (240x320) y que aceptaría preferentemente páginas web en formato XHTML-MP. Sin embargo, podemos ir más lejos y nuevamente con el atributo “fall\_back” registrado y apuntando a “sec\_e900\_ver1” obtendríamos:

```
device user_agent="SEC-SGHE900"  
  actual_device_root="true"  
  id="sec_e900_ver1"  
  fall_back="netfront_ver3">  
  <group id="product_info">  
    <capability name="brand_name" value="Samsung"/>  
    <capability name="model_name" value="E900"/>  
  </group>  
  <group id="markup">  
  <capability name="preferred_markup" value="html_wi_oma_xhtmlmp_1_0"/>  
    <capability name="html_wi_oma_xhtmlmp_1_0" value="true"/>  
    <capability name="html_wi_w3_xhtmlbasic" value="true"/>  
    <capability name="wml_1_3" value="true"/>  
  </group>  
  <group id="display">  
    <capability name="resolution_width" value="240"/>  
    <capability name="resolution_height" value="320"/>  
    <capability name="max_image_height" value="300"/>  
    <capability name="max_image_width" value="232"/>  
  </group>  
  <group id="image_format">  
  <capability name="gif" value="true"/>  
    <capability name="jpg" value="true"/>  
    <capability name="png" value="true"/>  
    <capability name="colors" value="262144"/>  
  </group>  
  <group id="storage">  
    <capability name="max_deck_size" value="8000"/>  
  </group>  
  <group id="object_download">  
    <capability name="ringtone" value="true"/>  
    <capability name="ringtone_midi_monophonic" value="true"/>  
    <capability name="ringtone_midi_polyphonic" value="true"/>  
  <capability name="ringtone_aac" value="true"/>  
  <capability name="ringtone_mp3" value="true"/>  
  <capability name="wallpaper" value="true"/>  
  <capability name="wallpaper_gif" value="true"/>  
  <capability name="wallpaper_jpg" value="true"/>  
  <capability name="screensaver" value="true"/>
```

```
<capability name="screensaver_gif" value="true"/>
<capability name="video" value="true"/>
<capability name="video_qcif" value="true"/>
<capability name="video_sqcif" value="true"/>
<capability name="video_wmv" value="true"/>
<capability name="video_3gpp" value="true"/>
<capability name="video_mp4" value="true"/>
<capability name="video_acodec_aac" value="true"/>
<capability name="wallpaper_colors" value="18"/>
<capability name="wallpaper_png" value="true"/>
<capability name="wallpaper_preferred_height" value="320"/>
<capability name="wallpaper_preferred_width" value="240"/>
<capability name="ringtone_voices" value="64"/>
</group>
<group id="sound_format">
  <capability name="aac" value="true"/>
  <capability name="midi_monophonic" value="true"/>
  <capability name="midi_polyphonic" value="true"/>
  <capability name="mp3" value="true"/>
  <capability name="voices" value="64"/>
</group>
<group id="j2me">
  <capability name="j2me_midp_2_0" value="true"/>
  <capability name="j2me_midp_1_0" value="true"/>
  <capability name="j2me_cldc_1_1" value="true"/>
</group>
</device>
```

A través de la técnica de “fall\_back” hemos conseguido mucha información del dispositivo y podríamos continuar haciéndolo preguntando hacia atrás considerando sucesivamente los valores “netfront\_ver3”, “generic\_xhtml”, “generic” y finalmente “root” y obteniendo finalmente toda la información disponible para este dispositivo.

El mayor inconveniente de la propuesta de WURFL es la magnitud del fichero XML de consulta resultante. Miles y miles de líneas, en un fichero único, que a la hora de lanzar consultas recursivas en tiempo real, pueden llegar a representar una opción poco práctica. Para superar este problema WURFL posibilita la utilización

de esta gran base de datos en local y no solamente a través de un único fichero disponible en la red.

## Ontologías

A partir del 2007, el grupo Ubiquitous Web Aplicación (UWA) de la W3C se hizo cargo de los trabajos destinados a la definición de servicios con valor añadido y modelos de negocios para dispositivos ubicuos, tarea hasta entonces portada por el Device-Independence Work Group<sup>2</sup>. De sus actividades surge la ontología del contexto de entrega, a través de la cual se provee un modelo formal de las características del entorno en el que interactúan los dispositivos con la web u otros servicios.

Así, mientras la ontología captura el contexto de uso, en el cual un usuario está interactuando, el contexto de entrega incluye las características del dispositivo, del software utilizado para acceder a los servicios y de la red que provee la conexión.

La ontología está formalmente especificada en y (OWL, 2009) y define un vocabulario normativo de términos (clases, propiedades e instancias) que modelan las diferentes propiedades, aspectos y componentes del contexto de entrega.

El modelo representado por la ontología es esencialmente jerárquico. En la raíz de dicha jerarquía se posiciona la clase *Delivery Context* que da acceso a los elementos *UserAgent*, *NetworkBearer*, *Device*, *Runtime Environment* y *Environment* (entorno físico) que son elementos esenciales de cualquier contexto de entrega. Cada uno de estos elementos está representado por clases que, a su vez, tienen propiedades que modelan sus características específicas y sus componentes.

Modularmente, la ontología ha sido dividida en nueve grupos de términos que representan el contexto de entrega:

- Common: para propósitos generales, clases genéricas, propiedades e instancias que soportan el modelado de los diferentes aspectos del contexto de entrega (Ej. protocolo nivel aplicación, idioma, ancho/alto de resolución, código del país, etc.)
- Hardware: propiedades, clases e instancias que modelan los elementos de hardware de un contexto de entrega (Ej. soporte de bluetooth, cámara, memoria, CPU, etc.)
- Java: estos términos modelan un mínimo conjunto de propiedades y clases que permiten representar las características relacionadas con el soporte de las tecnologías Java (Ej. entorno de ejecución, plataforma, configuración, etc.)

- **Location:** este grupo está dirigido a definir el conjunto de clases, propiedades e instancias que tienen relación con la ubicación geográfica (Ej. coordenadas UTM, altitud, latitud, longitud, etc.).
- **Main:** representan los Aspectos y Propiedades fundamentales del dispositivo o el contexto de entrega en sí mismo (Ej. actuales dispositivos en uso, red disponible, navegador, etc.).
- **Network:** este grupo modela clases, propiedades e instancias relacionadas con las características de la red (Ej. soporte red cableada, wireless, proxy, ancho de banda, etc.).
- **Push:** representa el soporte de mensajería MMS, WAP y tecnología de push-request.
- **Software:** modelan los elementos de software (Ej. formato de audio y video soportados, tipo de reproductor de audio, reproductor de video, sistema operativo, etc.).
- **Web Browsing:** modela un conjunto mínimo de propiedades y clases que permiten representar el soporte de navegadores web.

Como hemos dicho, esta ontología tiene como objetivo proveer un modelo formal y universalmente aceptado para el contexto de entrega. No pretende modelar propiedades que puedan ser dependientes de una aplicación en particular.

### **DCCI – Deliberly Context Client Interfaces**

En (DCI, 2006) y (DCI, 2007) se define una plataforma y una interfaz de programación de lenguaje natural para aplicaciones web, para proveerles acceso a la estructura jerárquica de propiedades dinámicas que representan las capacidades del dispositivo, configuraciones, preferencias de usuario y condiciones de entorno de trabajo del usuario.

Muchas aplicaciones, particularmente aquellas independientes del dispositivo, esperan funcionar en entornos heterogéneos con una amplia variedad de capacidades. La configuración del dispositivo, las preferencias del usuario y condiciones de entorno pueden variar en tiempo real y estas aplicaciones necesitan ser capaces de adaptar consecuentemente los contenidos.

Así por ejemplo, ¿cómo podría una aplicación negociar con situaciones tales cómo: alertas de batería baja, o variaciones de las capacidades de la red, o (peor aún) la pérdida de conectividad? Tal vez el usuario podría silenciar su micrófono o deshabilitar la salida de audio durante una sesión. Estas configuraciones/

propiedades dinámicas, que por lo general son temporales, reflejan situaciones que alteran el contexto de entrega de los contenidos y por lo tanto deberían ser consideradas.

Ahora bien, es importante distinguir entre propiedades persistentes (estáticas) y transitorias (dinámicas). Las propiedades estáticas se refieren a datos que permanecen constantes durante la sesión (Ej. el idioma seleccionado, tipo y tamaño de fuentes, etc.); mientras que las propiedades dinámicas se refieren a notificaciones y eventos durante la sesión (Ej. notificaciones de cambio de posición generados por un GPS, variaciones de la capacidad de la red, etc.).

DCCI provee métodos de acceso para gestionar estas propiedades estáticas y dinámicas de manera que el contenido pueda ser adaptado al contexto particular de entrega. Existen dos mecanismos generales para acceder a dicho contexto: uno basado en la especificación de interfaces de programación; y, el otro basado en representaciones específicas del contexto de entrega.

## **Interfaces de programación**

Las interfaces proveen una forma de acceder al contexto de entrega independientemente de la forma en que la información esté almacenada y representada.

Existen hoy en día, por parte de los fabricantes de dispositivos, un gran número de representaciones propietarias del contexto de entrega, que dificultan el trabajo de los desarrolladores al tener que considerarlos. La utilización de interfaces estandarizadas podrían proveer mecanismos comunes que les posibilitaría obtener independencia de la representación particular usada.

La disponibilidad de las propiedades del contexto de entrega ha sido focalizada por las interfaces DCCI de diferentes maneras. Algunas posibilitando su disponibilidad al código que se ejecuta en el cliente; poniendo dicha información disponible en el lado del servidor; haciendo énfasis más en la información estática y otras por sus propiedades dinámicas. Existe también un conjunto de interfaces específicamente orientadas a proveer acceso al contexto de entrega directamente desde los lenguajes etiquetados.

## **Representaciones**

Previo a la definición de interfaces, los trabajos se avocaron a la estandarización de la definición de representaciones de las propiedades del contexto de entrega. Uno

de estos estándares es CC/PP. Como se expuso anteriormente, CC/PP provee un marco de trabajo para la representación del contexto de entrega. Basado en RDF, no especifica en sí mismo un vocabulario particular y por lo tanto, no provee una representación del contexto de entrega. Sin embargo, provee de un marco de trabajo en el cual las representaciones pueden ser construidas.

Por otro lado, UAProf aporta un vocabulario específico. En general, es utilizado para la representación de las propiedades estáticas y está asociado normalmente con direcciones URI que permiten acceder a los perfiles y analizarlos a fin de recuperar la información de las propiedades en ellos contenidas.

## **LADO DEL SERVIDOR /REPOSITORIO DE CONTENIDOS**

En el lado del servidor, y más específicamente en el lado del repositorio de contenidos, los esfuerzos para resolver la problemática del contexto de entrega se han reflejado en diferentes propuestas de lenguajes de etiquetado, tales como WML, DIAL y SMIL.

### **WML - Wireless Markup Language**

En WML (2000) y WML (2001) se define un lenguaje de marcas comprendido dentro del estándar XML 1.0 (eXtensible Markup Language) que es utilizado para la construcción de las páginas de dispositivos móviles. Propuesto por la WAP4 Forum (actualmente OMA3), WML es un metalenguaje que además de usar etiquetas predefinidas nos permite crear componentes propios.

Las páginas WML a menudo se denominan “decks” (barajas). Cada deck contiene un conjunto de “cards” (cartas). Un elemento carta puede contener texto, marcas, enlaces, campos de entrada, imágenes, etc. Y estas cartas pueden estar relacionadas unas con otras a través de enlaces.

Cuando una página WML es accedida desde un dispositivo móvil, todas las cartas en la página son descargadas por el dispositivo desde el servidor WAP. En ese momento, la navegación entre cartas se realiza directamente sobre el dispositivo, internamente, sin ninguna intervención extra por parte del servidor.

En el siguiente ejemplo, se muestra un ejemplo del etiquetado básico de una página WML.

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.1//EN"
"http://www.wapforum.org/DTD/wml_1.1.xml">
<wml>
  <card id="no1" title="Card 1">
    <p>Hello World!</p>
  </card>

  <card id="no2" title="Card 2">
    <p>Welcome to our WAP Tutorial!</p>
  </card>
</wml>
```

## **DIAL - Device Independent Authoring Language**

Desde hace tiempo, el DIWG2 trabaja en diferentes técnicas destinadas a solucionar el problema de la edición/creación (authoring) de contenidos y aplicaciones multidispositivo. En particular, se resaltan dos aspectos importantes dentro de esta área.

El primero es un estándar desarrollado para la autoría de contenidos, independiente del dispositivo de acceso (DIAL, 2010). El segundo está enfocado en los trabajos relacionados con las representaciones explícitas del diseño. Éstas servirían para ser utilizadas en lugar de las referencias implícitas en el lenguaje de marcado. La idea es proporcionar un mecanismo efectivo que permita la completa separación entre contenido y presentación. Entre otras opciones, se ha considerado extender las especificaciones de Cascading Style Sheets (CSS2) y (CSS3) para recoger este tipo de representación del estilo independiente del dispositivo, pero aún se encuentra en estado de desarrollo.

Por su parte, DIAL no es un lenguaje nuevo como tal sino que se fundamenta en especificaciones existentes y emergentes de la W3C: (XHTML), (Xforms) y (DISelect).

DIAL tiene como objetivo asistir a los autores/desarrolladores en los desafíos que surgen durante la creación de sitios y aplicaciones con soporte a entornos independientes del dispositivo. Desafíos que los autores comúnmente hacen frente

durante la construcción de sitios/aplicaciones que pueden ser accedidos por usuarios a través de una gran variedad de dispositivos con diferentes capacidades.

Esto se consigue permitiendo a los autores declarar “propósitos de creación” (authorial intent) que hacen referencia a las condiciones bajo las cuales el contenido debería ser elegido o filtrado. En el siguiente ejemplo, el autor desea que los usuarios que se subscriben al servicio reciban una presentación “especial” del contenido (el video HW\_movie\_portrait.mov) mientras que el resto recibirá una presentación normal (la imagen HW\_image.jpg).

```
...
<sel:select>
<!-- check if the requesting user is a subscriber-->
<sel:when expr="dcn:search('userSubscriptionStatus') = premium">
  <!-- if so select this movie -->
  <object sel:selid="HelloWorldMovie" src="HW_movie_portrait.mov"/>
</sel:when>
<sel:otherwise>
  <!-- if not send an image instead -->
  <object sel:selid="HelloWorldMovie" src="HW_image.jpg"/>
</sel:otherwise>
</sel:select>
...
```

## SMIL - Synchronized Multimedia Integration Language

SMIL se constituye como el lenguaje de integración de multimedia sincronizado. Desarrollado por la W3C desde 1998, este lenguaje permite integrar un amplio conjunto de objetos multimedia independientes, dentro de una presentación multimedia sincronizada. A través de SMIL un autor puede:

- describir el comportamiento temporal de la presentación.
- describir la distribución de los elementos en la pantalla.
- crear hiperenlaces con objetos multimedia.

Basado en XML, permite a los desarrolladores mezclar distintos medios para ser presentados y sincronizados unos con otros. Fácil de utilizar, posee una integración completa con HTML y JavaScript que lo convierte en una potente herramienta para desarrolladores de entornos multimedia.

## **Ontología para el repositorio de contenidos (MAS-SHAAD)**

En Mérida (2007) se presenta un generador dinámico de contenidos para la adaptación en sistemas hipermedia. El mismo fue diseñado a través de una estructura modular que puede escalarse fácilmente a fin de considerar otras variables de adaptación.

El generador consta esencialmente de dos partes (Figura 4):

- un repositorio de contenidos que almacena los elementos atomizados que conforman la página web.
- un montador de contenidos que, con la ayuda de hojas de estilo CSS, permite obtener los contenidos del repositorio adaptados.

El repositorio está formado por dos elementos de software: un repositorio de instancias RDF y una base de datos relacional para indexar y almacenar los contenidos binarios.

Para los objetos que conforman las páginas web se define una ontología que describe los metadatos y la estructura que tendrán los datos a gestionar (textos de diferentes idiomas y diferentes extensiones, imágenes de diferentes resoluciones, sonidos en diferentes calidades, etc.).

Una vez obtenidos y seleccionados los contenidos dinámicamente, el montador de contenidos, utilizando hojas de estilo CSS (para darles un estilo de apariencia) transforma los objetos atomizados en contenidos XHTML y obtiene de esta forma la página web adaptada a las características del usuario final.

En este trabajo se consideraron solamente las preferencias del usuario y las características del dispositivo de acceso, pero representa una buena alternativa para el tratamiento en tiempo real de los objetos considerados durante la adaptación de contenidos.

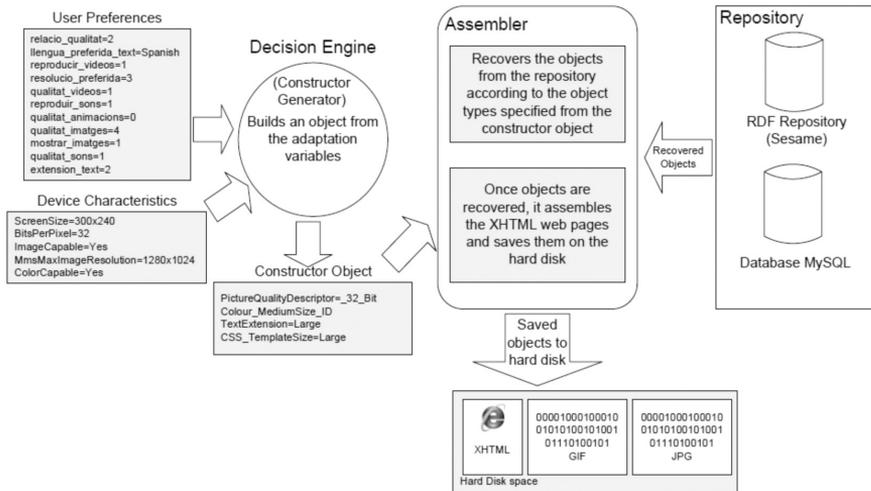


Figura 4. Generador Dinámico de Contenidos

Esta implementación fue integrada posteriormente en su totalidad dentro del sistema multiagente implementado en MAS-SHAAD (Mérida, 2007).

## MAS-SHAAD

En los capítulos anteriores hemos visto diferentes técnicas surgidas a partir de estándares propuestos a través de grupos de trabajo de la W3C (tales como DIWG, UWAWG, CC/PP WG), OMA, WAP Forum, etc. todas ellas tendientes a definir modos de representación del heterogéneo contexto de entrega existente. Sin embargo, otras propuestas han utilizado agentes inteligentes o sistemas multiagentes para solucionar este problema. Estas alternativas, solas o en combinación con otras técnicas, se han planteado como otro recurso para en los entornos heterogéneos entregar al usuario páginas web adaptadas a sus necesidades, preferencias u otras consideraciones de su contexto de entrega.

MAS-SHAAD (Merida, 2007) es una implementación multiagente del modelo SHAAD (Merida, 2002). En la figura 5 se presenta un esquema general de cómo se plantea el proceso de adaptación en el modelo SHAAD.

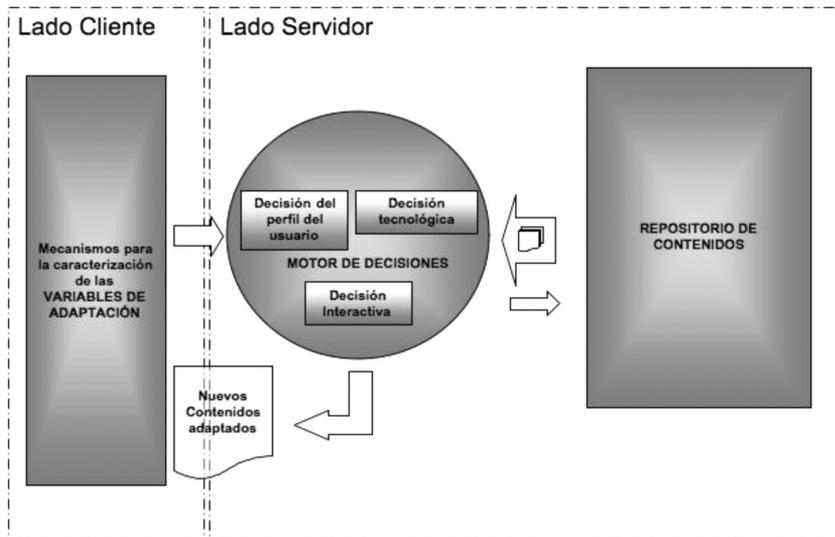


Figura 5. Modelo General de Adaptación de SHAAD

En el lado del cliente se realiza una caracterización de las variables de adaptación a ser consideradas; y del lado del servidor se encuentran localizados dos elementos: por una parte, el motor de decisiones que soporta la toma de la decisión de adaptación; y, por otra parte, el repositorio de contenidos, desde el cual se escogerá un subconjunto de esos contenidos que serán mostrados al usuario de acuerdo a su perfil.

MAS-SHAAD en particular está construido sobre la plataforma de JADE y utiliza CC/PP para almacenar en el Modelo de Usuario las características del dispositivo de acceso. Los clientes pueden especificar sus características haciendo referencia al perfil estándar accesible al servidor, o pueden expandir dicho perfil agregando nuevas características.

Entre el cliente y el servidor HTTP se establece una capa de comunicación suplementaria formada por el sistema de agentes que nos proporciona JADE. Estos agentes se distribuyen entre los diferentes tipos de nodos existentes de la siguiente manera (Figura 6):

- **Nodo cliente** (o usuario del sistema): solicita los contenidos y los recibe del servidor web a través del protocolo HTTP. Contiene un agente denominado “agente gestor cliente” que permite al cliente establecer los valores de las

variables necesarias para realizar la adaptación, obtener las características tecnológicas del dispositivo de acceso, obtener un identificador para el cliente y registrarlo antes de que utilice el sistema.

- **Nodo servidor web:** contiene un conjunto de agentes (“agente servlet”, “agente decisor” y “agente constructor”) que recogen los valores de las variables de adaptación recopiladas por el “agente gestor cliente” y las utilizan para construir, a partir de los contenidos almacenados en el mismo servidor, las respuestas adaptadas a las necesidades del cliente. El “agente servlet” realiza el enlace entre el servlet y la plataforma de agentes del servidor web. El “agente decisor” evalúa los datos sobre el cliente que le son proporcionados y determina como debe ser la respuesta que se le debe entregar. Finalmente, el “agente constructor” recibe las indicaciones del “agente decisor” y construye la página web que le será entregada al cliente.
- **Nodo servidor de identificación y registro:** contiene un agente denominado “agente generador de identificadores” que proporciona un identificador único a cada “agente gestor cliente”.

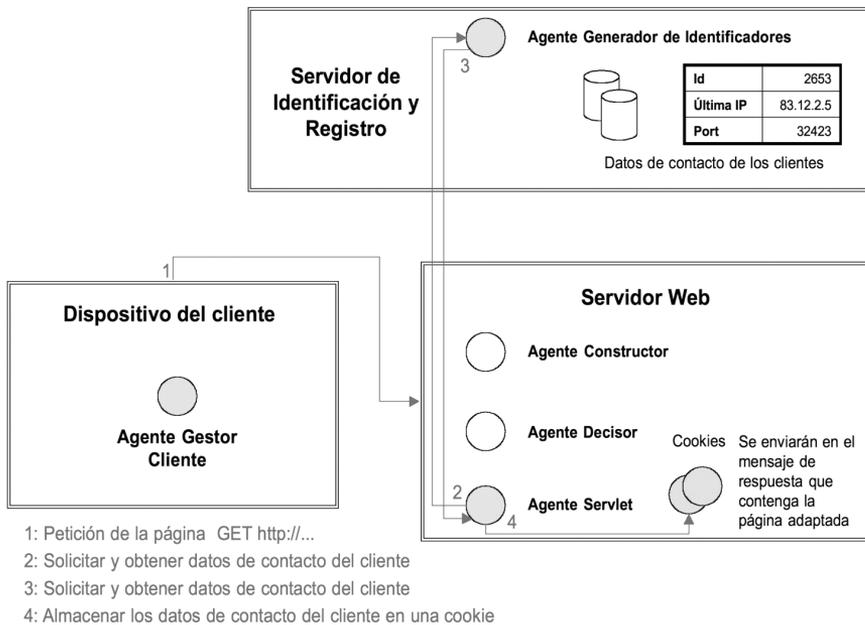


Figura 6. Arquitectura modular MAS-SHAAD

De manera resumida, el comportamiento general del sistema es el siguiente. El usuario debe registrarse antes de realizar la petición HTTP al servidor web. Una vez registrado, el sistema verifica las preferencias del usuario, obtiene sus datos y establece la comunicación con la plataforma del agente cliente. Establecida la comunicación, el agente servlet obtiene las características tecnológicas del dispositivo de acceso, ya sea consultando el repositorio de dispositivos administrado por el mismo servidor, o a través de la URL especificada por el fabricante para recuperar los datos CC/PP. Posteriormente recupera los datos y los carga en el repositorio.

Con todos estos datos, prepara los parámetros que serán pasados al agente constructor, que es el responsable de la generación de la página web para el usuario. Si por alguna razón estos datos no estuviesen disponibles, no se considerará ningún dato para ejecutar la adaptación.

## **CONCLUSIONES**

Hemos recorrido a lo largo de este trabajo un abanico sesgado de propuestas existentes en el campo de los sistemas heterogéneos, enfocados a solventar el problema del contexto de entrega.

Propuestas dirigidas a solventar el problema de la caracterización del cliente en términos genéricos, con el fin de poder utilizar tal información para generar una entrega adecuada de contenidos que tenga en cuenta tal caracterización.

Así, hemos visto cómo la propuesta basada en CC/PP se ofrece como una solución viable para caracterizar el dispositivo de acceso y las preferencias del usuario. Modelo sobre el que se sustentan UAProf y posteriormente WURFL.

Así también, se ha resaltado la importancia de los lenguajes de etiquetado (tales como WML, DIAL y SMIL), planteados como herramientas útiles para los desarrolladores durante la generación de contenidos.

Finalmente, hemos presentado la propuesta de MAS-SHAAD basada en una plataforma multi-agente que en combinación con CC/PP pone de manifiesto la importante sinergia obtenida en una propuesta de modelado en tiempo real.

Es de nuestro interés actual avanzar en el desarrollo de aproximaciones que permitan realizar procesos de adaptación considerando no solo el dispositivo de acceso de los usuarios, sino ampliar la visión del contexto considerando variables

como su localización espacial, el ambiente físico en el que se encuentra, las condiciones especiales de acceso identificadas, entre ellas la discapacidades físicas, las dificultades de aprendizaje, deficiencias en las funciones ejecutivas, así como la caracterización de las tecnologías asistivas a las que haya lugar.

## NOTAS

1. La “World Wide Web Consortium (W3C)” es un comunidad internacional cuyo trabajo está enfocado en el desarrollo de estándares para la Web. Liderado por su creador Tim Berners-Lee y su CEO Jeffrey Jaffe, la misión de la W3C está enfocada en la obtención del pleno potencial existente en la Web. Más información en <http://www.w3.org/>
2. El grupo de trabajo de la DIGW (Device Independence Working Group) se forma para continuar con los trabajos de la CC/PP WG (Composite Capabilities/Preference Profile Working Group - <http://www.w3.org/Mobile/CCPP/Historic-CCPP1>). Actualmente estos trabajos han sido delegados en el grupo de trabajo UWAWG (Ubiquitous Web Applications Working Group) de la W3C.
3. OMA (Open Mobil Alliance) es la organización líder en el desarrollo de estándares abiertos para la industria de telefonía móvil. Más información en <http://www.openmobilealliance.org/>
4. WAP (Wireless Application Protocol) es un estándar abierto y global con el fin de potenciar a los usuarios de dispositivos inhalámbricos, acceder e interactuar fácil e instantáneamente con la información y los servicios web. El organismo que se encarga de desarrollar el estándar WAP fue originalmente el WAP Forum, fundado por cuatro empresas del sector de las comunicaciones móviles, Sony-Ericsson, Nokia, Motorola y Openwave (originalmente Unwired Planet). Desde 2002 el WAP Forum es parte de la Open Mobile Alliance (OMA).
5. [http://w3development.de/rdf/uaprof\\_repository/](http://w3development.de/rdf/uaprof_repository/)
6. SourceForge.net es el sitio web de desarrollo de software de código libre y abierto más grande del mundo. Más información: <http://sourceforge.net/>
7. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por proyecto A2UNA@ [TIN2008-06862-Co4-02/TSI]. Con el apoyo del programa Alban, Programa de Becas de Alto Nivel de la Unión Europea para América Latina, beca No. E06D103680CO.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J.; Ford, K.; Richards, J.; Spellman, J. (2010). W3C. User Agent Accessibility Guidelines (UAAG) 2.0. W3C Working Draft. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/UAAG20/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Axelsson, J.; Birbeck, M.; Dubinko, M.; Epperson, B.; Ishikawa, M.; McCarron, S.; Navarro, A.; Pemberton, S. (2006). W3C. XHTML™ 2.0. W3C Working Draft. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2006/WD-xhtml2-20060726>. (consulta 2010, 24 de abril).
- Bos, B.; Çelik, T.; Hickson, I.; Wium Lie, H. (2009). Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification. W3C Candidate Recommendation.

- [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/CR-CSS2-20090908> (consulta 2010, 24 de abril).
- Bos, B.; Etemad, E. J.; Kemper, B. (2009). CSS Backgrounds and Borders Module Level 3. W3C Candidate Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/CR-css3-background-20091217> (consulta 2010, 24 de abril).
- Boyer, J. M. (2009). W3C XForms 1.1. W3C Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-xforms-20091020/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Brusilovsky, P.; Millán, E. (2007). User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. The Adaptive Web, LNCS 4321. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag. (3 – 53).
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hipermedia. User Modelling and User-Adapted Interaction 11. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. (87-110).
- Bugaj, S.; Bulterman, D.; Butterfield, B.; Chang, W.; Fouquet, G.; Gran, C.; Hakkinen, M.; Hardman, L.; Hoddie, P.; Hofrichter, K.; Hoschka, P.; Jansen, J.; Kersch, G.; Lanphier, R.; Layaída, N.; Leif, S.; Mullender, S.; Pillet, D.; Rao, A.; Rutledge, L.; Soquet, P.; Kate, W.; Ossenbruggen, J.; Vernick, M.; Yu, L. (1998). W3C Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/1998/REC-smil-19980615> (consulta 2010, 24 de abril).
- Bulterman, D.; Jansen, J.; Cesar, P.; Mullender, S.; Hyche, E.; DeMeglio, M.; Quint, J.; Kawamura, H.; Weck, D.; García Pañeda, D.; Melendi, D.; Cruz-Lara, S.; Hanclik, M.; Zucker, D.; Michel, T. (2008). W3C. Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 3.0). W3C Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-SMIL3-20081201/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Butler, M. H. (2006). DELI: A Delivery Context Library For CC/PP and UAProf. HP Labs. [en línea] Disponible en: <http://delicon.sourceforge.net/deliOverview.html> (consulta 2010, 24 de abril).
- Cantera Fonseca, J. M.; Lewis, R. (2009). Delivery Context Ontology. W3C Working Draft. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/WD-dcontextology-20090616/> [consulta 2010, 24 de abril].
- Chisholm, W.; Vanderheiden, G.; Jacobs, I. (1999). W3C. Web Content Accessibility Guidelines 1.0. W3C Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505> (consulta 2010, 24 de abril).
- De Bra, P. (1999). Design Issues in Adaptive Web-Site Development. Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modelling on the WWW.
- Delivery Context: Interfaces (DCI) Accessing Static and Dynamic Properties. Device Independence Working Group. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/2001/di/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Device Independence. Access to a Unified Web from Any Device in Any Context by Anyone. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/2001/di/> (consulta 2010, 24 de abril).
- DIAL Part 0: Primer. Device Independent Authoring Language. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-overview-20091027/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Fielding, R.; Irvine, U. C.; Gettys, J.; Mogul, J.; Frystyk, H.; Masinter, L.; Leach, P.; Berners-Lee, T. (1999). Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. W3C – RFC2616. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>. (consulta 2010, 24 de abril).

- JTelecom Italia. (2000). JADE [en línea] Disponible en: <http://jade.tilab.com/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Kiss, C. (2007). Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structure and Vocabularies 2.0. W3C Working Draft. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2007/WD-CCPP-struct-vocab2-20070430> (consulta 2010, 24 de abril).
- Klyne, G.; Reynolds, F.; Woodrow, C.; Ohto, H.; Hjelm, J.; Butler, M. H.; Tran, L. (2004). Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structure and Vocabularies 1.0. W3C Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-CCPP-struct-vocab-20040115/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Lewis, R.; Merrick, R.; Froumentin, M. (2007). Content Selection for Device Independence (DISelect) 1.0. W3C Candidate Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2007/CR-cselelection-20070725/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Manola, F.; Miller, E. (2004). W3C. RDF Primer. W3C Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-primer-20040210/> (consulta 2010, 24 de abril).
- McGuinness, D. L.; Van Harmelen, F. (2004). OWL Web Ontology Language. W3C Recommendation. 10 February 2004. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Mérida, D.; Fabregat, R. (2002). SHAAD: sistema hipermedia adaptable, adaptativo y dinámico para la entrega de contenidos hipermedia. Proceedings of JENUI 2002. Cáceres, España.
- Mérida, D.; Baldiris, S.; Fabregat, R.; Velez, J.; Huerva, D. (2007). A User Model that incorporates characteristics of Access Devices in MAS-SHAAD. UM'07-Workshop Towards User Modelling and Adaptive Systems for All (TUMAS-A).
- Mérida, D.; Fabregat, R.; Prat, X.; Huerva, D.; Velez, J. (2008). Dynamic Content Generator for Adaptation in Hypermedia Systems. 5th. Int. Conf. on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH2008), LNCS 5149, Volumen 5149, Hannover. (320-323).
- Nielsen, H.; Leach, P.; Lawrence, S. (2000). HTTP Extension Framework. W3C RFC2774. [en línea] Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2774.txt>. (consulta 2010, 24 de abril).
- Oppermann, R. (1994). Introduction. Adaptive User Support. En: Oppermann R. Lawrence Erlbaum. Associates, Hillsdale, New Jersey, (1-13).
- Oppermann, R.; Rashev, R.; Kinshuk. (1997). Adaptability and Adaptativity in Learning Systems. Knowledge Transfer, Volume II, Ed. A. Behrooz. (173-179).
- OWL 2 (2009). Web Ontology Language. W3C Recommendation.
- Passani, L. WURFL Open Source Project. [en línea] Disponible en: <http://wurfl.sourceforge.net/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Smith, K. (2006). W3C Working Draft. 10 October 2006. Vodafone Group. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2006/WD-dial-primer-20061010/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Smith, K. (2007). Device Independent Authoring Language (DIAL). W3C Working Draft. Vodafone Group [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2007/WD-dial-20070727/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Tarek F.; Abdelzaher, T.; Bhatti, N. (1999). Web Content Adaptation to Improve Server Overload Behavior. The 8th International World Wide Web Conference, Toronto, Ontario, Canada.
- Ubiquitous Web Applications Working

- Group. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/2007/uwa/> (consulta 2010, 24 de abril).
- User Agent Profile specification. [en línea] Disponible en: <http://www.openmobilealliance.org/tech/affiliates/wap/wap-248-uaprof-20011020-a.pdf> (consulta 2010, 24 de abril).
- W3C. Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification.
- Waters, K.; Hosn, R. A.; Raggett, D.; Sathish, S.; Womer, M.; Froumentin, M.; Lewis, R.; Rosenblatt, K. (2007). Delivery Context: Client Interfaces (DCCI) 1.0. Accessing Static and Dynamic Delivery Context Properties. W3C Candidate Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2007/CR-DPF-20071221/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Waters, K.; Raggett, R. A. D.; Sathish, S.; Womer, M.; Froumentin M. (2006). W3C Candidate Recommendation. [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2006/CR-DPF-20061019> (consulta 2010, 24 de abril).
- Web Accessibility Initiative (WAI). [en línea] Disponible en: <http://www.w3.org/WAI/> (consulta 2010, 24 de abril).
- Wireless Application Protocol Forum (2000). Wireless Application Protocol Wireless Markup Language Specification Version 1.3. [en línea] Disponible en: <http://www.openmobilealliance.org/tech/affiliates/wap/wap-191-wml-20000219-a.pdf>. (consulta 2010, 24 de abril).
- Wireless Application Protocol Forum (2001). Wireless Markup Language Version 2.0. [en línea] Disponible en: <http://www.openmobilealliance.org/tech/affiliates/wap/wap-238-wml-20010911-a.pdf>. (consulta 2010, 24 de abril).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Ramón Fabregat** Ingeniero en Informática por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), España. Ph.D en Ingeniería Industrial por la Universidad de Girona en 1998. Profesor del departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores e investigador del Instituto de Informática y Aplicaciones de la Universidad de Girona (España). Es miembro del grupo de Comunicaciones y Sistemas Distribuidos (BCDS) de la UdG y responsable del laboratorio de Sistemas Hipermedia Adaptativos.

E-mail: [ramon.fabregat@udg.edu](mailto:ramon.fabregat@udg.edu)

**David Mérida** Ingeniero Industrial y DEA en Tecnologías de la Información por la Universidad de Girona. Ha sido profesor del departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores durante varios años. Es miembro del grupo de Comunicaciones y Sistemas Distribuidos (BCDS) del Instituto de Informática y Aplicaciones de la UdG. Actualmente trabaja en SPAMINA como responsable del Área de Comunicaciones.

E-mail: [dmerida@eia.udg.edu](mailto:dmerida@eia.udg.edu)

**Silvia Baldiris** Ingeniera de Sistemas e Industrial de la Universidad Industrial de Santander - UIS – Colombia. Magíster en Informática Industrial y Automática de la Universidad de Girona y PhD student del programa de doctorado en Tecnología de la Universitat de Girona. Sus intereses de investigación están en los campos del modelado de usuario, la gestión del conocimiento y desarrollo de Plataformas de Educación Virtual Inteligentes.

E-mail: [baldiris@eia.udg.edu](mailto:baldiris@eia.udg.edu)

#### DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Grupo de Investigación BCDS  
Broadband Communications and Distributed Systems  
Universitat de Girona  
Edificio P-IV, Campus Montilivi  
17071-Girona, España

**Fecha de recepción del artículo:** 15/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 17/07/10



## **ACCESIBILIDAD A LOS CONTENIDOS EDUCATIVOS AUDIOVISUALES: NUEVAS TECNOLOGÍAS CON FORMATOS CONTENEDORES**

(CONTAINER FORMATS AS A NEW TECHNOLOGICAL MEAN FOR IMPROVING ACCESIBILITY IN AUDIOVISUAL LEARNING RESOURCES)

Covadonga Rodrigo San Juan

José Luis Delgado Leal

Teresa Sastre Toral

*Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)*

### **RESUMEN**

Uno de los principales objetivos de la metodología de enseñanza a distancia es precisamente posibilitar el acceso a estudios a personas que por sus circunstancias personales no habrían podido conseguirlos, como son las personas que tienen dificultades especiales para acceder a la enseñanza presencial. En el caso concreto del uso de medios educativos a través de Internet es evidente que la presentación de la información on-line ofrece muchas ventajas frente al papel. Es evidente que la innovación en el uso de la gestión de contenidos educativos y los formatos de especificación, logrando el mayor nivel de accesibilidad de los mismos, es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de la enseñanza a distancia en el momento actual. Este artículo muestra los avances que se pueden lograr con el uso de formatos contenedores para los recursos multimedia accesibles, lo cual redundará en una mejora de los actuales procesos de producción, distribución y mantenimiento de los contenidos y escenarios educativos, así como amortizar el esfuerzo realizado asegurando la mayor reutilización e interoperabilidad de los mismos.

**Palabras clave:** recursos multimedia accesibles, formatos contenedores, códec de video y audio, subtítulo, streaming en internet.

### **ABSTRACT**

One of the main objectives of distance learning methodology is just providing access to studies to people who are not able to get access to face-to-face course delivery, such as people with disabilities. The use of educational media through the Internet offers clearly many advantages over traditional text based materials. For example, people with visual impairments can increase the font size on the screen, easily improve the contrast of the image, change colors, etc. Therefore, computers allow people with

disabilities to perform activities that would have been much more difficult with traditional technology and enables them to access services previously closed to them. Therefore innovation in the management of accessible educational content and new formats or specifications achieving the highest level of accessibility is nowadays one of the most important aspects for the development of distance learning. This article demonstrates the progress that can be achieved using container formats for multimedia resources, resulting in an improvement of existing production processes, distribution, and maintenance ensuring their reusability and interoperability.

**Keywords:** accessible multimedia learning resources, multimedia container format, codecs for video and audio, subtitling, video and audio streaming.

El acceso a la tecnología de los sistemas de información es vital para las personas con discapacidad. Cada discapacidad está condicionada por diversos factores personales y sociales: grado de deficiencia, nivel cultural, formación académica, situación económica, relaciones personales y laborales, ambiente familiar, hábitos de vida, actitudes, actividades de ocio, deportivas, culturales, etc., y todos estos factores, en su conjunto, afectan a la persona y a su forma de actuar. Por ello, el modelo de tratamiento más adecuado en la actualidad sobre la discapacidad es precisamente el modelo social, basado en el supuesto fundamental de que las causas que originan la discapacidad no son individuales (como enfatizaría un modelo rehabilitador), sino preponderantemente sociales. De esta forma, se considera que no sólo son las limitaciones personales individuales las raíces del problema, sino más bien las limitaciones que tiene la sociedad para prestar los servicios apropiados y para asegurar adecuadamente que las necesidades de las personas con discapacidad sean tenidas en cuenta dentro de la organización social.

En este contexto, es un hecho probado que las nuevas tecnologías y, en particular, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) aportan dimensiones hasta ahora inalcanzables al colectivo de discapacitados. En general, suplen la gran mayoría de sus carencias y potencian sus capacidades, lo que les dota de mayor autonomía e independencia. Así, consiguen romper su aislamiento y falta de comunicación, favoreciendo su integración familiar y social, redundando todo ello en una mejora de su estado anímico y autoafirmación personal, e incrementando en definitiva, su calidad de vida.

El campo de las Tecnologías de la Rehabilitación constituye un sector tecnológico multidisciplinar orientado a la búsqueda de soluciones en el campo de la accesibilidad integral. Es un sector que busca soluciones técnicas para el

conjunto de la población y especialmente para aquellas personas que, por una o varias limitaciones funcionales, ven reducidas sus posibilidades de participación en la vida social y económica. Este sector propone dos estrategias diferentes de intervención que, a su vez, son complementarias:

- el desarrollo de ayudas técnicas, dispositivos y sistemas diseñados específicamente para personas con discapacidad o personas mayores.
- la mejora de la accesibilidad en el diseño del entorno de uso general y de los productos y servicios de consumo general.

Estas ideas se enmarcan dentro de la segunda estrategia, en la que el término Diseño Para Todos (Design for All - Universal Design) hace alusión a una filosofía que promueve que los productos y los servicios deben estar diseñados para todos los usuarios (Asís, 2007). Esto supone ir más allá del diseño tradicional, en el que el producto se basaba en la media del sector de población al que iba destinado, y prever ahora las necesidades concretas que pueda tener cada persona.

## **LA ATENCIÓN A LOS ALUMNOS CON DISCAPACIDAD DESDE LA ENSEÑANZA A DISTANCIA**

La universidad a distancia surgió hace más de treinta y siete años con el principal objetivo de posibilitar el acceso a estudios superiores a personas que por sus circunstancias personales, lugar de residencia o trabajo, no habrían podido conseguirlos. Por este motivo se escogió una metodología de enseñanza mixta a distancia (blended learning), con centros de apoyo desplegados por todo el territorio nacional. Hoy en día se combinan metodologías presenciales con otras metodologías que incluyen el uso de plataformas educativas de eLearning a través de internet (con materiales en formato electrónico, foros, chats, etc.) y el acceso off-line a todo tipo de recursos educativos (guías didácticas, CD ROMs y DVD multimedia, etc) (García-Aretio, 2007).

Por lo tanto, la metodología semi-presencial está especialmente diseñada para aquellas personas que:

- Necesitan o desean libertad para decidir sus horarios de estudio.
- Necesitan compatibilizar el estudio con su trabajo y sus responsabilidades personales.

- Necesitan tener una segunda oportunidad para acceder a una formación universitaria.
- Viven lejos de un centro universitario.
- Desean actualizar su formación cultural y/o profesional.
- Quieren simultanear sus estudios.
- Tienen dificultades especiales para acceder a la enseñanza presencial.

Pero la realidad muestra que sólo el 2% de los estudiantes españoles que tienen alguna discapacidad accede a la universidad. La UNED, que siempre ha tenido como principal objetivo garantizar la igualdad de oportunidad para todos sus estudiantes, tiene matriculados el 45% de los alumnos con discapacidad que realizan estudios superiores en España. Por ello, es en este momento la universidad española que cuenta con más alumnos matriculados con discapacidad, superando la cifra de 4.200 en el curso actual.

Uno de los principales objetivos de la metodología de enseñanza a distancia es, precisamente, posibilitar el acceso a estudios a personas que, por sus circunstancias personales, no podrían conseguirlo de otro modo, como por ejemplo aquellas personas que tienen dificultades especiales para acceder a la enseñanza presencial. En el caso concreto del uso de medios educativos a través de internet (plataformas eLearning, repositorios de recursos educativos, etc.), es evidente que la obtención y manejo de información en formato digital (on-line) ofrece muchas ventajas frente al formato tradicional en papel. Así, por ejemplo, las personas con dificultades visuales pueden conseguir, de manera fácil e inmediata, el aumento del tamaño de la letra en pantalla, o la mejora del contraste del texto modificando de manera simple los colores de las fuentes y del fondo. Por lo tanto, el uso de ordenadores (o lo que es lo mismo, el tratamiento digital de la información) permite a los discapacitados realizar actividades que, en otras circunstancias, habrían resultado impensables o notablemente mucho más arduas, posibilitándoles así el acceso a toda una serie de servicios que con anterioridad les estaban vedados.

Quizás, también debido a su propia idiosincrasia como la única universidad a distancia de carácter público y con un alumnado trabajador en su mayoría y geográficamente muy disperso, la UNED se ha visto forzada siempre en ser pionera en el uso de sistemas audiovisuales y multimedia (García-Aretio et al, 2007). De esta forma, en 1974 se comenzó la producción de cursos de radio, que se siguen emitiendo en la actualidad a través de RNE Radio 3; y, en 1995, se inició la emisión de programas en La 2 TVE. En ese mismo año, la UNED entró también en internet con su primer portal web propio.

Además de lo expuesto hasta ahora y refiriéndonos al marco universitario, el Espacio Europeo de Educación Superior ha venido a proponer un cambio sustancial en la forma de impartir la docencia universitaria (Sánchez et al, 2006), hecho que afecta también a la renovación de la producción de los recursos educativos. Es evidente que la innovación en el uso y gestión de contenidos educativos y los formatos de especificación de los mismos está logrando un mayor nivel de accesibilidad de los mismos, siendo este punto uno de los aspectos más importantes en lo que a desarrollo actual de la enseñanza a distancia se refiere.

Por lo tanto, este artículo muestra los avances que se pueden lograr en este ámbito con el objetivo, renovando el marco tecnológico con el uso de formatos contenedores para los recursos multimedia, lo cual redundará en una mejora de los actuales procesos de producción, distribución, y mantenimiento de los contenidos y escenarios educativos (Pascual et al, 2005) así como amortizar el esfuerzo realizado asegurando la mayor reutilización e interoperabilidad (Cacheiro et al, 2007) de los mismos. La accesibilidad se presenta lógicamente como un valor añadido que redundará en beneficio de todos a través de la aplicación de las pautas del Diseño para Todos y el Diseño Centrado en el Usuario.

El hecho de aplicar las técnicas del diseño para todos en la disposición, organización y distribución de contenidos a través de internet, hace que el beneficio sea global, puesto que la calidad de contenidos y servicios se uniformiza para el conjunto de los usuarios. De esta forma, además, se garantizan los mismos estándares de calidad para todos los estudiantes, incluidas las particularidades exigidas por los alumnos con discapacidad. El hecho de incrementar el nivel de accesibilidad a dichos recursos educativos redundará en una mejora del servicio global y de la calidad de la atención que reciben todos los estudiantes.

## **IMPACTO DE LOS CONTENIDOS AUDIOVISUALES ACCESIBLES EN LA UNIVERSIDAD A DISTANCIA**

Al evidente aumento del uso de las tecnologías de la información, como internet; se une la introducción rápida de nuevos elementos, como son los contenidos audiovisuales. En un principio, los contenidos en la Web eran, en su mayoría, textuales, a los que se fueron incorporando imágenes y poco a poco una gran cantidad de contenidos multimedia. Es poco frecuente, hoy en día, encontrar sitios en internet que no integren audio, vídeo, presentaciones animadas, etc. En este sentido, un factor impulsor ha sido precisamente la beneficiosa aplicación de

este tipo de contenidos en el ámbito de la educación para favorecer el aprendizaje activo o la tendencia hacia la denominada Web 2.0, donde la mayoría de lugares se basan en colecciones de recursos visuales y audiovisuales compartidos (como Flickr o Youtube).

Pero la introducción de contenidos audiovisuales en las páginas web (y por similitud en las plataformas de eLearning) añade una nueva dificultad a los requerimientos de accesibilidad, ya que se incluyen nuevos elementos que amplían la brecha digital, y no sólo para las personas con discapacidad. Cada día es más frecuente no poder acceder a un vídeo, por no tener el programa o el códec determinado para interpretar cada nuevo formato.

En el contexto académico, los materiales audiovisuales en web se han convertido en herramientas de apoyo, complemento para ofrecer contenidos dentro del sistema de enseñanza a distancia (Cacheiro et al, 2006). Los profesores incluyen cada vez más material de este tipo en sus clases (multimedia, videos, audio, presentaciones, etc.) y se utiliza el medio Internet bien como complemento (apuntes, notas, mail, etc.), o como medio de publicación de contenidos; parte, a través del medio presencial, y, parte, a través de internet (Canabal Barreiro et al, 2007).

Por ello, es vital trabajar en la mejora directa de los recursos didácticos incluidos en los cursos virtuales que se muestran a través de las plataformas en Internet, ya que operan de la misma forma que las páginas web (Read et al, 2003). Será necesario poner especial énfasis en su adaptación y en conseguir la mejora de su utilización por parte del colectivo de alumnos con discapacidad. Los formatos multimedia basados en contenidos audiovisuales creativos con una alta calidad técnica de imágenes y sonidos y, por otro lado, los servicios interactivos que posibilitan la participación y comunicación de sus audiencias facilitan la accesibilidad para las personas con capacidades físicas reducidas y los convierte en usuarios activos del aprendizaje.

Los elementos principales (según su nivel de interactividad) de los objetivos a conseguir para cada módulo de conocimiento son los siguientes (ver Tabla 1) (Rodrigo et al, 2009):

- La incorporación de vídeo-orientaciones y radio-orientaciones en todos los módulos.

- La incorporación de vídeos con orientaciones temáticas mediante grabaciones de video o videoconferencias interactivas (Read et al, 2009).
- La elaboración de elementos multimedia (tipo Flash multimedia interactivos) que muestren y/o expliquen partes específicas del temario, para facilitar su comprensión con audio y subtitolado.

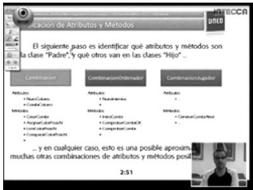
Módulo	Tipología	Recurso Educativo
Presentación	Video-presentación de los contenidos de la asignatura	
	Radio orientaciones generales de la asignatura	 ORIENTACIONES.mp3
Módulo de contenidos	Animación Flash donde se muestran las diferentes partes hardware de un ordenador	
Práctica obligatoria	Grabación de una videoclase interactiva a través de videoconferencia (indicaciones del tutor)	

Tabla 1. Ejemplos de recursos educativos multimedia utilizados en una asignatura de la UNED

Pero a la hora de utilizar internet, como medio de comunicación para publicar contenidos multimedia accesibles de formato audiovisual, es necesario tener en cuenta diversos aspectos:

- Tecnológicos: como, por ejemplo, los agentes de usuario que deben posibilitar el acceso a la información, la tecnología para desarrollar y editar los recursos (aplicaciones software accesibles), herramientas de autor que faciliten la producción de materiales accesibles o la adaptación de los ya producidos.
- Ayudas técnicas o tecnología de la rehabilitación: es otro elemento a tener en cuenta. Cuando un usuario accede a un recurso disponible en internet puede acceder directamente o tener que utilizar algún dispositivo (hardware o software) específico: lector de pantalla, ratón especializado, teclado virtual, lupa, etc.
- Metodologías inclusivas y estándares educativos existentes: en este sentido se pueden mencionar los lenguajes de marcado XML (Weixin, 2003), la utilización de metadatos que proporcionen la adaptabilidad de contenidos según perfiles de usuario (Delgado et al, 2010b), especificaciones formales para la integración multimedia sincronizada, etc.

Y para conseguir el nivel de accesibilidad mínimo requerido en los recursos educativos multimedia se tienen en cuenta tres grandes aspectos:

- Hacer el contenido accesible en sí mismo: en este sentido, se añaden locuciones, contenidos alternativos en la forma de subtítulos, audiodescripción,... siempre procurando también satisfacer aspectos básicos de usabilidad gráfica y visual, y respetando tipos y tamaños de letra más accesibles, niveles óptimos de contraste, etc.
- Posibilitar y asegurar el acceso al contenido: los recursos son accesibles desde las plataformas de eLearning en internet y los basados en vídeo incluso se pueden descargar a través de streaming.
- Interacción intuitiva en el acceso a usuario: los recursos educativos se disponen organizados en colecciones afines en páginas web ad-hoc (Delgado et al 2009), con información acerca del nivel de interactividad, tipo y duración del contenido, etc.



Figura 1. Recursos multimedia de la UNED subtítulos en castellano

Por lo tanto, el objetivo debe ser siempre el de elaborar nuevos recursos educativos con alto componente audiovisual y, por otro, adaptar otro conjunto de contenidos ya existentes en la UNED (figura 1) según las características de acceso, contexto de uso y tipo de aprendizaje. En este sentido, todos los recursos que integren vídeo y que sean de nueva creación deberán ser construidos teniendo en cuenta aspectos básicos de accesibilidad visual/auditiva, lo que incluye:

- Procurar que los colores de los objetos contrasten bien con el color de fondo de la pantalla (Tercedor et al, 2006).
- Utilizar textos simples y explicativos, con tamaños de letra grandes y tipos legibles.
- Algunos objetos aumentan su tamaño al pasar el puntero del ratón por encima de ellos.
- Respecto de las video-orientaciones grabadas con herramientas de videoconferencia interactiva, la adaptación consistirá en un proceso de transcripción seguido de subtítulo.

En cuanto a la adaptabilidad básica que deberá ser realizada en los contenidos ya existentes, el trabajo se centra en los siguientes aspectos:

- Dependiendo del tipo de recurso, en los recursos multimedia interactivos habrá que asociar locuciones a los objetos que aparecen y que se escucharán al recibir el foco mediante teclado o ratón.

- Igualmente, será necesario incorporar audio-descripciones, por ejemplo, en los recursos multimedia interactivos que describen un proceso/procedimiento o elementos tipo capturas de movimientos en pantalla, que muestran al alumno la secuenciación de pasos necesarios para completar una cierta actividad.
- Definir un camino específico de navegación (dentro de los recursos multimedia interactivos) generando el código necesario para implementar este manejo exclusivamente con el uso del teclado.
- Utilizar herramientas afines como los Paneles de Accesibilidad, etc. para definir propiedades sobre los distintos objetos, como el nombre o la descripción, que utilizarán los lectores de pantalla, así como especificar el orden de tabulación de la pantalla.

### **USO DE LAS AUDIO-DESCRIPCIONES Y SUBTITULADOS COMO MEJORA A LA ACCESIBILIDAD EN LOS RECURSOS MULTIMEDIA**

A pesar de los crecientes esfuerzos por aumentar la accesibilidad para las personas con discapacidad, aún existen muchos contenidos audiovisuales que no están subtítulos ni audiodescritos.

Uno de los objetivos principales son las audio-descripciones, no sólo como producto de interés para los discapacitados visuales (aunque sean los principales destinatarios), sino para el público en general. Además de ser un producto de entretenimiento general, estas adaptaciones pueden servir de gran ayuda a otros colectivos, como las personas con necesidades cognitivas o de comprensión más específicas, personas de la tercera edad, niños, etc. En cuanto a las posibilidades de audición de estos elementos de audio-descripción en cualquier entorno, la preferencia común en cualquier persona es escucharla a través de un dispositivo MP3, radio o CD. Asimismo, se valora muy positivamente la posibilidad de poder escuchar audio-descripciones mientras se viaja, en el coche o en las salas de espera (Hidalgo, 2006).

Otro objetivo es lógicamente la introducción del subtítulo dentro de los recursos multimedia (Paniagua, 2008). En este aspecto, existen dos tipos de subtítulos:

- Subtítulos abiertos (“open captions”) son aquellos que van incluidos en el vídeo y se visualizan sincronizados con la imagen todo el tiempo.

- Subtítulos cerrados (“closed captions”) que necesitan ser decodificados y pueden ser mostrados o no en función de las necesidades de los usuarios.

La inclusión de subtítulos cerrados dentro de los contenidos audiovisuales de la web requiere utilizar formatos determinados que sean interpretados por el programa visualizador. En la actualidad, YouTube y Google Video dan soporte a varios formatos de subtítulos cerrados en los contenidos que publican.

Dentro de los distintos tipos de formatos, queremos destacar el SSA/ASS (Substation Alpha) ya que es uno de los formatos de subtítulos más avanzado.

Tiene dos ventajas principales por sobre los demás formatos de subtítulos:

- La primera es que el SSA es un archivo de texto (con extensión propia), por lo que no es necesario instalar ningún programa especial para editarlo: se puede abrir con editores de texto como el bloc de notas, hacer la edición necesaria y guardar con la extensión \*.ssa. Existe asimismo la posibilidad de ejercer búsquedas semánticas sobre estos ficheros con la consiguiente ventaja en su potencial uso dentro de la denominada Web 2.0 o Web Semántica.
- La segunda ventaja es que el formato fue desarrollado de tal forma que se puedan agregar comandos en un futuro sin perder compatibilidad con las versiones antiguas (las versiones antiguas “ignoran” los nuevos comandos).

Estas ventajas han logrado que rápidamente el formato SSA de subtitulado tenga una amplia popularidad entre los expertos. Pero otro formato bastante utilizado por su sencillez es el SRT, también se puede editar con el bloc de notas, y consta de sólo cuatro partes: el número que indica la secuencia, el tiempo en que el subtítulo aparece en pantalla y cuando desaparece, el subtítulo en sí mismo y una línea en blanco indicando el empeece del nuevo subtítulo.

Para posibilitar la inclusión de este tipo de mejoras de accesibilidad en los recursos educativos se han encontrado los formatos contenedores cuya definición se muestra en el siguiente epígrafe.

## **FORMATOS CONTENEDORES MULTIMEDIA**

Un contenedor multimedia es un tipo de formato de archivo abierto que almacena información de vídeo y audio, incluyendo información accesoria como

subtítulos, capítulos, metadatos e incluso información de sincronización siguiendo una especificación determinada. Las pistas de vídeo y audio suelen ir comprimidas y se descomprimen en tiempo de reproducción a través de los distintos códecs utilizados dentro de cada contenedor. Por lo tanto, en el momento de crear un contenedor, hay que producir en primer lugar la codificación de las pistas, las cuales son posteriormente “unidas” de forma multiplexada siguiendo un patrón típico de cada formato.

Al reproducir un archivo se activa, en primer lugar, un divisor (splitter) especializado, el cual conoce el patrón del contenedor y “separa” las pistas de audio y vídeo multiplexadas. Una vez separadas, cada pista es interpretada adecuadamente por el decodificador y reproducida. Por tanto, no sólo es necesario conocer el formato del contenedor para poder separar las pistas, sino que también es necesario poder decodificarlas y para ello es imprescindible que el reproductor cuente con los decodificadores necesarios para reproducir distintos formatos de audio y vídeo, ya que de lo contrario la información no puede ser interpretada de forma correcta. Por último, en aquellos contenedores, en los que exista más de una pista, deberá ser el propio usuario el que seleccione la pista concreta que quiere reproducir.

Actualmente, y como se mostrará en el siguiente apartado, formatos contenedores hay muchos y con características propias bien definidas. Igual que un archivo ZIP (compresión) puede contener cualquier tipo de fichero en su interior, los formatos contenedores de vídeo, en principio, sólo definen cómo almacenar “cosas” dentro de ellos. Un fichero contenedor está compuesto habitualmente de múltiples pistas: una de vídeo (sin sonido), una o más de sonido (sin vídeo), una o más de subtítulos, y así sucesivamente. Normalmente estas pistas están relacionadas, ya que tienen que reproducirse de forma sincronizada. Por ello, las pistas de sonido contienen marcadores (etiquetas) para ayudar a sincronizarse con el vídeo que le corresponde, así como las pistas de subtítulos contienen las marcas de tiempo (generalmente expresadas en referencias de segundos desde el inicio del objeto) en las que mostrar cada frase.

Además, cada pista individual puede contener metadatos (Delgado et al, 2010a) que serán apropiados a cada tipo de archivo: la proporción visual en una pista de vídeo, el idioma de una pista de sonido o de subtítulos, etc. Pero los propios archivos contenedores también pueden tener sus propios metadatos (el título del vídeo, imágenes de la cubierta, números de episodio, etc.) lo cual los hace ser muy útiles para ejercer búsquedas semánticas sobre dicho contenido y así poder refinar su recuperación cuando se encuentran almacenados en grandes bases de datos (Nack et al, 2004).

Para terminar este epígrafe, cabe destacar la diferencia entre dos conceptos: el códec y el contenedor. Como se ha explicado anteriormente, un contenedor actúa, de manera general, como un “recipiente” en el que se permite almacenar diferentes tipos de información (audio, vídeo, metadatos, información relacionada con el subtítulo, etc.). Este concepto no tiene nada que ver con el de códec, que simplemente refleja el método (algoritmo) empleado para comprimir las señales, por ejemplo, de audio y vídeo, y que con posterioridad se almacenarán en un contenedor. Esto explica que muchas veces se use de manera errónea el término “está codificado en AVI”, cuando lo que se quiere decir en verdad es que “el archivo codificado está contenido en un formato AVI”.

### CARACTERÍSTICA DE LOS CONTENEDORES MÁS POPULARES

Existe gran cantidad de formatos contenedores, tanto de audio como de vídeo. De hecho, en los últimos años, se han realizado muy populares formatos como Flash, OGG o Matroska que permiten contener igualmente archivos sonoros como archivos de vídeo. Una vez introducido el concepto de contenedor se comentan las características de los contenedores y se mencionan las principales diferencias entre ellos, de forma que se pueda evaluar su idoneidad a la hora de crear recursos educativos multimedia accesibles:

- **MPEG-4:** este formato se asocia habitualmente con archivos con extensión \*.mp4. En verdad, la norma que define el contenedor es la norma MPEG-4 - Parte 14 (aunque por simplicidad, generalmente se le nombra simplemente como MPEG-4) (Smith, 2005). Este archivo contenedor se utiliza ampliamente para distribuir vídeo y audio que cumplan el estándar MPEG-4 (por ejemplo H.264 AVC para vídeo o AAC para audio), pero también puede almacenar otro tipo de datos como subtítulos, información de capítulos e imágenes fijas. Permite asimismo realizar streaming a través de la red. La extensión asociada a los archivos que cumplen este estándar, como se comentaba arriba, es \*.mp4, pero lo cierto es que es bastante habitual encontrar archivos de audio que lleven la extensión \*.m4a, que es la extensión adoptada por Apple para la distribución de música en iTunes y su reproductor iPod. La gran mayoría de estos archivos de audio están comprimidos con el formato AAC (Advanced Audio Coding), aunque el contenedor MPEG-4 también admite compresión en MP3. También se pueden encontrar archivos de vídeo con las extensiones \*.m4v o \*.mp4v. En las pruebas realizadas con subtítulos, algunos reproductores los mostraban y otros no, además de la necesidad añadida de incrementar los códecs al reproductor para que funcione.

- **Advanced Systems Format** (anteriormente conocido como Advanced Streaming Format): diseñado por Microsoft, este contenedor permite incluir tanto audio como vídeo digital, sin especificar cómo debe ser codificado el audio o vídeo. Así, los archivos que trabajan con este contenedor pueden usar casi cualquier códec disponible, tanto para el audio como para el vídeo, si bien es cierto que Microsoft suele emplear como códec de vídeo MPEG-4. Las extensiones típicas que se emplean con el contenedor ASF son \*.wma (Windows Media Audio, archivos que contienen exclusivamente audio) o \*.wmv (Windows Media Video, archivos que contienen vídeo y adicionalmente audio).
- **Flash Video:** es un formato contenedor desarrollado por Adobe y que habitualmente se representa mediante las extensiones \*.flv o \*.f4v. Este formato contenedor sólo incluye vídeo basado en píxeles (rasterizados), no admitiendo gráficos vectoriales y no permitiendo la interactividad. Hay varios códecs que se emplean a la hora de codificar el audio y vídeo contenido en un archivo Flash Video. Así, típicamente, los archivos con extensión \*.flv suelen codificar el audio en formato MP3 y el vídeo con el códec Sorenson Spark o On2 VP6. Los archivos F4V, por contra, normalmente contienen datos de vídeo codificados mediante un códec de vídeo H.264 (MPEG-4 Parte 10) y el AAC (Advanced Audio Coding) para audio.
- **Matroska:** es un formato de contenedor estándar de código abierto que permite contener un conjunto ilimitado de vídeo, audio, imagen o pistas de subtítulos en un único archivo. Se creó con la intención de ser un formato universal de almacenamiento de contenidos multimedia comunes, pero siendo totalmente abierto (de hecho, la mayoría de las implementaciones existentes están realizadas en base a software de código abierto). Generalmente el formato Matroska se asocia con la extensión \*.mkv, que contiene vídeo (con subtítulos y audio), pero también se emplean las extensiones \*.mka para archivos que sólo contienen audio, y \*.mks para los que contienen exclusivamente subtítulos.
- **Ogg:** al igual que ocurría con el formato anterior, Matroska, Ogg es un formato de contenedor estándar abierto. Ogg puede contener datos comprimidos (o sin comprimir), permitiendo la interpolación de los datos de audio y vídeo dentro de un único formato. Respecto a los códecs que utiliza, en un principio trabajó con Vorbis (códec de audio) aunque ya se han añadido otros códecs compatibles con el contenedor como son: Theora (video), FLAC (audio), Speed (audio). Además de encapsulación y de intercalar varias secuencias de datos, Ogg proporciona elaboración de tramas de paquetes y detección de errores. Ogg es un contenedor

orientado al streaming, lo que significa que se puede escribir y leer en una sola pasada, por lo que es adecuado para su uso en streaming por internet. Esta orientación hacia las descargas en tiempo real es la mayor diferencia en su diseño sobre otros formatos contenedores basados-en-archivo. Los archivos terminados en la extensión \*.ogg pueden contener tanto audio como vídeo, aunque existe la recomendación de renombrarlos con la extensión \*.oga para audio y \*.ogv para vídeo.

- **Audio Video Interleave:** habitualmente conocido como AVI, es un formato contenedor de audio y vídeo que es propiedad de Microsoft y que fue lanzado en 1992 dentro de la tecnología Video for Windows. Permite almacenar simultáneamente un flujo de datos de vídeo con uno o varios flujos de audio. No se establece en la norma el formato concreto de los flujos de datos, porque para su reproducción/interpretación se emplean programas externos (códecs) que permiten la descompresión correspondiente. Entre los códecs mayoritariamente empleados están DivX y X-Vid. Sin embargo este entorno no soporta ya muchas de las nuevas características que ofrecen los formatos de compresión de audio y vídeo hoy en día, como las codificaciones VBR (Variable Bitrate audio) y VFR (Variable Framerate video). Por tanto, aunque AVI fue extendido en su momento con otro estándar adicional llamado 'Open DML AVI' todavía se mantienen muchas de sus limitaciones como puede ser el tamaño máximo para ficheros de 2 GB. No soporta tampoco el uso de metadatos de vídeo (tiene incluso problemas de compatibilidad con numerosos códecs existentes actualmente en el mercado). En la actualidad resulta un formato muy pesado aunque el resultado sea de muy buena calidad y no admite la inclusión de subtítulos. Generalmente los archivos de este contenedor están representados por la extensión \*.avi.

Con las definiciones que se han dado de los diferentes contenedores puede parecer inicialmente que todos los contenedores mostrados arriba cumplen con la misma función y sirven para "más o menos" lo mismo. En origen, esto es cierto. Lo que ya no es cierto es que cumplan su función del mismo modo. Así, el hecho de que unos formatos admitan unos algoritmos de compresión u otros define, por un lado, el tamaño del archivo resultante, y por otro, de manera colateral (en función de las posibles pérdidas que tenga el algoritmo de codificación), la calidad del vídeo y/o audio resultante.

En la actualidad, el formato probablemente más extendido es AVI de Microsoft. El hecho de que el sistema operativo Windows sea el más extendido dentro del sector de los ordenadores personales ha incidido que se genere esta situación. Si

bien son numerosas las carencias que presenta este contenedor, desde el punto de vista técnico y que hicieron que en su momento se pensase en una “muerte” no muy lejana en el tiempo del mismo, no es menos cierto que casi veinte años después de su definición el formato de contenedor siga siendo muy popular. Pero en los últimos años se está viendo una tendencia cambiante. Así, el hecho de que en 2009 apareciera DivX 7, versión que permitía el uso de Matroska como contenedor, ha permitido que en el mercado empiecen a aparecer diferentes productos (software y hardware) que empiezan a usar de manera intensiva el nuevo formato contenedor. De hecho, a partir de la aparición de DivX 7, todo nuevo reproductor multimedia que se precie incluye ya soporte para Matroska.

Respecto al tema de la codificación que se emplea, tradicionalmente formatos de contenedores determinados han ido asociados con formatos de codificación concretos. Así, los binomios MPEG-4 – Parte 14 / MPEG-4 – Parte 10 o AVI / DivX o X-Vid han sido, hasta hace poco tiempo, los formatos mayormente empleados y a gran distancia de los restantes. La aparición de formatos contenedores como Matroska presentan una gran ventaja: no existe limitación (inicialmente) entre el formato contenedor y el sistema de codificación. Así, la aparición futura de nuevos formatos de compresión con mejor calidad y mayor relación de ahorro de espacio permite ser adoptada por el contenedor “libre” frente a las otras opciones rígidas en las que no es posible romper la relación contenedor / códec empleado. Actualmente, Matroska, por ejemplo, es capaz de albergar de forma nativa todos los formatos en un Blu-ray, a pesar de que utiliza códecs que no existían ni siquiera cuando nació el formato Matroska.

Otro tema importante es la información adicional admitida en el contenedor. La posibilidad de albergar subtítulos, por ejemplo, representa una ventaja importante con los presentes contenedores respecto a los anteriores. En el caso de AVI, se admiten estos de forma muy parca (es típico disponer de un doble archivo para poder ver un vídeo subtítulado: el correspondiente \*.avi, con el audio y vídeo, y el \*.srt conteniendo el subtítulado junto con la información de sincronización) y no son reconocidos por muchos reproductores. En este grupo de información adicional también se puede incluir la búsqueda mejorada (seeking, que evita que al cambiar de posición el video se desincronice o se congele), la reducción de la tolerancia a errores, menor overhead (peso añadido al archivo) y, por ejemplo, en un futuro, está prevista la implementación de otras funcionalidades como los menús.

Y por último, es importante hacer referencia a la capacidad de streaming del contenedor y su uso para la transmisión de contenido multimedia bajo demanda a

través de internet. Matroska es un formato que, al igual que Flash Video, permite vídeo en tiempo real mientras es descargado a través de internet. Esto tiene una gran importancia dado el estado actual de internet, donde estas aplicaciones ganan poco a poco terreno entre los usuarios. La principal ventaja que aporta Matroska en este caso es, como se comentó con anterioridad, la posibilidad de usar diferentes codificaciones que reduzcan el tamaño de la información a ser transmitida y, con ello, se reduzca también el ancho de banda necesario para una correcta visualización del vídeo y/o audio.

Si se tuviera que elegir un contenedor por su gran calidad en streaming, posiblemente Ogg debería ser el formato escogido. Pero, debido a que este contenedor, se utilizaba en un principio sólo para audio, Matroska es en este momento, un contenedor más adecuado para cumplir los requisitos de accesibilidad por su alta aceptación de distintos formatos de vídeo y audio. Además, desde el ámbito de la accesibilidad es importante resaltar el alto grado de usabilidad de la herramienta de multiplexado asociada - denominada mkvMergue GUI - interfaz que resalta por lo fácil e intuitiva que es, lo cual permite crear recursos de aprendizaje de una forma muy sencilla a cualquier persona, sin requerir destrezas profesionales en el montaje de videos educativos.

## **CONTENEDOR MULTIMEDIA MATROSKA**

La comparativa presentada en el epígrafe anterior demuestra que el formato contenedor multimedia Matroska es, probablemente, uno de los más apropiados para la realización de recursos educativos multimedia con un alto grado de accesibilidad.

Como se ha mencionado, Matroska es un contenedor de archivo informático estándar de código abierto, semejante a un archivo informático que puede contener un número ilimitado de vídeo, audio, imagen o pistas de subtítulos dentro del mismo archivo. En origen, la denominación Matroska está inspirada en la muñeca rusa del mismo nombre porque alberga en su interior más muñecas de menor tamaño. Su intención es la de servir como un formato universal para el almacenamiento de contenidos multimedia utilizados comúnmente, incluso películas o programas de televisión. Como ya se ha comentado, la extensión \*.MKV se utiliza para vídeo (con subtítulos y audio) , \*.MKA para archivos de audio y, por último, \*.MKS sólo para subtítulos.

Una ventaja de Matroska, que es importante resaltar, es que su formato es totalmente abierto como lo son la mayoría de sus implementaciones, que también

son OpenSource. Como indicativo de que este contenedor se va abriendo espacio en el mercado audiovisual, la propia compañía Divx anunció, en enero del 2009, ofrecer su apoyo al formato Matroska para su nuevo producto multimedia Divx 7. Por lo tanto, este formato ha sido diseñado pensando en una futura ampliación (a diferencia de la estrategia seguida por AVI) y por ello los desarrolladores se han basado en el uso de lenguajes de marcado, como EBML (Extensible Binary Meta Language) - extensión binaria simplificada de XML- con el propósito de almacenar y manipular datos de forma jerárquica con campos de longitud variable. El uso de este lenguaje les aporta una serie de ventajas, incluyendo la posibilidad de ampliar el propio formato, que puede durar varias décadas ya que se podrá ir adecuando a las novedades que vayan apareciendo.

De esta forma, se ha desarrollado un sistema de menús similares a los del DVD basado en EBML, un conjunto de herramientas para la creación y edición de este tipo de archivos contenedores, se han puesto en marcha una serie de filtros DirectShow para la reproducción y creación de ficheros Matroska en el sistema operativo Windows, etc.

A continuación se resumen las capacidades del contenedor Matroska que son muy interesantes para su uso, como se podrá comprobar posteriormente, en el desarrollo de formatos accesibles:

- Dispone de una o varias pistas de vídeo, alternativas, o programadas para reproducir una después de otra (permite unir vídeos sin perder calidad).
- Puede almacenar una o varias pistas de audio alternativas.
- Existe la posibilidad de tener Audio y Video en VBR (BitRate Variable).
- Existe la posibilidad de insertar varios subtítulos, incluyendo formatos SSA/ASS (Substation Alpha) con funciones avanzadas.
- Se pueden guardar varios capítulos en un mismo fichero.
- Existe la posibilidad de insertar menús.
- El streaming se realiza en tiempo real mientras se descarga a través de internet.
- La búsqueda está mejorada, respecto a otros formatos, ya que al cambiar de posición el vídeo no se desincroniza ni congela.
- Posee mejor tolerancia a errores respecto a AVI.
- Los archivos son más ligeros.
- Existe la facilidad para añadir extensiones futuras gracias al uso del lenguaje EBML.
- Existe la posibilidad de añadir archivos de cualquier tipo.

- Existe la posibilidad de empotrar una imagen en el contenedor como muestra del contenido.
- Tiene soporte para etiquetas.

## **FORMATO CONTENEDOR MATROSKA**

El formato contenedor Matroska, como se ha comentado, es uno de los más versátiles debido a que la mayoría de los reproductores permiten el uso de dicho formato. De hecho, y dada la aceptación que va teniendo en el mercado, cabe la posibilidad de que pronto se convierta en un estándar.

A continuación se presenta un ejemplo utilizando un recurso educativo multimedia, un vídeo en el que se tratan de los problemas y las posibles soluciones a los efectos del cambio climático. Con este vídeo, del que se cuenta además con su audio, tanto en castellano como en inglés, y con sus subtítulos (castellano, inglés y francés), se muestra la posibilidad de compartir recursos educativos audiovisuales que incluyan el mayor nivel de accesibilidad, en un formato que se pueda reproducir de forma correcta, sin tener que añadir nuevos códecs o que sólo se visualice parte de su contenido, como sería por ejemplo, ver sólo el vídeo y el audio pero no los subtítulos.

Para crear vídeos con dichos contenidos se ha utilizado la herramienta mkvMerge GUI, que permite, de forma fácil e intuitiva, ir añadiendo todas los elementos (una o varias pistas de vídeo si fueran necesarias, los distintos ficheros de audio y los subtítulos) del vídeo contenedor (ver figura 2). También permite definir algunos parámetros de cada fichero que introducidos, en un principio, los más sencillos son el nombre del fichero y su idioma, pero se pueden establecer otros parámetros más específicos como las dimensiones con que el usuario visualizará el vídeo.

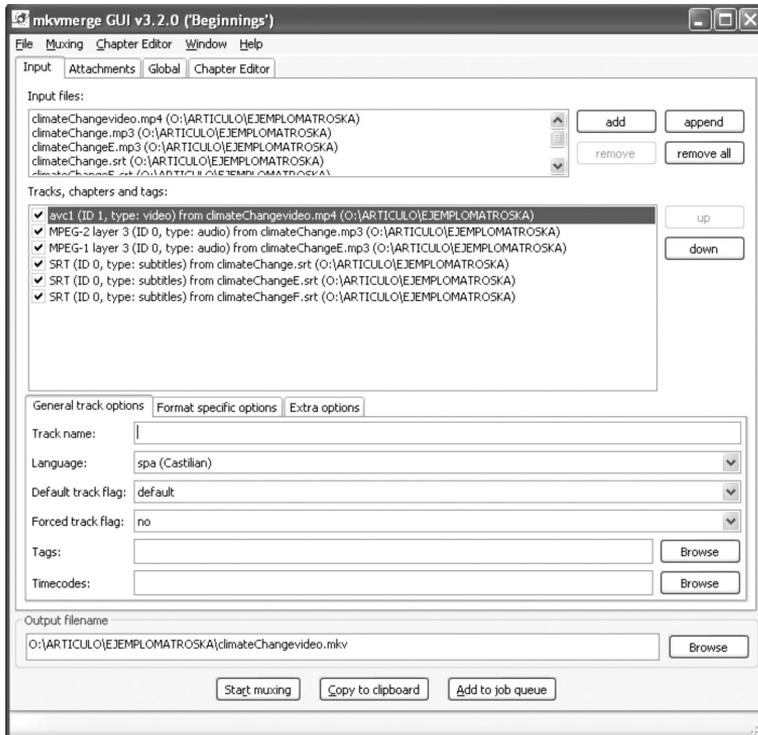


Figura 2. Ejemplo de inserción de nuevos elementos con la herramienta mkvmerge

Una vez añadidos todos los ficheros que van a formar parte de nuestro contenedor, el conjunto se multiplexa y se convierte en un único fichero que contiene todos los elementos (Figura 3).

Para poder visualizar dicho fichero existen, como ya se ha comentado, numerosos reproductores (como VLC) que permiten la reproducción del vídeo pudiendo escoger el audio, elección de subtítulos y por supuesto, el idioma de éstos. En la figura 4 se muestra una imagen congelada del vídeo en la que se aprecian los subtítulos en castellano y en inglés, logrando por lo tanto, recursos multilingües además de accesibles.

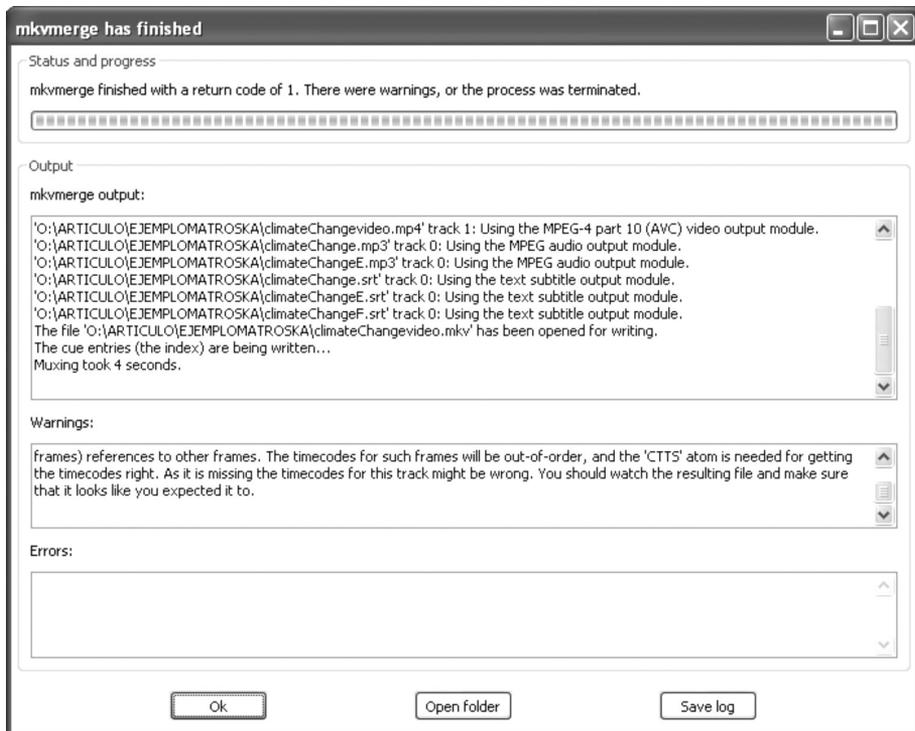


Figura 3. Procedimiento de multiplexado de elementos del formato Matroska



Figura 4. Subtitulados en castellano y en inglés

## CONCLUSIONES

En el marco universitario europeo, el Espacio Europeo de Educación Superior ha venido a proponer un cambio sustancial en la forma de impartir la docencia universitaria y eso afecta también a la renovación en la producción de los recursos educativos. Es evidente que la innovación, en el uso de la gestión de contenidos educativos y los formatos de especificación, logrando el mayor nivel de accesibilidad de los mismos es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de la enseñanza a distancia en el momento actual.

Este artículo muestra los avances que se pueden lograr, en este ámbito, con el objetivo de renovar el marco tecnológico, con el uso de formatos contenedores para los recursos multimedia; ello redundará en una mejora de los actuales procesos de producción, distribución, y mantenimiento de los contenidos y escenarios educativos así como amortiza el esfuerzo realizado asegurando la mayor reutilización e interoperabilidad de los mismos. La accesibilidad se presenta, lógicamente, como un valor añadido que redundará en beneficio de todos a través de la aplicación de las pautas del “diseño para todos”.

## NOTAS

1. El nacimiento del modelo social data de las demandas realizadas en Estados Unidos y en el Reino Unido por las propias personas con discapacidad, durante las décadas sesenta y setenta del siglo XX.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asís, R. (2007). Sobre el concepto de accesibilidad universal. Accesibilidad a los medios audiovisuales para personas con discapacidad. AMADIS'06 ISBN:978-84-692-2811-1.
- Cacheiro, M. L.; Rodrigo, C.; Laherran, G.; Olmo, A. (2006). Open and Distance Learning Methodologies in Higher Education Proceedings of the Annual Meeting of European Association of Distance Teaching Universities (EADTU). Tallinn, Estonia.
- Cacheiro, M. L.; Rodrigo, C.; Rodríguez-Artacho, M. (2007). e-ReInAc: E-Learning: Reusabilidad, Interoperabilidad y Accesibilidad: Aspectos tecnopedagógicos. InproceedingsoftheIADIS2007 Conference, Vila Real, Portugal.
- Canabal Barreiro, J. M.; Sarasa Cabezuelo, A. (2007) Agrega – Plataforma de Objetos Digitales Educativos. IV Simposio Multidisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos. Bilbao. [en línea] Disponible en <http://spdece07.ehu.es/actas/Canabal.pdf> (consulta 2010, 15 de Abril).
- Delgado, J. L.; Sastre, T.; Rodrigo, C.; Sama, V. (2009). Diseño de un Perfil de

- Aplicación para Repositorio Multimedia Accesible. IV Congreso de Accesibilidad a los medios audiovisuales para personas con discapacidad AMADIS 09.
- Delgado, J. L.; Rodrigo, C. (2010). Perfiles de aplicación multimedia basados en estándares: un caso concreto para la UNED. *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, Vol. 14 – Número 47. [en línea] Disponible en: <http://erevista.aepia.org/index.php/ia/article/view/636> (consulta 2010, 15 de Abril).
- Delgado, J. L.; Sastre T.; Rodrigo, C. (2010). Escenarios pedagógicos sobre el perfil de aplicación UNED-LOM-es/MPEG-7: un ejemplo práctico. CAFVIR'2010. Alcalá de Henares.
- Hidalgo, M. (2006). Las preferencias de los usuarios de audiodescripciones. I Congreso de Accesibilidad a los medios audiovisuales para personas con discapacidad AMADIS 06.
- García Aretio, L. (2007). La Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España. RIED - Revista Iberoamericana de Educación a Distancia. Loja – Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja Eds., Vol. 9, 2007, (17-51).
- García Aretio, L. (Coord.); Ruíz Corbella, M.; Domínguez Figaredo, D. (2007). De la educación a distancia a la educación virtual. Barcelona: Ariel, (303).
- Pascual, M.; Minguillón, J. (2005). Opera-Learning: Integración de estándares de distribución de contenidos multimedia y learning objects. RED. Revista de Educación a Distancia, número monográfico V. [en línea] Disponible en <http://www.um.es/ead/red/M5> (consulta 2010, 15 de Abril).
- Nack, F.; Van Ossenbruggen, J.; Hardman, L. (2004). That Obscure Object of Desire: Multimedia Metadata on the Web, Part 2. IEEE MultiMedia, vol. 11, no. 1, (38-48).
- Smith, J. R. (2005). What's New with MPEG? IEEE MultiMedia, vol. 12, no. 4, Oct.–Dec. 2005, (16-17).
- Paniagua, F.; García, A.; López, J. L.; González, I. (2008). Tecnologías de subtítulos de recursos audiovisuales para su publicación en Internet. III Congreso de Accesibilidad a los medios audiovisuales para personas con discapacidad AMADIS 08.
- Read, T.; Verdejo, F.; Barros, B. (2003). Incorporating interoperability into a distributed eLearning system. Proc. ED-MEDIA 2003 (Association for the Advancement of Computing in Education; AACE), Hawaii.
- Read, T.; Pastor R.; Ros, S.; Rodrigo, C.; Hernández, R. (2009). The UNED ICT Architecture for “Virtual Attendance” Proc. 23rd ICDE World Conference on Open and Distance Learning. Holland: Maastricht.
- Rodrigo, C.; Delgado, J. L. (2009). Java-XML Innova, un acercamiento al EEES desde Ingeniería Informática. En: Santamaría Lancho, M.; Sánchez-Elvira Paniagua, A. (Coords). La UNED ante el EEES. Redes de Investigación en Innovación Docente 2006-2007. Madrid: UNED (397-410).
- Sánchez, F.; Cruz, J. L.; Fernández, A.; López, D. (2006). Cómo diseñar una asignatura del EEES: de los objetivos formativos a la metodología y los contenidos. JENU12006.
- Tercedor, M. I.; Lara, P.; Herrador D.; Márquez I.; Márquez L. (2006). “¿Subtitulamos para todos? Propuesta de criterios para una subtítulos accesible”. I Congreso de Accesibilidad a los medios audiovisuales para personas con discapacidad AMADIS 06.
- Weixin, Y. (2003). XML, MPEG-7 and component technology in e-learning tool development”. Int. J. of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning 13(1/2) (171-179).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Covadonga Rodrigo San Juan** es Profesora del Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos y Vicerrectora Adjunta de Tecnologías en los Centros Asociados de la UNED. Desde el año 1999, en que empezó a trabajar en el ámbito universitario, ha mostrado una preocupación y motivación constante hacia el uso e incorporación de las nuevas tecnologías de la informática y las comunicaciones en su actividad docente, concretando su investigación en el desarrollo de marcos tecnológicos de producción de contenidos educativos para entornos de e-aprendizaje, con el objetivo de mejorar la reutilización, interoperabilidad y accesibilidad de los materiales.

E-mail: [covadonga@lsi.uned.es](mailto:covadonga@lsi.uned.es)

**José Luis Delgado Leal** es Profesor Asociado en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos y desarrolla su tesis acerca de la interoperabilidad de plataformas educativas y la estandarización de los recursos educativos y su integración en las plataformas actuales de la UNED (webCT y aLF). Ingeniero en Informática, actualmente imparte las asignaturas de Fundamentos de la Informática (primer ciclo) y Sistemas de Gestión de Bases de Datos. Tiene experiencia como tutor en el centro asociado de Madrid-LasRozas así como más de 5 años de experiencia como profesor en la Universidad presencial.

E-mail: [jdelgado@lsi.uned.es](mailto:jdelgado@lsi.uned.es)

**Teresa Sastre Toral** es profesora de informática en los Ciclos Formativos de Formación Profesional de la CAM. Anteriormente, trabajó como profesora ayudante en el departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Escuela Técnica Superior de Informática de la UNED. Licenciada en Informática y diplomada en Turismo, actualmente está terminando los estudios del DEA relacionados con la posibilidad de utilizar recursos multimedia accesibles multilingües con un propósito educacional. Tiene experiencia de 6 años impartiendo clases como tutora en el centro asociado de Madrid - Las Rozas.

E-mail: [tsastre@madrid.uned.es](mailto:tsastre@madrid.uned.es)

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Departamento de Lenguajes  
y Sistemas Informáticos  
E.T.S.I. Informática  
C/. Juan del Rosal, 16 - 28040 –  
MADRID, España

**Fecha de recepción del artículo:** 15/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 25/08/10



## **APOYO ADAPTATIVO BASADO EN IMS-LD Y ESTRATEGIAS PSICO-EDUCATIVAS PARA LA FAMILIARIZACIÓN DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD CON SU ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE**

(ADAPTATIVE SUPPORT BASED ON IMS-LD AND PSYCHOEDUCATIONAL STRATEGIES FOR STUDENTS FAMILIARIZATION WITH THE VIRTUAL LEARNING ENVIROMENT)

Elena del Campo

Mar Saneiro

*Psychobiotechnomedicine Research Group. Evolution and Educational Psychology Dept., UNED (España)*

Manuel F. Montecelo

Emmanuelle Raffenne

Alejandro Rodriguez-Ascaso

Olga C. Santos

Jesus G. Boticario

*Grupo de Investigación aDeNu, Departamento de Inteligencia Artificial, ETSI Informática, UNED (España)*

### **RESUMEN**

Este trabajo se enmarca en las investigaciones realizadas en los proyectos EU4ALL (IST-2006-034778) y A2UN@ (TIN2008-06862-Co4-01/TSI y TIN2008-06862-Co4-00/TSI) centrados en el soporte a instituciones de Educación Superior en las actividades que deben llevarse a cabo para garantizar la participación de alumnos con discapacidad. Tanto la accesibilidad como la usabilidad de los contenidos y actividades académicas a desarrollar en el ámbito de los estudios superiores son temas abordados en las etapas de la investigación. Desde una perspectiva inclusiva que considere las necesidades específicas del estudiante se han desarrollado diseños instruccionales que tienen en cuenta distintos tipos de estudiantes, que presentan diferentes necesidades de apoyo, utilizando estándares tecnológicos educativos como la especificación IMS-LD (Instructional Management System- Learning Design) e implementándola a través del soporte proporcionado por la plataforma aprendizaje dotLRN. Dichos diseños se convierten entonces en unidades de aprendizaje ejecutadas por la plataforma en las que se adaptan recursos, contenidos y flujos de aprendizaje a las características y necesidades específicas de los estudiantes con discapacidad y/o dificultades de aprendizaje en Enseñanza Superior (dislexias, deficientes auditivos, problemas atencionales, etc.). En el diseño de actividades, contenidos y recursos se integran estrategias de aprendizaje dirigidas a mejorar las competencias del usuario para conseguir atender sus necesidades de forma interactiva, a través de distintos caminos de aprendizaje prediseñados.

Así, la atención a la diversidad se integra con la ofrecida al resto de sus compañeros, consiguiendo resultados idóneos que pueden ser reutilizados en diferentes contextos y cursos.

**Palabras clave:** diseños instruccionales, estrategias de aprendizaje, adaptación, discapacidad, diversidad funcional.

## ABSTRACT

This work is part of the research in EU4ALL project (IST-2006-034778) and A2UN @ (TIN2008-06862-Co4-01/TSI and TIN2008-06862-Co4-00/TSI) focused on supporting institutions Higher Education in the activities to be carried out to ensure the participation of students with disabilities. Both accessibility and usability of content and academic activities to develop in the field of higher education, are issues addressed in the research stages. From an inclusive perspective that considers the needs of the student instructional designs have been developed taking into account different types of students who have different support needs, using educational technology standards such as IMS-LD (Learning Management System-Instructional Design) and implementing it through the support provided by the platform dotLRN learning. These designs are then converted into learning units implemented by the platform to suit the resources, content and learning flow characteristics and needs of students with disabilities and / or learning disabilities in Higher Education (dyslexia, hearing impaired, attentional problems, etc.). In the design of activities, content and resources are integrated learning strategies aimed at improving the skills of the user to get their needs in an interactive way, through various pre-designed learning paths. Thus, attention to diversity is integrated with that offered to other peers, achieving ideal results that can be reused in different contexts and courses.

**Keywords:** instructional design, learning strategies, adaptation, disability, functional diversity.

El apoyo psicoeducativo a estudiantes con diversidad funcional tanto a nivel físico como cognitivo es una necesidad constante a lo largo de las diferentes etapas educativas independientemente de la metodología educativa elegida. Cuando el apoyo es facilitado a través de un entorno virtual de aprendizaje, presenta características diferentes a las que encontramos cuando se produce en un entorno tradicional. La efectividad y la eficacia del mismo dependen de diferentes factores que pueden afectar el rendimiento y los resultados alcanzados por el estudiante en un entorno de estas características. Existen diversas investigaciones, como la realizada por Hasarim (2000), en la que se analiza la implicación de factores de naturaleza psicológica en el aprendizaje virtual, algunas de ellas centradas en la ansiedad relacionada con la comunicación, el manejo del tiempo, el sentimiento de estar compitiendo con otros en lugar de estar compartiendo un entorno colaborativo, etc. Swan (2000) estudia la motivación como un factor facilitador para contribuir eficazmente en una tarea de

naturaleza colaborativa, la motivación estaría además relacionada con la experiencia de interacción del usuario con el sistema, la facilidad de uso del mismo, la claridad con la que están definidos sus espacios, etc.

Es además esencial considerar que el aprendizaje en personas adultas presenta características propias que le diferencian del proceso experimentado por jóvenes y niños, ya que está afectado tanto por sus experiencias pasadas como por sus expectativas futuras (Cercone, 2008). A este fenómeno se le añade además un extra, que es la condición de diversidad funcional que presentan algunos de estos sujetos, ya que condiciones derivadas de la misma ocasionan que éstos puedan tener particularidades que afectan a las competencias necesarias para alcanzar un aprendizaje óptimo, resultándoles los contenidos y recursos inaccesibles tanto desde el punto vista físico como cognitivo.

La adaptación del entorno de aprendizaje y sus diferentes recursos y servicios a las necesidades y preferencias del usuario, requiere de la consideración por parte de los diseñadores y creadores de los contenidos educativos de: I) aquellos aspectos psicológicos del aprendizaje propios del individuo (motivación, ansiedad, autoconfianza, memoria, razonamiento, habilidades sociales y comunicativas, conocimientos previos, estilo de aprendizaje, etc.) que pueden impactar en su grado de desempeño (Martín, 2007), y II) las características propias de un entorno virtual, reseñadas por varios autores como Logan (1994), que analiza lo que denomina “usabilidad emocional”, o Hofmeester (1996), que introduce el concepto de “sensualidad de la interfaz del usuario”. Estos factores están íntimamente relacionados con la interacción entre el usuario y la tecnología y ponen de manifiesto la necesidad de que ésta se adapte a las necesidades y preferencias de los usuarios para conseguir un mayor grado de motivación, rendimiento y satisfacción en el aprendizaje a través de un entorno de estas características.

## **OBJETIVO**

El grupo de investigación aDeNu de la UNED, al que pertenecen los autores de este artículo, viene desarrollando desde hace tiempo a través de diversos proyectos de investigación, diversas actuaciones en materia de apoyo a estudiantes con discapacidad en Educación Superior. Los resultados mostrados en este artículo, se engloban dentro de una de las actividades realizadas en el ámbito de los proyectos EU4ALL y A2UN@, financiados por la Unión Europea y el Ministerio de Ciencia y Tecnología respectivamente, centrados en el desarrollo de herramientas TIC accesibles y adaptativas que consideran las necesidades de todos los estudiantes.

El objetivo fundamental de ambos proyectos es la creación de una arquitectura basada en estándares que den soporte a un entorno de aprendizaje, adaptado a la necesidades y preferencias de los usuarios con discapacidad que participan en el proceso de enseñanza y aprendizaje, que elimine o minimice las limitaciones que a menudo existen en el acceso a la arquitectura y al propio entorno de aprendizaje en el que se integran los contenidos didácticos, adaptando y mejorando su metodología de aprendizaje a través de un uso generalizado de las TIC.

En este sentido, en este documento se presenta una de las principales actividades realizadas, centrada en el desarrollo de un marco de apoyo psicoeducativo a estudiantes con diversidad funcional. En concreto, se ilustrará un desarrollo integrado en el curso “Descubriendo la plataforma”, realizado en la plataforma dotLRN (Santos et al., 2007), orientado a la familiarización del estudiante con el entorno virtual de aprendizaje y los diferentes servicios y recursos de apoyo asociados. El curso se ha implementado a través de la especificación educativa IMS Learning Design (IMS-LD) (IMS, 2003). Esta especificación ha sido elegida porque admite cualquier modelo psicoeducativo y permite describir diferentes flujos de aprendizaje manejando varios elementos (roles, actividades, entornos, recursos, propiedades, condiciones, servicios de monitorización y de notificación) (Koper & Tattersall, 2005). IMS-LD soporta ocho tipos de adaptación que pueden realizarse en el sistema e-learning, como pueden ser (Burgos et al., 2007): I) basadas en la interfaz, II) caminos de aprendizaje alternativos, III) centradas en los contenidos, IV) soporte a la resolución interactiva de problemas, V) filtrado de información, VI) orientadas a grupos de usuarios y vii) evaluación, así como cambios inmediatos requeridos durante la interacción (Van Rosmalen y Boticario, 2005). Asimismo se ha utilizado GRAIL (Gradient-lab RTE for Adaptive IMS-LD in dotLRN) desarrollado por el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Carlos III de Madrid (Escobedo et al, 2007), para testear las unidades de aprendizaje desarrolladas a través de la especificación IMS-LD. Se ha empleado GRAIL porque dotLRN es el sistema de gestión de aprendizaje donde se implementará el marco de apoyo diseñado en EU4ALL dentro del piloto de la UNED. GRAIL fue diseñado y desarrollado con el objetivo de ser utilizado dentro de una comunidad de dotLRN (p.e. usuarios compartiendo recursos, foros, calendario, etc). El curso desarrollado es una instancia de una de esas comunidades, y las unidades de aprendizaje que lo componen son uno de los recursos a los que se puede acceder a través de la comunidad de dotLRN (Fuente et al., 2007).

El trabajo presentado en este documento propone una nueva aproximación en la elaboración de diseños instruccionales adaptados a la diversidad funcional y cognitiva de los usuarios. No existen evidencias de que este apoyo se haya prestado

con anterioridad, lo que supone un valor innovador de este proyecto, ya que en el curso desarrollado, los criterios de accesibilidad y usabilidad se han considerado tanto en la estructura del mismo como en el acceso a los contenidos, actividades y recursos en él englobados.

En las siguientes secciones de este artículo se describe la metodología empleada para la implementación del diseño instruccional realizado, así como la selección y elaboración de los diferentes contenidos y recursos de apoyo.

## **DISEÑO DEL CURSO**

### **Aproximación Psicoeducativa**

La aproximación psicoeducativa que subyace tanto al diseño instruccional de los contenidos educativos como a los propios recursos de apoyo englobados en el curso, se enmarca dentro del modelo cognitivo-constructivista en el que el aprendiz tiene un rol activo en el aprendizaje, y éste es considerado como un producto tanto de sus procesos cognitivos como de los factores propios del entorno en el que éste se produce. El objetivo final es que el alumno adquiera las estrategias de aprendizaje necesarias para realizar un proceso de aprendizaje autorregulado, autónomo destinado a mejorar sus competencias y a implementar aquellas que no posee o están funcionando de forma deficitaria como consecuencia de la discapacidad que presenta (p.e. dificultades en el procesamiento de la información, problemas de memoria, razonamiento, atención, lenguaje, etc.).

Desde esta perspectiva, el primer paso a la hora de abordar la creación de un curso adaptado a las necesidades específicas del usuario, fue la identificación de aquellas estrategias psicoeducativas que el sujeto debía utilizar adecuadamente en una situación de aprendizaje, de cara a optimizar sus resultados. Estas estrategias de aprendizaje han sido agrupadas en una taxonomía elaborada por algunos coautores de este artículo a partir de la revisión de taxonomías realizadas por diversos autores y perspectivas (Bloom, et al., 1984), (Ellis, 1993), (Wood, Woloshyn, y Willoughby, 1995), (Boulet, Savoie-Zajc, Chevrier, 1996), (Johnson, Graham y Harris, 1997), (Carmel y Markovitch, 1998), (Ridley, et al., 1992) y se agrupan fundamentalmente en torno a cuatro categorías:

- Estrategias cognitivas: utilizadas por los estudiantes para adquirir, mantener y recuperar conocimiento. Dentro de esta categoría se englobarán aquellas actividades destinadas a mejorar procesos cognitivos como seleccionar, organizar y almacenar información relevante de cara a la resolución de una tarea.

- Estrategias metacognitivas: empleadas por el sujeto para “aprender a aprender”. Dentro de éstas se englobarían aquellas actuaciones destinadas a comprobar, planificar, revisar y evaluar la idoneidad del conocimiento adquirido por el aprendiz.
- Estrategias de interacción y comunicación: destinadas a regular la interacción del sujeto con otros de su entorno, facilitando el control que éste posee en situaciones en las que algunos aspectos psicológicos como son la ansiedad podrían interferir en sus habilidades de participación.
- Estrategias afectivas: que permitirían al individuo controlar las interferencias emocionales que podrían impactar en su proceso de aprendizaje, como son la necesidad de refuerzo constante, la aceptación de críticas en sentido positivo,...

Diversas investigaciones señalan la importancia de incluir estas estrategias en un programa de aprendizaje virtual (Barba, 1993 y Thornburg, 1991). Los aprendices que participaron en cursos en los que estas estrategias han sido consideradas no sólo obtuvieron mejores resultados, sino que además éstos se mantuvieron en el tiempo después de meses. De acuerdo con Merrill (1997) y Whitlock (2001) el aprendiz debe aprender a manejar estas estrategias y por tanto deben ser consideradas a lo largo de la metodología de instrucción, integrándose en las diferentes actividades académicas como son práctica, asesoramiento, comunicación, evaluación, etc. Además el aprendizaje en un entorno virtual requiere que el usuario maneje estrategias específicas como son habilidades para compartir conocimiento, para aprender a distancia, para reflexionar por sí mismo, controlar y monitorizar su proceso de aprendizaje. Precisamente estas son las habilidades que caracterizan las necesidades de un estudiante en el cada vez más imperante marco del aprendizaje permanente (Knapper y Cropley, 2000).

### **Integración de estrategias en el diseño instruccional**

El apoyo psicoeducativo en el diseño del curso se ha centrado en la inclusión de las estrategias mencionadas a lo largo del flujo de aprendizaje, generándose recursos y contenidos que permitiesen el desarrollo y la mejora de estas estrategias esenciales de cara a la adquisición de conocimientos y participación con el entorno de aprendizaje y los diferentes agentes en él involucrados.

Las adaptaciones realizadas en el curso se basan en la configuración de elementos (actividades, contenidos, servicios) en un periodo específico, para incrementar

el grado de rendimiento del alumno en un determinado dominio. Los contenidos del curso han sido diseñados considerando el criterio de reusabilidad por parte de diferentes usuarios que pueden compartir en un momento determinado las mismas necesidades psicoeducativas. De forma específica se han generado contenidos y recursos destinados a personas con déficit de atención, dislexia y déficits auditivos. Este colectivo comparte diversas dificultades tales como limitaciones en el procesamiento de la información, memoria, atención, razonamiento, elaboración y comprensión de textos, pobreza de vocabulario etc. (Lerner, 1997). Como consecuencia, estos sujetos pierden información relevante de cara a abordar las diferentes actividades académicas y sociales que se le plantean en el entorno de aprendizaje y en el mundo real.

Teniendo en cuenta esta información se elaboró el curso “Descubriendo la plataforma”. Se trata de una versión evolucionada basada en una versión anterior del citado curso, desarrollada en otro de los proyectos del grupo aDeNu, el proyecto ALPE, en que se siguió una metodología de creación cursos accesibles y reusables desarrollados en SCORM (Santos et al, 2007). La versión actual ha sido implementada en IMS-LD y enriquecida a través de la mejora en la reusabilidad y adaptación de contenidos, así como la integración de estrategias psicoeducativas. El objetivo del curso es la familiarización del estudiante con el entorno virtual de aprendizaje, con flujos dinámicos adaptados al perfil del usuario que considera características personales, estrategias de aprendizaje y técnicas de adaptación. El perfil corresponde al de personas con dislexia, déficit auditivo y déficit de atención, con dificultades para recordar información relevante, fechas de entrega, problemas aislados de comprensión lectora, que deciden retomar sus estudios tras un largo periodo de abandono. Para determinar el perfil se desarrollaron cuestionarios sobre:

- Dificultades para realizar las diferentes actividades (p.ej. presentación en público, dificultades para la planificación, etc.).
- Cuestionario de Estilos de aprendizaje de Felder (Felder y Silverman, 1988).
- Conocimientos previos de utilización de recursos virtuales.

Tomando como base la información facilitada por el alumno en estos cuestionarios, si el usuario es considerado como susceptible de beneficiarse de un curso de esta naturaleza adaptado en flujo y contenidos a sus necesidades específicas, el sistema le ofrecerá la posibilidad de realizar el curso en su modalidad adaptada. Otros alumnos en los que no se detecte esta necesidad, o que no deseen realizar

el curso en su modalidad adaptada, lo realizarán en una versión en la que no ha sido incorporada ningún tipo de adaptación. En la figura 1 se muestran los flujos alternativos de aprendizaje que el sistema le ofrece al alumno.

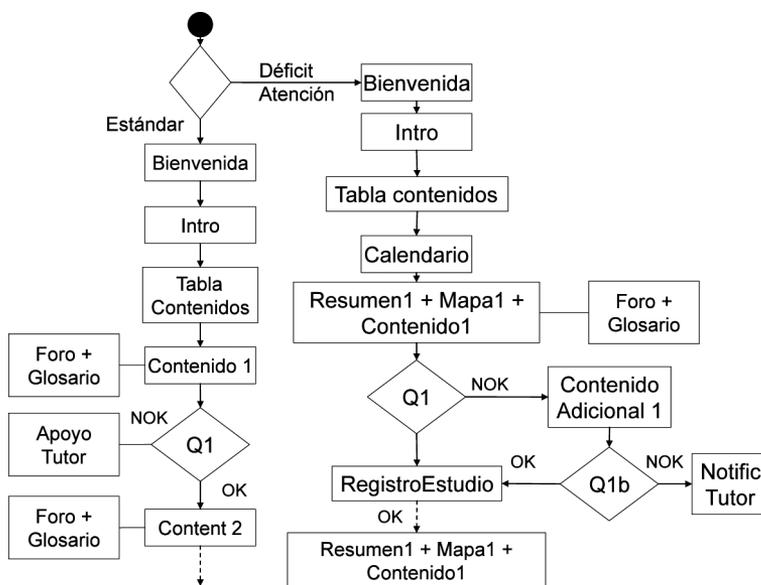


Figura 1. Diagrama de actividades

- *Interfaz del curso*

La interfaz del curso se ha creado a través del IMS-LD player para dotLRN y está dividido en tres secciones (ver figura 2):

Parte superior izquierda de la interfaz: en el que aparece el índice de los contenidos del curso.

Parte central derecha: un segundo framework en el que el estudiante podrá visualizar los contenidos de la sección que está consultando en ese momento.

Parte inferior izquierda de la interfaz: en el que aparecerán los recursos de apoyo asociados a cada unidad.

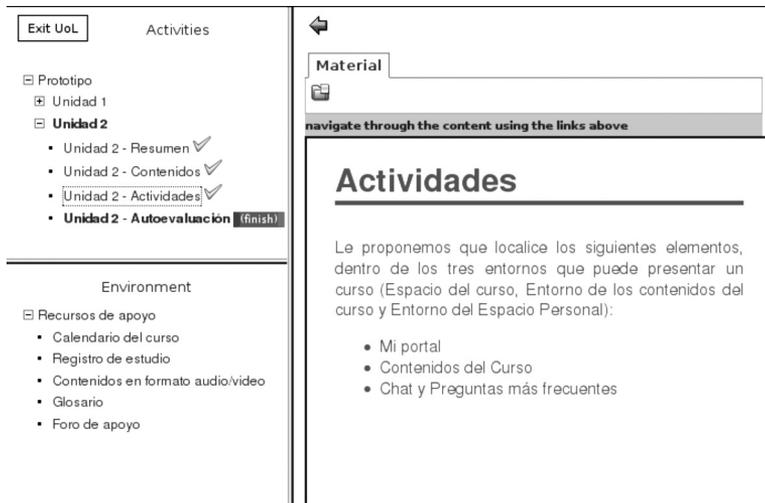


Figura 2. Interfaz del curso

### - Estructura del Curso

El curso está compuesto de nueve unidades de aprendizaje en las que se han integrado diferentes adaptaciones, tanto en contenidos como en recursos de apoyo, para dar respuesta a las necesidades específicas del colectivo mencionado anteriormente. El usuario puede hacer uso de estos recursos para mejorar sus estrategias dependiendo de sus objetivos, competencias, contexto, velocidad y capacidad de aprendizaje.

La estructura del curso es la siguiente:

- Índice de materiales de aprendizaje

El sistema facilita un índice de las unidades de aprendizaje que el alumno deberá superar de manera secuencial como se muestra en la figura. 3



Figura 3. Secuencia de las unidades de aprendizaje

El diseño de las unidades de aprendizaje, permitirá al alumno, como se muestra en la Figura. 4, tener una idea de conjunto sobre la organización y estructuración de las diferentes tareas que tendrá que abordar, estudio de contenidos teóricos, aspectos relevantes de la temática recogidos en los diferentes capítulos de cada tema, actividades de carácter práctico, sistema de evaluación y recursos de apoyo asociados.

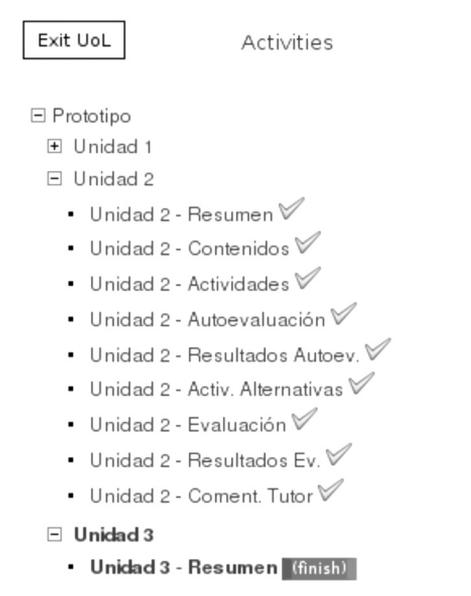


Figura 4. Estructura de la unidad de aprendizaje

- Resumen y mapa conceptual

Tanto el resumen como los mapas conceptuales aparecen al comienzo de cada unidad y están orientados a facilitar al estudiante información resumida sobre cuales

con los objetivos específicos de cada unidad, así como los principales conceptos que en ella se tratarán y la interrelación que existe entre ellos.

## Unidad 4: Cómo usar el calendario

### Resumen

En este tema nos centraremos en el segundo elemento del espacio personal, el calendario. Este recurso calendario le permite planificar, organizar temporalmente y controlar su actividad académica y relaciones personales con sus compañeros o profesores.

### Mapa conceptual

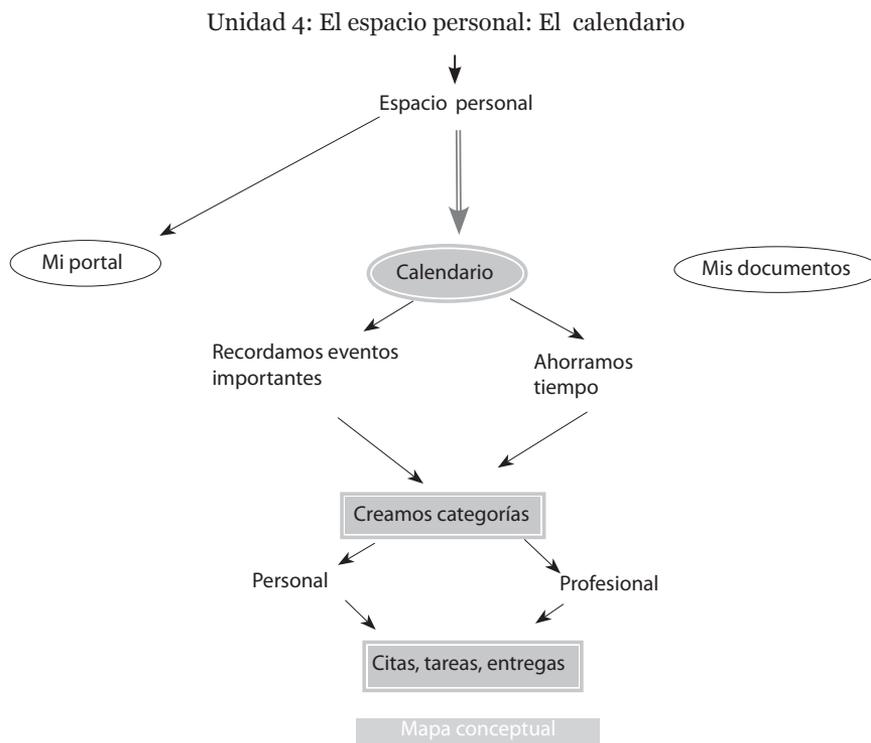


Figura 5. Resumen y mapa conceptual

- Contenido Teórico

Como se ha mencionado anteriormente, el contenido teórico está dividido en nueve Unidades de Aprendizaje en las que se han realizado adaptaciones destinadas a facilitar el desempeño de personas con dislexia, déficit de atención y déficit auditivo. Específicamente las adaptaciones de formato realizadas son:

- contenidos redactados en formato de fácil lectura: centrados en contenidos relevantes, evitando jergas, abreviaturas, lenguaje demasiado complejo,
- aumento de tamaño de la fuente,
- ampliación de espaciado entre párrafos para no saturar a nivel cognitivo ya que este colectivo presenta déficit en el procesamiento de la información,
- utilización de lecciones cortas dirigidas a los aspectos relevantes y esenciales del contenido,
- utilización de colores asociados a cada aspecto teórico a tratar, para facilitar la localización y asimilación de los mismos,
- material enriquecido con iconos,
- disponibilidad de material didáctico en formato adaptado (vídeo y audio).

En la figura 6 se muestra un ejemplo de contenidos didácticos, redactados en lectura fácil, utilizando colores y enriquecidos con iconos.

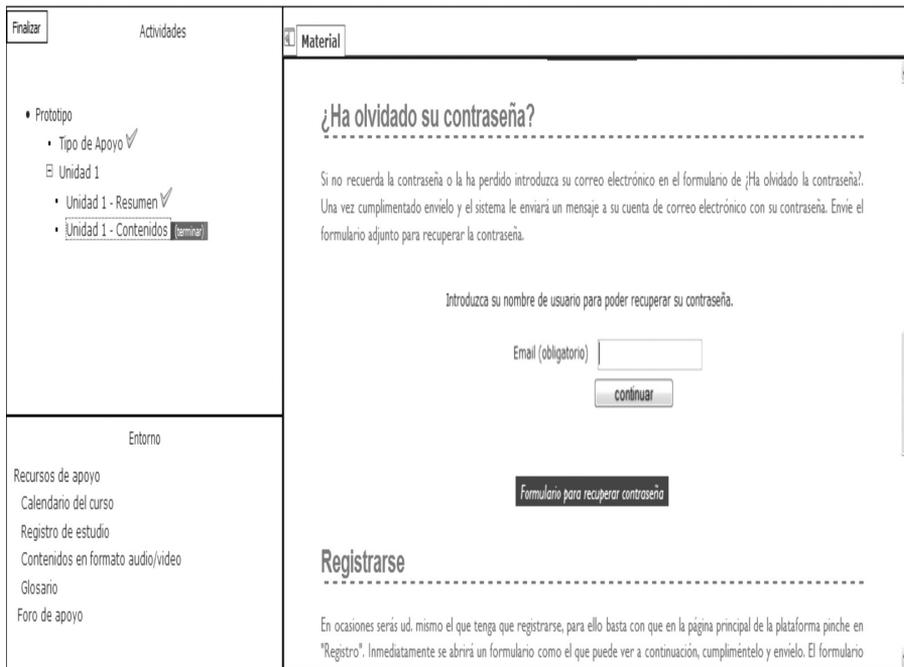


Figura 6. Contenidos adaptados

- Actividades de entrenamiento estándar y alternativas

Estas actividades se proponen al aprendiz después de cada unidad y están diseñadas para ayudarle a asimilar los contenidos poniendo en prácticas los conocimientos adquiridos. Existen dos tipos de actividades, el primer tipo es el de actividades estándar que se muestra en la Figura 7. Estas actividades serán realizadas por todos los alumnos.

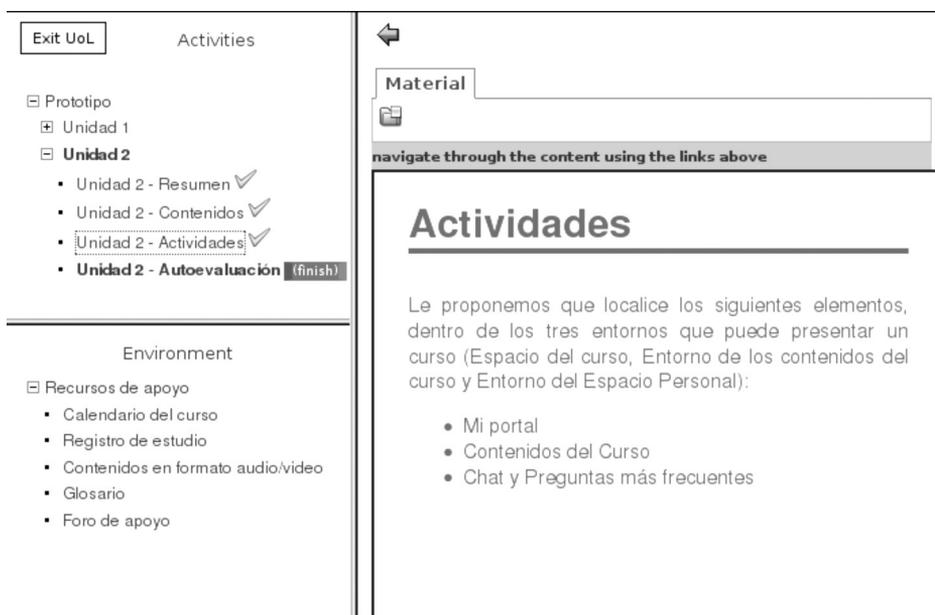


Figura 7. Actividades estándar

- Cuestionarios de evaluación

El sistema, una vez finalizada la revisión de los contenidos teóricos y la puesta en práctica de los mismos a través de la realización de las actividades de carácter práctico propuestas, ofrecerá al alumno la posibilidad de evaluar sus conocimientos a través de un cuestionario de evaluación, que le permitirá monitorizar si la adquisición de conocimientos se está produciendo de forma adecuada. Teniendo en cuenta que el rendimiento del alumno en esta prueba puede verse afectado por el propio diseño de la prueba de evaluación, debido a que por ejemplo es demasiado larga, requiere demasiado esfuerzo para su realización, etc., se han incluido diferentes tipos de cuestionarios adaptados a las necesidades del alumno. Las adaptaciones se refieren tanto a la extensión del mismo como a su formato, facilitándose diferentes formas de respuesta, verdadero/falso, elección múltiple, correspondencia, respuestas cortas, etc. Esta adaptación permitirá al alumno rendir de acuerdo con sus capacidades seleccionando la opción que mejor se adapte a su perfil y necesidades. En la figura 8 se muestra una actividad de evaluación en la que el alumno debe decidir si la idea principal que se le presenta relacionada con el contenido de la unidad de aprendizaje es verdadero o falso.

## Autoevaluación

---

El siguiente cuestionario de autoevaluación le permitirá constatar si ha adquirido la información relevante de la unidad estudiada. Observando los resultados de sus respuestas podrá reforzar aquellos contenidos que no se han fijado de forma adecuada o necesaria para considerar la unidad como superada.

Conteste a las siguientes preguntas indicando si son verdaderas (V) o falsas (F).

1. La interacción entre los compañeros y profesores no es importante.
2. En el espacio del curso aparece desplegado el submenú que lleva el nombre del curso que está realizando.
3. El espacio del curso no está estructurado en varios submenús.
4. Esta plataforma no es flexible.
5. En su espacio personal encontrará el elemento "Inicio".
6. Las estadísticas se refieren a algunos cursos en los que está matriculado.

Respuestas:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

*Figura 8. Cuestionario de autoevaluación*

- **Actividades alternativas**

Si el alumno no consigue superar las actividades estándar propuestas en el curso, el sistema le ofrecerá la posibilidad de revisar contenidos adicionales y volver a poner en práctica sus conocimientos a través de la realización de otras actividades alternativas, en las que se han diseñado tareas que permitan al sujeto poner en práctica sus estrategias de aprendizaje (p.e. buscar ideas relevantes, contactar con el foro para aclaración de dudas, revisión de contenidos adicionales, planificar una actividad en el calendario, etc.). En la figura 9 se muestra una actividad alternativa que se ofrecerá al alumno para que aprenda a seleccionar y codificar las principales ideas de un tema y las estructure en un esquema o mapa conceptual que le permita relacionar los diferentes conceptos de esa unidad específica.

## Actividades Alternativas

Asocie el número que corresponda a cada respuesta, para que represente el mapa conceptual de la unidad.

**Nota:** Cuando haya completado el esquema, puede ver las respuestas que se encuentran en el [fondo de la página](#).

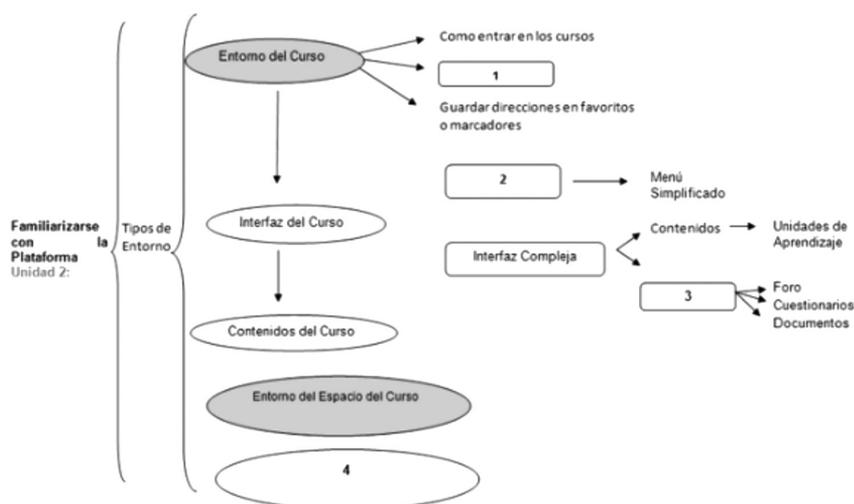


Figura 9. Actividades alternativas

- Cuestionario final de evaluación

Una vez que el alumno ha realizado la actividad alternativa que le propuso el sistema, se le propone cumplimentar un cuestionario de evaluación final. Del mismo modo que en el caso de los cuestionarios de evaluación intermedios, el formato del cuestionario de evaluación final ofrecerá diferentes posibilidades de respuesta, cumplimentar un cuadro, correspondencia, elección múltiple, etc. Si el alumno lo supera habrá finalizado la unidad de aprendizaje y podrá avanzar a la siguiente. Tras la cumplimentación, tanto del cuestionario intermedio como del cuestionario final de evaluación, el sistema ofrecerá feedback sobre sus resultados, donde se ha producido el error, etc. Esto permitirá al alumno revisar sus conocimientos y mejorar o profundizar aquellos que todavía están incompletos o son incorrectos. El feedback no sólo permite mejorar el conocimiento, también ejerce un efecto positivo en el

nivel de autoconfianza y autoestima del individuo porque le permite constatar que su aprendizaje está siendo correctamente autorregulado por el mismo, aumentando por tanto su confianza en sus capacidades y estrategias de estudio. En la figura 10 se muestra un ejemplo de mensaje positivo al alumno tras haber superado el cuestionario de evaluación final de una unidad de aprendizaje.

## Resultados de la autoevaluación

---

Respuestas válidas / dadas:

1. F / F
2. F / F
3. F / F
4. F / F
5. F / F
6. F / F

Ha acertado **6** respuesta(s).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por usted en el cuestionario de autoevaluación, consideramos que ha adquirido los conocimientos necesarios para superar esta Unidad, por lo que **puede proceder a comenzar con la siguiente**.

*Figura 10. Feedback de evaluación*

- **Comentarios del tutor/profesor**

El curso está diseñado de forma que, además de incorporar un funcionamiento que se adapta automáticamente al perfil y el desempeño del estudiante, se apoye y fomente la comunicación entre el profesor y el alumno. Este es el caso de la situación en la que el alumno, tras serle ofrecidos contenidos o actividades alternativas, no supere el cuestionario de evaluación final, el tutor le enviará un mensaje con las orientaciones adecuadas para mejorar sus resultados, o incluso recomendarle contactar con un profesional especializado en la problemática que el alumno presenta. Así, a través de este recurso (ver figura 11) el profesor podrá enviar feedback al alumno, monitorizando en todo momento su aprendizaje, reconduciéndole si es necesario a la realización de nuevas actividades, revisión de nuevos contenidos, etc.

## Comentarios del tutor sobre esta unidad

---

Si existen, los comentarios del tutor a respecto de su progreso y resultados con esta unidad aparecerán a continuación:

Comentario de prueba personalizado para el alumno U. 5

*Figura 11. Comentarios del tutor*

### - *Recursos de apoyo globales*

Además de los recursos integrados a lo largo de las diferentes actividades que el curso contiene, se han diseñado recursos de apoyo globales destinados a mejorar otras estrategias necesarias para el alumno de cara a un desenvolvimiento óptimo a nivel académico. Los principales recursos son los siguientes:

- ✓ **Calendario de trabajo:** A través del recurso, que se muestra en la figura 12, el estudiante podrá chequear todas las actividades programadas en el curso, el tiempo destinado a cada una de ellas, cuestionarios de evaluación, fechas límites de entrega de tareas asignadas, etc. Este recurso permitirá al alumno ejercitar sus estrategias de organización y planificación del tiempo destinado para cada actividad del curso, evitando confusiones, olvidos, etc.

## Calendario de estudio

*Calendario de estudio*

Lunes 1	Martes 2	Miércoles 3	Jueves 4	Viernes 5	Sábado 6
Estudio T1, Hacer C1 y Entrega T1. Estudio T2, Hacer C2 y Entrega T2.					
	Estudio T3, Hacer C3 y Entrega T3. Estudio T4, Hacer C4 y Entrega T4.				
		Estudio T5, Hacer C5 y Entrega T5. Estudio T6, Hacer C6 y Entrega T6.			
			Estudio T7, Hacer C7 y Entrega T7. Estudio T8, Hacer C8 y Entrega T8.		
				Estudio T9, Hacer C9 y Entrega T9.	
					<b>EVALUACIÓN FINAL.</b>

*Figura 12. Calendario de estudio*

- Registro de estudio: Tras consultar el contenido teórico de cada unidad, este recurso le permitirá al estudiante reflejar cuáles son sus dudas a consultar, monitorizar el tiempo destinado a ello, problemas encontrados en el estudio, etc. El registro de estudio permitirá al alumno poner en práctica estrategias como monitorización, manejo del tiempo, codificación de errores, atribución causal de los mismos comprobando si el tiempo destinado a estudio ha sido el suficiente, estrategias de clarificación de dudas que presenta, cómo resolverlas, etc.

*Registro de estudio*

Unidad	Tiempo dedicado	Dudas	Recomendaciones y/o orientaciones recibidas
1	<input type="text"/> ok	<input type="text"/> ok	Observación de prueba personalizada para el alumno U. 1
2	<input type="text"/> ok	<input type="text"/> ok	Observación de prueba personalizada para el alumno U. 2
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Observación de

*Figura 13. Registro de estudio*

- Glosario: El glosario, elaborado para el curso, ayudará al alumno a conocer cuáles son las palabras técnicas del tema a tratar. Esto no sólo aumenta el vocabulario del alumno (que recordemos es deficitario en el colectivo seleccionado), sino que además le permitirá evitar confusiones, codificando y elaborando información de forma adecuada a la hora de elaborar contenidos o compartirlos con otros.

## Glosario

---

Recogemos aquí, a modo de glosario los términos utilizados durante el curso que pueden ser desconocidos para el alumno.

La Asociación de Técnicos de Informática publica un completo [Glosario básico inglés-español para usuarios de Internet](#), que puede ser de interés para el alumno. De dicho glosario y del Diccionario de la [Real Academia de la Lengua Española](#) se han tomado las definiciones aquí recogidas

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

### A

---

#### Aplicación

Programa informático que ofrece una función al usuario

#### Atajo de teclado / teclas de acceso directo

Los atajos de teclado o teclas de acceso directo son combinaciones de teclas que nos permite activar ciertas funciones o acceder directamente a, por ejemplo, opciones del menú sin necesidad de utilizar el ratón.

### B

---

[Volver al índice](#)

#### Bajar

Se habla de bajar un documento o descargarlo, cuando el servidor (el ordenador donde está la aplicación informática) nos envía un documento por la red, hasta nuestro ordenador. (En inglés download)

### C

---

[Volver al índice](#)

#### Carpeta

Recurso informático que agrupa varios ficheros o documentos. (En inglés folder)

#### Clic

Operación que se hace al oprimir de los botones del ratón de un ordenador. (Fuente: DOA.FI)

Figura 14. Glosario

- **Foro y Chat:** El foro es un recurso importante de cara a que el alumno ponga en práctica sus estrategias de comunicación e interacción. Este recurso, no es específico del curso sino que está disponible en la plataforma dotLRN para todos los usuarios, independientemente de si presentan o no discapacidad. Junto con el Chat permiten mantener comunicación síncrona y asíncrona con todos los participantes en el curso. Constituyen una importante herramienta de trabajo colaborativo a través de la cual el alumno aprenderá a compartir puntos de vista con otros, aceptar críticas, resolver dudas y en general interaccionar mediante la utilización de un lenguaje adecuado, desarrollando así sus estrategias afectivas y de comunicación e interacción.

The screenshot shows a web forum interface. On the left, there is a navigation menu with 'Finalizar' and 'Actividades'. Under 'Actividades', there is a tree view: 'Prototipo' (expanded), 'Tipo de Apoyo' (checked), 'Unidad 1' (expanded), 'Unidad 1 - Resumen' (checked), and 'Unidad 1 - Contenidos' (checked). Below this is an 'Entorno' section with links: 'Recursos de apoyo', 'Calendario del curso', 'Registro de estudio', 'Contenidos en formato audio/video', 'Glosario', and 'Foro de apoyo'. The main content area has a header with 'Saltar al Contenido Principal | Accesibilidad | Mapa del sitio', a search bar, and a welcome message: 'Bienvenido/a, Leo Student | 2 Miembros conectado | Salir'. Below this is a breadcrumb trail: 'Inicio > Asignaturas > UNED > Annual Review > Annual Review December 2009 > Foros de discusión > Foro de apoyo'. A navigation bar contains 'Inicio', 'Cursos', 'Comunidades', 'Panel de control', 'Ayuda', and 'Annual Review December 2009'. Below this is a sub-navigation bar: 'Espacio del curso', 'Calendario del curso', and 'Documentos del curso'. The main heading is 'Foro de discusión: Foro de apoyo'. There is a 'Solicitar notificaciones [Subscriptores]' button and an 'Enviar un nuevo mensaje [Administrar]' button. A table with columns 'Titulo', 'Autor', 'Respuestas', 'Primer mensaje', and 'Último mensaje' is shown, with the content 'Ningún dato.' at the bottom. At the very bottom, there are accessibility icons for W3C HTML 4.01 and W3C WAI-AA WCAG 1.0, and the text 'Un sitio .LRN Powered by OpenACS'.

Figura 15. Foro de comunicación

- Calendario

Este recurso, al igual que en el caso anterior, es un recurso general disponible en dotLRN para todos los alumnos matriculados en el curso. Permite la creación de citas o eventos relacionados con la programación del curso y supone un espacio de entrenamiento para la puesta en práctica de las estrategias de planificación y organización, esenciales para alcanzar el éxito en el curso, en el cual el alumno puede crear categorías de eventos como son: entrega de trabajos, tutorías, sesiones de puesta en común de ideas a través del chat o foro, etc. En la figura 16 se muestran sus funcionalidades.

## Crear categorías de citas

El calendario nos permite crear categorías para distintos tipos de citas.

Podremos crear la categoría "personal" para citas o eventos particulares.

Para ello debemos acceder a la opción "Administrar categoría".



**Añadir categoría al calendario**

Podemos crear cuantas categorías necesitemos.

Se pueden denominar como queramos: si son personales, laborales, etc.



**Categoría del calendario**

Figura 16. Calendario

- Contenido alternativo en vídeo y audio

Teniendo en cuenta las necesidades específicas de los usuarios que serán destinatarios del curso, entre los que se encuentran personas con déficit auditivo, dislexia y déficit de atención, se ha desarrollado una versión adaptada de los contenidos teóricos de cada asignatura, tanto en formato video con subtítulos como en formato audio. La disponibilidad de afrontar los contenidos en un formato adaptado a las necesidades especiales de estos sujetos mejora el proceso de codificación y elaboración de la información, no sólo porque pueden acceder al mismo en su totalidad, sino porque además pueden seleccionar uno u otro dependiendo de su estilo de aprendizaje más visual o más auditivo.

Estrategias de aprendizaje	Chat	Foro	Calendario	FAQ	Contenidos teóricos	Actividades de evaluación
<b>Cognitivas</b>						
Ensayo	x	x			x	x
Organización			x		x	
Codificación	x	x		x	x	
Elaboración					x	
Síntesis				x	x	x
Generalización	x		x		x	x
<b>Metacognitivas</b>						
Focalización de atención	x	x	x	x	x	x
Planificación			x		x	
Monitorización y regulación	x	x	x	x	x	x
Evaluación						x
<b>Interacción</b>						
Cooperación	x	x				
Clarificación	x	x	x			x
<b>Comunicación</b>						
Conversacional	x	x				
<b>Afectivas</b>						
Autoestima					x	x
Cambio Atribucional	x	x				
Autoeficacia			x		x	x
Autocontrol			x	x		x

Tabla1. Estrategias y recursos de apoyo

## **INTEGRACIÓN TÉCNICA DEL CURSO EN LA ARQUITECTURA DE EU4ALL**

### **IMS-LD y dotLRN**

Los proyectos EU4ALL y A2UN@ facilitan apoyo accesible y adaptativo para optimizar los esfuerzos realizados por el estudiante a lo largo del proceso de aprendizaje, orientados a la adquisición y aplicación de conocimientos, así como a la realización de las diferentes tareas académicas que debe abordar en el ámbito de la Educación Superior. El modelo de apoyo tiene como objetivo permitir un mejor uso de los contenidos de aprendizaje, recursos y servicios integrados en el curso diseñado, considerando para ello las necesidades y preferencias del usuario. Un mismo curso como hemos indicado anteriormente puede ser presentado de forma diferente a un grupo diverso de usuarios dependiendo de sus capacidades y necesidades específicas. Tomando como base éstas el sistema facilitará un espacio para la adquisición de conocimientos así como los recursos adaptados necesarios para alcanzar un rendimiento óptimo de esos usuarios.

Siguiendo a Blöchl, Rumetshofer, y Wöß, (2003) adaptar un curso a las necesidades específicas del usuario implica que el sistema de aprendizaje debe: I) considerar los patrones de aprendizaje de cada estudiante II) crear un espacio de entrenamiento para aplicar el conocimiento adquirido, III) permitir una organización instruccional del material y IV) ofrecer la posibilidad de seleccionar dinámicamente la mejor opción para el estudiante, así como una secuencia de aprendizaje de acuerdo con las necesidades del estudiante en las diferentes etapas del curso. La adopción de esta aproximación tiene implicaciones técnicas importantes en el marco del proyecto EU4ALL, que se describirán en las siguientes secciones del documento.

### **Servicio de Modelado de Usuario**

El principal apoyo tecnológico para adaptar flujo y contenidos de aprendizaje a las necesidades de los usuarios, es el manejo de las propiedades de los estudiantes a través del Modelo de Usuario (UM). Como comentamos anteriormente, la adaptación es esencial en cualquier entorno de aprendizaje virtual ya que el aprendizaje es por naturaleza, un proceso evolutivo que depende en gran medida de las características del aprendiz y de su evolución a lo largo del tiempo. De forma específica los usuarios del aprendizaje virtual presentan una gran variedad de intereses, nivel de experiencia en la utilización de recursos virtuales, etc. Tomando como base estas características los usuarios demandan un entorno adaptado a sus necesidades y preferencias

específicas. La idea principal desde la perspectiva de los proyectos EU4ALL y A2UN@ es que esas adaptaciones deben realizarse siguiendo unos estándares y deben estar centradas en las necesidades de los usuarios, que en ocasiones serán manejadas en términos de modelos de usuarios.

Para proporcionar apoyo psicoeducativo en un entorno inclusivo de aprendizaje, las preferencias de accesibilidad deben necesariamente ser consideradas. Esto implica que deben analizarse las necesidades y preferencias que presenta el usuario a la hora de interactuar tanto con los contenidos como con los dispositivos. De acuerdo con este planteamiento los usuarios deben ser modelados de acuerdo con sus preferencias a la hora de acceder a los recursos tecnológicos y electrónicos.

Cuando el estudiante accede a la plataforma, el sistema le presenta una serie de cuestionarios que debe cumplimentar. Los datos obtenidos a través de estas herramientas serán almacenados como propiedades en el perfil del usuario. Esta información será utilizada para facilitar contenidos adaptados de acuerdo con esos valores. El Modelo de Usuario (UM) es el repositorio central de EU4ALL de almacenaje y gestión de la información relacionada con el usuario. El apoyo dinámico facilitado a lo largo del proceso de aprendizaje vendrá determinado por el perfil del usuario disponible en dicho UM.

Las características del usuario se relacionan con los recursos que serán definidos en términos de condiciones de aprendizaje en el curso. Así las principales variables que han sido utilizadas en este curso para determinar el perfil de usuario son las siguientes:

- Datos demográficos: información personal (nombre, fecha y lugar de nacimiento...).
- Preferencias psicoeducativas: referidas a dificultades que encuentran los estudiantes a la hora de afrontar los diferentes contenidos y tareas diseñadas en los cursos (p.e. problemas de producción y comprensión de textos, déficit de atención, bajas habilidades lingüísticas, manejo de tiempo, etc.).
- Preferencias: generales (p.e. idioma) y preferencias de accesibilidad (p.e. vídeo subtítulado).
- Estilos de aprendizaje: establecidos en base a las dimensiones consideradas por Felder (percepción, procesamiento, comprensión, entrada sensorial) y recogidas a través del test “Inventario de Estilos de Aprendizaje” (Felder,1988).

- Competencias: información referida a las herramientas, habilidades y competencias que el alumno presenta para enfrentarse tanto a los contenidos teóricos (experiencia, objetivos,...) como a actividades relacionadas con la interacción con otros (p.e nivel de colaboración, comunicación, participación, iniciativa, etc.).
- Progreso: información referida al progreso del alumno en el curso (nivel de conocimiento adquirido, objetivos, intereses para cada objetivo de aprendizaje, etc.).

La información recogida a través del análisis de estas variables, permitirá al sistema ofrecer al alumno una ruta de aprendizaje adaptada a sus necesidades específicas.

Para facilitar la gestión de las preferencias psicoeducativas que el alumno presenta (p.e. lectura fácil, dificultades de organización, manejo del tiempo, producción y comprensión de textos, etc.), esta información ha sido codificada tomando como referencia una serie de parámetros creados a través del UM. Estos métodos permiten al Sistema de Gestión del Aprendizaje o Learning Management System (LMS), (o cualquier otra aplicación que utilice los servicios del UM) crear, leer y actualizar objetivos, intereses, competencias y preferencias de los usuarios independientemente de la estructura XML subyacente. Además estos métodos abstractos facilitan una “historia” de apoyo, ya que cuando una propiedad se actualiza sus datos históricos también, de forma que cualquier valor antiguo se mantiene para referencias futuras o estudios evolutivos.

Los valores relativos a estas variables se obtendrán a través del sistema que gestionará el aprendizaje (LMS) y serán compartidos por otros módulos a través del UM, como se indica en la figura 17. La información se almacena en formato XML, siguiendo los estándares. ISO/IEC 24751-2 “Access for all” personal needs and preferences for digital delivery” para las opciones de accesibilidad relacionadas con los contenidos electrónicos e IMS-LIP (Learner Information Package), para preferencias e información del estudiante. Una API basada en servicios web (WS) mediante el Simple Object Access Protocol (SOAP) facilita el acceso a los datos a otros sistemas satélites, como pueden ser el módulo de personalización de contenidos (CP), el sistema recomendador (RS) o el portfolio (ePMS).

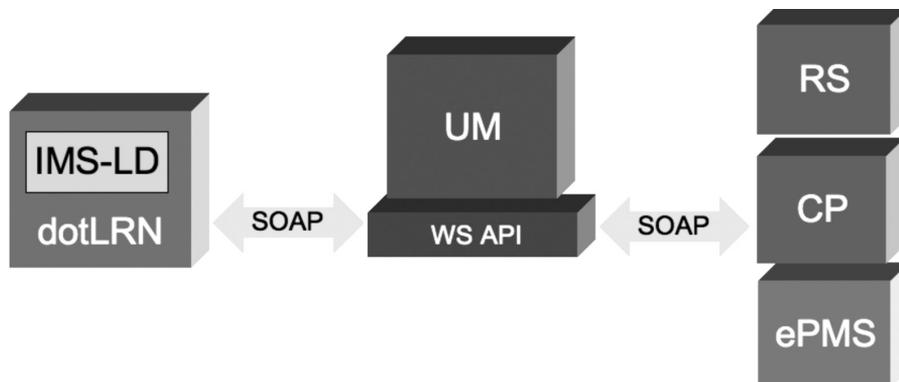


Figura 17. Arquitectura de EU4ALL desde la perspectiva del UM

## Integración del Modelo de Usuario con el Player IMS-LD

El modelo de información de IMS-LD define el elemento “Propiedad Global Personal” como una propiedad perteneciente a una persona que puede presentar diferentes valores dependiendo de cada usuario, independientemente de la forma en la que se avance a lo largo de las diferentes unidades de aprendizaje. Las Propiedades Globales Personales son identificadas a través de la utilización de un identificador único (URI). En el marco de EU4ALL y A2UN@, las propiedades personales son almacenadas en el UM (preferencias, competencias, objetivos, intereses) y su localización puede expresarse a través de un Localizador Uniforme de Recursos (URL) que en ocasiones puede utilizarse como un URI.

Para acceder y utilizar una propiedad almacenada en el UM, el creador del diseño de aprendizaje identifica la propiedad utilizando el URI del UM. En tiempo de ejecución, el player IMS-LD resolverá el URI de la propiedad global y devolverá su valor desde el correspondiente proveedor, en este caso el servicio de Modelado de Usuario de EU4ALL. Del mismo modo si el valor de una propiedad cambia durante la ejecución del diseño de aprendizaje, el nuevo valor se volverá a enviar al servicio de Modelado de Usuario si la propiedad URI apunta hacia él.

## Servicio de personalización de contenidos

Desde el punto de vista de la accesibilidad, los contenidos son personalizados en función de las preferencias y necesidades de accesibilidad informadas por el usuario a través del servicio de Personalización de Contenidos (CP). La personalización de

contenidos es una de las principales características del marco de apoyo diseñado en EU4ALL, los contenidos serán personalizados de acuerdo a las preferencias y necesidades de los usuarios (p.e. texto alternativo) y el contexto (p.e. dependiendo del dispositivo que el usuario utilice para acceder a los contenidos y servicios).

La personalización de contenidos (CP) ha sido integrada en el player IMS-LD en el curso desarrollado en dotLRN. Cuando un recurso se solicita en el player IMS-LD, se hace una llamada al servicio CP para conseguir el recurso más apropiado de acuerdo con las necesidades del estudiante. Si está disponible una alternativa adaptada de ese recurso se mostrará éste en lugar del original.

### **DIFICULTADES ENCONTRADAS EN EL DESARROLLO DEL CURSO**

El player para IMS-LD utilizado para el desarrollo del curso en la plataforma dotLRN, se encuentra actualmente en desarrollo y se han encontrado diversas dificultades en la implementación técnica del mismo a través de esta especificación. De forma específica aparecen algunas limitaciones técnicas a la hora de desarrollar servicios y tareas que deberían ser incluidas en el flujo de aprendizaje y en los recursos de apoyo asociados. Es necesario realizar nuevos desarrollos que permitan la integración de éstos con el modelo de usuario. En el grupo aDeNu se ha trabajado en este sentido a través de la identificación de problemas y el establecimiento de sus posibles soluciones. Entre ellos se han detectado y resuelto las siguientes dificultades:

- Integración del player IMS-LD con el servicio de Modelado de Usuario
- Solución de problemas relacionados con recursos que utilizaban hojas de estilo (recursos dinámicos como cuestionarios, resultados, registro de estudio...). Los recursos comentados anteriormente no se mostraban de forma apropiada apareciendo diversos errores en el navegador (colores y tamaños no adecuados, etc.).
- Establecimiento adecuado del orden de evaluación de las condiciones lógicas, éstas eran evaluadas en el mismo orden en el que fueron establecidas inicialmente por el autor del diseño de aprendizaje, lo que inducía a errores lógicos y efectos indeseados (p.e.se mostraban en el árbol de actividades tareas que deberían permanecer como no visibles, resultados incorrectos de los cuestionarios, etc.).

- Solución de problemas relacionados con la visualización de determinadas secciones en la interfaz, específicamente cuando todos los elementos no habían sido apropiadamente aplicados dentro de la estructura de una actividad, no se mostraban (p.e. no aparecían elementos marcados como encabezamientos o viceversa).

Asimismo, se han detectado problemas de accesibilidad de la interfaz de usuario del player IMS-LD, respecto a la pautas de accesibilidad al contenido web del W3C (WCAG1.0 y 2.0). Los problemas detectados, así como las mejoras realizadas en el player han sido comunicadas a la comunidad de dotLRN de cara a considerar su inclusión en la próxima versión del software.

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El grupo aDeNu de UNED trabaja en el desarrollo de entornos de aprendizaje accesibles y adaptativos que consideran las características específicas del estudiante, para que éste pueda alcanzar un grado alto de rendimiento según sus fortalezas y debilidades. Para ello, en el marco del desarrollo de los proyectos EU4ALL y A2UN@, se ha abordado la elaboración de un curso centrado en la familiarización del estudiante con el entorno virtual de aprendizaje, considerando los siguientes temas: 1) Diseño de escenarios de apoyo considerando las necesidades específicas del estudiante, 2) Implementación de estos escenarios como unidades de aprendizaje a través de la especificación IMS-LD, 3) Integración de estas unidades con los servicios de apoyo necesarios en la plataforma dotLRN, 4) Aplicación de dichas adaptaciones al estudiante en un entorno educativo real.

La siguiente fase será la evaluación del impacto del modelo desarrollado. Para ello el plan de evaluación considerará: i) impacto sobre el currículo, ii) proceso de instrucción, iii) rendimiento académico, satisfacción del alumno y iv) proceso de evaluación. Todo ello de acuerdo a las interacciones con el sistema y los recursos ofrecidos (Campo et al, 2010).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barba, R. (1993). The effects of embedding an instructional map in hypermedia courseware. *Journal of Research on Computing in Education*, 25 (4), (405-412).
- Blöchl, M.; Rumetshofer, H.; Wöß, W. (2003). Individualized E-Learning Systems Enabled by a Semantically Determined Adaptation of Learning Fragments. Proceedings of the 14th

- International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'03). Description of the evaluation scenario
- Bloom, B. S. et al. (Eds.) (1984). *Taxonomy of Educational Objectives. Book 1: Cognitive Domain*. White Plains, NY: Longman
- Boulet, A.; Savoie-Zajc, L.; Chevrier, J. (1996). *Les stratégies d'apprentissage à l'université*. Québec (Canada): Presses de l'université du Québec
- Burgos, D.; Tattersall, C.; Koper, R. (2007). How to represent Adaptation in eLearning with IMS Learning Design. *Interactive Learning Environments*, 15(2), (161-170).
- Campo, E.; Saneiro, M.; Rodríguez, A.; Finat, C.; G. Boticario, J. (2010). Metodología de evaluación de entornos de e-learning, servicios y recursos adaptados a las características de los usuarios. III Jornadas de Redes de Investigación en Innovación Docente. UNED. Madrid.
- Carmel, D.; Markovitch, S. (1998). Model-based learning of Interaction strategies in Multi-Agent System. *Journal of Experimental and theoretical artificial intelligence*, 10, (309-332)
- Cercone, K. (2008). Characteristics of adult learners with implications for online learning design. *AACE Journal*, 16 (2), (137-159).
- Ellis, E. S. (1993). Integrative strategy instruction: A potential model for teaching content area subjects to adolescents with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 26 (6), (358-383).
- Escobedo, J. P.; de la Fuente, L.; Gutiérrez, S.; Pardo, A.; Delgado, C. (2007). Implementation of a Learning Design Run-Time Environment for the .LRN Learning Management System. *Journal of Interactive Media in Education (Adaptation and IMS Learning Design. Special Issue, ed. Daniel Burgos)*.
- Felder, R. M.; Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Education*, 78(7), 674-681.
- Fuente Valentín, L.; De la Pardo, A.; Delgado Kloos, C. (2007). Experiences with GRAIL: Learning Design support in .LRN. TENCompetence Open workshop on current research in IMS Learning Design and lifelong competence development infrastructures. June 2007.
- Harasim, L.; Hiltz, S.; Turoff, M.; Teles, L. (2000). *Redes de aprendizaje: Guía para la enseñanza y el aprendizaje en red*. Barcelona: Gedisa/EDIUOC (Versión en Inglés Learning networks. A fiel guide to teaching and learning online. Cambridge (EE.UU.): Massachusetts Institute of Technology, 1995)
- Hofmeester, G. H. (1996). Sensuality in product design: a structured approach. En: CHI'96 Conference Proceedings (428-435)
- IMS (2003). *IMS Learning Design*. Retrieved. [en línea] Disponible en: [www.imsglobal.org](http://www.imsglobal.org) [consulta 2006, 13 de Abril]
- Johnson, L. A.; Graham, S.; Harris, K. R. (1997). The effects of goal setting and self-instruction on learning a reading comprehension strategy: A study of students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 30(1), (80-91).
- Knapper, C. K.; Cropley, A. J. (2000). *Lifelong learning in higher education*. (3rd ed.). London: Kogan Page.
- Koper, R.; Tattersall, C. (Eds.). (2005). *Learning Design - A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Lerner, J. (1997). *Learning disabilities: Theories, diagnosis, and teaching strategies* (7th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Logan, R. J. (1994). Behavioral and emotional usability; Thomson consumer electronic.

- In: Wiklund, M. E. (Ed.). Usability in practice: how companies develop user friendly products. *Academy Press, Boston*, (59-82).
- Martín Mozón, I. (2007). Estrés académico en estudiantes universitarios. Apuntes de Psicología. *Colegio Oficial de Psicología de Andalucía Occidental y Universidad de Sevilla*. 2007, Vol. 25, número 1, (87-99).
- Merrill, D. M. (1997). Instructional Strategies that Teach. *CBT Solutions*, November/December, 1-11.
- Ridley, D. S.; Schutz, P. A.; Glanz, R. S.; Weinstein, C. E. (1992). Self-regulated learning: the interactive influence of metacognitive awareness and goal-setting. *Journal of experimental Education*, 60 (4), (293-306).
- Santos, O. C.; Boticario, J. G.; Raffenne, E.; Pastor, R. (2007). Why using dotLRN? UNED use cases. FLOSS International Conference.
- Swan, K.; Shea, P.; Fredericksen, E.; Pickett, A.; Pelz, W.; Maher, G. (2000). Building knowledge building communities: consistency, contact and communication in virtual classroom. *Journal Educational Computing Research*, 23(4), (359-381).
- Thornburg, D.; Pea, R. (1991). Synthesizing instructional technologies and educational culture: Exploring cognition and metacognition in the social studies. *Journal of Educational Computing Research*, 7 (2), (121-164).
- Van Rosmalen, P.; Boticario, J. (2005). Using Learning Design to support design- and runtime Adaptation. In: Koper, R.; Tattersall, C. (Eds.). *Learning Design: A Handbook on Modeling and Delivering Networked Education and Training*. Heidelberg, Germany: Springer Verlag.
- Whitlock, Q. (2001). Course design for online learning – what’s gone wrong. In: Stephenson, J. (Ed.). *Teaching Online & Learning Online: Pedagogies for New Technologies*, (182-191). London: Kogan Page Limited.
- Wood, E.; Woloshyn, V. E.; Willoughby, T. (1995). Cognitive strategy instruction for middle and high schools. Cambridge, MA: Brookline.

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**M<sup>a</sup> Elena del Campo Adrián** Profesora Titular de la UNED, trabaja desde hace varias décadas en el tema de la discapacidad, en los diferentes niveles de la vida del sujeto. Coordinadora durante varios años de la Unidad de Atención a la Discapacidad de la UNED. Coordinadora del grupo de investigación de la UNED “Psicobiotecnomedicina en discapacidad y Tercera Edad” (G133E43). Integrante de la Red RETADIM (DPI2005-25234-E) centrada en la investigación de desarrollos tecnológicos aplicados al ámbito de la discapacidad. Autora de numerosas publicaciones y ponencias presentadas a congresos nacionales e internacionales. Representante española de la European Agency for Development in Special Needs Education. Directora de los Cursos de Master, Especialista y Experto Universitario sobre Discapacidades Funcionales, impartido por la UNED. Forma parte del equipo investigador aDeNu de la UNED (Ref:G74E25) en los diversos proyectos que este desarrolla. Revisora de proyectos de investigación del IMSERSO (Instituto

de Migración y Servicios Sociales) y la ANEP (Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva).

E-mail: [mcampo@psi.uned.es](mailto:mcampo@psi.uned.es)

**M<sup>a</sup> Del Mar Saneiro Silva** Psicólogo clínico especialista en discapacidad. Técnico investigador integrante del equipo de investigación del grupo aDeNu de la UNED (Ref:G74E25). Miembro de la Red RETADIM (Ref:DPI2005-25234-E) centrada en investigación de desarrollo tecnológicos aplicados al ámbito de la discapacidad. Miembro del grupo de investigación de la UNED Psicobiotecnomedicina en discapacidad y Tercera Edad (Ref:G133E43). Profesor-tutor de la UNED. Autora de bibliografía relacionada con el tema de la discapacidad. Ha presentado ponencias a congresos nacionales e internacionales sobre la temática. Integrante del equipo docente del Master, Especialista y Experto Europeo sobre Discapacidades Funcionales, impartido por la UNED.

E-mail: [masterdiscap@psi.uned.es](mailto:masterdiscap@psi.uned.es)

**Manuel A. Fernández Montecelo** Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas (UNED; 2005), Ingeniero en Informática a falta de presentar Proyecto de Fin de Carrera (UNED). Trabajos previos en el área de e-Learning (Tec-InFor, UNED; 2000-2001) como becario; en el área de Grid Computing en laboratorio de física de altas energías y partículas (LIP, Lisboa, Portugal; 2006-2009). Seleccionado como participante en 3 ediciones de Google Summer of Code como estudiante (2007, 2008 y 2009). Trabaja como Investigador e Ingeniero de Software en aDeNu desde 2009.

E-mail: [maf@dia.uned.es](mailto:maf@dia.uned.es)

**Emmanuelle Raffenne** Ingeniera de software con experiencia significativa (más de 10 años) en desarrollo técnico y coordinación de desarrollo de aplicaciones enmarcadas en el área de innovación tecnológica. Coordinó durante más de 5 años el grupo Innova, responsable del desarrollo de la plataforma de e-formación de la UNED. Actualmente coordina el desarrollo del grupo de investigación aDeNu de la UNED. Ha participado en varios proyectos de ámbito nacional e internacional y es miembro activo de la comunidad OpenACS (framework para el desarrollo de aplicaciones web).

E-mail: [eraffenne@dia.uned.es](mailto:eraffenne@dia.uned.es)

**Alejandro Rodríguez Ascaso** Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es profesor del Departamento de Inteligencia Artificial de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) e investigador del grupo aDeNu de dicha universidad. Desempeña actividades

docentes, y de investigación en temas de diseño para todos, TIC como apoyo a la autonomía personal y vida independiente, accesibilidad electrónica y adaptación de recursos de aprendizaje a la diversidad funcional de las personas. Participa en actividades de normalización nacionales e internacionales en AENOR y ETSI. Es miembro del Comité de Expertos TIC de Fundación ONCE y del Centro Nacional de Tecnologías para la Accesibilidad.

**Olga C. Santos** Directora Técnica de I+D del Grupo de Investigación aDeNu de la UNED. Diploma de Estudios Avanzados en Inteligencia Artificial (UNED, España). Ha participado -a nivel nacional e internacional- en 12 proyectos de investigación, publicado más de 80 artículos en conferencias y revistas y ha sido miembro del comité de programa en más de 25 encuentros científicos, 10 de los cuales también como miembro del comité organizador.

E-mail: [ocsantos@dia.uned.es](mailto:ocsantos@dia.uned.es)

**Jesús González Boticario.** Dirige el grupo de investigación aDeNu de la UNED aDeNu. Profesor Titular de Informática de la UNED. Coordinador científico en proyectos nacionales y europeos de investigación en el área de e-inlcusion y e-learning. Ha participado en 18 proyectos de investigación financiados. Organizador de conferencias y workshops en el área de modelado de usuario en sistemas de aprendizaje. Evaluador de proyectos y artículos de revistas y conferencias nacionales e internacionales. Ha tenido diversos cargos en la UNED en el área de la tecnología aplicada a la educación (p.ej., Vicerrector de Innovación y Desarrollo Tecnológico). Coordinador del proyecto de Accesibilidad y Diversidad Funcional dentro de las Redes de Innovación Docente de la UNED. Miembro del Consejo Asesor del Centro de Atención a Universitarios con Discapacidad de la UNED (UNIDIS).

E-mail: [jgb@dia.uned.es](mailto:jgb@dia.uned.es)

#### DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Grupo de Investigación aDeNu  
Despacho 3.01  
ETS Informática UNED  
28040 Madrid

**Fecha de recepción del artículo:** 15/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 27/07/10

## ENTORNOS DE APRENDIZAJE MÓVILES ADAPTATIVOS Y EVALUACIÓN: COMOLE Y GESES

(ADAPTIVE MOBILE LEARNING ENVIRONMENTS AND EVALUATION:  
COMOLE AND GESES)

Alvaro Ortigosa  
Javier Bravo  
Rosa M. Carro  
*Universidad Autónoma de Madrid (España)*

Estefanía Martín  
*Universidad Rey Juan Carlos (España)*

### RESUMEN

En este artículo se presentan los fundamentos y experiencias de uso de dos sistemas que dan soporte a la creación y evaluación, respectivamente, de entornos de aprendizaje móviles adaptativos. En estos entornos, generados dinámicamente por el sistema CoMoLE, se recomiendan las actividades más adecuadas para ser realizadas por cada estudiante en cada momento, facilitándole así el aprovechamiento de su tiempo disponible; también se adapta la interfaz que da soporte a la realización de las actividades, seleccionando los contenidos y herramientas más apropiados en cada caso. Para ello, se consideran las características y necesidades del estudiante, sus acciones previas y el contexto en que se encuentra en ese momento. Sin embargo, es complejo evaluar cuán satisfactoriamente las recomendaciones y adaptaciones atienden las necesidades de cada usuario. Con el objetivo de evaluar entornos de enseñanza adaptativos, se diseñó el método GeSES que, utilizando técnicas de Minería de Datos, extrae, de los logs del sistema adaptativo, información sobre los puntos donde los estudiantes tuvieron mayores dificultades. Este método se ha utilizado para evaluar un entorno generado por CoMoLE. Los resultados obtenidos se presentan también en este artículo.

**Palabras clave:** evaluación, hipermedia adaptativa, sistemas de recomendación, e-learning.

## ABSTRACT

In this paper, we present the basis and case of use of two systems that support the creation and evaluation of adaptive mobile learning environments. In this type of environments, dynamically generated by CoMoLE, the most suitable activities to be carried out by each student are recommended to him, so that he can take benefit from his spare time. The interface to support activity accomplishment is adapted by selecting the most suitable contents and tools for that student. With this purpose, student features, needs, previous interactions and context is considered. However, evaluating whether the recommendations and adaptation fits the student's needs is complex. With the purpose of evaluating adaptive learning systems, the method GeSES was designed. GeSES uses Data Mining techniques to extract information about potential problems. It has been used to evaluate one CoMoLE-based learning environment and the results obtained are also presented in this article.

**Keywords:** evaluation, adaptive hypermedia, recommender systems, e-learning.

Desde sus orígenes, Internet se ha utilizado para buscar información especializada con diferentes propósitos (entretenimiento, trabajo, aprendizaje, curiosidad, etc.) y en particular, muchos usuarios utilizan Internet frecuentemente para completar su formación, accediendo a materiales educativos que les permiten aprender a su propio ritmo. Más aún, es cada vez más frecuente que las propias instituciones educativas, especialmente las universidades, basen parte de sus actividades en recursos educativos accesibles a través de Internet.

Sin embargo, la heterogeneidad de la información disponible a través de Internet provoca que no todos los recursos sean adecuados para todos los usuarios, ya que cada persona puede tener unas necesidades, preferencias y objetivos diferentes a las del resto. Así, cada vez son más los sitios Web que incluyen funcionalidad para poder adaptar sus contenidos a distintos tipos de usuarios según sus características. En particular, los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) (Brusilovsky et al., 1998) son sistemas que, basándose en un modelo del usuario, personalizan la información que presentan considerando la información contenida en ese modelo.

Por otra parte, gracias a la disponibilidad hoy en día de tecnologías inalámbricas y a la rápida evolución de los dispositivos móviles, es posible conectarse a Internet desde distintos lugares y en diferentes momentos. Los dispositivos móviles son pequeños, compactos y portátiles. Cada vez es mayor la cantidad de personas que llevan consigo asiduamente uno o más dispositivos electrónicos, incluyendo teléfonos, asistentes personales digitales (PDAs) y ordenadores portátiles. Estos

dispositivos se suelen utilizar con fines de entretenimiento, para trabajar o para aprender. Suelen tener diversas prestaciones como cámara y reproductor de vídeo, sistema de localización física como GPS, capacidad para capturar datos, etc. Además, en la sociedad actual, el tiempo se ha convertido en un valor muy preciado, y en muchos casos organizar el tiempo disponible de una forma óptima es complicado, aunque necesario.

En este contexto, las tecnologías inalámbricas y los dispositivos móviles ofrecen una gran oportunidad a quienes desean aprovechar espacios de tiempo libre para realizar tareas pendientes cuando no tienen acceso a su ordenador personal. Conviene considerar que las actividades a realizar en distintas situaciones pueden depender de las características de los dispositivos móviles que se tienen al alcance en ese momento, así como del lugar en que se encuentre el usuario y, ¡cómo no! del tiempo que tiene disponible. Por tanto, sería útil disponer de entornos de recomendación de actividades a los que los usuarios se puedan conectar para pedir consejo sobre las actividades a realizar en distintos contextos utilizando distintos dispositivos.

Desde el punto de vista de diseño, la creación y configuración de entornos de enseñanza y aprendizaje adaptativos móviles que puedan dar soporte a la recomendación y realización de actividades por parte de cada usuario en función de sus características personales, necesidades, acciones previas y contexto, es una labor complicada. Esto implica la necesidad de: especificar y dar soporte a la realización de distintos tipos de actividades; crear y ofrecer distintas versiones de contenidos para seleccionar los más apropiados para usuarios con distintas necesidades y en distintos contextos; y definir criterios de recomendación de actividades y de adaptación de contenidos para la generación de espacios de trabajo adaptados a las necesidades de los usuarios. Todas estas tareas requieren un tiempo y esfuerzo notables por parte del diseñador o creador de este tipo de entornos. Actualmente, los sistemas hipermedia adaptativos no suelen incluir ayudas para definir y combinar distintos atributos y criterios de adaptación sobre usuarios, grupos de trabajo, actividades y contextos, a ser considerados para realizar recomendaciones y generar espacios de trabajo dinámicamente. Son pocos los sistemas de recomendación que proveen a los diseñadores herramientas y recursos que puedan utilizarse de forma sencilla para reducir el tiempo empleado en la creación y configuración de SHA.

Es en este contexto donde se sitúa el sistema CoMoLE. (“Context-based adaptive Mobile Learning Environments”). CoMoLE da soporte a la recomendación y realización de actividades desde distintos dispositivos a través de navegadores Web, considerando las necesidades de cada usuario y el contexto en el que se encuentra en cada momento.

Aunque los entornos de e-learning ofrecen mayor interactividad y mayor flexibilidad, su mantenimiento representa un importante obstáculo para su utilización por parte de los profesores. Además de diseñar e implementar las actividades educativas, evaluar a los estudiantes y ofrecer apoyo normalmente en forma de tutorías, estos profesores deben evaluar el efecto de las distintas actividades sobre el aprendizaje de los estudiantes, es decir, intentar conocer si éstas fueron útiles para los estudiantes, y de qué manera se podrían mejorar. Esta evaluación es especialmente importante cuando no todos los estudiantes reciben los mismos recursos de la misma forma, sino que éstos son adaptados a sus características y contextos, como es el caso de los SHA.

En este sentido, el principal obstáculo al que se enfrentan los profesores para llevar a cabo la evaluación es que, mientras en la enseñanza tradicional el profesor percibe mediante observación directa las reacciones y comportamientos de los estudiantes, pudiendo adaptar la forma en la que transmite los conocimientos en función de lo observado, en el caso de los entornos de e-learning el profesor no puede obtener este tipo información de la misma forma, ya que generalmente no está físicamente presente en el momento en el que los estudiantes realizan estas actividades ni puede observar remotamente a cada estudiante en cada momento. Esto hace aún más compleja la tarea de evaluación de las actividades propuestas y de las decisiones de adaptación adoptadas. Una posibilidad para facilitar la evaluación consiste en incorporar cuestionarios para que los estudiantes puedan opinar explícitamente sobre los recursos a los que han accedido. Sin embargo, esta solución presenta varias dificultades: muchas veces los estudiantes no disponen del tiempo o la voluntad para rellenar encuestas; es posible que los estudiantes no quieran expresar opiniones negativas sobre los recursos; e incluso, aunque lo hagan, sus percepciones pueden no ser correctas. Por estos motivos; sería mejor poder disponer de información más objetiva sobre lo adecuadas que resultaron las recomendaciones, de las diversas actividades y los recursos presentados en cada momento.

Es práctica común que estos entornos almacenen las interacciones de los estudiantes en bases de datos relacionales o ficheros (logs). Estas interacciones reflejan lo que hicieron los estudiantes, ya que contienen información sobre sus acciones, progresos y resultados obtenidos en cada una de las actividades realizadas. Por tanto, el profesor podría utilizar los datos contenidos en los logs como fuente de información sobre la experiencia de sus estudiantes con las actividades educativas. Esta información no es evidente, pero existe la posibilidad de obtenerla mediante un análisis de estos logs. No obstante, el tamaño de los logs, normalmente es excesivo y su análisis no es posible sin la ayuda de métodos y herramientas adecuadas para esta tarea.

La minería de datos es la disciplina capaz de extraer información implícita contenida en los datos, que previamente es desconocida, y además es potencialmente útil (Witten y Frank, 2000). Esta disciplina proporciona, un conjunto de métodos y técnicas que han demostrado su capacidad para analizar grandes cantidades de datos con éxito en ámbitos como el comercio electrónico. Una posibilidad para conseguir analizar los logs en entornos adaptativos, consiste en que el profesor utilice técnicas de minería de datos. Sin embargo, si la aplicación de estas técnicas y la posterior interpretación de los resultados obtenidos no son tareas sencillas incluso para expertos en esta disciplina, lo son mucho menos para profesores que a veces sólo poseen conocimientos básicos de informática.

Por este motivo, se propone un método de evaluación para este tipo de entornos de recomendación móviles que ayuda a realizar el análisis de logs y ofrece los resultados de este análisis de forma entendible. Este método fue aplicado a los logs del sistema CoMoLE con el objetivo de detectar situaciones problemáticas que pueden indicar una baja eficacia en las recomendaciones de actividades realizadas por este sistema.

Además, en este trabajo se presentan las bases del sistema CoMoLE, junto con un ejemplo de funcionamiento y los resultados de experiencias realizadas con dos entornos de aprendizaje móvil para el apoyo al estudio de sendas asignaturas de primer y segundo curso de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Igualmente, se presenta el método GeSES para la evaluación de cursos adaptativos, mientras que se muestra un ejemplo de su aplicación al análisis de logs del sistema CoMoLE. Se describen algunos trabajos relacionados con las áreas de las propuestas, y finalmente se presentan las conclusiones.

## **EL SISTEMA CoMoLE**

Con el objetivo de ofrecer a los estudiantes la posibilidad acceder a actividades educativas desde distintos dispositivos, y que estas actividades se adapten tanto a su perfil de usuario como al contexto en que se encuentran, se desarrolló el sistema CoMoLE. (Context-based adaptive Mobile Learning Environments). Este sistema recomienda las actividades más apropiadas a cada usuario en cada momento, dependiendo de sus características personales, de las acciones mientras interactúa con la plataforma y del contexto en el que se encuentra en ese momento. Estas actividades serán realizadas a través de un navegador Web utilizando distinto tipo de dispositivos. A continuación se presentan las bases de este sistema, seguidas de un ejemplo de funcionamiento y, por último, algunos resultados de experiencias de uso realizadas con este sistema.

## Bases de CoMoLE

Un requisito fundamental para poder recomendar actividades a cada usuario y generar dinámicamente las interfaces que den soporte a su realización en cada contexto, es almacenar información sobre los usuarios que las llevarán a cabo. Estos datos constituirán el modelo de usuario de CoMoLE. En este modelo de usuario es posible definir cualquier rasgo del usuario cuyos posibles valores puedan representarse a través de un conjunto de valores discretos (numéricos o estereotipos) o mediante intervalos de valores en el caso de datos numéricos. Algunos ejemplos de rasgos de adaptación utilizados en el área de la enseñanza son si el estudiante cursa por primera vez una materia o no, su nivel de conocimiento previo, las distintas dimensiones del estilo de aprendizaje del usuario, el porcentaje de aciertos en los ejercicios realizados hasta el momento, el lugar donde se encuentra, el dispositivo utilizado, o el tiempo que tiene disponible para realizar las actividades, por ejemplo.

Una vez que se han definido las características de los usuarios que se van a tener en cuenta a la hora de realizar la adaptación, es necesario describir los entornos de aprendizaje móviles, especificando sus componentes. Un entorno de este tipo consiste en: un conjunto de actividades, relacionadas con un tema, que se recomendarán a usuarios en distintas situaciones; un conjunto de contenidos multimedia y herramientas que se combinarán para dar lugar a espacios de trabajo en los que los usuarios podrán realizar dichas actividades; y un conjunto de parámetros y criterios de recomendación de actividades y adaptación de espacios de trabajo. Para cada entorno se definen una serie de características generales como: I) idiomas a los que se dará soporte en el entorno (contenidos, interfaz), II) descripciones del propio entorno en los distintos idiomas que se hayan especificado, III) atributos de los usuarios que se van a tener en cuenta para realizar la recomendación de actividades y adaptación de espacios de trabajo, IV) actividades a realizar, V) roles que los estudiantes pueden tener en las actividades colaborativas, y VI) características generales de los grupos de trabajo, como por ejemplo si los estudiantes serán agrupados de forma automática, el tamaño de los grupos de trabajo o el conjunto de herramientas que se facilitarán a los estudiantes para poder interactuar entre sí y realizar las actividades colaborativas.

También se almacena información sobre cada una de las actividades que forman parte de un entorno, como el tipo de actividad (teoría, ejemplo, simulación, ejercicio tipo test, ejercicio de respuesta libre, repaso, envío/recepción de mensajes, etc); una descripción de la actividad por cada uno de los idiomas especificados en las características generales del entorno a la que pertenece; fecha de inicio/finalización de la actividad ó plazo límite (si procede); tiempo mínimo estimado de realización de la actividad (si existe) y tiempo máximo que el estudiante puede tardar en realizar

la actividad desde su inicio (si procede). Esta información se almacena en el caso de actividades atómicas, es decir, aquellas que no se descomponen en actividades más simples. Dentro de estos entornos, también hay actividades compuestas cuyo principal objetivo es agrupar conjuntos de actividades, por ejemplo, aquellas que se relacionen con un mismo concepto.

Además, las actividades atómicas pueden tener asociados contenidos multimedia. Los contenidos asociados a cada actividad pueden variar dependiendo del tipo de la misma, del tipo de dispositivo para el cual están diseñados, del estilo de aprendizaje del estudiante y/o de otras características personales; de este modo, se podrán seleccionar los más adecuados para cada usuario en cada situación particular. En el caso de actividades teóricas o de ejemplos, los contenidos podrán ser fragmentos HTML, XML o ficheros PDF con explicaciones sobre un concepto o casos de ejemplos a observar. En los ejercicios, los contenidos serán el enunciado del problema a solucionar. En las simulaciones, se pueden incluir applets con los que los usuarios podrán interactuar para observar distintos comportamientos del problema. En los mensajes enviados entre compañeros del mismo grupo de trabajo, los contenidos serán el cuerpo del mensaje a enviar. Y por último; en los envíos o descargas de ficheros de material, los contenidos serán el propio fichero. Independientemente del tipo de actividad, cada uno de los contenidos podrá disfrutar de distinto tipo de material, como imágenes, texto, vídeos o sonidos, entre otros. Un mismo contenido puede estar asociado a distintas actividades. Una misma actividad puede tener asociadas distintas versiones de contenidos orientadas a usuarios con características o necesidades diferentes (por ejemplo, versiones con más esquemas y menos textos para estudiantes con estilo de aprendizaje visual, versiones con vocabulario más sencillo para estudiantes noveles, etc.). El diseñador o creador de contenidos puede crear o suministrar diferentes contenidos dependiendo del tipo de dispositivo utilizado por el usuario. Por ejemplo, en una determinada actividad, se pueden definir distintos contenidos, unos para el caso en el que el usuario utilice un ordenador personal o portátil y otros para cuando se conecte con una PDA. En este caso, lo más usual es que los contenidos mostrados a los usuarios si utilizan una PDA se encuentren más sintetizados o se muestre la misma información que cuando se utiliza un ordenador personal, pero dividiéndola en varias páginas, para que el usuario pueda visualizar dichos contenidos de una forma más cómoda. También se pueden definir distintas versiones de contenidos dependiendo de atributos de los usuarios como, por ejemplo, la dimensión visual-verbal de los estilos de aprendizaje de los alumnos (Felder y Silverman, 1988): en determinadas actividades, puede ser útil disponer de dos versiones distintas, una para estudiantes con estilo de aprendizaje visual, donde las explicaciones serán más esquemáticas y contendrán más dibujos y gráficos, y otra con explicaciones textuales más extensas para los

estudiantes con estilo de aprendizaje verbal. Además, se pueden ofrecer distintas explicaciones dependiendo de la experiencia del usuario adaptando el vocabulario o el tipo de expresiones de las distintas versiones de contenidos, por ejemplo.

Una vez que se ha establecido el modelo de usuario y las características del entorno de trabajo y de sus actividades; el siguiente paso es, definir los criterios para recomendar las distintas actividades a los distintos usuarios y grupos teniendo en cuenta los rasgos definidos en el modelo de usuario, así como las características de las actividades. Estos criterios se establecerán por medio de reglas de adaptación. Las reglas de adaptación pueden tener asociadas condiciones de activación, relacionadas con información sobre los usuarios. Si una regla no tiene condición de activación se aplicará automáticamente para todos los usuarios. En caso contrario, es necesario que la condición se satisfaga para que la regla se active. Para todos los tipos de reglas de recomendación, las condiciones de activación pueden ser simples o compuestas. Una condición está definida por un nombre de atributo y un valor constante con el que se comparará, a través de un operador de relación, el valor de dicho atributo en el modelo de usuario del estudiante. En el caso de atributos numéricos, el operador de relación podrá ser el de igualdad, mayor, mayor e igual, menor o menor igual. Sin embargo en el caso de atributos cuyo valor sea de tipo discreto (ya sea numérico o estereotipo) el operador de relación a utilizar será siempre el de igualdad. Las condiciones compuestas tienen condiciones anidadas, que a su vez pueden ser simples o compuestas. Para definir relaciones entre las condiciones anidadas se pueden utilizar dos clases de operadores: “y” u “o”. Además, pueden especificarse condiciones negativas, en las que una regla se activa cuando no se cumple una determinada condición, ya sea simple o compuesta. Las reglas de adaptación pueden ser de tres tipos: reglas estructurales, filtros generales de contexto y, reglas de requisitos individuales.

Las reglas estructurales, indican la manera en que se descomponen las actividades compuestas en otras actividades a las que llamamos subactividades, así como la flexibilidad de la guía de navegación ofrecida a los distintos usuarios durante la realización de dichas subactividades (recorrido secuencial/libre), incluyendo el orden en el que los usuarios tendrán que realizarlas, en el caso que la guía sea directa (recorrido secuencial). Una actividad puede descomponerse de distintas formas, e incluso la guía de navegación ofrecida entre las subactividades puede ser distinta dependiendo del tipo de usuario a quien esté dirigida. De este modo, es posible guiar de forma distinta a usuarios diferentes mientras realizan las subactividades de una misma actividad. Una versión más simple de este tipo de reglas se ha utilizado previamente para describir cursos hipermedia adaptativos (Carro, 2001).

Los filtros generales de contexto, sirven para separar, del conjunto de todas las actividades, aquellas que se considera apropiado recomendar al usuario debido al contexto en el que se encuentra en el momento de ofrecer la recomendación, así como aquellas que se consideran inapropiadas por el mismo motivo. En estos filtros también es posible considerar características personales de los usuarios para ofrecer las recomendaciones, de modo que es posible ofrecer distintas recomendaciones a usuarios distintos, incluso cuando se encuentran en el mismo contexto. Por ejemplo, se podría definir un filtro general de contexto con el siguiente criterio: “Las actividades teóricas y los ejemplos no serán recomendadas a los estudiantes que tengan menos de treinta minutos disponibles”. Además, se podría especificar otro filtro general que indicara que, si se tienen 10 minutos libres, las actividades de repaso y los ejercicios tipo test sí se recomendarán a los usuarios de estilo de aprendizaje activo.

Por último, las reglas de requisitos individuales, especifican restricciones de realización para una determinada actividad. Este tipo de reglas se pueden utilizar para especificar, por ejemplo: el número mínimo de usuarios necesarios para poder realizar la actividad; si es necesario la realización de una o varias actividades relacionadas previamente; la fecha de activación de la actividad; o la obligatoriedad de que se cumplan una serie de condiciones del contexto de los usuarios, entre otros.

A veces, la especificación de todo este tipo de criterios de adaptación es un proceso complicado para el responsable del entorno. Además, en determinadas ocasiones, puede ocurrir que no exista información suficiente sobre la adecuación de una determinada actividad para un usuario concreto que se encuentra en un contexto específico; es decir, no existen reglas de recomendación que indiquen si recomendar o no esa actividad. En este caso, se pueden realizar recomendaciones basadas en la información sobre las acciones que otros usuarios con características similares realizaron previamente. Evidentemente, para poder ofrecer este tipo de recomendaciones basadas en las acciones de otros usuarios con características y contextos similares, es necesario almacenar y procesar información sobre usuarios que interactuaron con el entorno previamente. En caso de no existir información disponible para una actividad determinada, CoMoLE. Anota dicha actividad como disponible y se deja en manos del usuario realizarla o no.

Para la realización de las recomendaciones basadas en información de otros usuarios, CoMoLE. Utiliza modelos de Markov. El primer paso consiste en realizar una clasificación de usuarios en función de los rasgos de adaptación que se tienen en cuenta en todo el entorno, para ofrecer las recomendaciones. Cada usuario está definido por un vector de atributos, que pueden estar relacionados tanto con sus rasgos personales como con características de su contexto. Cada elemento del vector

tendrá asignado el valor del atributo correspondiente para ese usuario. En función de los posibles valores para cada atributo del vector, realizando todas las combinaciones de valores para cada atributo, se obtiene un conjunto de vectores, cada uno de los cuales representa una clase diferente de usuarios.

Consideremos un entorno en el que se tienen en cuenta la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje de los alumnos y el dispositivo que utilizan para realizar actividades de ese entorno; distinguiendo entre ordenador personal/portátil y, dispositivo móvil (PDA/teléfono móvil). En este caso concreto, hay cuatro posibles clases de usuario: secuencial utilizando un ordenador personal o portátil (tipo 1), secuencial utilizando PDA o teléfono móvil (tipo 2), global utilizando un ordenador (tipo 3) y global utilizando una PDA o teléfono (tipo 4). En el caso de atributos numéricos (como, por ejemplo, el tiempo disponible), los valores posibles son demasiados como para poder obtener suficientes usuarios de cada una de las categorías en función de los minutos que tienen disponibles. Por este motivo, se ha decidido agrupar por rangos los posibles valores en este tipo de atributos.

Para cada una de estas clases de usuarios, se puede obtener un recorrido de actividades con información sobre la probabilidad de realización de una determinada actividad después de haber realizado otra por parte de usuarios con las características asociadas a la clase. El recorrido de actividades para cada clase de usuarios se obtiene analizando el orden en el que los usuarios de esta clase realizaron las actividades del entorno. Cada recorrido contiene información sobre todas las actividades que forman parte del entorno y cuántos usuarios de esa clase realizaron una determinada actividad después de otra. Estos recorridos de actividades se han representado utilizando un modelo de Markov donde los estados representan las actividades del entorno y los enlaces entre las mismas indican la probabilidad de que un usuario realice la actividad en un momento determinado.

Una vez obtenidos los recorridos realizados entre las actividades, para cada una de las clases de usuario, se puede decidir si recomendar o no una determinada actividad teniendo en cuenta el tipo de usuario involucrado, la última actividad realizada (que será considerada como la actividad origen), la actividad sobre la que se desea obtener información (actividad destino), los recorridos entre actividades realizados por usuarios similares (pertenecientes a la misma clase), y la relación que existe entre las probabilidades de transición desde la actividad origen a las posibles actividades destino.

La recomendación sobre una determinada actividad, se realiza si se puede sugerir con suficiente confianza. Se considera que existe suficiente confianza

sobre la probabilidad de una transición cuando la probabilidad de transición de la actividad origen a la actividad destino con respecto a cada una de las demás posibles actividades destino, es superior a un 30%. En ese caso, la actividad destino inicial se anota como recomendada para ese usuario, ya que es mucho más probable que le interese esta frente a las otras.

Por ejemplo, observando la figura 1, supóngase que se trata de un usuario con una serie de características que acaba de realizar la actividad BA\_Gates. El responsable del entorno no especificó ninguna regla de adaptación relacionada con las actividades Set\_Tests y Set\_Exers y, por tanto, no se tiene información sobre la adecuación de dichas actividades. Si se suponen las probabilidades de transición presentadas en el gráfico de la figura 1, se tiene que se recomendará al usuario la actividad Set\_Tests, ya que un 75% de los usuarios con características similares en contextos análogos realizaron esta actividad a continuación de la actividad BA\_Gates. Sin embargo, no existe información sobre la adecuación de la actividad Set\_Exers para este tipo de usuarios en estos contextos. Por tanto, esta última actividad no será especialmente recomendada, dejando su realización en manos.

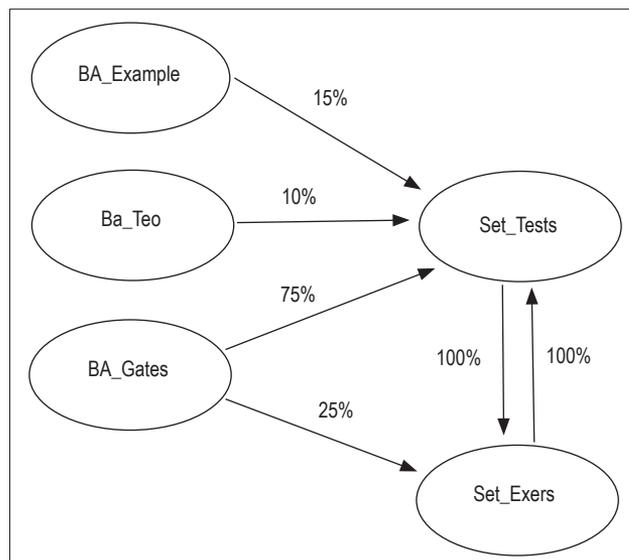


Figura 1. Ejemplo de un modelo de Markov con las probabilidades de transición entre distintas actividades de un entorno

Tanto el mecanismo de recomendación basado en reglas de adaptación como el basado en información sobre otros usuarios se encuentran implementados en dos módulos independientes del sistema CoMoLE. Este hecho permite que puedan utilizarse de forma independiente.

Cuando un entorno de aprendizaje móvil, se pone a disposición de los usuarios, éstos tienen que acceder utilizando un navegador Web al sistema. El primer paso consiste en averiguar cuáles son las actividades relacionadas con el entorno seleccionado por el usuario. El gestor de actividades es el responsable de obtener un listado inicial de las actividades de un entorno determinado. Para generarlo, el gestor consulta tanto la información sobre la totalidad de los elementos del entorno como la información sobre las actividades que ya ha realizado el usuario. A partir de esto, obtiene el listado inicial de actividades, anota las realizadas previamente por el usuario, y proporciona un listado inicial que envía al módulo de recomendación basado en reglas.

A continuación, el listado inicial pasa por los tres filtros descritos en el capítulo anterior: filtro estructural, filtro general de contexto y, filtro individual. Cada módulo da soporte al procesamiento del correspondiente tipo de reglas: reglas estructurales, filtros generales de contexto y restricciones individuales de realización. Esta separación de filtros en módulos facilita que se pueda utilizar cada uno de ellos por separado, de tal manera que, en función de las decisiones tomadas por el responsable del entorno en la fase de diseño, se pongan en marcha los correspondientes módulos de recomendación para la fase de recomendación.

La entrada de cada módulo de recomendación es la salida del módulo anterior, a excepción del primero a utilizar, que recibe el listado inicial proporcionado por el gestor de actividades. La salida de cada módulo es un listado con las actividades anotadas junto con su correspondiente grado de recomendación (recomendada en este momento, disponible pero no recomendada en este momento, disponible y no disponible). Este listado es la entrada al módulo de recomendación basado en información sobre otros usuarios, en caso de utilizarse.

En caso de haber seleccionado el uso de recomendaciones basadas en acciones previas de otros usuarios, entra en juego el módulo denominado “buscador de recomendaciones”. Su objetivo principal es realizar recomendaciones sobre las actividades que se encuentren sin anotar o bien en estado disponible (ni recomendadas ni no recomendadas) basándose en las actividades realizadas por usuarios con características similares cuando se encontraron en la misma situación.

Para ello, primeramente, se clasifica al usuario en uno de los tipos o clases para los que se encuentran definidos los grafos de actividades. A continuación, para cada una de las actividades a considerar, el buscador de recomendaciones analiza la probabilidad de transición desde actividades que el usuario ya ha realizado a aquellas actividades a considerar. Si existe suficiente nivel de confianza sobre la probabilidad de realizar una determinada actividad a continuación de una de las actividades realizadas ya por el usuario, la actividad destino es anotada como recomendada.

Una vez que el buscador de recomendaciones ha terminado de actualizar el estado de las actividades, envía la lista de actividades completa anotada al generador de espacios de trabajo, encargado de componer estos espacios seleccionando los contenidos y herramientas más adecuados para mostrar al usuario. Realiza esta selección teniendo en cuenta las características del dispositivo y los rasgos personales de los usuarios, e incluye una tabla de actividades anotada con información sobre el grado de recomendación de cada actividad. Una vez que se ha generado la página, es enviada al navegador Web del usuario.

En la figura 2 se presenta un ejemplo de una página Web generada para un usuario que está interactuando con un entorno de recomendación de actividades relacionado con la materia “Estructura de Datos y de la Información I (EDI1)”. Como se puede observar, la parte superior de esta página muestra el área de recomendación donde, en la parte izquierda, se pueden ver las actividades recomendadas (If.Test) y, en la parte derecha, la actividad actual (Switch.Teoría). En la parte central se encuentran dos botones. El superior permite salir del entorno finalizando la sesión. El inferior permite ocultar/mostrar la tabla anotada de actividades (parte izquierda de la página) para ampliar/reducir el tamaño del área de contenidos (parte central y principal de la página). A la izquierda de la página se muestra una tabla de actividades anotadas en distintos colores. Esta tabla se genera dinámicamente a partir del listado de actividades anotadas de los módulos de recomendación.

Como se puede observar, cada actividad está coloreada de acuerdo a la metáfora del semáforo (Weber y Specht, 1997), donde cada uno de los colores indica un grado de recomendación. Los colores utilizados son:

- Verde para indicar que la actividad se encuentra disponible para el usuario y que su realización está recomendada por el entorno en ese momento.
- Amarillo cuando la actividad está disponible pero no se encuentra recomendada en ese momento, ya que alguna condición relacionada con el contexto del usuario no se satisface.

- Rojo si la actividad no se encuentra disponible y, por tanto, el usuario no puede realizarla (por ejemplo, si es necesario que realice otra actividad previamente).
- Negro para las actividades ya realizadas por el usuario.

En el ejemplo de la figura 2, la tabla de actividades anotada tiene una actividad recomendada que es la actividad If-Test que también se encuentra en la parte superior de la página, en la barra de recomendaciones. La actividad Switch-Ejercicio1 se encuentra anotada como no recomendada en color amarillo ya que alguna de las condiciones del contexto del usuario no son apropiadas para la realización de la misma. La actividad Switch-Ejercicio2 se encuentra anotada como no disponible.

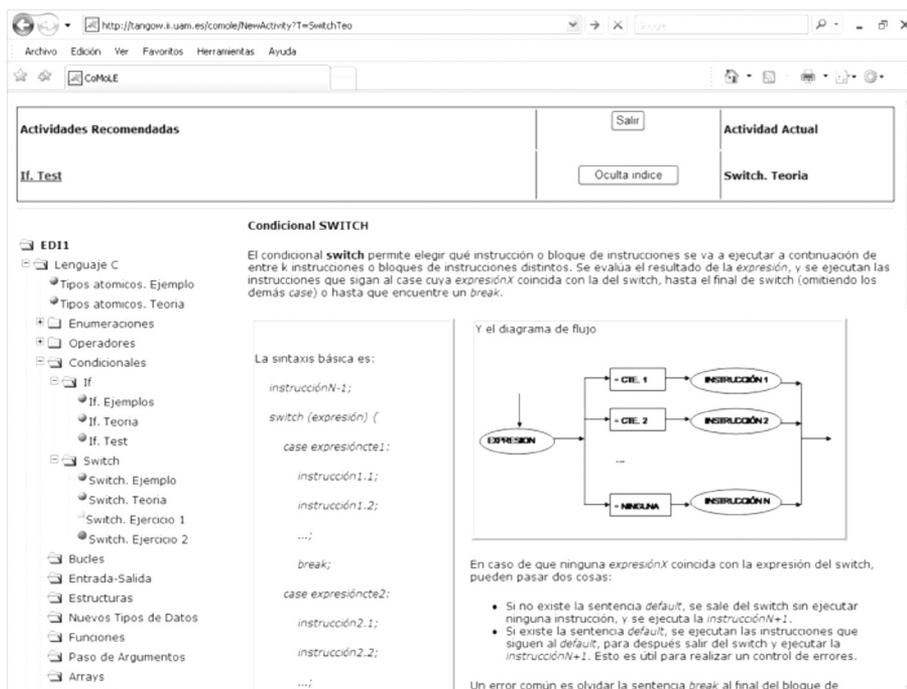


Figura 2. Captura de ejemplo de página Web generada por CoMoLE

Por último, en la parte inferior derecha de la pantalla, se muestra el área con los contenidos y herramientas más adecuadas para realizar la actividad actual (Switch-Teoría en este caso). Los contenidos son seleccionados por el generador de espacios de trabajo teniendo en cuenta tanto las distintas versiones de los contenidos almacenadas en el entorno como los atributos personales del usuario, sus acciones y

el contexto en que se encuentra (por ejemplo, se seleccionan contenidos textuales/gráficos según la dimensión visual/verbal de su estilo de aprendizaje o contenidos para PC/PDA dependiendo del dispositivo que esté utilizando el usuario).

## **Experiencias de uso**

Con el objetivo de comprobar el impacto y la utilidad de la propuesta en entornos adaptativos móviles reales, se llevaron a cabo dos casos de estudio con usuarios de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Se crearon dos entornos de aprendizaje móvil, uno para el apoyo al estudio de la asignatura de “Estructuras de Datos de la Información I” (en adelante, EDI1) y otro para el apoyo al estudio de “Sistemas Operativos I” (en adelante, SO1), correspondientes al primer y segundo curso respectivamente. Ambas asignaturas se imparten durante el segundo cuatrimestre del curso. Los alumnos utilizaron estos entornos como recursos educativos adicionales a las clases de teoría y prácticas que se impartían presencialmente. Para cada uno de los entornos se definieron distintas actividades de aprendizaje de acuerdo al programa de cada asignatura. El sistema CoMoLE. Dio soporte a la recomendación y realización de actividades en ambos entornos.

Los estudiantes de ambas asignaturas dieron su opinión sobre el sistema y facilitaron comentarios sobre distintos aspectos de estos entornos de recomendación. La información fue recopilada a través de formularios disponibles mientras se encontraban interactuando con el entorno de aprendizaje móvil, y también mediante una encuesta final detallada para recoger más datos sobre su experiencia con el sistema.

El número de estudiantes matriculados en las asignaturas EDI1 y SO1 durante el curso 2007/08 fue 285 y 230 estudiantes respectivamente. Estos entornos fueron utilizados por 135 estudiantes en EDI1 y por 160 alumnos en SO1 (47% y 69% de participación con respecto a los estudiantes matriculados, respectivamente). Con el objetivo de motivar a los estudiantes a que se conectaran y de permitirles que se beneficiaran del proceso de recomendación de actividades basado en su contexto, se prestaron 20 PDAs a los estudiantes que no tenían una propia.

El entorno creado para “Estructura de Datos y de la Información I” se centra en actividades de aprendizaje relacionadas con estructuras de datos y programación en lenguaje C. Los profesores habían explicado previamente los temas en clase. Los parámetros de adaptación definidos para este curso son el estilo de aprendizaje (dimensiones visual-verbal, activo-reflexivo y sensorial-intuitivo) y su contexto

(dispositivo utilizado, tiempo disponible y localización física). El temario de la asignatura “Sistemas Operativos I” consta de nueve temas. El entorno ofrecido para dicha asignatura incluye actividades correspondientes a uno de los temas (“Gestión de Memoria”). Los atributos a tener en cuenta para realizar la recomendación de actividades y adaptación de contenidos en este caso fueron los mismos que en EDI1.

En ambos entornos se incluyen actividades atómicas y actividades compuestas. Estas últimas son utilizadas solamente con fines estructurales, para poder organizar las actividades atómicas, por lo que no tienen ningún contenido asociado. El entorno de EDI1 consta de 133 actividades diferentes, de las cuales 95 son atómicas. En el caso de SO1, hay 79 actividades atómicas distintas de las 91 que componen el conjunto total para este entorno. Además, se definieron varias reglas estructurales para especificar el modo en que se organizarían las actividades para cada tipo de estudiante según la dimensión sensorial-intuitivo de su estilo de aprendizaje.

Las actividades y los contenidos son recomendados a los estudiantes según los rasgos de adaptación considerados en cada asignatura, teniendo en cuenta también información dinámica sobre las acciones que realizaron previamente, como actividades realizadas o resultados obtenidos en los ejercicios.

Cuando se llevaron a cabo estos dos casos de estudio, el módulo de recomendación basada en las acciones de otros usuarios (utilizando modelos de Markov) todavía no estaba implementado por completo. Por tanto, en ambos casos las recomendaciones se basaron en reglas.

Estos dos casos de estudio arrojaron información sobre: la utilidad de los entornos de recomendación basados en las características personales y en el contexto de los usuarios; la calidad de las recomendaciones ofrecidas; la preferencia de sistemas de recomendación frente a sistemas sin ningún tipo de adaptación; el seguimiento de las recomendaciones sugeridas por el sistema; la adecuación de la adaptación de las versiones de contenidos a los perfiles de los estudiantes y al dispositivo que estaban utilizando; la facilidad de uso del sistema; la influencia del sistema en la organización del tiempo de estudio; la intención de los alumnos de volver a utilizar el sistema; cómo se sintieron trabajando con estos nuevos entornos de recomendación; sus opiniones sobre la experiencia y posibles mejoras a realizar sobre el sistema.

En general, los alumnos prefieren entornos de recomendación que tengan en cuenta sus características personales, sus acciones y su contexto, frente a sistemas no adaptativos. Este hecho viene marcado por las características de este tipo de

entornos, ya que ayudan a los usuarios a escoger las actividades más adecuadas a realizar en cada momento, a conocer con qué conceptos tienen dificultades de aprendizaje, a gestionar su tiempo libre, etc.

Según las opiniones vertidas por los usuarios, las recomendaciones que el sistema realizó fueron adecuadas en la mayoría de los casos, y la gran parte de los estudiantes siguieron las recomendaciones que se les ofrecían en cada paso. El proceso de recomendación que lleva a cabo el sistema CoMoLE. Ayuda a los estudiantes en la selección de actividades a realizar en cada contexto.

Los estudiantes consideraron útiles las recomendaciones basadas en sus características personales, acciones previas y contexto. La adaptación basada en sus características personales (incluyendo estilos de aprendizaje) y nivel de conocimiento fue considerada más importante que la adaptación de contenidos al dispositivo. Dentro de la información de contexto, el factor mejor valorado por la mayoría de los usuarios para ser considerado con propósitos adaptativos es el tiempo. CoMoLE. Les ayuda a gestionar el tiempo disponible para realizar actividades y se convierte en un factor de especial importancia cuando disponen sólo de unos pocos minutos.

En los casos de estudio llevados a cabo, el proceso de recomendación se basó principalmente en la adaptación al contexto del usuario, a su estilo de aprendizaje (dimensiones sensorial-intuitivo y visual-verbal) y a los resultados obtenidos en actividades previas. Sin embargo, aparte de estos rasgos, los comentarios ofrecidos por los estudiantes indican que sería conveniente tener en cuenta también la dimensión global-secuencial de los estilos de aprendizaje junto con el nivel de conocimientos. De esta manera, los alumnos con estilo de aprendizaje global podrían tener más libertad a la hora de navegar entre actividades y los alumnos con conocimientos más avanzados podrían saltar las actividades más básicas.

Sin embargo, al hablar de la adaptación de contenidos, esta situación cambia bastante. Los estudiantes consideran menos importante la adaptación de los espacios de trabajo, ya que para ellos lo realmente importante son los contenidos. Habrían preferido que las actividades cubriesen más parte o la totalidad del temario antes que el hecho de que los contenidos fueran adaptados a la dimensión visual-verbal de sus estilos de aprendizaje o al dispositivo que estaban utilizando.

El poder realizar actividades sin necesidad de estar frente a su ordenador personal fue una posibilidad atractiva pero no valorada especialmente por parte de

los estudiantes. Aunque el uso de ordenadores portátiles entre los estudiantes de Ingeniería Informática de nuestra universidad ha crecido en los últimos años, sólo los estudiantes de cursos superiores suelen utilizar PDAs. La mayoría de estudiantes que utilizaron PDAs en estos dos casos de estudio no se consideraban a sí mismos usuarios expertos, ni siquiera habituales, de este tipo de dispositivos (esto podría cambiar si se extendiera el uso de sistemas como CoMoLE. Algunos tuvieron dificultades en el uso de estos dispositivos debido a las características de su interfaz de entrada y a la aparición de una pequeña barra de desplazamiento horizontal en el navegador web en determinadas actividades.

El resultado más importante de la evaluación de este trabajo es que los alumnos consideraron los dos entornos desarrollados sobre el sistema CoMoLE. Muy útiles para dar soporte a nuevas maneras de aprendizaje y afrontar el estudio de una materia de una forma distinta. En este sentido, su estudio fue más atractivo, ya que realizaron actividades de distintos tipos desde distintos lugares y diferentes momentos. A la mayoría de los estudiantes, las recomendaciones ofrecidas por el sistema les ayudaron a organizar su tiempo de estudio, especialmente en las situaciones en las que no disponían de mucho tiempo. Su motivación se incrementó, no sólo durante su interacción con el entorno, sino también en discusiones con sus compañeros sobre las explicaciones teóricas, ejemplos y ejercicios que les proponían los entornos. Esto implicó que se les despertara una mayor curiosidad sobre la materia. Los entornos desarrollados para estos casos de estudio tuvieron gran aceptación por parte de los estudiantes. Estos logros demuestran que la recomendación de actividades dependiendo de las características personales de los estudiantes, sus acciones y su contexto tiene sentido en los entornos de aprendizaje móvil adaptativos. Las cifras y datos detallados sobre estos dos casos de estudio se pueden ver publicados en (Martin y Corre, 2009).

## **EVALUACIÓN DE CURSOS ADAPTATIVOS**

La evaluación de las actividades educativas realizadas a través de entornos virtuales presenta dificultades añadidas sobre la evaluación de la realización de actividades presencialmente. Estas dificultades se ven acrecentadas cuando las actividades son propuestas a través de un sistema adaptativo, donde no todos los estudiantes realizan las mismas actividades ni se les presentan los mismos contenidos. El resultado es que para un profesor es difícil comprobar cuáles son los problemas (desde el punto de vista educativo) que surgen durante la interacción de los estudiantes con el sistema adaptativo o, por ejemplo, si ciertos tipos de estudiantes tuvieron más problemas que otros.

La evaluación de un curso adaptativo trata de dar respuesta a la pregunta sobre si la adaptación proporcionada tanto a nivel de actividades recomendadas (guía de navegación entre ellas) como a nivel de contenidos presentados fueron los adecuados para todos los perfiles de usuario. Con este objetivo, el método propuesto se basa en detectar situaciones problemáticas que puedan ser consideradas síntomas de problemas, tanto en los contenidos en sí como en los criterios de adaptación. Algunos ejemplos de este tipo de situaciones son: actividades prácticas que un número elevado de estudiantes ha tenido problemas para resolver; un grupo de actividades teóricas que insumen mucho más tiempo del previsto por el profesor; o una actividad concreta que sistemáticamente no puede ser terminada en el tiempo previsto por el sistema.

Así, el método GeSES (Generate-Select-Establish-Select) consiste en analizar los logs generados por sistemas de e-learning (en especial sistemas adaptativos) en busca de estos síntomas de potenciales problemas. Para esto utiliza técnicas de minería de datos, aunque con énfasis en ocultar los detalles de aplicación de dichas técnicas para dar soporte a usuarios con poco o ningún conocimiento técnico que deseen evaluar este tipo de sistemas.

## **Método GeSES**

La primera propuesta de método para detectar síntomas en cursos adaptativos es Key-node (Bravo et al., 2010). El método consiste en construir árboles de decisión a partir de los logs, donde cada entrada (acción de un usuario con el sistema) se etiqueta como “buena” o “mala” (es decir, situaciones satisfactorias versus situaciones no deseadas, como que el estudiante responda mal a una cuestión práctica). Los árboles construidos no se utilizan para clasificar nuevos casos, sino que se analizan en busca del conocimiento que representan. Así, una rama de un árbol de decisión que lleva a una hoja etiquetada como “mala” posee información sobre actividades problemáticas en el curso, y normalmente también contiene datos sobre los perfiles de los usuarios asociados con ese problema. De esta forma se pueden detectar situaciones donde, por ejemplo, sólo el 30% de los estudiantes realizan de forma no satisfactoria una determinada actividad, pero ese porcentaje correspondía a la totalidad de estudiantes con un perfil de conocimiento básico.

Pero el método Key-node sufre de problemas de escalabilidad. Así, al crecer los árboles de decisión se torna cada vez más difícil extraer la información de forma que pueda ser entendida y utilizada por un profesor para mejorar el curso. Por este motivo, se desarrolló el método GeSES, que se sirve de una técnica que mejora

los resultados de un árbol de decisión, las reglas de decisión, y en particular las del algoritmo C4.5 (Quinlan, 1993). Después de las sucesivas mejoras de la propuesta inicial de este método se llegó a la propuesta final, que se puede resumir en las siguientes etapas:

- **Fase1: Fase de limpieza.** Eliminar los datos de interacción que no se consideren relevantes y establecer la variable de selección. Esta variable se utiliza para etiquetar cada entrada (“buena” o “mala”). Por ejemplo, sería posible evaluar las puntuaciones obtenidas por los estudiantes al realizar las actividades, el tiempo empleado en realizarlas, o la frecuencia de consulta a la tabla de contenidos. Una limitación del algoritmo de aprendizaje utilizado es que la variable que etiqueta cada caso debe ser discreta. Así, si se quieren considerar como característica de evaluación las puntuaciones obtenidas en una determinada actividad (notas numéricas), se debe generar una variable sintética nominal que refleje esta información (por ejemplo, una variable “éxito”, cuyos valores posibles serían “sí” y “no”, dependiendo de si la puntuación alcanza cierto nivel mínimo). El resultado de esta fase es una tabla con los perfiles de los estudiantes, sus datos de interacción y la variable de evaluación. La información contenida en esta tabla constituye los datos de análisis.
- **Fase 2: Generación de las reglas de decisión.** Consiste en la aplicación del algoritmo C4.5 a los datos de análisis para generar las reglas de decisión. Los parámetros para este algoritmo son:
  - Atributos: características del perfil del estudiante; nombre, propiedades y relaciones de la actividad (si es una actividad compuesta o no, cuál es la superactividad de la que ésta forma parte – si fuera el caso- conceptos relacionados con la actividad, etc.).
  - Variable de clasificación o clase: variable de evaluación.

El resultado de esta fase es un conjunto de reglas de decisión, cada una con su correspondiente precisión, y un ranking de reglas con los siguientes parámetros asociados: size, error, used y class. Estos parámetros describen la calidad de las reglas; el primero responde al tamaño de la regla, es decir, el número de condiciones que hay en la parte izquierda de ésta. El segundo hace referencia a la tasa de error de la regla (porcentajes de casos mal clasificados respecto de los casos bien clasificados). El siguiente indica la cobertura de la regla (es decir, el número total de casos a los que se aplica). El último parámetro se refiere a la clase a la que hace relación la regla, es decir, la parte derecha de la regla.

- **Fase 3: Seleccionar las reglas relevantes para la característica de evaluación.** Seleccionar, del conjunto de reglas de decisión, aquellas en las que la variable de evaluación cumpla la característica que se quiere evaluar. En el ejemplo de las puntuaciones, se seleccionarían las reglas de la clase “no”, ya que éstas indican que no se resolvió el ejercicio correctamente.
- **Fase 4: Establecer la frontera de selección.** Un problema asociado con los algoritmos de generación de reglas de clasificación es que, en la mayoría de las situaciones, se genera un número de reglas muy elevado. La mayor parte de las veces las reglas no son relevantes para el profesor, porque, por ejemplo, afectan a una porción muy pequeña de los estudiantes. Sin embargo, la gran cantidad de reglas puede dificultar, e incluso impedir, que el profesor pueda identificar las reglas significativas. Por este motivo, el método presentado incluye criterios para ordenar las reglas por importancia y luego presentar al profesor sólo las que cumplan determinados criterios de significancia. Por ello, es necesario establecer un punto a partir del cual se considera que una regla es relevante, y reducir de esta forma la información mostrada al profesor. Este punto es la frontera de selección, que corresponde al tercer cuartil, de forma que:
  - Frontera: tercer cuartil, Q3, respecto de los conceptos: used, size y error. Se seleccionaron estos tres conceptos, ya que éstos contienen la información necesaria para decidir si una regla es relevante o no.
- **Fase 5: Seleccionar las mejores reglas.** Esta fase está dividida en tres etapas: generación de la precisión, asignación de pesos a las reglas y selección de las reglas.
  - Generación de la precisión. Se genera el parámetro precision a partir del parámetro error, pues precisión = 100 - error, ya que el error está expresado en porcentajes.
  - Asignación de pesos a las reglas. En primer lugar, se utiliza una modificación de la función sigmoïdal para la asignación de pesos para cada uno de los conceptos used, size y precisión:

$$W_c(x) = \frac{1}{1 + \frac{1}{4} * e^{-\frac{x-Q_{c,e}}{2} \frac{Q_{c,3}-Q_{c,1}}{2}}}$$

La ecuación contiene los siguientes elementos:  $w_c$  hace referencia al peso que obtiene el concepto  $c$  para la regla,  $Q_{c,3}$  y  $Q_{c,1}$  son el tercer y primer cuartil de la tabla de ranking respecto al concepto  $c$ , y  $x$  es la observación. Una observación es el valor del concepto relacionado con la regla; por ejemplo si la regla tuviera una cobertura de 1400 casos, la observación sería 1400. El peso total de cada regla se obtiene sumando los pesos de los conceptos, ponderados de acuerdo a la importancia de cada uno de los parámetros, siendo esta ponderación un número entre 0 y 1. Hay que indicar que el profesor tiene la libertad de fijar la importancia de estos conceptos, según lo que considere adecuado.

$$W_r = w_{used} * S_{used} + w_{size} * S_{size} + w_{precisión} * S_{precisión}$$

Donde,  $W_r$  es el peso total de la regla  $r$ ,  $W_c$  es el peso respecto al concepto  $c$  ( $c \in \{used, size, precisión\}$ ), y  $S_c$  es la importancia que tiene  $c$  ( $S_c \in [0, 1]$ ).

- o Selección de las reglas. Se ordenan las reglas respecto al peso total ( $W_r$ ) y se seleccionan aquellas que mayores pesos han obtenido.

## APLICACIÓN DE GESES PARA EVALUAR UN CURSO EN COMOLE

Con el objetivo tanto de probar el método GeSES con datos de usuarios reales, como de evaluar uno de los entornos de enseñanza accesibles a través de CoMoLE, se efectuó un análisis de los logs correspondientes a los entornos de enseñanza puestos a disposición de los estudiantes. Esta sección describe la estructura de los datos analizados, los pasos seguidos y los resultados obtenidos.

### Descripción de los logs

Los datos fueron recogidos durante el desarrollo de dos asignaturas de los estudios de Ingeniería Informática impartidos en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid durante el segundo cuatrimestre del curso 2007/08. Corresponden a las interacciones generadas por los estudiantes de la asignatura de “Sistemas Operativos I” (SO1), mientras realizaban actividades ofrecidas por el sistema CoMoLE para reforzar sus conocimientos sobre esta materia. El sistema realizó recomendaciones de acuerdo a: los estilos de aprendizaje de los estudiantes, las actividades que fueron realizadas por ellos, los resultados obtenidos en las actividades, el contexto en que se encontraban en cada momento (dispositivo utilizado, tiempo disponible, localización física) y los tiempos recomendados para la realización de algunas actividades. El número de estudiantes que realizó las actividades fue 131, generando un total de 3610 interacciones.

CoMoLE. genera dos ficheros XML para cada estudiante: uno para almacenar su perfil y otro para guardar sus interacciones. Con el objetivo de generar un gran fichero de logs con toda la información sobre todos los estudiantes fue necesario procesar cada uno de los ficheros de cada estudiante, seleccionando las partes útiles para este experimento. Así, el gran fichero generado contiene información relativa a los perfiles de los estudiantes, sus contextos, las actividades realizadas en cada contexto y los resultados obtenidos. Cada uno de los registros (entradas) del fichero de logs contiene las siguientes variables:

- Variables que describen el perfil: se almacenan las variables relativas al identificador del estudiante y las componentes del estilo de aprendizaje modelo de Felder-Silverman (Felder y Silverman, 1988).

IdUser: identificador del estudiante en el sistema.

- Visual: dimensión visual/verbal del modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman. Esta dimensión está relacionada con la forma en la que los contenidos son mostrados. Puede tener dos valores: “y” (indica mayor dimensión visual que verbal) y “n” (indica mayor dimensión verbal que visual).
- Sequential: dimensión sequential/global del modelo de Felder-Silverman. Esta dimensión se refiere a la manera en la que los estudiantes entienden la información. Dos valores son posibles: “y” (indica mayor dimensión sequential que global) y “n” (indica mayor dimensión global que sequential).
- Active: dimensión active/reflexive del modelo anterior. Esta dimensión indica la manera preferida de los estudiantes para procesar la información. Dos valores están disponibles: “y” (más active que reflexive) y “n” (más reflexive que active).
- Sensitive: dimensión sensitive/intuitive del modelo de Felder-Silverman. Esta dimensión indica la forma en la que los estudiantes perciben la información. Puede tener dos valores: “y” (más sensitive que intuitive) y “n” (más intuitive que sensitive).

- Variables respecto al contexto:
  - Device: tipo de dispositivo en el que las actividades son presentadas a los estudiantes. En los experimentos realizados se contemplaron dos tipos de dispositivo posibles: PC y PDA.
  - Location: lugar en el que se encuentra el estudiante al realizar las actividades. En este caso, existen cuatro posibles lugares: home, laboratory, class y others.
  - TimeUser: tiempo del que dispone el estudiante para realizar actividades en una sesión. El estudiante indica este tiempo al principio de la sesión. Valores posibles para esta variable son los siguientes: 10 minutos, 20 minutos, 30 minutos, 1 hora, entre 1 y 2 horas, y más de 2 horas.
- Variables que describen la actividad:
  - NameAct: identificador de la actividad de aprendizaje.
  - Type: tipo de actividad. Hay cinco tipos de actividades disponibles en este curso: teóricas, ejemplos, test de auto-evaluación, ejercicios de respuesta corta con texto libre y actividades colaborativas.
  - Finalization: indica si la actividad se terminó o no. Dos valores son posibles: “F” (actividad finalizada) y “N” (actividad no finalizada).
  - Score: almacena el resultado obtenido en la actividad cuando ésta ha sido finalizada. Es una variable continua que toma valores entre 0 (peor puntuación que se puede obtener) y 10 (mejor puntuación).
  - Grade: variable generada de forma sintética (no por CoMoLE) a partir de la variable score. Puede recibir dos valores: LOW (si  $0 \leq \text{score} < 5$ ) y HIGH (si  $5 \leq \text{score} < 10$ ).

## **Análisis con el método GeSES**

Como se explicó anteriormente, el método GeSES consta de cinco fases. A continuación se describe cómo se aplicó el método al entorno de enseñanza indicado:

- Fase 1: Fase de limpieza.** Se seleccionaron las interacciones correspondientes al curso de 2007/08 en la asignatura SO1, y se diseñó la tabla de logs que contiene 3610 filas (logs) y 13 columnas (variables). Esta tabla constituye los datos de análisis, y la variable de evaluación asignada fue la variable grade. La tabla 4.1 muestra un análisis estadístico de la distribución de los datos, mostrando cada variable y su frecuencia absoluta. Así, se muestra que la variable visual tiene dos valores posibles: “y” y “n”, siendo la frecuencia del primero de 3140, frente a 470. Dicho de otro modo, hay una mayor proporción de estudiantes visuales que verbales. La misma interpretación puede darse de las otras tres dimensiones del estilo de aprendizaje. Existe mayor número de estudiantes secuenciales que globales, mayor proporción de reflexivos que de activos y mayor proporción de sensitivos que intuitivos. Se observa que el dispositivo más utilizado fue el “PC”, que hubo tres tipos de localizaciones, aunque la más frecuente fue realizar las actividades en “casa”. Respecto a los tipos de actividades disponibles en este entorno existen tres tipos: test, short\_answer y collaborative, correspondientes a tests de autoevaluación, preguntas de respuesta corta, y actividades colaborativas. Fundamentalmente, los estudiantes realizaron actividades de los dos primeros tipos. Para la variable grade, se observa que hubo mayor proporción de valores LOW que de HIGH, indicando que los resultados obtenidos en la realización de las actividades fueron más bien bajos, lo cual puede ser signo de situaciones problemáticas. El número de actividades disponibles fue 46. Sus nombres aparecen en la última fila de la tabla 1. Se sigue la siguiente notación para indicar los nombres de las actividades:

{nombre-actividad}{(número-actividad-inicial)-(número-actividad-final)} o {nombre-actividad}{número-actividad}.

Por ejemplo, el primer grupo de actividades es PagSimpleTest(1-3), este nombre indica que las actividades disponibles son PagSimpleTest1, PagSimpleTest2 y PagSimpleTest3.

Variable	Valores	Instancias
<i>Visual</i>	Y	3140
	N	470
<i>Sequential</i>	Y	2670
	N	940
<i>Active</i>	Y	1364
	N	2246

<i>Sensitive</i>	Y	3181
	N	429
<i>Device</i>	PC	3496
	PDA	114
<i>Location</i>	Home	3042
	Lab	68
	Others	500
<i>Type</i>	Test	2306
	short_answer	1235
	collaborative	69
<i>Grade</i>	LOW	2799
	HIGH	811
<i>nameAct</i>	PagSimpleTest(1-3), PagSimpleRptaLibre(1-2), SegSimpleTest(1-2), Mem_Test(1-5), PSRptaLibre(1-2), MV_Test(1-19), MultiRptaLibre(1-2), PagMV-Ejer(1-7), SegMVEjer, ColSO1, TablasRptaLibre1, TablasTest2	

Tabla 4.1. Distribución de los datos de análisis de los logs de CoMoLE

- **Fase 2: Generación de las reglas de decisión.** Se aplica el algoritmo C4.5 a los datos de análisis con los siguientes parámetros:
  - Atributos: visual, sequential, active, sensitive, device, location, type, nameAct.
  - Variable de clasificación: grade.

Después de generar las reglas de decisión con este algoritmo se obtuvieron 43 reglas (13 para la clase LOW y 30 para la clase HIGH). Las reglas se seleccionan a partir de este ranking en las siguientes fases.

- **Fase 3: Seleccionar las reglas más relevantes para la característica de evaluación.** La variable de evaluación es grade. Como el objetivo del método es detectar signos de baja eficacia y el valor LOW en la variable grade indica que la actividad no se superó adecuadamente, se seleccionaron las reglas de decisión de la clase LOW (13 reglas). La tabla 4.2 muestra las reglas seleccionadas en esta fase. Se observa que la regla que más cobertura presenta es DR104, que es además la que menor error presenta, mientras que la regla DR45 es la de mayor tamaño.

Regla	Size	Error	Used
DR104	1	8.1%	1225
DR19	1	8.5%	99
DR30	1	8.5%	99
DR26	1	9.0%	93
DR15	2	11.8%	11
DR57	1	15.8%	81
DR62	1	17.1%	81
DR1	2	17.2%	74
DR54	2	17.8%	418
DR37	2	18.4%	56
DR7	1	19.7%	95
DR20	2	20.4%	54
DR45	3	22.3%	27

Tabla 4.2. Reglas seleccionadas en la fase 3

- **Fase 4: Establecer la frontera de selección.** Para establecer la frontera se seleccionan las columnas (conceptos) size, error y used de la tabla 2. El resto de las columnas son redundantes, o no contienen información relevante para la fase siguiente. Para los conceptos seleccionados se calculó la frontera de selección: F (tercer cuartil).

Estadísticos	Size	Error	Used
Suma	20	194.6	2413
F	2	9	99

Tabla 4.3. Fronteras de selección para los conceptos

Se observa en la tabla 3 que el tercer cuartil para la cobertura es 99. Este es el punto a partir del cual se valorará más a una regla que a otra.

- **Fase 5: Seleccionar las mejores reglas.** Esta fase consiste en asignar pesos a cada regla, y seleccionar las que mayor peso total presenten. Es importante destacar que el peso otorgado por cada frontera puede recibir un valor entre 0 y el peso máximo. En este caso, se ha fijado el peso máximo en el valor 1, y se ha

considerado que cada uno de los conceptos tenga la misma importancia, i.e.,  $s_{used} = s_{size} = s_{error} = 1$ . La tabla 4 muestra los pesos otorgados por la función sigmoideal modificada.

Regla	$W_{used}$	$W_{size}$	$W_{precision}$	$W_r$
<b>DR104</b>	1	0.35	0.83	<b>2.18</b>
<b>DR54</b>	1	0.8	0.38	<b>2.18</b>
DR19	0.8	0.35	0.82	1.97
DR30	0.8	0.35	0.82	1.97
DR7	0.77	0.35	0.29	1.41
DR26	0.75	0.35	0.8	1.9
DR57	0.63	0.35	0.48	1.47
DR62	0.63	0.35	0.42	1.4
DR1	0.56	0.8	0.41	1.77
DR37	0.35	0.8	0.35	1.5
DR20	0.33	0.8	0.26	1.39
DR45	0.12	0.97	0.19	1.28
DR15	0.06	0.8	0.69	1.55

Tabla 4.4. Pesos otorgados por la función sigmoideal

En la tabla 4 se puede observar que las reglas de decisión con mayor peso son DR104 y DR54, seguidas de las reglas DR30 y DR19. Hay que tener en cuenta que el sistema de pesos puntúa sobre 3, esto quiere decir que el mayor peso total posible es 3. En concreto, el mayor peso total se registra en las reglas DR104 y DR54 con una puntuación de 2,18. En este caso se observa que también cobra especial relevancia el grado de importancia de los conceptos ( $s_c$ ). Es importante recordar que al principio se decidió que todos los conceptos tuvieran el mismo grado de importancia, pero si, por ejemplo, la importancia del concepto tamaño fuera mayor que la del concepto precisión, la regla DR<sub>1</sub> sería seleccionada en lugar de las reglas DR19 y DR30.

La tabla 5 muestra las reglas que el método considera más relevantes. La regla DR104 indica que la mayoría de los estudiantes que realizaron actividades de tipo short\_answer obtuvieron baja puntuación en estos ejercicios. Y la segunda, DR54, indica que la mayoría de estudiantes activos que realizaron sus actividades en casa, presentaron dificultades en la mayoría de actividades. Estas dos reglas contienen información interesante desde el punto de vista de los profesores, ya que les alerta

de que es posible que exista un problema con las actividades de tipo `short_answer`. Por tanto, podría ser que estas actividades no fueran adecuadas para los estudiantes activos que trabajaron en casa. Las dos siguientes reglas indican que pueden existir problemas en actividades concretas. En el caso de la regla DR19, se indica que la actividad `Mem_Test2` presentó problemas para la mayoría de estudiantes, pues no existe información sobre el perfil de éstos. Las conclusiones son las mismas para la última regla, pero referidas a la actividad `MV_Test1`.

<b>DR104:</b>	<i>type = short_answer</i>
	→ <b>class LOW</b> [91.9%]
<b>DR54:</b>	<i>active = y</i> <i>location = home</i>
	→ <b>class LOW</b> [82.2%]
<b>DR19:</b>	<i>nameAct = Mem_Test2</i>
	→ <b>class LOW</b> [91.5%]
<b>DR30:</b>	<i>nameAct = MV_Test1</i>
	→ <b>class LOW</b> [91.5%]

Tabla 4.5. Reglas seleccionadas por el método GeSES como las más relevantes

La tabla 4.6 (tabla de signos) presenta un resumen de los signos detectados con el método GeSES. Esta información sería la que se mostraría al profesor, de manera que éste pueda entender qué problemas han sido detectados sin tener grandes conocimientos de minería de datos. El profesor, consultando esta tabla, puede conocer fácilmente las situaciones problemáticas que han tenido lugar, así como el tipo de estudiantes que las han protagonizado y el contexto en el que se encontraban. Hay que señalar que el término “cualquier” se utiliza para indicar que no existe información relativa a los perfiles en la regla de decisión asociada a la fila de la tabla. Este tipo de situaciones se producen más frecuentemente en las reglas de menor tamaño.

<b>Perfil</b>	<b>Actividad</b>
cualquier	<i>type = short_answer</i>
<i>active = y location = home</i>	cualquier
cualquier	<i>nameAct = Mem_Test2</i>
cualquier	<i>nameAct = MV_Test1</i>

Tabla 4.6. Tabla de signos

Este ejemplo muestra cómo es posible para un profesor sin conocimientos técnicos específicos, y en particular sin formación en técnicas de minería de datos, extraer de los logs información orientada a mejorar el diseño de su curso adaptativo.

## ESTADO DEL ARTE

### Sistemas adaptativos y de recomendación

Los dispositivos y las tecnologías móviles están cambiando las vías a través de las que se puede difundir el conocimiento (Traxler, 2007). En los últimos años, el aprendizaje con dispositivos móviles ha crecido en visibilidad dentro de contextos educativos, incrementándose el número de conferencias, seminarios y talleres de trabajo tanto nacionales como internacionales relacionados con esta área, como (World, 2010), (International, 2010), etc. El uso de dispositivos móviles se puede combinar con el aprendizaje tradicional con el objetivo de incrementar la motivación de los estudiantes, promover la interacción entre los miembros de los grupos de trabajo, facilitar el desarrollo de ciertas habilidades y dar soporte al aprendizaje constructivista (Zurita et al., 2004). Por tanto, es conveniente desarrollar aplicaciones que utilicen estas nuevas tecnologías combinándolas con entornos tradicionales (Gogh et al., 2006; Chen et al., 2007).

Por ejemplo, en (Verdejo et al., 2006) se presenta una propuesta para dar soporte a actividades de aprendizaje tanto dentro como fuera de la escuela. Los estudiantes utilizan una PDA con conexión GPS para grabar observaciones sobre pájaros en un entorno natural. Cuando los alumnos regresan a clase, debaten, analizan y procesan los datos empíricos recogidos.

En la literatura existen algunos sistemas que adaptan las actividades presentadas a los usuarios y/o a su interacción, considerando algunos rasgos personales, acciones o características del contexto de los usuarios. Sin embargo, es difícil que

permitan la definición y adaptación de cualquier tipo de rasgo que se desee tener en cuenta. Además, algunos de estos sistemas son específicos para la realización de un determinado tipo de actividad. A continuación se describen algunos de ellos.

En (Bull et al., 2003) se presentan las características de dos sistemas adaptativos orientados al aprendizaje móvil llamados MoreMaths y C-POLMILE. MoreMaths es un entorno de aprendizaje orientado exclusivamente al aprendizaje de las matemáticas, que puede ser utilizado desde ordenadores personales o PDAs. La interacción principal se produce cuando los estudiantes utilizan sus ordenadores personales para estudiar distintos conceptos y realizar ejercicios. Desde las PDAs los estudiantes pueden revisar materiales previos. C-POLMILE es un sistema educativo para el aprendizaje del lenguaje de programación C. Existen dos versiones de este sistema, una para ordenadores personales y otra para PDAs. Ambas se adaptan al contexto del usuario incluyendo factores como su localización física, el dispositivo que está utilizando, si existen distracciones en el entorno, etc. De esta manera, el estudiante puede utilizar la más conveniente dependiendo de su situación. Sin embargo, ambas aplicaciones no permiten el desarrollo de actividades colaborativas y sólo tienen en cuenta dentro de las características personales de los estudiantes su estado actual de conocimientos para realizar la recomendación de las distintas actividades.

JAPELAS (Ogata y Yano, 2004) es un entorno específico para aprender expresiones corteses en japonés, no siendo posible la realización de otro tipo de actividades. Este sistema ofrece a los estudiantes las expresiones más adecuadas dependiendo de su situación (despacho, lugar de encuentro, etc.) y de información personal (género, trabajo, edad, etc).

Sc@ut (Gea et al., 2004) es una plataforma para la comunicación en entornos adaptativos ubicuos orientada a niños con autismo. Esta plataforma permite a los niños autistas comunicarse a través de una PDA con conexión a la red inalámbrica. La plataforma presenta a cada niño una serie de plantillas formadas por dibujos o fotografías relacionadas con posibles acciones (lavarse las manos, comer, etc) o sentimientos (estar feliz, enfadarse, etc). Las imágenes presentadas en cada una de las plantillas que se muestran a cada niño están adaptadas a sus características personales teniendo en cuenta el grado de familiaridad de las imágenes y cuáles les pueden motivar más. Durante el proceso de adaptación, la plataforma tiene en cuenta las capacidades y habilidades de los niños, sus acciones y la localización física donde se encuentran.

TenseITS (Cui y Bull, 2005) es un entorno orientado exclusivamente al aprendizaje de idiomas utilizando PDAs. Este entorno adapta la interacción al conocimiento individual del estudiante. También adapta aspectos contextuales como; la localización del estudiante, teniendo en cuenta la probabilidad de interrupción; el posible nivel de concentración en ese entorno y el tiempo disponible para el estudio.

En (Yau y Joy, 2007) se presenta una aplicación de enseñanza para ser utilizada en PDA. Esta aplicación adapta las actividades de aprendizaje a cada estudiante en función de su estilo de aprendizaje y del contexto en el que se encuentre (tiempo disponible, localización y nivel de ruido). En función de estos dos criterios recomienda las actividades más adecuadas para un determinado usuario. La aplicación consta de dos módulos de adaptación: uno para procesar los estilos de aprendizaje de los alumnos; y, otro para adaptar las actividades al contexto del usuario utilizando para ello reglas de adaptación. La adaptación de estos dos módulos se realiza únicamente teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de los alumnos, y el contexto en el que se encuentran, no siendo posible la introducción de nuevos rasgos de adaptación.

Por otra parte, los sistemas que trabajan con dispositivos móviles no pueden suministrar grandes tablas de datos o dibujos. Algunos sistemas adaptativos adaptan los contenidos al dispositivo utilizado por los usuarios, como los dos que se describen a continuación. APeLS (Brady et al., 2004) es un sistema adaptativo que personaliza un curso de lenguaje SQL para PDAs. Los contenidos del curso son adaptados en función del dispositivo utilizado. Las versiones de contenidos utilizadas para PDAs modifican el tamaño de las tablas HTML, cambian las imágenes por versiones más reducidas o por texto y quitan u ocultan la información redundante o irrelevante para facilitar la visualización de contenidos. En (Kinshuk, 2004) se presenta cómo mejorar el proceso de aprendizaje adaptando la presentación de contenidos a los estilos de aprendizaje de los alumnos en entornos multiplataforma que soporten tanto la conexión de PDAs como de ordenadores personales. Para realizar la adaptación de contenidos a cada estudiante se tienen en cuenta sus estilos de aprendizaje según el modelo de Felder-Silverman (Felder y Silverman, 1988). En la presente propuesta, se incluye la posibilidad de tener en cuenta no sólo el dispositivo que los usuarios se encuentran utilizando sino también cualquier característica que se haya tenido en consideración en el modelo de usuario, como por ejemplo la dimensión visual-verbal de los estilos de aprendizaje de los usuarios.

Por último, algunos sistemas de recomendación con dispositivos móviles orientados a la enseñanza son WANTIT (Graham et al., 2004) e InLinX (Bighini et al., 2003). WANTIT es un portal adaptativo orientado a dispositivos móviles que

utiliza técnicas de adaptación de la navegación (guía directa, ocultación de enlaces irrelevantes y ordenación de los enlaces) para personalizarla en función de las características del usuario. Este sistema presenta a los usuarios una lista con las sugerencias más relevantes. La lista se encuentra dividida en tres áreas: enlaces más populares, enlaces más probables y enlaces a páginas previas. Para predecir los enlaces más relevantes, que serán presentados en estas tres áreas de una forma ordenada, se utiliza la información almacenada en el modelo de usuario y en un modelo de Markov. InLinx es un sistema híbrido de recomendación que da soporte a la anotación de libros dentro de una plataforma para el aprendizaje móvil (Bighini et al., 2003). InLinx combina la técnica de recomendación basada en contenidos y el filtrado colaborativo para ayudar a los estudiantes a clasificar la información y guardarla en marcadores. Además recomienda estos documentos a otros estudiantes con intereses similares, de entre un gran volumen de documentos, y se encarga de notificar a los estudiantes nuevos documentos que pueden ser interesantes para ellos.

### **Análisis de datos en sistemas educativos**

En lo que respecta al análisis de datos en el ámbito de los sistemas e-learning, según el estudio de Romero et al. (Romero, 2007) las técnicas más utilizadas son los algoritmos de clasificación (Arabie et al., 1996) y las reglas de asociación (Agrawal et al., 1993). Además, esta tendencia se sigue manteniendo según el reciente estudio realizado por Bakerr y Yacef (Bakerr y Yacef, 2009) en el que se comparan el número de artículos de cada categoría publicados en las conferencias Educational Data Mining de 2008 y 2009; sin embargo, las técnicas de predicción, donde estos autores encuadran a las técnicas de clasificación y de regresión, están siendo más aplicadas en la actualidad que las técnicas de asociación y clustering. La Minería Web (Web Mining) es el campo utilizado para la evaluación de los sistemas Web. En concreto, la minería de uso de Web (Web Usage Mining) es el campo de la Minería Web encargado del análisis de los datos de interacción. En (Srivastava et al., 2000) definen a la minería de uso de Web como el proceso de aplicar técnicas de la minería de datos al descubrimiento de patrones de uso en los datos Web. Este proceso se divide en tres etapas principales: preprocesamiento, descubrimiento de patrones y análisis de patrones.

Hay que señalar que los trabajos existentes en la literatura realizan en menor o mayor medida cada una de estas etapas en el análisis de logs. Las aplicaciones de la minería de Uso de Web son muy diversas en los sistemas adaptativos orientados a la enseñanza. Según apuntan Romero et al. las principales aplicaciones de esta

disciplina residen en: creación de sistemas de personalización (Mobasher et al., 2000), sistemas de recomendación (Zaïane, 2006; Talavera y Gaudioso, 2004; Ueno, 2006; Romero, 2006; Khribi et al., 2008), sistemas de detección de outliers y de situaciones problemáticas (Baker et al., 2004; Romero et al., 2004), y sistemas de modificación (Su et al., 2006). La tabla 7 muestra los principales trabajos realizados en la aplicación de la minería de uso de Web y las técnicas utilizadas. Así, por ejemplo (Merceron y Yacef, 2003) se sirve de análisis estadísticos y reglas de asociación para construir un sistema de detección.

Técnicas	Sistemas		
	Recomendación	Detección	Modificación
Análisis Estadístico		(Merceron, 2003) (Ueno, 2006)	
Reglas de Asociación	(Talavera, 2004) (Zaïane, 2006) (Khribi, 2008)	(Merceron, 2003) (Ben-Naim, 2009)	
Clustering	(Ueno, 2006)		(Su, 2006)
Clasificación	(Romero, 2006b)	(Baker, 2004)	(Su, 2006)
Patrones Secuenciales			
Algoritmos Evolutivos		(Romero, 2004)	

Tabla 5.1. Técnicas utilizadas en las distintas aplicaciones de la minería de datos

## CONCLUSIONES

Las tecnologías de la información han evolucionado y continúan evolucionando enormemente en los últimos años. Entre otras cosas, estos avances han propiciado que el acceso a Internet desde cualquier sitio a través de dispositivos móviles sea una situación muy común y al alcance de cada vez más personas en nuestra sociedad. Paralelamente, es evidente que uno de los bienes que resultan más escasos en esa misma sociedad es el tiempo, situación que obliga a las personas a intentar sacar el máximo provecho de cualquier rato disponible.

Los sistemas adaptativos son una vía muy adecuada para capitalizar las oportunidades que ofrece la tecnología para facilitar el acceso a la información desde cualquier sitio y permitir a los usuarios aprovechar al máximo el tiempo disponible. En este sentido, es sumamente conveniente contar con sistemas que ofrezcan soporte a la recomendación de actividades a realizar en cada momento en pro de una óptima organización del tiempo disponible.

Este trabajo demuestra que es posible utilizar mecanismos de recomendación basados en el perfil y el contexto de los usuarios en entornos de aprendizaje móviles reales. La retroalimentación y opiniones recibidas sobre el uso de dos entornos concretos (uno de ellos descrito en este artículo) refuerzan la confianza en la utilidad de este tipo de mecanismos, pues han sido valorados positivamente por los usuarios finales.

El sistema CoMoLE. se puede considerar un sistema de recomendación híbrido, pues integra recomendaciones basadas en reglas definidas por expertos con recomendaciones basadas en la información disponible sobre otros usuarios que interactuaron previamente con el entorno. Esto hace posible utilizar uno o ambos tipos de recomendaciones, según se desee. Para facilitar el uso del primer tipo de recomendación, CoMoLE. incorpora algunos filtros de contexto (reglas) genéricos que pueden ser seleccionados por el responsable del entorno sin tener que especificar reglas. Además, gracias al segundo tipo de recomendaciones, no es necesario especificar ni seleccionar ningún criterio de recomendación en forma de reglas.

Sin embargo, para que un sistema de recomendación de este tipo sea realmente efectivo, no basta con poner a disposición de los usuarios los entornos generados por el sistema, sino que es necesario comprobar si la recomendación de actividades y la adaptación de contenidos se está realizando de manera adecuada. En este trabajo se propone el método GeSES para evaluar entornos de aprendizaje adaptativos. El objetivo principal de este método es facilitar dicha evaluación, de forma que los profesores sin un conocimiento técnico específico sean capaces de evaluar la eficacia de sus entornos. No es fácil para un profesor determinar si la recomendación y adaptación funcionan como él espera para cada usuario, ni si éstas son beneficiosas para los estudiantes. Tal como se muestra a través de un ejemplo de aplicación del método, GeSES representa un importante avance para resolver el problema de la evaluación de entornos de enseñanza adaptativos, aunque aún queda trabajo por hacer para resolver el problema completamente. Al mismo tiempo que se mostró la aplicabilidad del método, el análisis de los logs de CoMoLE. permitió detectar algunos problemas en ciertas actividades de un entorno de enseñanza adaptativo generado dinámicamente por CoMoLE. Estos problemas se muestran al profesor, de modo que éste pueda intervenir añadiendo/eliminando/modificando actividades, contenidos o criterios de recomendación o adaptación.

El método de evaluación propuesto se basa fuertemente en reglas de decisión, y éstas dependen en gran medida de la distribución de los datos de análisis. Por tanto, pueden existir situaciones en las que la eficacia mostrada para la detección del método

en este artículo se vea disminuida. Cabe mencionar que la aplicación del método al conjunto de datos analizado mostró que hubo cierta pérdida de información en la tabla de signos. Esta pérdida se produjo fundamentalmente por un tamaño pequeño de las reglas de decisión seleccionadas; sin embargo, este problema es subsanable asignando mayor importancia al concepto tamaño frente a los conceptos cobertura y precisión. No obstante, la información contenida en una regla con tamaño pequeño puede ser relevante para el profesor, por lo que el profesor debe ser quién fije el grado de importancia de cada concepto.

La generación de nuevos entornos de enseñanza adaptativos basados en CoMoLE. y su evaluación utilizando GeSES pondrán de manifiesto las bondades de ambos sistemas para generar y evaluar, respectivamente, este tipo de entornos. Dichos entornos han mostrado ser muy útiles hoy en día para facilitar el aprendizaje a usuarios con distintas características y necesidades en distintos contextos, facilitando, mediante la recomendación de actividades y la generación dinámica de espacios de trabajo con herramientas y contenidos adaptados, un mejor aprovechamiento del tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España (TIN2007-64718) y la Comunidad Autónoma de Madrid (S2009/TIC-1650).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, R.; Imielinski, T.; Swami, A. (1993). Mining association rules between sets of items in large databases. En: Buneman, P.; Jajodia, S. (eds.), *Proceedings of ACM SIGMOD Conference on Management of Data*, Washington, USA. ACM Press, (207-216).
- Arabie, P.; Hubert, L. J.; Soete, G. (1996). *Clustering and Classification*. World Scientific Publishers.
- Baker, R.; Corbett, A.T.; Koedinger, K. R. (2004). Detecting Student Misuse of Intelligent Tutoring Systems. En: Lester, C. J.; Vicari, R. M.; Paraquacu, F. (eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, vol. 3220, Brazil: Springer. (531-540).
- Baker, R.; Yacef, K. (2009). The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. *Journal of Educational Data Mining*, vol. 1 (1), (1-15).
- Ben-Naim, D.; Bain, M.; Marcus, N. (2009). A User-Driven and Data-Driven Approach for Supporting Teachers in Reflection and Adaptation of Adaptive Tutorials. En *Proceedings of the Second International Conference on Educational Data Mining - EDM09*, Córdoba, Spain, Universidad

- de Córdoba, (21-30).
- Bighini, C.; Carbonaro, A.; Casadei, G. (2003). InLinX for document classification, sharing and recommendation. Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 91-95.
- Brady, A.; Conlan, O.; Wade, V. (2004). Dynamic Composition and Personalization of PDA-based eLearning – Personalized mLearning. Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2004. Chesapeake, VA: AACE, (234-242).
- Bravo, J.; Vialardi, C.; Ortigosa, A. (2010). Using decision trees for improving AEH courses. Handbook of educational data mining, Chapter 26. Taylor and Francis.
- Brusilovsky P.; Kobsa A.; Vassileva J. (1998). Adaptive Hypertext and Hypermedia. Kluwer Academic Publishers, 1-43.
- Bull, S.; McEvoy, A. T.; Reid, E. (2003). Learner Models to Promote Reflection in Combined Desktop PC / Mobile Intelligent Learning Environments. En: Bull, S.; Brna, P.; Dimitrova, V. (eds.). Proceedings of the International Workshop on Learner Modelling for Reflection at 11th International Conference on Artificial Intelligent in Education, (199-208).
- Carro, R. M. (2001). Un mecanismo basado en tareas y reglas para la creación de sistemas hipermedia adaptativos: aplicación a la educación a través de Internet. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Informática. Universidad Autónoma de Madrid.
- Chen, M.; Yen, J. (2007). An evaluation of learners' satisfaction toward mobile learning. Proceedings of the 6th Conference on WSEAS International Conference on Applied Computer Science, vol. 6. World Scientific and Engineering Academy and Society, Stevens Point, Wisconsin, (382-388).
- Cui, Y.; Bull, S. (2005). Context and learner modelling for the mobile foreign language learner. System, vol. 33 (2), (353-367).
- Felder, R. M.; Silverman, L. K. (1988). Learning Styles and Teaching Styles in College Science Education. J. College Science Teaching, 23(5), (286-290).
- Gea-Megías, M.; Medina-Medina, N.; Rodríguez-Almendros, M. L.; Rodríguez-Fórtiz, M. J. (2004). Sc@ut: Platform for Communication in Ubiquitous and Adaptive Environments Applied for Children with Autism. User-Centered Interaction Paradigms for Universal Access in the Information Society, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3196, Springer Berlin / Heidelberg. (50-67).
- Goh, T.; Kinshuk (2006). Getting Ready For Mobile Learning-Adaptation Perspective. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, vol. 15 (2), Chesapeake, VA: AACE. (175-198).
- Graham, P.; Bowerman, C.; Bokma, A. (2004). Adaptive navigation for mobile devices. Learning with mobile devices: research and development. London: LSDA, (61-67).
- International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education. (2010). [en línea] Disponible en: <http://wmute2010.cl.ncu.edu.tw/> (consulta 2010, mayo).
- Khribi, M. K.; Jemni, M.; Nasraoui, O. (2008). Automatic Recommendations for e-Learning Personalization Based on Web Usage Mining Techniques and Information Retrieval. En: Díaz, P.; Kinshuk, Aedo, I.; Mora, E. (eds.). Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Santander, Spain. IEEE Computer Society, (241-245).
- Kinshuk, Lin T. (2004). Application of learning styles adaptivity in mobile

- learning environments. Third Pan Commonwealth Forum on Open Learning.
- Martín, E.; Carro, R. M. (2009). Supporting the Development of Mobile Adaptive Learning Environments: A Case Study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 2 (1), (23-36).
- Merceron, A.; Yacef, K. (2003). A web-based tutoring tool with mining facilities to improve learning and teaching. En: Hoppe, U.; Verdejo, F.; Kay, J. (eds.). *Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education – AIED*. Sydney, Australia. IOS Press, (201-208).
- Mobasher, B.; Cooley, R.; Srivastava, J. (2000). Automatic personalization based on Web usage mining. *Communication of the Association of Computing Machinery (ACM)*, vol. 43 (8), (142-1519).
- Ogata, H.; Yano, Y. (2004). Context-aware support for computer-supported ubiquitous learning. *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*, Taiwan. IEEE Computer Society, (27-34).
- Quinlan, J.R. (1993). *C4.5: programs for machine learning*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 17th Edition.
- Romero, C.; Porras, A. R.; Ventura, S.; Hervás, C.; Zafra, A. (2006). Using sequential pattern mining for links recommendation in adaptive hypermedia educational systems. En: Méndez-Vilas, A.; Solano, A.; Mesa, J. A.; Mesa, J. (eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education - Current Developments in Technology-Assisted Education (Technological Issues)*, vol. 2, Sevilla, Spain. (1016-1020).
- Romero, C.; Ventura, S. (2007). Educational Data Mining: a Survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with Applications*, vol. 33 (1)(135-146).
- Romero, C.; Ventura, S. (eds.) (2006). *Data Mining in e-Learning*. WIT Press, Southampton, UK.
- Romero, C.; Ventura, S.; Barnes, T. Desmarais, M. (eds.) (2009). *Proceedings of the Second International Conference on Educational Data Mining - EDM09*, Córdoba, Spain: Universidad de Córdoba.
- Romero, C.; Ventura, S.; de Bra, P. (2004). Knowledge Discovery with Genetic Programming for Providing Feedback to Courseware Authors. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 14 (5), (425-464).
- Srivastava, J.; Cooley, R.; Deshpande, M.; Tan, P. (2000). *Web Usage Mining: Discovery and Applications of Usage Patterns from Web Data*. SIGKDD Explorations, vol. 1(2), (12-23).
- Su, J. M.; Tseng, S. S.; Wang, W.; Weng, J. F. (2006). Learning Portfolio Analysis and Mining for SCORM Compliant Environment. *Educational Technology and Society*, vol. 9 (1), (262-275).
- Talavera, L.; Gaudioso, E. (2004). Mining Student Data to Characterize Similar Behavior Groups in Unstructured Collaboration Spaces. En *Proceedings of the Workshop on Artificial Intelligence Methods in Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL)* held in conjunction with the 16th European Conference on Artificial Intelligence - ECAI, Valencia, Spain. (17-23).
- Traxler, J. (2007). Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: the moving finger writes... *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, vol. 8 (2). [en línea] Disponible en: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/346/882> (consulta 2010, Mayo).
- Ueno, M. (2006). Online outlier detection of learners' irregular learning processes. En: Romero & Ventura (eds.), *Data*

- en: <http://www.mlearn2010.org/>  
(consulta 2010, Mayo).
- Verdejo, M. F.; Celorrio, C.; Lorenzo, E.; Sastre-Toral, T. (2006). An educational networking infrastructure supporting ubiquitous learning for school students. Proceedings of 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (174-178).
- Weber, G.; Specht, M. (1997). User modeling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems. Proceedings of User Modeling '97, (289-300).
- Witten, I. H.; Frank, E. (2000). Data Mining: practical machine learning tools and techniques with java implementations. Morgan Kaufmann Publishers - Academic Press.
- World Conference on Mobile and Contextual Learning (2010). [en línea] Disponible
- Yau, J.; Joy, M. (2007). A Context-aware and Adaptive Learning Schedule framework for supporting learners' daily routines. Proceedings of the Mobile Communications and Learning Workshop, (31-37).
- Zañane, O. R. (2006). Recommender System for e-Learning: Towards Non-Instructive Web Mining. En: Romero & Ventura (eds.), Data Mining in e-Learning, (79-96).
- Zurita, G.; Nussbaum, M. (2004). A Constructivist Mobile Learning Environment Supported by a Wireless Handheld Network. Journal of Computer Assisted Learning, vol. 20, (235-243).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DEL AUTORES

**Alvaro Ortigosa** es doctor por la Universidad Autónoma de Madrid desde el año 2000, y actualmente es profesor contratado doctor en el Departamento de Ingeniería Informática de dicha universidad. Sus áreas de interés son los sistemas basados en modelos de usuario y el uso de técnicas de inteligencia artificial para dar soporte a sistemas adaptativos y de recomendación. Más información en [www.eps.uam.es/~ortigosa](http://www.eps.uam.es/~ortigosa).

E-mail: [alvaro.ortigosa@uam.es](mailto:alvaro.ortigosa@uam.es)

**Javier Bravo**, recientemente ha depositado su tesis doctoral en la Universidad Autónoma de Madrid, cuya defensa está prevista para julio de 2010. Actualmente está trabajando en el proyecto eMadrid como investigador contratado. Sus líneas de investigación abarcan el amplio campo de la evaluación de sistemas e-Learning. Mayor información sobre su trayectoria académica y profesional se puede encontrar en <http://www.eps.uam.es/~jbravo>.

E-mail: [javier.bravo@uam.es](mailto:javier.bravo@uam.es)

**Estefanía Martín** obtuvo su grado de doctora en la Universidad Autónoma de Madrid en el año 2008. En la actualidad es profesor contratado doctor en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I de la Universidad Rey Juan

Carlos. Sus líneas de investigación son la hipermedia adaptativa, el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje móvil. Se puede encontrar más información en <http://www.escet.urjc.es/~emartin>

E-mail: [estefania.martin@urjc.es](mailto:estefania.martin@urjc.es)

**Rosa M. Carro** es doctora por la Universidad Autónoma de Madrid desde el año 2001 y profesora titular en el Dpto. de Ingeniería Informática de dicha universidad. Sus líneas de investigación se centran en hipermedia adaptativa, modelado de usuario, sistemas colaborativos y evaluación. Ha organizado varios workshops y forma parte del comité de programa de numerosos congresos internacionales, siendo también revisora para varias revistas de IEEE. Ha publicado más de 80 artículos. Más información en <http://www.eps.uam.es/~rcarro>

E-mail: [rosa.carro@uam.es](mailto:rosa.carro@uam.es)

#### DIRECCIÓN DE LOS AUTORES:

Alvaro Ortigosa Juárez,  
Departamento de Ingeniería Informática,  
Universidad Autónoma de Madrid,  
Campus de Cantoblanco,  
Francisco Tomás y Valiente 11, office B-313,  
Madrid 28049, España

Javier Bravo Agapito,  
Departamento de Ingeniería Informática,  
Universidad Autónoma de Madrid,  
Campus de Cantoblanco,

Francisco Tomás y Valiente 11,  
office B-207, Madrid 28049, España

Estefanía Martín Barroso,  
Departamento de Lenguajes  
y Sistemas Informáticos I,  
Universidad Rey Juan Carlos,  
Despacho 2027,  
Ampliación Del Edificio De Rectorado,  
c/Tulipán s/n, Móstoles 28933, España.

Rosa M. Carro Salas,  
Departamento de Ingeniería Informática,  
Universidad Autónoma de Madrid,  
Campus de Cantoblanco,  
Francisco Tomás y Valiente 11, office B-318,  
Madrid 28049, España.

**Fecha de recepción del artículo:** 10/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 17/07/10



## **ADAPTACIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO GUIADA POR IMS LEARNING DESIGN: EXPERIENCIAS CON .LRN**

(ADAPTATION OF LEARNING MATERIAL GUIDED BY IMS LEARNING DESIGN:  
EXPERIENCES WITH .LRN)

Derick Leony Arreaga  
Luis de la Fuente Valentín  
Abelardo Pardo  
Carlos Delgado Kloos  
*Universidad Carlos III de Madrid (España)*

### **RESUMEN**

La posibilidad de adaptar los materiales educativos de forma personalizada para cada alumno abre la puerta a nuevos modelos pedagógicos, cuya implementación práctica no sería realista sin el adecuado soporte informático. La creación y despliegue de este tipo de materiales se puede apoyar en el uso de plataformas específicas creadas al efecto, o en la aplicación de especificaciones generalistas dotadas de la expresividad adecuada. IMS Learning Design propone un marco de trabajo para el diseño y despliegue de flujos educativos, soportando algunas de las técnicas de adaptación existentes. Este artículo presenta una recopilación de experiencias basadas en la creación e instanciación de estrategias adaptativas basadas en el uso de IMS Learning Design, y cuyo objetivo es la determinación empírica de la expresividad de la especificación en el ámbito de la adaptación de materiales educativos.

**Palabras clave:** adaptación de material educativo, IMS Learning Design, accesibilidad, flexibilidad.

### **ABSTRACT**

The possibility to adapt learning material in a personalised way for each learner opens the door to new pedagogic models, whose practical implementation wouldn't be realistic without the proper technological support. The creation and deployment of this type of materials can rely on the use of specific frameworks created for this purpose, or on the application of generic specifications given with the adequate expressiveness. IMS Learning Design proposes a framework for the design and deployment of educative flows, supporting some of the existing techniques for adaptation. This article presents a recompilation of experiences based on the creation and instantiation of adaptive strategies based on the use of IMS Learning Design, and whose objective is the empiric determination of the specification expressiveness in the field of adaptation of learning material.

**Keywords:** adaptation of learning material, IMS Learning Design, accessibility, flexibility.

Como es comentado en (Brusilovsky, 2001), la necesidad de adaptación en material educativo es muy natural, debido a que los alumnos que participan en un curso poseen metas diferentes y un nivel de conocimiento previo heterogéneo, por lo que básicamente cada alumno requiere de un tratamiento especial basado en sus propias características.

A raíz de necesidad de adaptación, existe un estudio de investigación constante sobre el diseño e implementación de herramientas que permitan brindar una experiencia que se ajuste a las necesidades de cada alumno. Estas herramientas comprenden una extensa gama de áreas, desde modelos de usuario (Brusilovsky y Millán, 2007) hasta herramientas para la creación de material adaptativo (Brusilovsky et al., 1998).

Este artículo se centra en los lenguajes de modelado, en específico en la especificación IMS Learning Design (de ahora en adelante Learning Design o IMS LD). Esta especificación define un lenguaje de modelado que sirve como plataforma para soportar escenarios con diferentes características pedagógicas, y facilitar la interoperabilidad e intercambio de materiales de educación (IMS LD Information Model). Existen tres niveles de implementación denotados como A, B y C. Siendo A el nivel base y C la implementación de servicios de notificación, dejando en el nivel B los medios para brindar adaptación mediante la inclusión de condiciones y propiedades (Koper y Oliver, 2004).

El propósito principal de este artículo es presentar una serie de experiencias sobre adaptación en las cuales se ha estado involucrado el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Carlos III de Madrid, ya sea cómo artífice único de la experiencia o en colaboración con otros grupos de investigación. Estas experiencias poseen el denominador común del uso de la especificación IMS LD y sirven como un medio real de evaluación tanto de la especificación en sí como del concepto de material educativo adaptativo.

Es importante resaltar la existencia de otras características comúnmente relacionadas con la adaptación y, en algunos casos, son confundidas como una categoría más dentro de los tipos de adaptación. En este artículo se tratan los temas de accesibilidad y flexibilidad debido a su relevancia respecto a las necesidades que se han observado durante la realización de las experiencias mencionadas.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: La segunda sección presenta una descripción de los diferentes tipos de adaptación. La tercera sección incluye un resumen de la literatura existente sobre adaptación de material educativo, el uso de Learning Design en adaptación y la descripción de cinco experiencias donde se ha utilizado una herramienta de ejecución de Learning Design para brindar adaptación de material. Finalmente, en la última sección se exponen los temas de accesibilidad y flexibilidad, ambos analizados desde el punto de vista de Learning Design.

## TIPOS DE ADAPTACIÓN

Se considera material educativo adaptativo a aquel capaz de sufrir modificaciones en función de unas condiciones preestablecidas. Esta definición no impone la necesidad de un proceso automatizado de adaptación. Se podría considerar el caso de un curso en el que el profesorado monitoriza a cada estudiante de forma individualizada y le ofrece un material acorde con sus necesidades. Sin embargo, esta situación no es sostenible en términos de carga de trabajo del personal docente, por lo que en la práctica se trata de un escenario inexistente. El material adaptativo, por tanto, requiere de un esquema de automatización en la entrega del material.

Los pasos principales para lograr esta automatización pueden diferir de un sistema a otro, pero todos ellos contienen unas pautas comunes, mostradas en la Figura 1 y discutidas a continuación:

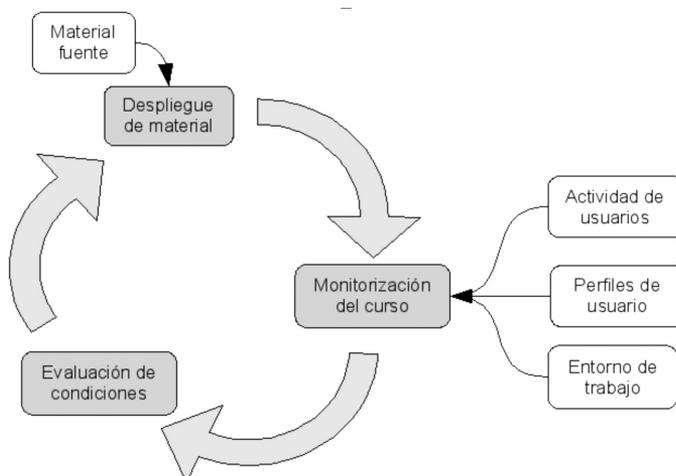


Figura 1. Ciclo de publicación de materiales adaptativos

- **Despliegue de contenidos:** las fuentes del material son idénticas para todos los participantes en el curso. Sin embargo, la presentación ofrecida a cada uno de ellos puede ser diferente. Para ello, se realiza un despliegue inicial teniendo en cuenta las condiciones sobre datos de los participantes conocidos a priori, como puede ser el perfil de usuario. Durante la ejecución del curso pueden variar determinados parámetros que afecten a cómo los materiales deben ser presentados, con lo que el despliegue de los mismos se repite tantas veces como sea necesario.
- **Monitorización de actividad:** los contenidos se adaptan al estado del curso. Para que esto sea posible, es necesario observar cuál es el estado de un curso en un momento dado. Esto implica la observación del perfil de usuario, de su actividad, sus objetivos logrados y por lograr, etc. La plataforma de ejecución de cursos debe disponer por tanto de un método de monitorización de los diferentes parámetros de relevancia.
- **Evaluación de condiciones:** las modificaciones en el estado de un curso, producidas por la actividad de los usuarios, provocan cambios en el material ofrecido a los participantes en dicho curso. Para ello, es preciso establecer unas condiciones bajo las cuáles el material será adaptado. El evaluador de condiciones tomará el estado de un curso y a partir de éste dará unas directrices al módulo de despliegue de contenidos sobre lo que hay que mostrar en cada momento.

Cuando el material adaptativo es desplegado en la plataforma de trabajo, se produce un ciclo que involucra a estos tres módulos de trabajo: al comenzar el curso se evalúan las condiciones sobre su estado inicial, lo que resulta en un material entregado a los participantes del curso. Los alumnos reaccionan en base al enunciado recibido, lo que provoca una actividad que es monitorizada de forma que se modifica el estado del curso. Tras la actividad, se evalúan de nuevo las condiciones y, si algo ha cambiado con respecto a la anterior iteración, se actualiza el material que visualizan los participantes.

## FUENTES DE DATOS PARA LA ADAPTACIÓN DE MATERIALES

Hasta el momento, se han utilizado los términos *actividad del usuario* y *estado del curso* para referirse a los datos cuya evaluación determinarán el material a mostrar. Se puede precisar más sobre las diferentes fuentes de adaptación con que se trabaja. En concreto, se puede hablar de tres fuentes diferentes, resumidas en la tabla 1:

- **Perfil de usuario:** el material será visualizado por alumnos con perfiles muy diferentes. Algunos de ellos preferirán aprender mediante gráficos e imágenes, mientras que otros preferirán leer texto. Hay estudiantes con más facilidad para comprender el funcionamiento de un sistema, mientras que otros son más aptos a la hora de memorizar (Felder y Silverman, 1988). Estas aptitudes, y muchas otras más, se recogen en el perfil de usuario. El perfil de usuario es el conjunto de datos previo al curso que define al usuario según unos parámetros previamente establecidos. Si bien es cierto que el perfil de un alumno puede variar con el tiempo, esta variación se produce en un tiempo por lo general mayor que la duración de un curso. Se puede considerar por tanto al perfil de usuario como un valor constante, cuyo valor no se verá modificado una vez comenzado el curso.
- **Evolución del usuario:** parámetros como la tasa de interacción con el material del curso, el ritmo de trabajo o los objetivos conseguidos, son diferentes para cada alumno particular. En función de dichos parámetros, el comportamiento del curso puede verse modificado según diversas estrategias: actividades de refuerzo, lecturas para profundizar en un tema, acceso a material opcional, cambios en la dificultad de los ejercicios, etc. La parametrización de la evolución del usuario y su uso en la adaptación de materiales da lugar a nuevas estrategias educativas cuya ejecución no sería posible sin la posibilidad de automatizar el proceso.
- **Entorno de trabajo:** aspectos como la localización espacial en la que se ejecuta una actividad o los recursos de apoyo disponibles tienen un impacto en la realización de las actividades propuestas que puede ser tenido en cuenta para la adaptación de materiales. Así, un mismo material se puede mostrar de forma diferente según el tamaño del dispositivo con el que se accede, o se pueden proponer actividades diferentes según los alumnos estén a distancia o en un entorno presencial.

	Variable/ Constante	Factores de influencia	Ejemplos
<b>Perfil de alumno</b>	Constante	- Circunstancias previas al curso	- Estilos de aprendizaje - Necesidades especiales - Preferencias personales
<b>Evolución del alumno</b>	Variable	- Perfil de alumno - Entorno de trabajo - Flujo de actividades, dificultad de las tareas, etc.	- Ritmo de trabajo - Tasa de acierto en las respuestas - Elecciones propias del participante.
<b>Entorno de trabajo</b>	Depende del escenario definido	- Diseño del curso - Resto de participantes - Factores imprevisibles	- Evolución de otros participantes - Dispositivo de acceso al material - Localización física de los participantes

*Tabla 1. Diferentes fuentes de datos a considerar en la adaptación de materiales*

## TIPOS DE ADAPTACIÓN

El estudio de técnicas de adaptación de materiales educativos está ampliamente cubierto por la literatura, existiendo varios trabajos proponiendo clasificaciones para los distintos tipos de adaptación. De entre todos ellos, suele haber consenso en resaltar tres categorías principales, cuyo elemento diferenciador es el elemento del curso que resulta ser modificado. Así, se habla de adaptación del contenido, de la interfaz o del flujo de aprendizaje.

### Adaptación del contenido

La profundidad con la que tratar un determinado concepto depende de factores como el conocimiento previo del alumno o los objetivos del curso. La adaptación del contenido consiste en la modificación de los materiales a entregar a cada alumno, atendiendo a los diferentes parámetros del estado del curso (De Bra et al., 1999). Así, un concepto puede ser estudiado a través de vídeos, actividades, lecturas, etc. Cada alumno puede recibir un tipo de material según su estilo de aprendizaje, trabajando todos ellos sobre el mismo concepto.

### Adaptación del flujo de aprendizaje

Se define como flujo de aprendizaje a la secuencia de actividades a realizar por un alumno a lo largo de un curso, y cuyo resultado final es la adquisición de cierto conocimiento. Este flujo será diferente según la estrategia didáctica planteada. Por

ejemplo, el enunciado de una actividad opcional se puede presentar al alumno al mismo tiempo que las actividades obligatorias, o también se puede entregar una vez completadas estas últimas. La decisión de diseño del curso tendrá un efecto sobre el aprendizaje de los alumnos. La adaptación del flujo de aprendizaje consiste en modificar el orden de realización de actividades en función del estado del curso. Por ejemplo, existen alumnos que prefieren estudiar la teoría antes de pasar a la fase de experimentación, mientras que otros prefieren adquirir la experiencia práctica y luego encontrar los fundamentos teóricos. Para la implementación de este tipo de adaptación suelen utilizarse herramientas conocidas como macros-scripts (Dillenbourg y Tchounikine, 2007), que se encargan de organizar el manejo de sesiones o actividades mediante el uso de roles, grupos, actividades y fases (Villasclaras et al., 2001).

### **Adaptación de la interfaz**

Un tercer tipo de adaptación se basa en la posibilidad de modificar el formato en el que los materiales son presentados. Esta modificación puede ser debida al tipo de dispositivo con el que los participantes del curso acceden al material. Por ejemplo, el acceso a través de un dispositivo móvil requerirá de una interfaz de usuario simplificada. Existe también la posibilidad de permitir al alumno personalizar los elementos del entorno de trabajo según sus propias preferencias. Lejos de ser una modificación puramente estética, esta posibilidad puede mejorar el rendimiento de los alumnos, dado que perciben el entorno de trabajo como algo más cercano y personal.

## **ADAPTACIÓN EN LEARNING DESIGN**

### **Estudios sobre adaptación**

Los sistemas denominados de hipermedia adaptativa son uno de los pilares de la adaptación en entornos asistidos por ordenador. Existen varias áreas donde pueden aplicarse este tipo de sistemas, que incluyen tópicos tan variados como turismo, comercio electrónico, motores de búsqueda, entre otros. En este artículo nos enfocamos en estudios de hipermedia adaptativa en el área de educación.

Debido a la importancia de la hipermedia adaptativa en el ámbito educativo, han surgido varias aplicaciones y sistemas cuyo objetivo es facilitar la creación y el despliegue de este tipo de material. Una de las soluciones existentes con mayor relevancia es AHA! (De Bra y Calvi, 1998). Esta arquitectura tiene como propósito

proveer adaptación de contenido hipermedia, así como de los diferentes enlaces o hiperenlaces que relacionan el contenido entre sí.

En (Weber et al., 2002) se presenta la herramienta NetCoach para la creación de material adaptativo sin necesidad de tener conocimientos de programación previos. Esta publicación menciona que en experiencias realizadas con dicha herramienta, los alumnos se han beneficiado de la característica adaptativa del material.

Otras publicaciones como (Kravcik et al., 2004) presentan una evaluación tanto a un nivel cuantitativo como a un nivel cualitativo de WINDS, un entorno adaptativo para brindar material de aprendizaje.

La situación de otros desarrollos realizados en el área es muy similar. Plataformas y herramientas como InterBook (Brusilovsky et al., 1998), MetaLinks (Murray et al., 1998), SKILL (Neumann y Zirvas, 1998) presentan una especificación de desarrollo muy detallada con cierto énfasis en la demostración del uso de la herramienta o arquitectura en un entorno real se debe a que una experiencia sirve tanto como prueba de concepto del sistema propuesto, así como de escaparate para presentar una metodología de utilización del mismo sistema, incrementando así su difusión y futura utilización.

Dejando por un carril paralelo la adaptación del contenido, también debe tomarse en cuenta la adaptación de la secuencia de actividades que se realizan para llevar a cabo el curso. Se describe una metodología propuesta para lograr esta adaptación de flujo en (Karampiperis y Sampson, 2005), cuyos autores plantean tres capas generales para el proceso de adaptación, empezando por una capa de definición de objetivos de aprendizaje, en la cual se establecen las metas que se intentarán alcanzar durante el desarrollo del curso. Esta capa es seguida por una capa conceptual restringida al dominio del curso. En base a los conceptos seleccionados en esta capa se generan varios caminos de aprendizaje, de los cuales se selecciona el más apropiado para cada alumno en base a sus características y preferencias.

Existen también estudios sobre el uso de información semántica para la generación automática de cursos y ejercicios. Esto es posible gracias al uso de estándares de para anotar con meta-datos el contenido que se desee presentar durante el curso. En el caso concreto IEEE LOM, el estándar es una solución satisfactoria para el problema de describir contenido multimedia modular, tanto por su información pedagógica como por información técnica relevante que le añade al contenido (Fischer, 2001).

## **Learning Design como herramienta para brindar adaptación**

Dentro de los estudios que tratan el tema de brindar adaptación mediante el uso de Learning Design, se encuentra (Burgos et al., 2006), donde los autores presentan un análisis de la capacidad del lenguaje para proveer adaptación en diferentes dimensiones. Como se comenta en el artículo, Learning Design soporta varias dimensiones de adaptación pero falla en aspectos como la modificación dinámica de la estructura de aprendizaje y la obtención y filtrado adaptativo de información. El análisis presentado se concentra en aspectos teóricos de cómo Learning Design puede utilizarse para brindar adaptación de material, pero no provee ninguna experiencia de la utilización de la especificación.

Existen otras propuestas en las que la adaptación se logra mediante el uso de una arquitectura que integra Learning Design con otros elementos. En (Rosmalen y Boticario, 2005), los autores proponen una arquitectura compuesta de un motor Learning Design y de agentes que brindan soporte durante las fases de diseño y de ejecución del curso. Como en casos anteriores, el uso de propiedades de Learning Design es la herramienta utilizada para lograr tanto la permanencia de información en el sistema como el intercambio de datos entre varios componentes de la arquitectura.

En Van Es y Koper (2006) se presenta una evaluación de la expresividad de Learning Design, basada en el intento por parte de los autores de definir cursos pre-existentes utilizando la especificación. El análisis encuentra algunos puntos a reforzar tales como el trabajo colaborativo, pero no adentra en temas relacionados con adaptación.

Finalmente, Boticario y Santos (2007) proponen una arquitectura que integra diferentes especificaciones del IMS Global Learning Consortium con el fin de proveer adaptación durante el ciclo de vida de material educativo. En este caso, el artículo presenta una evaluación de la plataforma mediante el uso de experiencias piloto, lo cual ayuda a analizar de forma más objetiva y realista las ventajas y problemas presentados al momento de implementar Learning Design en un contexto real de educación.

Como puede observarse, es poca la documentación sobre experiencias que a modo de evaluación utilicen Learning Design dentro de un entorno real de educación. En los en que casos se han realizado experiencias, no se detalle el tipo de adaptación que se pretendía obtener o en base a qué parámetros se realizaría. La siguiente

subsección se dedica a pormenorizar las experiencias llevadas a cabo por los autores, desplegadas con el objetivo de testear empíricamente la expresividad de IMS LD en el ámbito de adaptación de materiales.

## Experiencias realizadas

Con el objetivo de validar las afirmaciones encontradas en la literatura sobre IMS Learning Design y su capacidad de ofrecer material adaptativo, se han puesto en marcha varias experiencias reales, todas ellas compartiendo el mismo esquema común: 1) la adaptación de materiales utiliza las posibilidades ofrecidas por la especificación, 2) la unidad de aprendizaje creada ha sido desplegada en GRAIL, 3) el flujo de aprendizaje diseñado ha sido puesto en práctica en escenarios reales.

En la presente sección se exponen dichas experiencias, así como las principales conclusiones extraídas de cada una de ellas. Por conveniencia, se asignará un nombre a cada una de las experiencias presentadas que facilitará las referencias a las mismas. La tabla 2 muestra un resumen de los principales parámetros de cada una de estas experiencias.

Nombre	Fuente de adaptación	Tipo de adaptación	Escenario
Grid Computing	Grupo al que pertenece el alumno, asignado a priori	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curso a distancia</li> <li>- Alumnos de doctorado</li> <li>- Varias universidades</li> <li>- Modelo colaborativo complejo</li> </ul>
Drupal	Grupo al que pertenece el alumno, asignado a priori	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curso a distancia</li> <li>- Alumnos de ingeniería</li> <li>- Varias universidades</li> <li>- Modelo colaborativo complejo</li> <li>- Aprendizaje Basado en Proyectos</li> </ul>
Semana de la Ciencia	Perfil/Preferencias del alumno	Flujo de actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taller presencial</li> <li>- Orientado a personal docente</li> <li>- Actividad de divulgación</li> </ul>
ProgSis	Ritmo de trabajo del alumno	Flujo de actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parte práctica en asignatura de Grado</li> <li>- Alto número de participantes</li> <li>- Alumnos de primero de ingeniería</li> </ul>
Escolab	Preferencias del alumno en actividades previas	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferentes localizaciones</li> <li>- Flujo colaborativo</li> <li>- Alumnos de primero de ingeniería</li> </ul>

Tabla 2. Resumen de experiencias adaptativas implementadas mediante IMS LD

### *Grid computing: Flujos colaborativos complejos en entornos distantes*

En este flujo educativo se pone en práctica una composición de algunos patrones de aprendizaje colaborativos más conocidos, como son el puzzle (jigsaw) y la revisión entre iguales (peer-review). A lo largo del curso, diferentes estudiantes acceden a diferentes materiales e interactúan entre sí de forma que se produce una interdependencia positiva que fomenta el éxito de la colaboración. Esta experiencia presenta un grado de complejidad adicional, y es que la interacción se produce a distancia ya que los estudiantes pertenecen a universidades diferentes y por tanto están ubicados en ciudades diferentes (en este caso, Valladolid, Madrid y Barcelona).

Este curso fue puesto en práctica como parte de los cursos de doctorado de las diferentes universidades. Los alumnos eran estudiantes de doctorado en ingeniería, lo que les presupone un nivel alto en el manejo de los ordenadores, así como una buena capacidad de trabajo en equipo.

El patrón de interacciones podría resumirse como sigue: se agrupa a los estudiantes en grupos de 4, identificando cada grupo con un color diferente. El alumno recibirá un material de estudio que dependerá del color asignado, y realizará una actividad que será discutida y consensuada entre alumnos del mismo color. En una segunda fase, se forman nuevos grupos de modo que cada uno de ellos haya un miembro de cada color. Estos grupos se identifican por su forma (triángulo, cuadrado, círculo). Se repite la discusión y el consenso entre miembros del grupo, teniendo ahora en cuenta que cada miembro del grupo ha realizado una actividad previa diferente, lo que provoca la situación de interdependencia positiva.

La adaptación de material modelada en este curso se basa en información a priori y es estática, ya que la forma y color de cada alumno se asigna a principio de curso y no varía a lo largo del mismo. El material ofrecido a los diferentes alumnos difiere en el contenido asignado, siendo el flujo de actividades común para todos los participantes.

Para modelar esta situación con IMS Learning Design se utilizó el concepto de roles y subroles. Es decir, se crearon tantos roles como grupos forman parte de la experiencia, de modo que cada alumno fue asignado a uno de ellos. Así, el alumno simplemente tiene que cambiar de rol a lo largo del curso para recibir el enunciado correspondiente a cada parte. Esta estrategia puso de manifiesto las limitaciones de los roles a la hora de modelar grupos: por un lado, los roles son estáticos a lo largo del curso, lo que limita en gran medida la flexibilidad del esquema de trabajo; por

otra parte, la falta de semántica relativa a tareas grupales en IMS LD limita en gran medida el diseño de interacciones entre grupos. Finalmente, hay que notar que los alumnos afirmaron sentir confusión ante la idea de «cambiar de role» a lo largo del curso, ya que no entendieron qué implicaciones tiene ese cambio en el flujo de actividades.

### *Drupal: Flujos colaborativos complejos en el ámbito de Aprendizaje Basado en Proyectos*

Las limitaciones detectadas en la experiencia anterior fueron abordadas en el proyecto Drupal. Para ello, se diseñó un flujo educativo basado en el mismo pilar del trabajo colaborativo, pero los mismos pilares pero con una perspectiva más ambiciosa, ya que al curso se añadió el ingrediente adicional del Aprendizaje Basado en Proyectos (de la Fuente et al., 2008a). Esta experiencia se llevó a cabo entre alumnos de ingeniería de Telecomunicaciones en las universidades de Valladolid, Carlos III de Madrid y Oberta de Catalunya.

El objetivo que se planteó a los alumnos era la implementación de un módulo en la plataforma Web Drupal capaz de gestionar los pedidos de una empresa de comida rápida. Siguiendo el mismo esquema de forma-color, se dividió a los alumnos en diferentes grupos (colores) cuyo objetivo era la implementación de una parte de la plataforma. Superada la primera fase, los alumnos se reorganizaron (según su forma), de modo que se abordó la composición de las diferentes partes para la obtención del resultado final. En este flujo es de especial relevancia el flujo de artefactos (Palomino et al., 2008), ya que diferentes fragmentos de la solución final son intercambiados entre alumnos durante las diferentes fases del curso.

Al igual que en el caso anterior, la adaptación ofrecida reside en la entrega de diferentes materiales de estudio a los diferentes alumnos según su forma y color, siendo realizada esta asignación a priori. Además, debe producirse un intercambio de información entre alumnos, de forma que se debe controlar el acceso (en lectura y escritura) a las carpetas correspondientes del repositorio de archivos.

El modelado de grupos realizado en esta experiencia se realizó en base a propiedades personales locales, de modo que las propiedades forma y color tomaron diferentes valores para diferentes alumnos. El modelado con propiedades, si bien supone una gran carga de trabajo en la asignación de valores, resultó ser más flexible que el modelado con roles, de forma que la adaptación se pudo acometer de un modo más acorde a las especificaciones iniciales.

La semántica ofrecida por IMS Learning Design no permite automatizar cambios en la configuración de plataformas externas tales como el repositorio de ficheros. Por ello, se optó por dotar a todos los alumnos de permisos de lectura/escritura en el repositorio completo (con el riesgo de suplantación de identidad que ello conlleva) e indicar a cada alumno la carpeta en la que debía almacenar sus ficheros. La conclusión obtenida tras esta experiencia es la posibilidad de modelar flujos de elevada complejidad, unida a la dificultad en la gestión del flujo de artefactos.

### *Semana de la Ciencia: Taller de creación y despliegue de material adaptativo*

La Semana de la Ciencia, alberga actividades de diseminación del conocimiento ofrecidas por diferentes organismos educativo-científicos, con el objetivo de divulgar y dar a conocer tendencias tecnológicas. En este contexto, se diseñó un curso cuyo objetivo es dar a conocer el concepto de material adaptativo al público en general, y a profesores de enseñanza secundaria en particular. Los alumnos de este curso fueron voluntarios atraídos por su afán de conocimiento.

La dinámica del curso es muy sencilla: durante la primera actividad del curso, el alumno rellena un cuestionario en el que expresa sus preferencias acerca de un determinado tema. Dichas preferencias son utilizadas para asignar a cada alumno una ruta de aprendizaje a elegir entre una serie de opciones disponibles. Así, cada participante en el curso puede profundizar sobre los temas en los que está interesado y descartar aquellos que menos llaman su atención. Los participantes del taller asumieron el rol de alumno en el esquema descrito, para luego tratar de entender cómo el curso había sido creado y desplegado.

Tal y como se ha descrito, la adaptación diseñada se basa en información de perfil de alumno, adquirida mediante un cuestionario inicial. En función del perfil obtenido, se mostró una estrategia didáctica u otra, tratándose por lo tanto de adaptación del flujo de aprendizaje.

La adaptación fue organizada mediante el uso de propiedades y condiciones, gracias a las cuáles se mostraban u ocultaban las actividades pertinentes en cada caso. Para el despliegue y recogida de datos de cuestionarios se utilizó la herramienta Google Forms, que a su vez sirvió para asignar las propiedades a los participantes del curso. Tal y como se puso en evidencia en la experiencia Drupal, IMS LD no dispone de la semántica necesaria para interactuar con plataformas de trabajo externas. Esta carencia se suplió mediante el uso de Generic Service Integration (GSI) (de la Fuente et al., 2008b).

Una interesante conclusión extraída de esta experiencia se refiere a la percepción del concepto de *adaptación de materiales* por parte del profesorado que participó en el taller, que tendió a asociarlo con la atención a la diversidad, es decir, alumnos con necesidades especiales. Esta idea sugiere que futuras ediciones del taller pongan más énfasis en clarificar el ámbito de trabajo.

### *ProgSis: Proyecto de programación en Java*

Las unidades de aprendizaje presentadas hasta el momento están diseñadas para un flujo de aprendizaje en el que el número de alumnos implicados es relativamente pequeño. El reto afrontado por la experiencia *ProgSis* es el de ofrecer soporte automatizado a un número arbitrariamente grande de participantes. Para ello, se diseñó un esquema de trabajo por parejas involucrado dentro del proceso de evaluación continua de una titulación de grado acorde con el Plan Bolonia. Dicho proyecto ha sido desplegado para alumnos de primer curso de Grado en Ingeniería Telemática, grado en Ingeniería de Sistemas de Comunicaciones, grado en Ingeniería de Sistemas Audiovisuales e Ingeniería Superior de Telecomunicaciones, todas ellas titulaciones ofertadas por la Universidad Carlos III de Madrid. En total, son 386 los participantes en la experiencia.

El esquema de trabajo planteado por *ProgSis* es el siguiente: los alumnos trabajan en parejas para elaborar una práctica, cuyo objetivo final está dividido en pequeñas tareas parciales dependientes entre sí. Cuando un alumno realiza la entrega de una tarea parcial, se comprueba (mediante test automáticos) si esta es correcta, en cuyo caso se libera el enunciado de la siguiente actividad para los dos miembros de la pareja. Para fomentar un ritmo de trabajo continuado, se imponen penalizaciones en caso de no cumplir unos determinados plazos. Se consigue así que cada pareja siga su propio ritmo de trabajo, liberando al profesorado de la tarea de corrección de entregas parciales.

Según la definición dada en la sección “Tipos de adaptación”, el flujo propuesto por *ProgSis* sostiene una adaptación de materiales basada en la actividad del alumno, llevando a cabo modificaciones en el flujo de actividades. Para ello, se establecen condiciones para la finalización de actividades de modo que una actividad se considera terminada cuando su propiedad asociada adquiere un determinado valor. Para modelar las restricciones impuestas por las fechas de entrega, la actualización del valor de las distintas propiedades está sujeta a condiciones temporales, teniendo el profesor la potestad de modificar dichas fechas. Al igual que en *Semana de la Ciencia*, *ProgSis* hace uso de una herramienta externa para obtener los valores

de determinadas propiedades. Se trata en este caso del evaluador automático de entregas, integrado en el contexto del curso mediante GSI.

A pesar de su simplicidad conceptual, la fase de diseño de esta unidad de aprendizaje ha supuesto un auténtico reto para sus creadores, derivada de la dificultad que los lenguajes declarativos tienen a la hora de ejecutar condiciones relacionadas con rangos temporales. Debido a este hecho, el flujo diseñado ha resultado ser poco eficiente en términos de tiempo de computación, aunque ello no ha impedido que el servicio se ofrezca satisfactoriamente a los 386 alumnos implicados.

#### *Escolab: Orquestación de actividades geográficamente distribuidas*

Basada en una experiencia previa (Pérez-Sanagustín et al., 2010), la experiencia Escolab fusiona diferentes ideas exploradas en experiencias previas, como son la agrupación automática de alumnos en base a propiedades y la obtención de valores procedentes de servicios externos para la asignación de dichas propiedades. El resultado es un flujo colaborativo cuyas actividades tienen lugar en localizaciones espacialmente distribuidas: parte de la actividad se desarrolló con dispositivos móviles, y parte en el aula.

El objetivo de la experiencia es dar a conocer a alumnos noveles los diferentes recursos y edificios disponibles en un campus universitario. Los participantes en la experiencia, alumnos de primer curso de ingeniería, realizan una primera actividad en la que utilizan dispositivos portátiles dotados con tecnología Near Field Communication (NFC) para interactuar con diferentes elementos del campus, previamente etiquetados por el profesorado. Cada alumno produce un patrón de interacción diferente, de modo que se utiliza esta fuente de datos para confeccionar los grupos de trabajo de cara a la segunda actividad. En ella, se sigue un patrón *puzzle (jigsaw)* para fomentar la interdependencia positiva entre alumnos.

En la primera fase de trabajo, el material de trabajo no difiere de un alumno a otro. Sin embargo, la cantidad de recursos disponible es tan elevada que los alumnos deben elegir con qué recursos interactuar. Este patrón de actividad, único para cada alumno, se utiliza para crear los grupos de trabajo. En la segunda fase del curso, el material ofrecido a cada alumno depende del grupo que se le ha asignado. Estamos hablando por tanto de un flujo de actividades común, pero de un contenido adaptado a las características particulares de cada estudiante.

En la experiencia Escolab conviven tecnologías muy diversas como son QTI, NFC y Google Spreadsheets. Las actividades realizadas gracias a estas tecnologías han estado orquestadas mediante IMS LD, lo cual ha sido posible gracias a la interacción con servicios externos definida por GSI.

## **ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ADAPTACIÓN DE MATERIALES**

### **Accesibilidad**

El término accesibilidad se refiere a la posibilidad de que un mismo contenido pueda ser obtenido y entendido por personas con discapacidades físicas, ya sea visuales, auditivas, motrices o de cualquier otra índole. Si bien accesibilidad y adaptación están relacionadas, debe de evitarse el uso indistinto de ambos términos, pues tienen un significado profundamente diferenciado.

La relación que existe entre la accesibilidad y la adaptación del material educativo reside en que el material adaptativo puede hacer uso de contenido accesible y así abarcar las posibles diferentes necesidades de un grupo heterogéneo de estudiantes. Un ejemplo de esta relación es el uso de una UoL que pueda incluir recursos con distintos niveles de accesibilidad; dependiendo de los requerimientos del participante que acceda al entorno de ejecución, se decidirá si se muestran los entornos con los niveles máximos de accesibilidad o si esto no es necesario y pueden mostrarse contenidos con un nivel de accesibilidad menor pero que brindan otras ventajas al alumno (interactividad, uso de multimedia, etc.).

La accesibilidad en relación a Learning Design puede analizarse sobre dos ámbitos por separado. El primero de ellos se refiere al contenido incluido en cada actividad de la UoL, mientras que el segundo se aplica sobre la herramienta de ejecución utilizada para visualizar la UoL diseñada. A continuación se expone una descripción detallada de cada uno de estos ámbitos, así como posibles pautas a seguir para lograr un nivel de accesibilidad deseado al momento de desarrollar herramientas que implementen Learning Design.

#### *Accesibilidad del contenido*

El consorcio Web (W3C) recomienda un conjunto de guías de accesibilidad con el objetivo de aumentar la accesibilidad de contenido Web. Estas guías forman la base para lograr niveles de accesibilidad deseados en cualquier entorno Web, tal como un LMS.

El cumplimiento de los requisitos de accesibilidad en el contenido debe ser aportado por el autor del mismo. Por esta razón, es importante que el autor de los recursos a utilizarse en una UoL posea cierto conocimiento sobre las guías mencionadas. El conocer y seguir estas guías debe ser un requisito para cualquier persona o entidad que se dedique a la creación de material Web, en especial material educativo.

La forma más obvia e intuitiva para crear una UoL con un nivel de accesibilidad mínimo es asegurarse de que todos los recursos relacionados dentro de la UoL cumplen con ese nivel mínimo requerido. El autor de la UoL debe tomar en cuenta que no únicamente los recursos incluidos dentro de la UoL deben cumplir con el criterio de accesibilidad sino también los recursos externos que sean referenciados mediante una dirección Web. Este último aspecto es difícil de satisfacer debido a la variabilidad con la que cuentan los sitios Web, sin que el autor de un curso esté al tanto de cambios que impliquen una posible pérdida de accesibilidad.

Otra manera de crear una UoL accesible es mediante la aplicación de la adaptación provista por Learning Design. En este caso, una UoL puede contener recursos con niveles heterogéneos de accesibilidad y el entorno de ejecución es el encargado de asegurar que los recursos mostrados cumplan con el nivel de accesibilidad requerido por la persona que los accede, brindando así una UoL con el mayor nivel de accesibilidad posible. El proceso propuesto para este caso consta de los siguientes pasos:

- Identificar aquellos recursos de la UoL que no cumplen con el nivel de accesibilidad requerido. Estos objetos podrán estar asociados a una actividad o al entorno de una actividad.
- Identificar o crear recursos equivalentes a aquellos que no cumplen con el nivel de accesibilidad mínimo. Se creará un duplicado de cada recurso, pero con un nivel de accesibilidad mayor. Un ejemplo para esta equivalencia es el diálogo de forma textual de un vídeo, o la descripción textual de una imagen.
- Seguidamente, se debe hacer uso de propiedades y condiciones para decidir que recurso mostrar a qué personas. Para este caso, es común la utilización de propiedades de tipo global-personal, ya que la característica de accesibilidad depende de la persona y no del entorno en el que el curso es ejecutado.

### *Accesibilidad de la herramienta de ejecución*

Debe notarse que el trabajo realizado al crear contenido educativo con un nivel de accesibilidad definido se vería afectado en el caso en el que la herramienta que organiza el despliegue de ese material no cumple con el mismo nivel de accesibilidad, como mínimo. En este escenario, la herramienta encargada de este despliegue es el reproductor de Learning Design. Al contrario de lo que ocurre con el material educativo, el reproductor de LD consiste en un elemento constante y puntual que forma parte del ciclo de vida de material adaptativo por lo que la verificación de los requisitos de accesibilidad necesita de un trabajo inicial considerable.

El laboratorio de investigación Gradient de la Universidad Carlos III de Madrid, como responsable de la herramienta GRAIL (Gradient RTE for Adaptive IMS-LDs in .LRN), ha trabajado últimamente en mejorar el nivel de accesibilidad de esta herramienta. Los retos afrontados durante este trabajo permiten detallar los principales problemas que afectan a los reproductores de Learning Design, así como proponer soluciones para cada uno de ellos.

Los principales problemas afrontados pueden resumirse en tres: el primero es la distribución de elementos en la pantalla que se suele utilizar en reproductores de Learning Design, el segundo se debe a la dinamicidad del árbol de actividades y otros elementos del reproductor; por último, la dificultad de verificar que el contenido incluido o referenciado desde una UoL cumple o no los requisitos de accesibilidad.

Como introducción al primer problema puede mencionarse que, por lo general, la distribución visual de una herramienta de ejecución de Learning Design consiste de tres paneles, tal como se muestra en la Figura 2. El cuadro superior izquierdo (1) contiene un árbol estructurado mostrando las actividades a las que el alumno tiene acceso en ese momento, de modo que el alumno puede interactuar con las actividades mostradas. El cuadro inferior izquierdo (2) muestra los recursos relacionados con el entorno de la actividad actual, estos recursos pueden ser objetos de aprendizaje o cualquier otro tipo de herramienta involucrada en la ejecución de la actividad. El cuadro de la derecha (3), cuya área es considerablemente mayor al de los primeros dos, pretende mostrar el contenido del recurso asociado a la actividad actual así como mostrar la interfaz de uso de alguna herramienta proveída dentro del entorno.

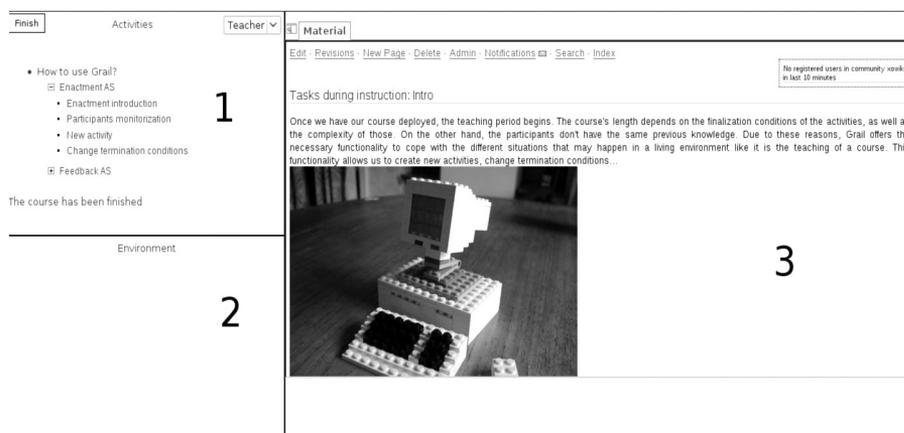


Figura 2. Presentación común de reproductores de Learning Design. 1) Árbol de actividades. 2) Entorno. 3) Contenido

La utilización de tres segmentos dentro de la misma pantalla para mostrar información dinámica dentro de ellos representa la necesidad de utilizar elementos que soporten el brindar contenido independiente en una región específica. Previamente estos elementos solían ser los frames aunque en el desarrollo Web actual el uso de estos ha disminuido siendo predominante el maquetado a través de hojas de estilo CSS, con el apoyo de un etiquetado a través de elementos div. Aunque las guías de accesibilidad no prohíben el uso de frames, las técnicas aconsejadas de accesibilidad indican que debe existir una alternativa para el contenido basado en frames; esta es la razón para proponer el uso de tres elementos div dentro de la pantalla para lograr el esquema descrito. Se logra además una versatilidad en el maquetado, posibilitando la creación de diferentes “modos” del reproductor, tan sólo modificando la hoja CSS que define las reglas de maquetación.

El siguiente problema observado es la alta dinamicidad que presentan los tres elementos del reproductor de Learning Design. Al momento de elegir una actividad a llevar a cabo, la herramienta debe actualizar el entorno que se muestra en pantalla, así como refrescar la sección de contenido con los recursos asociados a la actividad seleccionada. Por otro lado, es común que para finalizar una actividad deba modificarse alguna propiedad desde el contenido de la misma, lo que provoca que el árbol de actividades sea actualizado siguiendo el flujo de actividades definidas dentro del Learning Design. Estos cambios constantes en la información desplegada en pantalla implican que un alumno con necesidades especiales debe ser notificado de los cambios que se han efectuado, siendo importante que estas notificaciones no sean intrusivas ni de forma masiva.

Finalmente, la inclusión de contenido externo es un problema constante en la tarea de brindar un entorno que satisfaga niveles mínimos de accesibilidad. Dada la dificultad para evaluar los niveles de accesibilidad brindados por los recursos asociados a cada actividad del curso, cuyo contenido es ajeno al propio reproductor, es importante hacer saber al usuario que el material al que tendrá acceso ha sido generado fuera del entorno del reproductor de Learning Design.

## **Flexibilidad**

Otro concepto relacionado con adaptación es el de flexibilidad. Dentro del contexto de este artículo, el término flexibilidad se define como la capacidad de cambiar el flujo de actividades y los recursos de un curso; una descripción detallada sobre este aspecto se encuentra en (Dillenbourg y Tchounikine, 2007).

La relación entre adaptación y flexibilidad reside en que al poder modificar el contenido y la estructura de una UoL, se le permite al tutor la posibilidad de mejorar las reglas de adaptación ideadas al momento de crear el Learning Design. Así mismo, si se brinda la opción de editar el material, el autor puede modificarlo de acuerdo a factores que difícilmente pueden ser anticipados durante el diseño de un escenario educativo. Ejemplos de estos factores son agentes externos como cambios en la organización del curso, cambios del grupo de alumnos que participan de la UoL, o el surgimiento o la depreciación de material relevante para el curso.

La flexibilidad de edición puede brindarse durante dos fases del ciclo de vida de una UoL: la fase de autoría y la fase de ejecución. Durante la fase de autoría es evidente que la flexibilidad de edición es elevada, ya que el autor de la UoL puede modificar tanto el contenido de los recursos como la estructura del curso que define el flujo de actividades a guiar al alumno.

Respecto a la fase de ejecución, la especificación de Learning Design no define explícitamente si deben brindarse características de edición en un entorno de ejecución. De hecho, la necesidad de flexibilidad no es evidente a simple vista. La realización de las experiencias descritas en el presente artículo ha puesto de manifiesto la necesidad de ciertas capacidades de edición durante la fase de ejecución del curso, ya que brindaría una ventaja considerable para poder reaccionar a situaciones no previstas por el autor original de la UoL durante la fase de edición.

Las funcionalidades necesarias para editar una UoL pueden agruparse en dos categorías: modificaciones en la estructura del curso y modificaciones en el contenido

de los recursos asociados a las actividades de este curso. Estas funcionalidades son provistas por la mayoría de editores de Learning Design, lo cual es requerido para este tipo de herramientas.

A continuación analizaremos dos tipos de ediciones que pueden brindarse durante la fase de ejecución, mencionando sus ventajas y algunas de las dificultades que pueden generarse a raíz de estos cambios.

### *Modificación de contenido del curso*

En ocasiones ocurre que el contenido incluido en una UoL contiene pequeños errores, ya sean ortográficos o tipográficos. También suele suceder que la información utilizada en una actividad dependa del factor tiempo y quede desactualizada. Estas situaciones implicarían el tener que realizar estas modificaciones sobre la UoL y volver a desplegarla en el entorno de ejecución, lo cual es posible siempre bajo la condición de cortar el flujo de actividades actual y tener que volver a utilizar la UoL desde su estado inicial.

La funcionalidad de modificar contenido consiste en brindar al participante la opción de editar en tiempo de ejecución el contenido de un recurso asociado a una actividad dentro del curso. Dicha funcionalidad puede desarrollarse mediante cualquier editor de contenidos, ya que estos serán comúnmente páginas Web en formato HTML. Un punto importante a tener en cuenta en estas implementaciones es la existencia de etiquetas especiales relacionadas con el manejo de entrada y salida de parámetros en Learning Design; la funcionalidad de estas etiquetas debe permanecer constante respecto a las directrices definidas en la especificación. Un ejemplo de este escenario es un formulario para obtener el nivel conocimiento inicial del alumno, a modo de pre-test; al momento de modificar este contenido, el editor debe reconocer que se está editando un ingreso de propiedades de Learning Design, y debe de mantener el etiquetado inicial para no perder la funcionalidad del formulario ni los datos ya ingresados por los alumnos que hayan pasado por dicha actividad.

Una característica necesaria en la edición de contenido es la administración de privilegios de los diferentes participantes del curso sobre los diferentes recursos. Si bien es correcto asumir que en el caso general los tutores estarán a cargo de las modificaciones del material mientras que los alumnos tendrán únicamente permiso de lectura sobre el mismo, es conveniente cubrir aquellos escenarios en los que no todos los tutores pueden administrar todo el contenido publicado en el curso.

Como se ha mencionado anteriormente, Learning Design no especifica ningún detalle sobre la edición de contenidos durante la ejecución de la UoL, esto implica que tampoco se definen roles de tipo observador o de tipo editor. Si el entorno de ejecución pretende brindar flexibilidad, es responsable de validar estas restricciones de acceso al momento de mostrar el contenido y el enlace a la pantalla de edición dependiendo de las preferencias del personal docente.

Editar contenido dentro del curso mientras éste se está llevando a cabo posibilita varios escenarios que en un inicio no serían posibles con un entorno de ejecución estático. Por ejemplo, los alumnos pueden formar parte activa de la creación y edición de contenido para el curso, utilizando la herramienta de ejecución y la UoL como canales de comunicación y de interacción. Otra opción es la posibilidad de obtener retroalimentación directamente del alumno, lo cual le permite mejorar el contenido del curso, tanto para las demás personas participantes en el momento como para futuras instancias del mismo curso.

Otro escenario planteado gracias a la edición de contenido es la creación colaborativa del material de un curso. Para poder lograr este cometido, es necesario contar previamente con el esqueleto de la estructura básica del curso y así, el curso es desplegado simultáneamente dentro del entorno de ejecución para aquellas personas que participarán en la creación del contenido inicial. Esto permitiría proveer una serie de plantillas didácticas a varios autores de una misma UoL, permitiendo un decremento del tiempo de edición de la UoL así como disminuir la curva de aprendizaje para aquellos autores con menos experiencia en el área. Una de las ventajas de este escenario es que los autores pueden analizar los cambios hechos sobre la UoL directamente en el entorno de ejecución, por lo que ven exactamente lo mismo que los alumnos verán al desplegarse la UoL.

### *Edición de la estructura del curso*

El siguiente punto a tocar para la edición de un curso es la modificación de su estructura, es decir, de las diferentes características que forman el flujo de actividades durante la ejecución del curso. La edición de la estructura de un curso implica un grado considerable de complejidad debido a que al modificar el flujo de actividades el tutor debe estar al tanto de las repercusiones que tendría sobre los alumnos que ya han pasado por un segmento de actividades editado. Como medio de seguridad, se recomienda que se edite la estructura de un curso a partir de la última actividad que haya realizado el alumno con mayor avance del grupo.

La edición del flujo de actividades en Learning Design implica que la herramienta debe permitir modificar el orden de actividades del curso, mediante la edición del orden de nudos en el árbol de actividades. Además, debe permitirse la inserción de nuevas actividades y eliminación de actividades que no se deseen utilizar en un escenario dado.

Por otro lado, la edición de las características de cada actividad consiste en poder modificar primeramente el título de la actividad, el cual aparece en el árbol de actividades. También puede permitirse la edición de las condiciones de finalización de una actividad o un método. Así mismo, puede ser de utilidad el editar otras características de la actividad, tales como el tipo de actividad, los recursos asociados a ella, etc.

Finalmente, una funcionalidad complementaria y que surge después de implementar las ya descritas de edición es la función de exportar la instancia de un curso. Este proceso permite principalmente la reutilización de las modificaciones realizadas sobre el contenido o la estructura de un curso dado, tales como las mencionadas en el ejemplo de edición colaborativa, alcanzando así una situación en la que el entorno de ejecución puede utilizarse también como una herramienta de autoría.

## **CONCLUSIONES**

Los diferentes tipos de adaptación, basados en varias dimensiones, hacen que esta característica sea evaluada constantemente en el material educativo generado actualmente por tutores o autores de contenidos.

Durante este artículo se ha expuesto la propuesta de utilizar la especificación IMS Learning Design como medio para brindar de adaptación a un diseño pedagógico. Los principales elementos para este cometido son las propiedades y condiciones expuestas en el nivel B de la especificación.

En base a esta propuesta, se han presentado varias experiencias realizadas que soportan la viabilidad de utilizar Learning Design para solventar la necesidad de adaptación de cada caso. Tres de estas experiencias adaptan el contenido del curso dependiendo de las necesidades del alumno o del grupo en el que ha sido clasificado, mientras que otras dos experiencias adaptan el flujo de actividades en el curso basado en el perfil del alumno y el ritmo con el que avanza durante el curso respectivamente.

Por último, aspectos altamente relacionados con la adaptación, tales como la accesibilidad y la flexibilidad ayudan a completar un sistema que puede responder tanto a eventos previstos antes de poner el curso en marcha como a eventos aleatorios y sorpresivos que en un entorno tradicional de ejecución podrían lanzar una alerta o incluso obligar a detener la ejecución de curso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardon, S.; Gunningberg, P.; Landfeldt, B.; Ismailov, Y.; Portmann, M.; Seneviratne, A. (2003). MARCH: A distributed content adaptation architecture. *International Journal of Communication Systems*, 16(1), (97-115).
- Boticario, J. G.; Santos, O. C. (2007). An open IMS-based user modelling approach for developing adaptive learning management systems. *Journal of Interactive Media in Education*, 2.
- De Bra, P.; Calvi, L. (1998). AHA! An open adaptive hypermedia architecture. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 4(1), (115-139).
- De Bra, P.; Houben, G. J.; Wu, H. (1999). AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia. *Proceedings of the 10th ACM conference on Hypertext and Hypermedia*, Darmstadt, (147-156).
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive educational hypermedia. *International PEG Conference*, (8-12).
- Brusilovsky, P.; Eklund, J.; Schwarz, E. (1998). Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7), (291-300).
- Brusilovsky, P.; Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. *The adaptive web*, (3-53).
- Burgos, D.; Tattersall, C.; Koper, R. (2006). Representing adaptive eLearning strategies in IMS Learning Design. *Proceedings of Workshop Learning Networks for Lifelong Competence Development*, 54.
- Dillenbourg, P.; Tchounikine, P. (2007). Flexibility in macro-scripts for computer-supported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(1), (1-13).
- Felder, R.; Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in *Engineering Education*, *Engineering Education*, 78(1), 81, 674.
- Fischer, S. (2001). Course and exercise sequencing using metadata in adaptive hypermedia learning systems. *Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)*, 1(1es), 5.
- De la Fuente Valentín, L.; Pardo, A.; Asensio Pérez, J. I.; Dimitriadis, Y.; Delgado Kloos, C. (2008a). Collaborative Learning Models on Distance Scenarios with Learning Design: a Case Study. *ICALT '08: Proceedings of the eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Santander, Spain, (278-282).
- De la Fuente Valentín, L.; Miao, Y.; Pardo, A.; Delgado Kloos, C. (2008b). A Supporting Architecture for Generic Service Integration in IMS Learning Design. *Proceedings of the 3rd European conference on Technology Enhanced Learning: Times of Convergence: Technologies Across Learning Contexts*, Maastricht, The Netherlands: Springer-Verlag, (467-473).
- IEEE (2002). *IEEE Draft Standard for*

- Learning Object Metadata, IEEE P1484.12.1/d6.4 [en línea] Disponible en: [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf) (consulta 2005, 25 de octubre)
- Karampiperis, P.; Sampson, D. (2005). Adaptive learning resources sequencing in *Educational hypermedia systems*. *Educational Technology & Society*, 8(4), (128-147).
- Koper, R.; Olivier, B. (2004). Representing the learning design of units of learning. *Educational Technology & Society*, 7(3), (97-111).
- Kravcik, M.; Specht, M.; Oppermann, R. (2004). Evaluation of WINDS Authoring Environment. *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems* (166-175).
- Murray, T.; Condit, C.; Haugsjaa, E. (1998). MetaLinks: A preliminary framework for concept-based adaptive hypermedia'. Proceedings of Workshop 'WWW-Based Tutoring' at 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98), San Antonio, Texas.
- Neumann, G.; Zirvas, J. (1998). SKILL - A scalable internet-based teaching and learning system. Proceedings of WebNet'98, World Conference of the WWW, Internet, and Intranet, Orlando, Florida, (688-693).
- Palomino-Ramirez, L.; Bote-Lorenzo, M. L.; Asensio-Pérez, J. I.; Dimitriadis, Y.; de la Fuente Valentin, L. (2008). The Data Flow Problem in Learning Design: A Case Study, Proceedings of the 6th International Conference on Networked Learning, Halkidiki, Greece.
- Pérez-Sanagustín, M.; Ramírez-Gonzalez, G.; Hernández-Leo, D.; Muñoz-Organero, M.; Santos, P.; Blat, J.; Delgado, C. Computer and mobile supported learning to meet the engineering studies campus together. *International Journal of Engineering Education*.
- Rosmalen, P.; Boticario, J. (2005). Using Learning Design to Support Design and Runtime Adaptation. *Learning Design*, (291-301).
- Van Es, R.; Koper, R. (2006). Testing the pedagogical expressiveness of IMS LD. *Journal of Educational Technology and Society*, 9(1), 229.
- Villasclaras Fernández, E. D.; Hernández Gonzalo, J. A.; Hernández Leo, D.; Asensio Pérez, J. I.; Dimitriadis, Y.; Martínez Monés, A. (2001). InstanceCollage: A Tool for the Particularization of Collaborative IMS-LD Scripts. Special *Advanced Learning Technologies Educational Technology & Society* Issue on New Directions in 12(4), (56-70).
- Weber, G.; Kuhl, H.; Weibelzahl, S. (2002). Developing Adaptive Internet Based Courses with the Authoring System NetCoach. *Hypermedia: Openness, Structural Awareness, and Adaptivity*, (222-223).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Derick Leony Arreaga** Ingeniero en Sistemas, Informática y Ciencias de la Computación y posee un máster en Telecomunicaciones y Redes Teleinformáticas por la Universidad Galileo de Guatemala. Miembro del laboratorio de investigación Gradient de la Universidad Carlos III de Madrid, donde trabaja principalmente con aplicaciones sobre la plataforma LRN entre las que se destaca GRAIL, el entorno de ejecución de IMS LD. Su investigación se centra en el uso de tecnologías Web para la educación, con especial énfasis en entornos colaborativos.

E-mail: [dleony@it.uc3m.es](mailto:dleony@it.uc3m.es)

**Luis de la Fuente Valentín** es ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad de Valladolid (2005) y tiene un máster en Ingeniería Telemática por la Universidad Carlos III de Madrid (2007). Sus investigaciones se centran en el área de lenguajes de modelado educativo, más concretamente en la especificación IMS Learning Design. Tras formar parte del desarrollo de GRAIL, un entorno de ejecución de IMS LD para .LRN, su trabajo de doctorado se centra en la definición de un marco de trabajo en el que se posibilite la integración completa de servicios basados en web 2.0 como parte de flujos educativos modelados de acuerdo a IMS LD.

E-mail: [lfuente@it.uc3m.es](mailto:lfuente@it.uc3m.es)

**Abelardo Pardo Carlos Delgado Kloos** es profesor titular de la Universidad Carlos III de Madrid. Se doctoró en ciencias de la computación por la Universidad de Colorado. Su investigación se centra en el área de aprendizaje asistido por ordenador, hipermedia adaptativo y creación de contenido multimedia. Es miembro de la comunidad LRN en la que participó en la implementación del soporte para Learning Design en la plataforma. También ha participado en diversos proyectos internacionales y es investigador principal en el proyecto de plataformas adaptativas FLEXO.

E-mail: [abel@it.uc3m.es](mailto:abel@it.uc3m.es)

**Carlos Delgado Kloos** obtuvo el doctorado en Ciencias de la Computación por la Universidad Politécnica de Munich, y en Ingeniería de Telecomunicaciones por la Politécnica de Madrid en 1986. Actualmente es Catedrático de ingeniería telemática en la Universidad Carlos III de Madrid, en la que dirige el programa on-line de Máster en e-Learning y la cátedra Nokia. Además es vicerrector de Asuntos Internacionales. Sus intereses incluyen aplicaciones basadas en la Internet, particularmente en el área de e-learning. Ha participado en más de 20 proyectos

Europeos, nacionales y bilaterales. Fue coordinador del proyecto europeo E-LANE y es miembro de la directiva del LRN Consortium. Ha publicado más de 200 artículos en revistas y congresos nacionales e internacionales. Es representante español en IFIP TC3 en Educación y miembro senior del IEEE.

E-mail: [cdk@it.uc3m.es](mailto:cdk@it.uc3m.es)

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES:

Departamento de Ingeniería Telemática  
Escuela Politécnica Superior  
Universidad Carlos III de Madrid  
Av. Universidad, 30, Edif. Torres Quevedo.  
E-28911 Leganés (Madrid)

**Fecha de recepción del artículo:** 15/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 06/09/10



## **APLICACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO Y MINERÍA DE DATOS PARA DEFINIR RECOMENDACIONES QUE PROMUEVAN EL USO DEL FORO EN UNA EXPERIENCIA VIRTUAL DE APRENDIZAJE**

**(APPLICATION OF USER-CENTERED DESIGN METHODS AND DATA MINING TO DEFINE RECOMMENDATIONS, WHICH FOSTERS THE USE OF THE FORUM IN A VIRTUAL LEARNING EXPERIENCE)**

Priscila M. Valdiviezo  
*Unidad de Virtualización, UTPL (Ecuador)*

Olga C. Santos  
Jesús G. Boticario  
*Grupo de Investigación aDeNu, Departamento de Inteligencia Artificial, ETSI Informática, UNED (España)*

### **RESUMEN**

La adopción de sistemas recomendadores en ambientes virtuales de aprendizaje se está convirtiendo en una alternativa; para lograr la adaptación automática requerida, para atender las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Con los datos de interacción, que proveen estos ambientes es posible encontrar indicadores que con la aplicación de técnicas de minería de datos y aprendizaje automático se pueda identificar información relevante, para la definición de recomendaciones. En esta investigación, hemos aplicado técnicas de aprendizaje no supervisado, para la identificación de patrones comunes de interacción con los foros disponibles en un curso de la plataforma OpenACS/dotLRN. Esto facilitará la definición de recomendaciones que ayuden a mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

**Palabras clave:** sistemas adaptativos de educación, OpenACS/dotLRN, modelado de usuario, minería de datos y aprendizaje automático, técnicas de agrupamiento automático (del inglés “clustering”), recomendaciones.

### **ABSTRACT**

Recommender systems in learning virtual environments are increasingly becoming a feasible approach to provide the adaptive support required to attend students' learning needs. With interaction

data obtained from these virtual environments, it is possible to find indicators where data mining and machine learning techniques can be applied to identify relevant information that allows for the definition of recommenders. In this research we have applied unsupervised learning techniques to identify common interaction patterns with available forums in the OpenACS/dotLRN platform course. In this way, it will allow to define recommendations which help to improve the learning experience of students.

**Keywords:** adaptive systems in education, OpenACS/dotLRN, user modelling, data mining and machine learning techniques, clustering techniques, recommendations.

La aparición de los sistemas recomendadores, se debe principalmente a la necesidad de reducir la gran cantidad de información, que el usuario tiene que procesar a fin de encontrar algo interesante (Adomavicius & Tuzhilin, 2005). Uno de los campos de aplicación, en los cuales estos sistemas pueden ser de utilidad es el e-learning, en donde en los últimos años se están llevando a cabo avances significativos. Hoy en día los usuarios de esta modalidad de estudio, (e-learning) tienen una gran variedad de capacidades, intereses, nivel de experiencia en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). No obstante, considerando la heterogeneidad de los usuarios de esta modalidad no basta sólo con los servicios que se brinden para hacer posible el proceso de aprendizaje; es recomendable también dar respuestas adaptadas a cada usuario, de tal forma que se sienta guiado en el proceso de aprendizaje. Una forma de lograr esta adaptación es, mediante el uso de los llamados sistemas recomendadores, los cuales pueden ser entendidos como “sistemas basados en tecnología que ofrecen recomendaciones personalizadas a los usuarios, las mismas que pueden ser generadas a partir de las opiniones y acciones de otros usuarios con gustos similares” (Sanjog & Mahanti, 2008).

Algunos trabajos en escenarios de e-learning proponen estrategias de recomendación, con el propósito de sugerir al alumno la realización de actividades de aprendizaje, el seguimiento de rutas de navegación, la consulta de material educativo, o cualquier otro recurso que permita potenciar y mejorar su proceso de aprendizaje (Drachler et al., 2008; Santos & Boticario, 2008). En base a esto, los estudiantes pueden recibir ayuda en el desempeño de las tareas del curso, con el propósito de: a) evitar bloqueos, b) mejorar el desempeño de los procesos de aprendizaje facilitando los contenidos del curso más apropiados y las rutas de aprendizaje adaptadas a las necesidades de los estudiantes y c) promoviendo la colaboración entre pares (Santos & Boticario, 2008). Todo esto en orden a mejorar su aprendizaje de forma eficiente.

En concreto, conviene enfatizar las ventajas de promover al aprendizaje activo. Schank (1995) defiende que “la mejor forma de aprender es haciendo”. De esta forma,

el alumno aprende cuando construye, aprende a pensar, a decidir por sí mismo y expresar lo que uno ha aprendido de un modo persuasivo”. De esta forma, además de proporcionar conocimiento al alumno mientras aprende a su ritmo y según sus intereses; se le ha de proporcionar al estudiante los recursos necesarios, para poder no sólo resolver la tarea y elaborar la solución, sino también poner en común la solución y permitir el debate colectivo, para reconstruir entre todos la solución.

En este sentido, los sistemas recomendadores se convierten en una alternativa, para brindar una adaptación personalizada a los estudiantes. En este contexto educativo el sistema recomendador no sólo brinda soporte al estudiante durante la ejecución de un curso, sino que también ayuda a reducir la carga de trabajo del profesor, dado que permite complementar la actuación de éste ante cada alumno y situación dada. Además, las recomendaciones que se brindan al estudiante, están basadas en sus preferencias, conocimientos, intereses, información histórica de otros alumnos de características similares, etc., es decir, que estos sistemas toman como entrada “el perfil del usuario (el cuál puede ser construido dinámicamente desde las interacciones del usuario) y el contexto actual (ej. curso, objetivos, herramientas de la plataforma...)”, para brindar recomendaciones apropiadas al estudiante.

Para llevar a cabo la oferta de recomendaciones, Santos et al. (2009) proponen métodos de diseño centrado en el usuario para conocer en qué situaciones conviene ofrecer dichas recomendaciones. Ante esto, podemos decir que las recomendaciones están sujetas a ciertas condiciones que deben ser identificadas previamente, ya sea mediante el análisis de los datos que se tenga del usuario y/o a través de diferentes técnicas de aprendizaje automático, que permiten un proceso automatizado de análisis, y que además permitan deducir los valores de ciertas características útiles para la condición. En esta investigación se presenta una propuesta basada en este enfoque, que consiste en el uso de un sistema recomendador semántico (Santos & Boticario, 2008), basado en técnicas de aprendizaje automático, junto con el análisis de las interacciones que realizan los usuarios durante su participación en cursos online, con el objetivo de mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

En este artículo nos centraremos en aplicar dicho planteamiento para definir recomendaciones centradas en el uso de los foros en un contexto real de uso, que involucra a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Técnica Particular de Loja en Ecuador; y que combina la recogida de información tanto de forma directa del usuario (encuestas y entrevistas) como indirecta (observaciones y análisis de las trazas generadas). Esta información se analiza tanto a nivel estadístico como aplicando técnicas de

minería de datos, con el fin de proponer recomendaciones relativas al uso del foro que ayuden a mejorar la experiencia de aprendizaje, y que se presenta como un caso de estudio para promover el uso de la herramienta foro que aplica la metodología de diseño de recomendaciones para escenarios educativos, propuesto por el grupo de investigación aDeNu1 de la UNED.

Este artículo se inicia con una revisión del estado del arte sobre los sistemas recomendadores en el campo educativo y las técnicas de aprendizaje automático que pueden ser utilizadas para la clasificación no supervisada dentro del contexto del elearning; seguidamente, se presenta el contexto y planteamiento de la experiencia donde se describe el proceso para la obtención de indicadores de colaboración para la aplicación de técnicas de agrupamiento automático (generalmente conocida por su designación en inglés “clustering”); así mismo, se presentan los resultados de la experiencia donde se hace una comparación y discusión de los mismos, un análisis crítico abordando posibilidades de mejora para futuras experiencias. Finalmente, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

### *Estado del arte*

En un entorno e-learning el sistema recomendador debe tratar con información del estudiante, como por ejemplo: información personal (género, edad, idioma, etc.), características de accesibilidad, objetivos de aprendizaje, preferencias, etc., la cual se encuentra reflejada en un modelo de usuario, que se constituye en un elemento importante en estos sistemas, ya que las recomendaciones se generan a partir de la información que se encuentra almacenada en el mismo.

Por consiguiente, contar con un sistema recomendador en entornos educativos, implica entender el contexto individual del estudiante (o grupos de estudiantes) y las condiciones y reglas del dominio (Drachler et al., 2008).

### **Sistemas recomendadores en educación**

La línea de investigación de los sistemas recomendadores ha dado origen a diferentes proyectos dentro de la educación superior, entre estos podemos citar a EU4ALL<sup>2</sup> dirigido a estudiantes con discapacidad en el ámbito de estudios superiores, en el cual se pretende cubrir distintos tipos de escenarios educativos susceptibles de adaptación. Este proyecto contempla el desarrollo de un sistema recomendador como una forma de brindar apoyo adaptativo al proceso de aprendizaje.

Los sistemas recomendadores requieren de técnicas para seleccionar ítems, opciones, servicios, etc. que mejor se ajustan a las necesidades o preferencias del usuario y en base a la información de la que disponen estos sistemas se puede decidir qué técnicas seleccionar y para qué situaciones.

De acuerdo con Drachsler et al. (2008), entre las técnicas de recomendaciones se pueden citar:

**Basadas en Modelo.** Los sistemas recomendadores basados en estos modelos requieren de una gran cantidad de datos para estimar sus modelos y así proporcionar una recomendación exacta.

**Basada en Memoria.** Analizan todos los datos de usuarios o ítems para calcular las recomendaciones, éstas pueden ser clasificadas como:

- **De filtrado colaborativo:** que permiten sugerir a un estudiante en particular, un ítem o una acción, en base a la opinión de otros estudiantes con perfiles similares. Esta técnica usa el desempeño colectivo de todos los estudiantes de la red de aprendizaje para identificar actividades de aprendizaje de apropiadas en un contexto dado y permite a los estudiantes beneficiarse de las experiencias de otros estudiantes. Además, puede estar basada en reglas pedagógicas que formen parte de la estrategia de recomendación, así las características de los estudiantes podrían ser tomadas en cuenta para asignar a los estudiantes en grupos (Drachsler et al., 2008).
- **Basada en contenido:** con esta técnica, las recomendaciones se realizan en base al perfil del estudiante y a las evaluaciones que el mismo realice de un curso, material educativo, o cualquier otro recurso de aprendizaje.
- **Enfoques híbridos:** combinan las características de ambos sistemas mitigando las limitaciones de cada uno. De acuerdo a las técnicas mencionadas, las recomendaciones se generan ya sea a partir de las opiniones dadas por otros usuarios o bien a partir de las preferencias del usuario objeto de la recomendación.

Drachsler et al. (2008) proponen una combinación de las técnicas de recomendación basada en memoria, como las más convenientes para realizar recomendaciones personalizadas de las actividades de aprendizaje en el contexto de e-learning.

Así mismo, los sistemas recomendadores en el contexto educativo pueden basar sus recomendaciones en la identificación de tipos de estudiantes con la ayuda de técnicas de aprendizaje automático y así proporcionar recomendaciones apropiadas a las características individuales de los estudiantes o las presentadas por grupos de estudiantes (Vialardi et al., 2009; Anaya & Boticario, 2010).

Por otro lado, algunos sistemas existentes optan por las redes semánticas como técnicas de representación de los perfiles de usuario, y cómo estrategias de representación del conocimiento durante el proceso de recomendación, ya que permiten dotar de significado a la información utilizada para este proceso (Yu et al., 2007).

La incorporación de la semántica en los sistemas recomendadores permitiría contar con ciertos procesos de razonamiento capaces de descubrir relaciones importantes entre los ítems disponibles y las preferencias personales de los usuarios. Mediante los métodos de razonamiento semántico, el sistema recomendador no sólo dispone de más conocimiento para poder elaborar sus sugerencias, sino que además, puede combatir de forma efectiva las limitaciones identificadas en las técnicas de recomendación utilizadas de forma genérica en los sistemas comerciales en la Web.

### **Técnicas de aprendizaje automático y su aplicación en el dominio educativo**

En los sistemas educativos las técnicas de aprendizaje automático son una alternativa para clasificar y predecir acciones futuras de los estudiantes en el sistema. En algunos enfoques de sistemas recomendadores, durante el proceso de recomendación se opta por modelar las preferencias de los usuarios mediante técnicas de aprendizaje automático, tales como: redes neuronales, árboles de decisión, redes bayesianas, etc. Estos algoritmos de clasificación supervisada se utilizan comúnmente como parte de las técnicas de minería de datos justamente cuando se cuenta con una enorme cantidad de datos que necesitan ser clasificados y analizados.

Según Anaya y Boticario (2010), cuando el volumen de datos es suficiente, la clasificación de instancias se puede hacer aplicando técnicas de aprendizaje no supervisado, como clustering. De acuerdo a Perera et al. (2007), el clustering permite utilizar múltiples atributos para identificar grupos similares de una manera no supervisada, sin la necesidad de etiquetar los grupos. Por ello, al análisis de clustering se lo conoce como método de clasificación automática no supervisada que

“consiste en encontrar la partición más adecuada del conjunto de entrada a partir de similitudes entre sus ejemplos” (García y Gómez, 2009). Es decir que, la idea de formar clústeres es agrupar elementos en conjuntos homogéneos en función de algunas semejanzas entre ellos y diferentes a los que pertenecen a otros grupos. Una vez formados los clúster se realiza el reconocimiento y descubrimiento de patrones de semejanza, que permiten a la vez llevar a cabo acciones sobre los datos.

Dentro de la técnica de clustering se puede encontrar los siguientes métodos:

**De Partición.** Estos métodos “dan lugar a una partición mediante la minimización o maximización de algún criterio” (Sierra, 2006, p. 286). La partición obtenida depende del algoritmo y del criterio de optimización que se utilice. Los métodos de partición utilizan directamente una matriz de datos y para poder aplicarlos necesitan que el usuario fije de antemano el número de clústeres o grupos que tendrá la partición.

Entre los métodos de partición están el algoritmo K-means que sigue un procedimiento simple de clasificación de un conjunto de objetos en un determinado número de clústeres determinado a priori (García y Gómez, 2009). K-means representa cada uno de los clústeres por la media de sus puntos, es decir, por su centroide, y así cada clúster es caracterizado por éste, el cual se encuentra en el centro de los elementos que componen el clúster.

**Jerárquicos.** Como se describe en Sierra (2006, p. 268), estos métodos establecen una jerarquía entre los clúster, es decir, se tiene una sucesión de particiones donde cada partición se obtiene uniendo o dividiendo clústeres. Existen dos tipos de métodos jerárquicos: *de aglomeración*, donde los nuevos clústeres se crean uniendo clúster, y *de división*, parten de un conjunto de elementos y se van dividiendo sucesivamente hasta llegar a elementos individuales, es decir los nuevos clústeres se crean dividiendo clústeres.

**Clustering basado en probabilidades,** en este caso los objetos tienen cierta probabilidad de pertenecer a un grupo o clúster (García & Gómez, 2009). Un algoritmo de clustering probabilístico es el algoritmo EM (*Expectation Maximization*), que presenta una técnica iterativa del cálculo de máxima verosimilitud que se utiliza para encontrar una estimación del conjunto de parámetros de problemas en los que existen ciertos datos ocultos (Sierra 2006, p. 150). Puede aplicarse en situaciones en las que se desea estimar parámetros desconocidos, y posteriormente intentar maximizar la probabilidad de que cada objeto o elemento pertenezca a un grupo o clúster.

Estas técnicas se han aplicado con éxito en el campo de la educación. Boticario y Anaya (2009), presentan la aplicación del algoritmo EM para construir los clústeres, el cual usa indicadores estadísticos de la interacción de los estudiantes en los foros y técnicas de minería de datos para la obtención de grupos de estudiantes de acuerdo a su nivel de colaboración. Con este algoritmo la tarea de agrupación puede ser vista como un problema de estimación de máxima verosimilitud (Anaya & Boticario, 2010).

Un aspecto importante es que el clustering basado en probabilidades (Talavera & Gaudioso, 2004), es una aproximación que ha ganado popularidad en la literatura trabajando con ambos tipos de datos continuos y discretos. Existe una variedad de algoritmos de clustering, el seleccionar uno u otro dependerá de la aplicación en particular, y del tipo de datos a utilizar.

Para esta investigación se requerirá un algoritmo capaz de trabajar con datos discretos, por ello se probarán los dos tipos de algoritmos mencionados K-means y EM, y se seleccionará el modelo que mejores resultados presente.

### *Contexto de la experiencia*

Considerando el trabajo presentado por Santos y Boticario (2008), diferentes tipos de recomendaciones pueden ser definidas de acuerdo a las funcionalidades disponibles en un sistema de gestión del aprendizaje (learning management system – LMS). De acuerdo a dichos tipos, se presentan una serie de recomendaciones que pueden ser dadas al usuario, considerando para su aplicación los elementos definidos en el modelo de recomendaciones: las categorías, las técnicas, el origen, la explicación, las restricciones y las condiciones.

Dichos elementos permiten clasificar una recomendación según su categoría, que puede ser generada por una técnica (o combinación de técnicas). La oferta de cada una de las recomendaciones está sujeta a ciertas condiciones y restricciones. Las condiciones hacen referencia a: preferencias de accesibilidad, acciones sobre objetos, interacción con los datos, nivel de conocimiento, nivel de colaboración y de tecnología; además se añade una explicación del por qué de la recomendación. La categoría, la técnica, la explicación, así como el origen y la razón forman la justificación de la recomendación.

Para la definición de estas recomendaciones el sistema necesita de información del estudiante acerca de su interacción con el LMS y del modelo del usuario, para

de esta manera recomendar información cercana a sus necesidades. La oferta de recomendaciones se realiza usando información relacionada a ciertos indicadores que pueden ser obtenidos directa o indirectamente de las interacciones de los usuarios (Santos & Boticario, 2004). Estos a la vez pueden ser recogidos de los datos almacenados en los archivos de log del servidor con el objeto de identificar atributos que luego puedan ser incorporados dentro del perfil del usuario y que puedan ser utilizados para crear una serie de recomendaciones (Quincey et al., 2009).

Estos trabajos previos son los que han alimentado la experiencia realizada en esta investigación y toman como base la necesidad detectada de recomendar a los estudiantes que visiten y contribuyan en el foro, que fue la principal herramienta de comunicación en la experiencia llevada a cabo en esta investigación. Como se señala en Anaya y Boticario (2010), los foros son un servicio de comunicación ampliamente usado en ambientes e-learning por lo que la información obtenida de la interacción en los mismos permite determinar características de colaboración del estudiante, que de acuerdo a Santos et al. (2003), pueden ser representadas como: actividad, iniciativa, y actividad causada por el usuario. Entre los atributos que se consideran indicadores de estas características están: el número de hilos que el estudiante inicia (representa la iniciativa del usuario), el número de mensajes enviados (relacionado con la actividad del usuario), y el número de respuestas a los mensajes enviados por el usuario (relacionado con la actividad causada por el usuario).

Talavera y Gaudioso (2004), deducen de sus resultados que estudiantes con iniciativa son una característica clave para la colaboración y Anaya y Boticario (2010) identifican que los indicadores de la actividad del estudiante y la actividad que es producida por un estudiante en particular en otro estudiante son características claves de colaboración.

En concreto, en un trabajo previo del grupo aDeNu aplicando la metodología propuesta por Santos et al. (2009) basada en técnicas de diseño centrado en el usuario se habían identificado las siguientes recomendaciones relativas al foro:

- Ver contribuciones no leídas del profesor
- Leer contribuciones de un compañero
- Contribuir en el foro para plantear dudas que surjan en el curso

Partiendo de ellas, en esta investigación se ha trabajado en concretar estas recomendaciones y detectar otras que pudieran ser de interés en el uso de la herramienta foros. Para ello, se ha diseñado una experiencia que permita entender

el contexto de uso y recoger datos de la misma para ser analizados. A continuación se ha analizado el contexto de uso y los escenarios en donde se van a ofrecer las recomendaciones. Este proceso ha sido realizado por el profesor, tomando como base las respuestas dadas por sus estudiantes en dicha experiencia por medio de cuestionarios y entrevistas elaborados, además de analizar los datos de interacción. Aplicando técnicas de minería de datos, el profesor ha encontrado oportunidades de recomendación, asociadas con valores concretos de las interacciones de los estudiantes en el curso.

### *Planteamiento de la experiencia*

Nuestra experiencia está centrada en el proceso de extracción de los datos de interacción en la plataforma de aprendizaje OpenACS/dotLRN (Santos et al., 2007), para determinar los patrones de interés en el comportamiento de los estudiantes y así proceder a identificar las situaciones en las que es necesario proporcionar recomendaciones.

### **Descripción del escenario**

Se realizó un experimento con 30 estudiantes del primer ciclo de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación de la UTPL. Del total de estudiante enrolados 29 ingresaron en la plataforma. Esta experimentación fue desarrollada desde el 23 de noviembre hasta el 15 de diciembre de 2009.

Los estudiantes tuvieron acceso al curso de “Fundamentos Informáticos”, en el cuál realizaron las siguientes actividades:

- Interacción con las herramientas disponibles en la plataforma: foros, calendario, noticias, preguntas frecuentes, tareas, documentos compartidos.
- Durante el proceso de interacción, los estudiantes revisaron los archivos y enlaces subidos por el profesor/tutor a la plataforma.
- En base a las lecturas realizadas de los documentos compartidos, desarrollaron dos tareas que luego fueron subidas a la plataforma en la sección “Carpeta de tareas de la comunidad de Fundamentos Informáticos”.
- Participaron de los foros propuestos en el curso.

## Obtención de datos de interacción

Finalizada la experimentación, se procedió a la extracción de los datos de interacción de los estudiantes en la plataforma. Para recoger las interacciones de los estudiantes se utilizó la herramienta TAM (Tracking and Audit Module), desarrollada para el framework de OpenACS/dotLRN por el grupo aDeNu. Esta herramienta registra los datos asociados a las acciones del usuario en el sistema, en archivos log que alimentan el modelo de usuario (Couchet et al., 2008). En nuestro caso se recogen las trazas tanto de acciones del usuario en los foros, como de visitas realizadas a los diferentes servicios de la plataforma.

Atributo	Descripción
num_sessions	Número de sesiones del usuario
average_time_per_session	Tiempo medio por sesión
last_visit	Último acceso o visita
min_days_from_last_visit	Número mínimo de días desde la última visita
max_days_from_last_visit	Número máximo de días desde la última visita
num_pages_visited	Número de páginas que el usuario ha visitado
num_forums_visited	Número de foros que el usuario ha visitado
num_msg_to_group_forum	Número de mensajes que el usuario a enviado a los foros del grupo
num_msg_visited	Número de mensajes visitados por el usuario
num_average_replies_threads	Número medio de respuestas en los hilos
num_threads_user	Número de hilos en los que ha participado el estudiante
num_threads_user_in_and_tutor	Número de conversaciones en la que ha participado el usuario y el tutor
num_threads_started	Número de conversaciones (hilos) que el usuario ha iniciado.
num_folders_visited	número de visitas a las carpetas
num_files_visited	Número de archivos visitados
num_files_download	Número de archivos descargados
num_faq_visited	Número de visitas a las faq
num_help_visited	número de visitas a la ayuda
num_calendar_visited	Número de visitas al calendario

Tabla 1. Atributos relacionados a la interacción del usuario con el sistema

Estos datos de interacción del usuario con el sistema (ver Tabla 1) son los que se tomarán en cuenta para la identificación de indicadores para la aplicación de las técnicas de clasificación que permitan obtener los valores de las condiciones

requeridas para el tipo de recomendación de “Leer y Postear mensajes en los foros”, seleccionada en esta investigación.

Además, para complementar los datos de la participación de los estudiantes durante la fase de experimentación con la plataforma OpenACS/dotLRN, se procedió a la aplicación de técnicas de recogida de datos como: encuesta, entrevista y observación, con el objeto de recoger información cualitativa de cuál es el uso de los foros, y que permita contrastar y/o complementar con la que se obtenga del análisis de las interacciones, a fin de poder definir recomendaciones apropiadas al estudiante.

Las variables que se consideraron medir con la aplicación de estas técnicas fueron: 1) Interacción con los foros, 2) Satisfacción de la interacción a través de los foros y 3) Contribución al proceso de aprendizaje del estudiante al interactuar con los foros. La primera variable permitiría validar y complementar los datos recogidos de la interacción con la plataforma. Las otras dos eran necesarias para una próxima fase consiste en determinar si con el uso del sistema recomendador mejora o no el nivel de satisfacción o contribución al proceso de aprendizaje del estudiante.

### *Resultados de la experiencia*

Los resultados obtenidos del procesamiento del archivo de log de la interacción con los foros se pueden observar en la figura 1, donde, de los 29 estudiantes que ingresaron a la plataforma, 28 interactuaron con los foros. El estudiante que resta sólo presentó accesos a la plataforma pero no registró visitas o envíos de mensajes a los foros propuestos.

<b>Resultados de la interacción en los foros</b>	
<b>Interacción realizada</b>	<b>Número de estudiantes</b>
Visitas a los foros	28
Visitas a los mensajes	27
Envío de mensajes	25
Inicio de conversaciones (Hilos)	17
Envío de mensajes dentro de los hilos	18
Interacción en conversaciones con el profesor	11
Respuestas a hilos	18

*Figura 1. Resumen de la interacciones con los foros*

Como podemos observar, un poco más de la mitad de los estudiantes iniciaron conversaciones en los foros del curso, aunque hay que considerar que no todos los estudiantes se remiten a dar respuesta a las hilos iniciados.

Por otro lado, con las técnicas de recogida de datos cualitativos se determinaron los siguientes aspectos comunes entre los estudiantes:

- Los estudiantes se remiten a dar respuesta a los temas planteados en la plataforma, pocos son los que inician conversaciones nuevas.
- Se observa que los mensajes de algunos de los estudiantes se basan en las respuestas de sus otros compañeros.
- Los estudiantes se expresan libremente a través de los foros, vencen su timidez, tienen una mayor participación, pero algunas de las contribuciones tienen poco fundamento teórico.
- No todos visitan los mensajes ingresados.
- No todos responden a los mensajes comentados por los compañeros.
- No comparten documentos o enlaces de interés, referente a los temas que se proponen.
- En base a la experiencia realizada y al análisis de los datos recogidos con los instrumentos de medición, podríamos decir que es necesario ofrecer recomendaciones cuando:
- El estudiante no ha creado conversaciones.
- No ha ingresado mensajes en las conversaciones iniciadas por los compañeros.
- No ha leído los mensajes ingresado por los compañeros o por el profesor.
- Alguien respondió a su mensaje, lo cual, es conveniente que dé respuesta al mismo.
- No ha compartido documentos o enlaces.

Estas recomendaciones fueron concretadas mediante los valores obtenidos con la aplicación de la técnica de clustering detallada más adelante. De esta forma, se promueve el aprendizaje activo, cuyas ventajas ya se comentaron en la introducción.

### **Validación de resultados**

La validación de los datos recogidos con el TAM se realizó comparando los resultados obtenidos por las tres fuentes: cuestionarios, entrevistas y observación.

A continuación se presenta en la tabla 2 un resumen de la comparación realizada.

Actividad	Resultados con cuestionario y entrevistas	Resultados procesamiento archivo de log
Visitas a los foros	28	28
Lectura de mensajes	24	27
Envío de mensajes	24	25
Hilos iniciados	17	17

*Tabla 2. Cuadro comparativo entre los resultados obtenidos con el cuestionario y mediante el TAM*

Con el procesamiento del archivo de log, se obtuvo un número de 27 estudiantes que visitaron mensajes, si este valor lo comparamos con el resultado obtenido con el cuestionario (24 estudiantes que manifiestan realizar lectura de los mensajes antes de ingresar uno nuevo), vemos que existe una mínima diferencia de (3), esto podría deberse a que la formulación de la pregunta en el cuestionario estaba orientada a conocer si el estudiante lee los mensajes de sus compañeros antes de ingresar el suyo. Por otra parte, si consideramos el valor de 24 (resultado con cuestionario) como el número de estudiantes que ingresan mensajes podemos ver que existe una diferencia de una unidad con el valor real obtenido al procesar el archivo de log, ya que este último muestra que 25 estudiantes han enviado mensajes, lo cual no significa una diferencia relevante.

### **Selección de los patrones de interacción**

Para la selección de los patrones de interacción con los que definir las recomendaciones, fue necesario conocer en qué situación o condición es necesario sugerir la recomendación, aspecto que fue complementado con la aplicación de la técnica de clustering.

- *Aplicación de la técnica de clusterig*

Con el objeto de buscar semejanzas en el valor de ciertos atributos que son compartidos por los estudiantes en el momento de la interacción con la plataforma, es necesario trabajar con algoritmos que faciliten esta tarea.

En base a esto y considerando el estudio realizado en el estado del arte se ha creído conveniente trabajar con la técnica de clustering que permite agrupar estudiantes en subclases de acuerdo a su nivel de participación y semejanza de acceso a la plataforma (Mejía et al, 2008).

Con esta técnica se procedió a agrupar a los estudiantes del curso en diferentes grupos relacionados con las actividades realizadas en los foros, y así descubrir patrones que reflejen comportamientos análogos en los estudiantes. Para llevar a cabo este proceso se consideraron los indicadores estadísticos de la interacción de los estudiantes con los foros y mediante la aplicación de la técnica de clustering se pudo observar la relación entre estos indicadores y la participación/colaboración de los estudiantes en esta herramienta.

El conjunto de datos con los indicadores estadísticos de las interacciones de los estudiantes, está formado por:

- Número de sesiones.
- Tiempo medio por sesión.
- Número de visitas a los foros.
- Número de visitas a mensajes.
- Número de mensajes enviados.
- Numero de hilos o conversaciones que el estudiante inicia.
- Número de hilos en los que ha participado el estudiante y el profesor.
- El número de respuestas a los mensajes enviados por el usuario.
- El número de respuestas del usuario a los hilos iniciados.

Estos indicadores hacen referencia a las interacciones activas y pasivas del estudiante en los foros, relacionadas con el estado de colaboración descrito en Santos y Boticario (2004) y con las características de colaboración mencionadas en la sección 3.

## ***Selección del modelo***

Se procedió a crear un modelo con la técnica de clustering usando el conjunto de datos tomados de la interacción con los foros. La herramienta seleccionada para esto fue WEKA<sup>3</sup> (Witten & Frank, 2005), que es un software de libre distribución de código abierto y que brinda la facilidad de aplicar diferentes técnicas de aprendizaje y minería de datos.

La evaluación del modelado se realizó comparando y analizando los resultados con varias técnicas e interpretando su significado. El proceso fue el siguiente:

Con el algoritmo **SimpleKMeans** se realizaron tres experimentaciones con diferentes valores de semilla (centros iniciales del clúster). En la primera experimentación se consideró el valor por defecto 10, en la segunda se incrementó a 20, y en la tercera a 100, esto con el propósito de ir mejorando los resultados obtenidos. El algoritmo fue configurado para obtener 3 clústeres.

Luego de haber aplicado este algoritmo se realizó una evaluación de los resultados obtenidos en la tres experimentaciones para determinar cuál es el mejor, con lo cual se determinó que los resultados de la primera experimentación no eran muy convenientes para nuestro caso, ya que los grupos eran muy dispares; en la segunda experimentación se obtuvieron mejores resultados, sin embargo la agrupación no era tan clara, ya que los clústeres no quedaban bien definidos; en la tercera experimentación es donde se obtuvieron mejores resultados, con un valor más bajo en la suma de los cuadrados de los errores (11.03).

De igual forma, se realizaron tres aplicaciones del algoritmo **EM** con diferentes valores de semilla, obteniendo resultados similares en las tres experimentaciones, por ello, para la evaluación se presenta la aplicación realizada con los valores por defecto del modelo (semilla 100, clústeres=3), que coinciden con los de la tercera experimentación del algoritmo SimpleKMeans.

Algoritmo	SimpleKMeans			EM		
	0	1	2	0	1	2
Clúster						
Instancias	12	12	6	13	15	2
% de instancias clasificadas	40	40	20	43	50	7

*Tabla 3. Comparación de resultados entre SimpleKmeans y EM*

Los resultados que se muestran en la tabla 3 han sido obtenidos considerando los mismos parámetros de configuración para ambos algoritmos: clústeres=3 y semilla=100. Se consideraron 3 clústeres debido al conjunto pequeño de instancias con lo que se contaba y con el propósito de obtener clústeres con valores bajos, medios y altos en los niveles de participación o colaboración de los estudiantes en los foros, lo cual coincide con otras experimentaciones relacionadas (Anaya & Boticario, 2010).

Al analizar en forma individual los valores encontrados para cada atributo con ambos algoritmos, y considerando la distribución de las instancias en cada clúster, se decidió trabajar con los centroides de los atributos obtenidos con SimpleKmeans (ver figura 2), que fue el que presentó una mejor clasificación en su tercera aplicación, ya que los clústeres obtenidos mediante este algoritmo presentaron mayor consistencia y similitud entre sus características. Los valores de estos centroides serán los que se consideren para la definición de las recomendaciones.

```

Clusterer output

kMeans
=====

Number of iterations: 4
Within cluster sum of squared errors: 11.028945683637478
Missing values globally replaced with mean/mode

Cluster centroids:

Attribute                Full Data          Cluster#
                        (30)              (12)              (12)              (6)
-----
num_sessions              5                  2.9167            8.5833            2
average_time_per_session 545.5478           343.9653           342.9874          1353.8333
num_forums_visited        13.4333            9.0833            19.25             10.5
num_msg_to_group_forum    1.2333             0                  2.4167            1.3333
num_msg_visited           6.6333             4.3333            9.0833            6.3333
num_average_replies_threads 0.72              0                  1.1333            1.3333
num_threads_started       1.5333             2.0833            0.9167            1.6667
num_threads_user_and_tutor 0.4333            0.3333            0.5833            0.3333
num_answers_to_user_msg   0.8667            0.1667            0.5833            2.8333
num_answered_threads      0.9667            0                  1.8333            1.1667

Clustered Instances

0      12 ( 40%)
1      12 ( 40%)
2       6 ( 20%)
    
```

Figura 2. Tercera aplicación del algoritmo SimpleKMeans – semilla = 100

Así mismo, se presenta un cuadro comparativo de los resultados obtenidos con cada algoritmo para cada una de las características de colaboración de los estudiantes, en los grupos.

	Clúster 0		Clúster 1		Clúster 2	
Algoritmo	<i>k-means</i>	<i>EM</i>	<i>k-means</i>	<i>EM</i>	<i>k-means</i>	<i>EM</i>
Nivel de Iniciativa	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Nivel de Actividad	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Alto
Nivel de Actividad causada por el usuario	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Medio

Tabla 4. Comparación de características del estudiante en base a indicadores de colaboración

Como se puede observar en la tabla 4, cada algoritmo obtuvo diferentes niveles en cada caso, no obstante para elegir uno de ellos en particular se tuvo que analizar todo el conjunto de resultados.

### *Características de los grupos obtenidos con el algoritmo seleccionado*

Una vez aplicados los algoritmos, resultaron tres grupos de características distintas, donde considerando los indicadores de colaboración que, de acuerdo a Santos y Boticario (2004), permiten caracterizar a los estudiantes como: a) Participativo: que mide la actividad en diferentes servicios, es decir si el estudiante produce muchas contribuciones (envía muchos mensajes a los hilos de los foros, sus mensajes son respondidos por otros estudiantes, o sólo envían mensajes); b) No colaborativos: contribuye en poco en los foros, es un estudiante que actúa como si no hay colaboración; y c) Con iniciativa: un estudiante que inicia nuevas actividades por sí mismo, envía nuevos mensajes a los foros, inicia nuevas conversaciones, etc. Se procede a describir las características de cada grupo:

**Grupo 0:** Formado por estudiantes que leen pocos mensajes de los foros (ver figura 2), no realizan envíos de mensajes, es decir realizan muy pocas contribuciones lo cual se ve reflejado en una actividad baja, aunque tienen una alta iniciativa ya que registran la mayor cantidad de hilos iniciados (2,0833); son estudiantes que pasan poco tiempo conectados a la plataforma, sin embargo se conectan más que los del grupo 1 pero menos que los del grupo 2. Podemos decir que son estudiantes que presentan una baja participación en los foros, son poco colaborativos, es decir, se trata de un grupo con una participación baja.

**Grupo 1:** Estudiantes que envían más mensajes al foro que los otros grupos, leen o visitan alrededor de 9 mensajes, realizan más contribuciones que los del grupo 0 y 2, es decir que tienen una alta actividad, aunque son de baja iniciativa ya que son los que registran el número de hilos iniciados más bajo (0.9167), pasan menos tiempo conectados a la plataforma, aunque el número veces (sesiones) que se conectan a la misma es el más alto (8) que los otros grupos. Así mismo, el nivel de actividad causada por el usuario es medio; por lo que, podemos concluir que se podría decir que se trata de un grupo con una participación general alta.

**Grupo 2:** Encontramos a estudiantes que se conectan muy poco a la plataforma (número de sesiones=2), menos que los otros grupos, pero con un tiempo medio por sesión más alto, lo que significa que permanecen mucho tiempo conectados en cada sesión. Envían menos mensajes (1.33) que los del grupo 1, por lo que poseen un

nivel medio de actividad y de iniciativa, aunque el nivel de actividad causada por el usuario es alto. Podemos concluir que en este grupo se encuentran estudiantes con mayor participación que los el grupo 0 pero menor que los del grupo 2.

### Definición de las recomendaciones

Para la definición de las recomendaciones hay que conocer las condiciones o situaciones en las que es necesario ofrecer las recomendaciones. Estas fueron determinadas teniendo en cuenta el análisis de los datos recogidos con los instrumentos de medición, el procesamiento del archivo de log y el análisis realizado de la aplicación de los algoritmos para los clústeres obtenidos. En el cuadro siguiente se describe las recomendaciones identificadas durante este proceso, con la información obtenida para cada situación mediante las técnicas de clustering.

Recomendación	Situaciones en la que es necesaria la recomendación	Información obtenida mediante clustering
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postear un mensaje en el foro compartiendo un documento o un enlace.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el estudiante no ha compartido ningún documento/ enlace.</li> </ul>	El alumno se conecta a la plataforma más de 2 sesiones.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicie una nueva conversación/hilo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de que tenga un bajo número de contribuciones.</li> </ul>	Número de contribuciones menor a 2.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar mensajes en los hilos iniciados por los compañeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el número de contribuciones del estudiante en el foro es bajo y el hilo tenga una tasa baja de contribuciones (menor a X).</li> </ul>	Numero de contribuciones del estudiante menor a 2 y número de contribuciones que hay en el hilo X sea menor a 1.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar respuesta a los mensajes comentados por los compañeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando otro estudiante haya comentado su mensaje.</li> </ul>	Número de contribuciones menor a 2.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer el mensaje del foro propuesto por el profesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando aún no haya leído el mensaje propuesto por el profesor en el foro.</li> </ul>	Número bajo de contribuciones en el foro, menor a 2.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer los mensajes de los compañeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando no haya visitado los mensajes posteados por los compañeros.</li> </ul>	Número bajo de contribuciones en el foro, menor a 2.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitar las conversaciones/hilos donde se han ingresado más contribuciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando un determinado hilo tenga un número alto de contribuciones.</li> </ul>	El hilo cuenta con un número alto de contribuciones, igual a 9.

Tabla 5. Identificación de cuándo es necesario ofrecer una recomendación

Una vez identificadas las situaciones en las que ofrece las recomendaciones, considerando los elementos que se requieren para la definición de recomendaciones mencionados en Santos y Boticario (2008) y en base a lo descrito en el cuadro anterior, se procedió a determinar los atributos del modelo de datos del sistema recomendador que formarían parte de las condiciones de las recomendaciones. Estos atributos con su respectivo valor especifican el valor de las condiciones de aplicación para cada recomendación. Como ejemplo, se muestra la definición de la primera recomendación señalada en el cuadro, siguiendo la plantilla definida para este proceso basada en el modelo de Santos y Boticario (2008).

Antes de proceder al ejemplo, es conveniente mencionar tres aspectos importantes que intervienen en la definición de la recomendación: a) el objeto de la plataforma (en este caso sería el objeto foro), b) la acción (en este caso, leer o postear mensajes) y c) la condición (que en este caso sería la situación o situaciones en la que se debe ofrecer las recomendaciones). La primera fila de la tabla 6 describe la recomendación. En la segunda, se indican en orden el objeto, la acción, el identificador en concreto de dicho objeto en la plataforma y la instancia específica de la plataforma que hace referencia a ese objeto. Las siguientes filas numeradas como Ci hacen referencia a las condiciones que se han definido. En la columna central se describe dicha información según el modelo definido y en la derecha, se explica a alto nivel su significado. Posteriormente se muestra el mensaje que se le ofrecerá al usuario en la interfaz del curso. Debajo se incluye la explicación que acompañará a la recomendación para justificarla. Finalmente, la última línea presenta algunos metadatos que aportan información semántica a la recomendación (en orden): categoría, origen, situación en el curso y relevancia.

<b>Rec-1: Postear un mensaje en el foro compartiendo un documento o un enlace</b>			
Recomendar a un estudiante que postee un mensaje en cualquiera de los foros del curso de Fundamentos Informáticos compartiendo un documento o enlace si aún no ha compartido ningún recurso.			
Forum	contribute	8057  3323   3324	UNED_testing
C1	is_in_group= 2287		El estudiante debe estar en el curso de Fundamentos Informáticos para que se le dé la recomendación
C2	group_id=2287 object=folder action= contribute pointer = 3102 qualifier=negative		El alumno no ha subido ningún fichero en la carpeta <u>Documentos compartidos de Fundamentos Informáticos</u>
C3	group_id=2287 object=forum action= contribute		El alumno ha posteado ya algún mensaje en el foro.
C4	min_num_session_in_plataform =2		El alumno ha de haber entrado en la plataforma más de 2 sesiones
Puedes postear mensajes en el foro Internet y sus aplicaciones   La necesidad pone en peligro la Web   Presencia Web 2.0 propuesto en el curso y compartir documentos o enlaces que contribuyan al aprendizaje de tus compañeros.			
En el foro del curso sólo has ingresado mensajes, sería bueno que compartas también algún recurso con tus compañeros.			
Soporte técnico	Tutor	Familiarizándose con la plataforma	5

Tabla 6. Ejemplo de definición de una recomendación según el modelo

La validación de las recomendaciones instanciadas ha sido realizada por un educador que ha analizado el modelo de datos propuesto, y está justificada también porque se parte de recomendaciones genéricas que ya venían validadas de una experiencia previa de aDeNu. Lo que interesa ahora validar es la aplicación de dichas recomendaciones en el contexto de uso y ver si suponen una mejora en la experiencia de aprendizaje

### *Análisis crítico*

Luego de aplicado los algoritmos, resultaron tres grupos de características distintas con diferentes niveles para cada una de las características de colaboración de los estudiantes en los foros: actividad, iniciativa, y actividad causada por el usuario (Santos et al., 2003). No obstante, de acuerdo con el estudio realizado por Anaya y Boticario (2010) se puede mejorar la clasificación de los estudiantes a partir de la formación de equipos de trabajo que promuevan el aprendizaje colaborativo

y luego trabajar en base a la relación entre los indicadores propuestos y la colaboración de los estudiantes considerando al foro como espacio de comunicación entre los equipos de trabajo, y así clasificar a los estudiante de acuerdo a su nivel de colaboración usando técnicas de aprendizaje no supervisado que contribuyan a la mejora del proceso de aprendizaje de los estudiantes, de esta forma también se podría administrar mejor los procesos de aprendizaje colaborativos. Estos mismos autores proponen en su trabajo, la construcción de métricas de colaboración usando así mismo técnicas de aprendizaje no supervisado para la asignación de un valor de colaboración a cada estudiante, de tal forma que ellos puedan ser comparados de acuerdo a su colaboración. Si consideramos la posibilidad de trabajar en grupos dentro de los foros para una futura experiencia, las interacciones en los foros podrían ser el soporte para medir la colaboración de los estudiantes.

Se podría también mejorar los grupos obtenidos considerando nuevas características relacionadas con la interacción del estudiante con el sistema, como las mencionadas por Talavera y Gaudioso (2004), para así contar con más conocimiento que permitan contar con un número mayor de grupos y ampliar las recomendaciones a otros servicios de la plataforma.

## **CONCLUSIONES**

El propósito de esta investigación ha sido encontrar valores para las condiciones de aplicación de las recomendaciones, en base a la aplicación de técnicas de aprendizaje no supervisado considerando como fuente de datos las interacciones de los estudiantes en el curso de Fundamentos Informáticos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación de la UTPL, con el fin de mejorar el soporte adaptativo ofrecido en un escenario de aprendizaje online. Estos estudiantes estuvieron inscritos en un curso en la plataforma OpenACS/dotLRN, cuyo acceso fue proporcionado por los integrantes del grupo aDeNu de la UNED en la cual se encontraba instalada.

Un conjunto de indicadores estadísticos se derivaron de las interacciones de los estudiantes en los foros propuestos, ya que son la principal herramienta para dar soporte al tipo de recomendación de “Leer y Postear mensajes en los foros”, seleccionada para esta investigación.

Una vez determinados los indicadores se tenía que seleccionar la técnica más apropiada para encontrar características similares en el comportamiento de los estudiantes. La técnica seleccionada fue la de clustering. Se realizaron

experimentaciones con el algoritmo SimpleKmeans y EM. Los resultados obtenidos con la ejecución de los algoritmos demostraron que el modelo que mejores resultado presentó fue el obtenido con SimpleKmeans.

En base al análisis de los datos recolectados de la interacción de los estudiantes en la plataforma y a los resultados obtenidos del análisis de la aplicación de los instrumentos de medición, junto con los resultados de la aplicación de los algoritmos, se encontraron que las situaciones en las que es necesario ofrecer las recomendaciones son cuando el estudiante: i) No ha posteoado o leído los mensajes, ii) No ha creado conversaciones, iii) No ha compartido documentos o enlaces, iv) No ha visitado los mensajes propuestos por el profesor, o cuando iv) Otro estudiante ha comentado sus mensajes. Identificadas estas situaciones se revisó el modelo de recomendaciones del que se partía y se propuso una serie de recomendaciones a ofrecer en el curso, relativas al uso de los foros. Posteriormente, estas recomendaciones han sido instanciadas formalmente en la plantilla definida para tal efecto, para poderse aplicar en el entorno de aprendizaje.

## **TRABAJOS FUTUROS**

El siguiente paso debe estar enfocado a realizar una segunda experimentación en el mismo contexto pero ahora acompañadas de las recomendaciones identificadas previamente cuando las condiciones tengan lugar. Y así determinar si el uso de recomendaciones mejora el nivel de satisfacción de los estudiantes con los foros y si a la vez mejora su proceso de aprendizaje. Esto se logrará comparando ambas experiencias y/o resultados obtenidos con los instrumentos de medición.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a los integrantes del grupo de investigación aDeNu por permitirnos ser parte de las investigaciones hechas dentro de su proyecto y por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación, agradecemos también a los expertos y usuarios que participaron en las experimentaciones realizadas.

## **Notas:**

- 1 Grupo de investigación aDeNu: <http://adenu.ia.uned.es>
- 2 Proyecto europeo EU4ALL (FP6-2005-IST-5): <http://www.eu4all-project.eu>
- 3 Weka: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adomavicius, G.; Tuzhilin, A. (2005). Toward the Next Generation of Recommender Systems: A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 17, no. 6, June.
- Anaya, A.; Boticario, J. G. (2010). Application of machine learning techniques to analyse student interactions and improve the collaboration process. *Expert Systems with Applications: Special Issue on Computer Supported Cooperative Work in Design*. (In Press).
- Boticario, J. G.; Anaya, A. (2009). Clustering Learners according to their Collaboration. In *Proceedings of the 13th international conference on computer supported cooperative work in design (CSCWD 2009)*, IEEE Computer Society Press.
- Couchet, J. ; Santos O.C. ; Raffenne E. ; Boticario J. G. (2008). The Tracking and Auditing Module for the OpenACS Framework, 7th OPENACS / .LRN Conference, Valencia, España. November 18-19.
- Drachsler, H.; Hummel, H.; Koper, R. (2008) Personal recommender systems for learners in lifelong learning networks: the requirements, techniques and model. *International Journal of Learning Technology (IJLT)*, Vol. 3, No. 4.
- García, C.; Gómez, I. (2009). Algoritmos de aprendizaje: KNN & KMEANS. [en línea] Disponible en: <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/08-09/06.pdf> [consulta 2010, 10 de febrero]
- García, E.; Romero, C.; Ventura, S.; Castro, C. (2009). An architecture for making recommendations to courseware authors using association rule mining and collaborative filtering. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Volume 19, 99–132.
- Mejía, C., Mancera, L., Gómez, S., Baldiris, S., Fabregat, R. (2008). Supporting Competence upon DotLRN through Personalization. 7th OpenACS / .LRN conference. Valencia, España. 18-19 November.
- Perera, D.; Kay, J.; Yacef, K.; Koprinska, I. (2007). Mining learners' traces from an online collaboration tool Clustering. *Proceedings of the 13th International Conference of Artificial Intelligence in Education*. Marina del Rey, CA. USA. July.
- Quincey, E.; Kostkova, P.; Farrell, D. (2009). Visualising web server logs for a Web 1.0 audience using Web 2.0 technologies: eliciting attributes for recommendation and profiling systems. In the *Proceedings of the Workshop on Adaptation and Personalization for Web 2.0 in connection with UMAP*, June 22-26.
- Sanjog, R. ; Mahanti, A. (2008). Filler Items Strategies for E@ctive Shilling Attacks. In *Workshop on Recommender Systems*, Patras, Greece. (ECAI).
- Santos, O. C., Boticario, J. G. (2004). Supporting a collaborative task in a web-based learning environment with Artificial Intelligence and User Modelling techniques. 6º Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE'04). November 16-18. Caceres, España.
- Santos, O. C.; Boticario, J. G.; Raffenne, E.; Pastor, R. (2007). Why using dotLRN? UNED use cases. *Proceedings of the FLOSS (Free/Libre/Open Source Systems) International Conference*, 195-212.
- Santos, O.C.; Boticario, J. G. (2008). Users' experience with a recommender system in an open source standard-based learning management system. In *proceedings of the 4yh Symposium on Usability and HCI for Education and Work (USAB)*(in press).

- Santos, O.C., Martin, L., Del Campo, E., Saneiro, M., Mazzone, E., Boticario, J.G., Petrie, H. (2009). User-centered design methods for validating a recommendations model to enrich learning management systems with adaptive navigation support. [en línea] Disponible en: <http://www.easy-hub.org/workshops/umap2009/doc/paper7.pdf> [consulta 2009, 15 de Septiembre].
- Santos, O.C.; Rodríguez, A.; Gaudioso, E.; Boticario, J. G. (2003). Helping the tutor to manage a collaborative task in a web-based learning environment. *Artificial intelligence in education (AIED): Supplementary Proceedings*. Universidad de Sidney, Volume 4, Australia, 153-162.
- Schank, R. C.; Cleary, C. (1995). *Engines for Education*. Lawrence Erlbaum. [en línea] Disponible en: <http://www.engines4ed.org/hyperbook/> [consulta 2009, 15 de Septiembre].
- Sierra, B. (2006). *Aprendizaje Automático: Conceptos básicos y avanzados*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Talavera, L.; Gaudioso, E. (2004). Mining Student Data to Characterize Similar Behavior Groups In Unstructured Collaboration Spaces. In *Proceedings of the workshop on artificial intelligence in CSCL. 16th European conference on artificial intelligence, ECAI (17-23)*. Valencia, Spain.
- Vialardi, C.; Bravo, J.; Shafti, L.; Ortigosa, A. (2009). Recommendation in Higher Education Using Data Mining Techniques. In *Educational Data Mining (EDM)*.
- Witten, I. H.; Frank, E. (2005). *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. 2nd Edition. Morgan Kaufmann.
- Yu, Z.; et al. (2007). Ontology-Based Semantic Recommendation for Context-Aware E-Learning. In *Proceedings of the 4th Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing*, v.4611, Berlin, Heidelberg: Springer, 898-907.

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Priscila Valdiviezo Díaz** Máster en Educación a Distancia (Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador). Ingeniera en Sistemas Informáticos y Computación (Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador). Docente Investigador, Escuela de Ciencias de la Computación, Modalidad Presencial, Modalidad Abierta y a Distancia, Universidad Técnica Particular de Loja.

E-mail: [pmvaldiviezo@utpl.edu.ec](mailto:pmvaldiviezo@utpl.edu.ec)

**Olga C. Santos** Directora Técnica de I+D del Grupo de Investigación aDeNu de la UNED. Diploma de Estudios Avanzados en Inteligencia Artificial (UNED, España). Ha participado -a nivel nacional e internacional- en 12 proyectos de investigación, publicado más de 80 artículos en conferencias y revistas y sido miembro del comité de programa en más de 25 encuentros científicos, 10 de los cuales también como miembro del comité organizador.

E-mail: [ocsantos@dia.uned.es](mailto:ocsantos@dia.uned.es)

**Jesús G. Boticario** Dirige el grupo de investigación aDeNu de la UNED aDeNu. Profesor de Informática de la UNED. Coordinador científico en proyectos nacionales y europeos de investigación en el área de e-inclusión y e-learning. Ha participado en 18 proyectos de investigación financiados. Organizador de conferencias y workshops en el área de modelado de usuario en sistemas de aprendizaje. Evaluador de proyectos y artículos de revistas y conferencias nacionales e internacionales. Ha tenido diversos cargos en la UNED en el área de la tecnología aplicada a la educación (p.ej., Vicerrector de Innovación y Desarrollo Tecnológico). Coordinador del proyecto de Accesibilidad y Diversidad Funcional dentro de las Redes de Innovación Docente de la UNED. Miembro del Grupo de eINCLUSION y de eLearning de la Iniciativa Española de Software y Servicios (INES) y de eVIA. Miembro del Consejo Asesor del Centro de Atención a Universitarios con Discapacidad de la UNED (UNIDIS).

E-mail: [jgb@dia.uned.es](mailto:jgb@dia.uned.es)

## DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Priscila Valdiviezo Díaz  
Universidad Técnica Particular de Loja  
San Cayetano Alto.  
Loja, Ecuador

Jesús G. Boticario/// Olga C. Santos  
Grupo de Investigación aDeNu  
ETSI Informática, UNED  
Calle Juan del Rosal, 16  
Madrid 28040 - España

**Fecha de recepción del artículo:** 21/04/08

**Fecha de aceptación del artículo:** 13/10/08

## UNA METODOLOGÍA PARA DESARROLLAR Y EVALUAR LA USABILIDAD DE ENTORNOS VIRTUALES BASADOS EN AUDIO PARA EL APRENDIZAJE Y LA COGNICIÓN DE USUARIOS CIEGOS

(A METHODOLOGY FOR DEVELOPING AND EVALUATING THE USABILITY OF AUDIO-BASED VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR LEARNING AND COGNITION OF BLIND PEOPLE)

Jaime Sánchez  
*Universidad de Chile (Chile)*

### RESUMEN

Durante la última década se ha desarrollado un trabajo pionero con el uso de entornos virtuales basados en sonido para el desarrollo de la cognición y el aprendizaje en usuarios ciegos. Este artículo describe este innovador trabajo para el aprendizaje de usuarios ciegos sin pistas visuales. Durante más de una década hemos puesto en marcha la investigación cualitativa y cuantitativa sobre el aprendizaje y la cognición con sonido 3D y con el uso de tareas cognitivas para usuarios ciegos. Los resultados de la investigación revelan una real contribución del entorno virtual basado en sonido y de las tareas cognitivas en el aprendizaje y la cognición en usuarios ciegos. El sonido espacial puede ayudar a mejorar y ejercitar la memoria, la percepción háptica, las estructuras cognitivas temporales y espaciales, la orientación y movilidad, el aprendizaje de las matemáticas y ciencias, y la resolución de problemas. Un resultado importante y crucial de esta investigación ha sido la transferencia de este aprendizaje a situaciones de la vida real. Esto nos ha llevado a confirmar la hipótesis de que los entornos virtuales basados en sonido pueden ser usados para construir significado y desarrollar el intelecto en los usuarios ciegos.

**Palabras clave:** Interacción humano-computador, entornos de aprendizaje interactivo, personas ciegas, diseño y desarrollo de entornos virtuales

### ABSTRACT

During the last decade, a pioneering work on sound-based virtual environments for developing cognition and learning in blind users has been implemented. This paper describes fully this innovative work on blind user's learning and cognition without visual cues. For more than a decade we have implemented qualitative and quantitative research about learning and cognition using 3D sound interactive virtual environments and cognitive tasks with blind users. Research results reveal a real contribution of sound-based virtual environment and specific cognitive tasks to learning and cognition

in blind children. Spatial sound can help to improve and rehearse memory, haptic perception, tempo-spatial cognitive structures, mobility and orientation, mathematics and science learning, and problem solving. A relevant and critical result of this research has been the transfer of virtual learning to real life learning situations. All of this has led us to confirm the hypothesis that sound-based virtual environments can be used to construct meaning and develop the intellect of blind users.

**Keywords:** Human-computer interface, interactive learning environments, blind people, virtual environment design and development.

Los usuarios ciegos necesitan tener más oportunidades para la exploración táctil, para usar su memoria y para desarrollar la discriminación de sonido y las habilidades para la localización de objetos. La ubicación de objetos de audio en entornos virtuales permite la discriminación de las fuentes de sonido. Además, permite a los usuarios reconocer los atributos de los sonidos y su significado [6]. En este sentido, los usuarios ciegos deben tener al menos las mismas posibilidades de acceso a la tecnología digital que tienen los usuarios videntes, ya que esto abre potenciales puertas para el aprendizaje, la comunicación y la accesibilidad.

¿Cómo podemos ofrecer mejores herramientas de aprendizaje mediante el uso de la tecnología a los usuarios ciegos? Por un lado, un entorno virtual se define para apoyar un aprendizaje en el lugar donde los estudiantes interactúan y participan de varias actividades (Ritzema, 2008). Por otro lado, el sonido espacial permite localizar puntos dentro de un entorno virtual (Amandine, Katz, Blum, Jacquemin, Denis, 2005; Heuten, Wichmann, Boll, 2006; White, Fitzpatrick, McAllister, 2008). Este estímulo sonoro trata de dar a los usuarios ciegos un entorno lúdico en el que se pueden desarrollar habilidades cognitivas necesarias para sus actividades diarias, como por ejemplo, un problema a resolver. Si combinamos estos dos aspectos, se obtiene una poderosa herramienta para el aprendizaje y el trabajo cognitivo de los usuarios ciegos.

Frauenberger et al. (2004) presentan un prototipo de interfaz en que la interacción visual de menús, entrada de texto y diálogos se transmite a usuarios no videntes por medio de audio espacial. Proponen que el uso de audio espacial es capaz de proveer acceso a tecnologías actuales de una manera eficiente a las personas con discapacidad visual. Ramloll et al. (2001) investigaron soluciones a la exploración de datos tabulados por medio de sonido hablado y no hablado. Sus conclusiones señalan que el uso de sonido no hablado disminuye la carga cognitiva del usuario, permitiendo orientar su trabajo a resolver tareas exitosamente.

Durante más de una década, un equipo de investigación ha desarrollado entornos virtuales basados en audio que proporcionan información y colaboran en nuevas formas de aprendizaje (Sánchez, Elías, 2007; Sánchez, Flores, 2005; Sánchez, Hassler, 2007; Sánchez, Lumbreras, 1999). Varias habilidades cognitivas han sido estimuladas y desarrolladas con el uso de entornos virtuales basados en audio: estructura espacial, memoria abstracta, memoria espacial, memoria de corto plazo, percepción háptica, colaboración, resolución de problemas, habilidades matemáticas, orientación y movilidad, estructuras cognitivas tempoespaciales, habilidades de lenguaje, navegación compleja, aprendizaje de la ciencia y programación computacional.

En este capítulo presentamos una metodología para desarrollar y evaluar la usabilidad de entornos basados en audio para el aprendizaje y la cognición de usuarios ciegos, basada en más de una década de investigación y desarrollo.

## **METODOLOGÍA**

La metodología que se describe aquí se basa en un diseño centrado en el usuario ciego. El usuario es el actor principal en el diseño y desarrollo de todas las tareas y actividades del entorno virtual. La idea es crear rápidamente prototipos sucesivos y así minimizar los errores y los resultados no deseados. En este contexto se debe tener en cuenta que para crear una aplicación para usuarios ciegos, no basta con cerrar los ojos y ponernos en el lugar del usuario. La mayoría de los elementos de interfaces e interacción que conocemos y utilizamos a diario son inútiles para los usuarios ciegos.

El desarrollo de un entorno basado en audio debe ser conducido por un proceso validado que contiene cuatro etapas específicas y definidas: análisis, diseño, implementación y validación (Figura 1).



Figura 1. Modelo del proceso de desarrollo de entornos virtuales basados en audio

- **Análisis.** En esta primera etapa las habilidades cognitivas a desarrollar son definidas por medio del tipo de entorno virtual y las metáforas que se utilizarán. Junto con esto, se define la tecnología y se realiza un estudio del estado del arte de la tecnología y la solución que se desarrollará.
- **Diseño.** El trabajo es realizado en dos niveles: entorno virtual y tareas cognitivas. Los requisitos del entorno son especificados en los storyboards, guiones, framework de desarrollo y otros aspectos, en conjunto con los resultados obtenidos en la usabilidad. Las tareas cognitivas permiten un trabajo concreto, los usuarios realizan actividades concretas de representación y modelamiento después de interactuar con el entorno basado en audio. Los objetivos y los procedimientos de estas tareas están estandarizados, por lo que es posible repetir la experiencia varias veces con usuarios de diferentes ámbitos y contextos. El entorno y las tareas cognitivas permiten crear un entorno de aprendizaje enriquecido para las personas ciegas.
- **Implementación.** El desarrollo del entorno sigue un diseño centrado en el usuario, en el que la participación y el feedback de los usuarios son factores clave para la producción rápida de prototipos continuos y progresivos. Este modo de desarrollo permite la evaluación de muchos prototipos en el tiempo, asegurando un producto útil y funcional para los usuarios finales.

En términos del aspecto cognitivo, si bien todo proceso de evaluación puede y debe llevarse a cabo en diferentes momentos del proceso educativo, al momento de establecer la evaluación de usuario con ceguera o deficiencia visual, es necesario tener claro que de la mayoría de las pruebas estandarizadas que hoy día existen en las distintas áreas de la educación y aquellas complementarias a esta, están diseñadas y elaboradas para personas videntes sin necesidades específicas aparentes. A partir de esta situación surge la necesidad de adaptar la prueba cognitiva requerida para cada caso, considerando aspectos como: grado de visión actual, edad de inicio de la pérdida visual, forma de inicio de la pérdida y evolución de la visión actual. De esta forma, las técnicas de evaluación psicopedagógicas en personas con deficiencia visual son prácticamente las mismas que empleamos en videntes. Sin embargo, existen peculiaridades metodológicas derivadas de la aplicación a personas con deficiencia visual, las que deben incluir las mismas áreas que para personas videntes, eliminando algunos aspectos o ampliando otros específicos del déficit visual (Hall, Scholl, Swallow, 1986). Además, en esta etapa se construye todo el material concreto que se utiliza en las tareas cognitivas.

- Validación. Para validar el entorno, se realizan evaluaciones de usabilidad y cognición. Administrar las evaluaciones de usabilidad a usuarios y a expertos durante y después del diseño del entorno es crítico para generar un producto final de entorno virtual usable y efectivo. Proponemos un conjunto de instrumentos de evaluación de usabilidad claves, tales como: Pauta de Evaluación de Prototipo, Pauta de Evaluación Heurística, Pauta de Evaluación de Usuario Final, Pauta de Entendimiento de Software, Pauta del Facilitador y AudioGram (software para el análisis por medio del uso de la técnica logging actual use).

El propósito de la evaluación cognitiva es determinar si la combinación de entornos virtuales y tareas cognitivas contribuye al desarrollo y aprendizaje de las habilidades cognitivas estudiadas que se definen previamente durante la etapa de análisis (navegación, espacialidad, temporalidad, resolución de problemas, percepción háptica, memoria espacial y abstracta, y pensamiento científico). Los instrumentos utilizados durante la evaluación cognitiva son tareas cognitivas y test cognitivos. Para medir el impacto real del entorno en el aprendizaje generalmente se aplica un diseño de investigación consistente en: pre-test, interacción con el entorno, resolución de tareas cognitivas (modelamiento y representación) y post-test.

## INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

El modelo mental es diferente para todos y cada ser humano, pero existen similitudes entre las personas con vivencias similares, las culturas y el conocimiento. Tanto los inmigrantes como los nativos digitales poseen un modelo mental sobre el uso de la tecnología de una forma intuitiva y acceso a la información sin mayores dificultades. Para los usuarios con discapacidad visual la manera de dar forma, solicitar y percibir el mundo son completamente diferentes a los usuarios videntes, lo que genera un modelo mental diferente. Este es sin duda el problema más relevante que estos usuarios tienen que lidiar con el uso de las nuevas tecnologías. Las interfaces no están diseñadas o pensadas para ellos por lo que no es suficiente darles acceso por medio de lectores de pantalla o de procesos.

A lo largo de la investigación, se han utilizado los siguientes instrumentos claves para una correcta evaluación de usabilidad de un entorno basado en sonido para usuarios con discapacidad visual:

- **Pauta de Evaluación de Prototipo.** Con este instrumento se prueban las primeras interfaces del entorno virtual e interacciones asociadas. En esta etapa se introduce al usuario en el contexto del entorno, para que interactúe de forma intuitiva con las interfaces diseñadas. Esta pauta se elabora con el fin de evaluar los íconos gráficos y auditivos del entorno, y es aplicada en la etapa inicial de diseño de la aplicación. Los usuarios son consultados acerca de su percepción de los diferentes sonidos creados, así como de ciertas imágenes de alto contraste. El tipo de respuesta está asociada a una escala de reconocimiento, existiendo la posibilidad de registrar observaciones.
- **Pauta de Evaluación Heurística.** Esta pauta consta de ciertos criterios que deben ser evaluados por entre 3 y 5 evaluadores que sean expertos en los conceptos de interfaces y entorno para usuarios con discapacidad visual. La pauta que se utiliza ha sido diseñada en base a las reglas de oro de Shneiderman (2004) y las heurísticas de usabilidad de Nielsen (2007). Hay 12 heurísticas que consideran el estado de la visibilidad del entorno, equilibrio entre el sistema y el mundo real, control de usuario y su libertad de uso, normas y consistencia, prevención de errores, reconocer sobre recordar, flexibilidad y eficiencia de uso, estética y minimalista, ayuda a los usuarios a reconocer, diagnóstico y recuperación de errores, ayuda y documentación, diseño de contenidos, y velocidad y medios. La evaluación se realiza por medio de una escala de apreciación de 5 puntos, que abarca desde muy de acuerdo hasta muy en desacuerdo.

- Pauta de Evaluación de Usuario Final. Evaluación que realizan los usuarios finales del entorno, correspondiente a un conjunto de preguntas evaluadas según una escala de apreciación. Esta evaluación considera aspectos como la motivación, uso e identificación de los sonidos del entorno.
- Pauta de Entendimiento del Software. Esta prueba consiste en un cuestionario con 10 preguntas abiertas para evaluar la comprensibilidad de los problemas y las tareas planteadas y relacionadas con elementos de la interfaz, como instrucciones, sonidos, señales de sonido, voz, problemas de navegación, y estrategias para encontrar pistas ocultas.
- Pauta del Facilitador. La evaluación fue diseñada teniendo en cuenta a los profesores facilitadores como los usuarios finales cuando llevan a cabo la interacción del niño con el entorno virtual. En consecuencia, reunimos la información que no es posible obtener en las otras evaluaciones. Además de la experiencia con la tecnología, los facilitadores estuvieron presentes durante las interacciones de los usuarios con el entorno, obteniendo así conocimientos y puntos de vista únicos de la interacción de los usuarios.
- AudioGram. Existen diversos aspectos que pueden ser evaluados en la interacción con un entorno virtual. Algunos de ellos han sido mencionados y corresponden a información obtenida mediante pautas de evaluación de usabilidad con usuarios finales. Otro método considera el registro del uso intensivo del mundo virtual, y cuya información relevada no es fácilmente identificable mediante la observación o la aplicación de pautas de evaluación de la usabilidad.

Por cada juego en un mundo virtual se genera un archivo de log para su posterior análisis. Estos archivos contienen toda la información necesaria para el análisis de los datos. Los archivos contienen la estructura del mundo virtual, acciones realizadas por el aprendiz, tiempo en que se realizó la acción y posición dentro del mundo virtual en función del tiempo (Figura 2A).

Para evaluar los resultados del uso intensivo del mundo virtual no observable, se diseñó y desarrolló AudioGram, una herramienta que ayuda al análisis de datos cuantitativos que se obtienen durante la interacción del usuario con el mundo virtual.

AudioGram otorga la posibilidad de observar algunas variables a largo plazo, como son los tiempos de juego, la cantidad de acciones realizadas, la detección de los distintos errores y choques en el tiempo (Figura 2C). Gracias a esto, es posible analizar el aprendizaje del usuario al enfrentar las mismas situaciones. La obtención de los datos se hace por medio de cargar en el entorno virtual todos los logs o registros de los juegos realizados por un usuario. Una vez realizado esto, los datos son graficados por el entorno con el fin de mostrar las variaciones de comportamiento en el juego de un sujeto a través del tiempo. El entorno es flexible permitiendo seleccionar el tipo de variables se desea observar. En el eje horizontal del gráfico aparece el número que representa a cada juego en particular y es posible seleccionar cualquier juego en específico y luego desplegar un análisis detallado en otra ventana (Figura 2B).

Gracias al uso de AudioGram se pueden detectar aspectos en la interacción imposible de lograr por medio de instrumentos clásicos de evaluación. A través de la duplicación de toda la interacción realizada por el usuario en el juego, el entorno permite conocer los pasos y conductas del usuario, tiempos de demora, errores y logros.

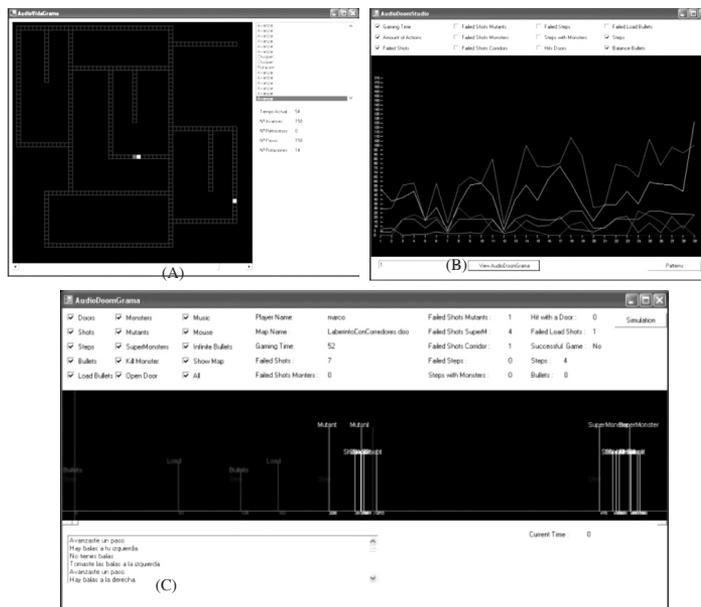


Figura 2. (A) Mapa de interacción. (B) Gráfica del juego. (C) Detalle de las acciones del juego

Los instrumentos que se utilizan en la evaluación cognitiva corresponden a:

- *Tareas Cognitivas.* El trabajo en conjunto con los entornos diseñados para usuarios con discapacidad visual y las tareas cognitivas utilizando material concreto, persiguen la estimulación de la percepción y formación abstracta de elementos y objetos. Los usuarios entienden más fácilmente cuando estudian primero en material concreto los elementos y objetos que luego trabajan virtualmente en el entorno. La interacción en paralelo y de forma coordinada de ambas metodologías es una ventaja para los usuarios.

La interacción durante el desarrollo de estas tareas se produce entre los usuarios, el profesor facilitador, los métodos de aprendizaje y la tecnología. El usuario atiende instrucciones, verbaliza acciones a realizar para interactuar efectivamente con el material concreto, aplica con el material concreto los conceptos aprendidos y utilizados virtualmente en el entorno, participa en un focus group y responde las pautas de evaluación. El profesor facilitador debe diseñar y explicar las actividades de aprendizaje, favorecer la interacción del usuario con el entorno por medio de variadas estrategias metodológicas, diseñar y aplicar pautas de evaluación y realizar registro anecdótico. El método de aprendizaje permite la integración de información proveniente de un medio audiovisual, ejercita el desarrollo de la atención, favorece el uso de memoria y beneficia la expresión verbal del usuario, permitiendo destacar los aspectos positivos del entorno. Finalmente, la tecnología asiste el aprendizaje a través de la utilización de herramientas computacionales que apoyen al proceso cognitivo que estimula el entorno.

Los usuarios utilizan material concreto, macrotipo y Braille. La idea es que los usuarios participen de actividades con el uso de estos materiales que están relacionados con el contenido que desarrolla el entorno y de esta manera complementan su trabajo cognitivo. Para efectos de identificar si existen resultados significativos es deseable trabajar con diseños de investigación con dos grupos, control y experimental. El grupo control trabaja única y exclusivamente con el entorno, mientras que el grupo experimental trabaja con el entorno y las tareas cognitivas. Una de las ideas que se busca con el desarrollo de estas tareas es que los usuarios desarrollen en el mundo real actividades similares a las que se presentan en el mundo virtual, buscando la transferencia de virtual a lo real.

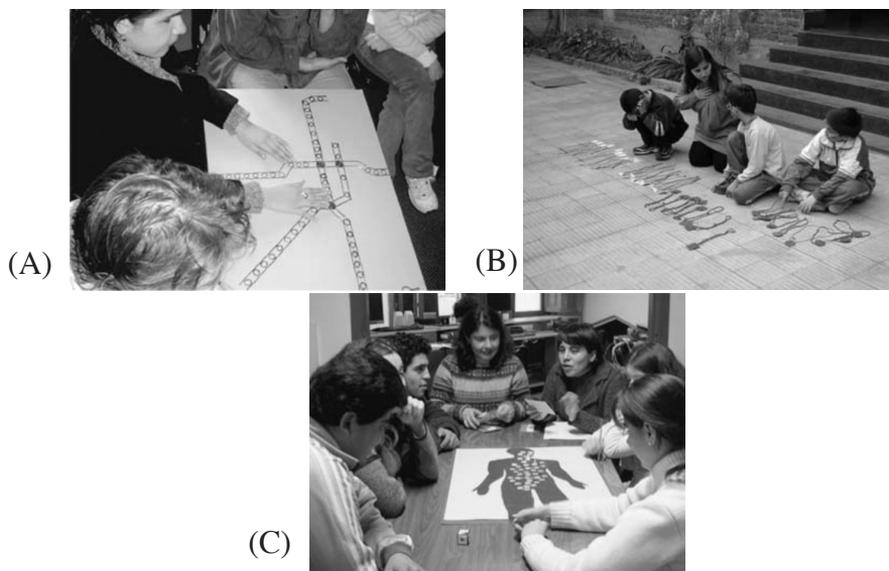


Figura 3. Usuarios trabajando tareas cognitivas con material concreto para el entorno virtual (A) AudioMetro, (B) AudioMath y (C) AudioMUD

- *Test Cognitivos.* Según sea el estudio cognitivo que se realiza se utilizan diferentes test validados para medir aprendizaje y habilidades cognitivas de dominio general y específico. Así por ejemplo, para evaluar el impacto del entorno basado en audio en el aprendizaje y puesta en práctica de conceptos matemáticos como suma, resta y cardinalidad es posible utilizar el Manual de la Prueba de Precálculo de Milicic y Smith (1997). Junto con este test, para efectos de conocer el impacto del conocimiento matemático, utilizamos el test de Benton y Luria que ha sido adaptado para usuarios no videntes por Chadwick y Fuentes (1980). La prueba de precálculo fue propuesta para medir el desarrollo matemático de usuarios de primer grado. El test de conocimiento matemático permite medir la capacidad de entender de forma oral y escrita los números, la habilidad de hacer cálculos mentales y escritos, la habilidad de contar series numéricas y elementos gráficos, y la habilidad de razonamiento matemático.

Para efectos de evaluar el impacto del uso del entorno que ayuda a la orientación y movilidad utilizamos el test Specific Route Displacement. Para evaluar el desempeño y uso de habilidades de orientación y movilidad de un usuario al utilizar una ruta recurrimos a escalas de apreciación, especialmente desarrolladas para este propósito.

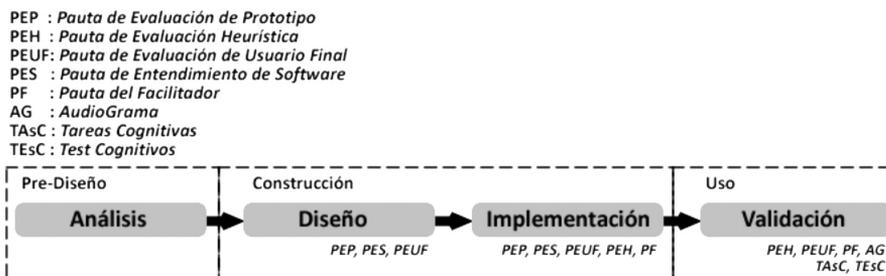


Figura 4. Uso de los instrumentos de evaluación durante el diseño, construcción y uso del entorno virtual

## ENTORNOS VIRTUALES BASADOS EN AUDIO

Durante la última década se ha realizado un trabajo pionero en el uso de entornos virtuales basados en sonido para el desarrollo de la cognición y el aprendizaje de usuarios no videntes. Se han diseñado diversos entornos virtuales basados en audio, tareas cognitivas y métodos de usabilidad para desarrollar y ejercitar procesos cognitivos, tales como relaciones espacio-temporales, memoria, resolución de problemas, movilidad, orientación, abstracción espacial, percepción háptica e integración cognitiva.

Usando la metodología antes descrita, una variedad de entornos virtuales ha sido creado, permitiendo el desarrollo de diferentes habilidades cognitivas (Tabla 1). Cada uno de los entornos que se presentan, han sido evaluados por usuarios no videntes por medio de uso de pautas de usabilidad que hacen que el producto final sea usable y favorezca el desarrollo de una habilidad cognitiva.

	AudioDoomII	AudioBattleShip	AudioMemorice	AudioMath	La Granja de Theo y Seth	APL	AudioMUD	AudioMetro	mBN	AudioVida	AudioChile	AudioLink	Audio Cuenta Cuentos
Estructura Espacial	X								X	X	X		
Memoria Abstracta		X											
Memoria Espacial		X	X	X									
Memoria de Corto Plazo			X	X									
Percepción Háptica		X	X	X							X		
Colaboración		X					X						
Resolución de Problemas							X	X		X	X		
Habilidades Matemáticas				X									
Orientación y Movilidad	X							X		X	X		
Estructuras Cognitivas Tempo-Espaciales	X									X	X		
Habilidades de Lenguaje													X
Navegación Compleja	X												
Aprendizaje de la Ciencia											X		
Programación						X							

Tabla 1. Resumen de las habilidades cognitivas que se desarrollan en cada entorno virtual

- **AudioDoom II** (Sánchez et al., 2001; Sánchez & Zúñiga, 2006): entorno virtual basado en audio estéreo. Consiste de un laberinto restringido, un pasillo principal y dos pasillos específicos, donde el usuario puede avanzar y resolver tareas a través de audio. La inmersión en el entorno virtual se produce por medio de la ubicación izquierda, centro y derecha de los objetos dentro del laberinto. Las habilidades cognitivas estudiadas con el uso de este entorno son orientación y movilidad, estructuras espacio-temporales y navegación compleja (Figura 5).



Figura 5. Usuarios jugando el entorno virtual AudioDoomII

- **AudioBattleShip** (Sánchez, 2005b; Sánchez et al., 2004): Entorno con interfaz de audio estéreo basado en el tradicional juego de salón, BattleShip. Permite jugar entre usuarios ciegos, ciegos y videntes, y ciegos y máquina. La principal interfaz de entrada es la tablet, a la que se le adhiere una superficie con una grilla de silicona que representa el entorno de juego. Básicamente el audio consiste en ciertas instrucciones verbalizadas a los usuarios, además de sonidos de guerra que se gatillan según los aciertos o desaciertos que tenga el usuario en el juego. Las habilidades que se estimulan en este entorno corresponden a percepción háptica, memoria abstracta, memoria espacial y actividades colaborativas (Figura 6).



*Figura 6. Usuarios jugando el entorno virtual AudioBattleShip*

- **AudioMemorice** (Sánchez & Flores, 2004): Videojuego basado en el juego de salón, Memorice. El objetivo principal es la estimulación del uso de la memoria de corto plazo. La representación del espacio se hace por medio de notas musicales para cada ubicación en el tablero, reforzado con sonido estéreo. Cada tarjeta que aparece en el juego tiene asociado un sonido que la represente, el que puede ser verbalizado o icónico. Estos sonidos son claves para que los usuarios puedan identificar la información que otorga la tarjeta y con esto poder encontrar los pares correspondientes. El usuario puede interactuar con el entorno por medio del teclado, una tablet con grilla de silicona en la superficie, o bien un joystick con forcefeedback (Figura 7).

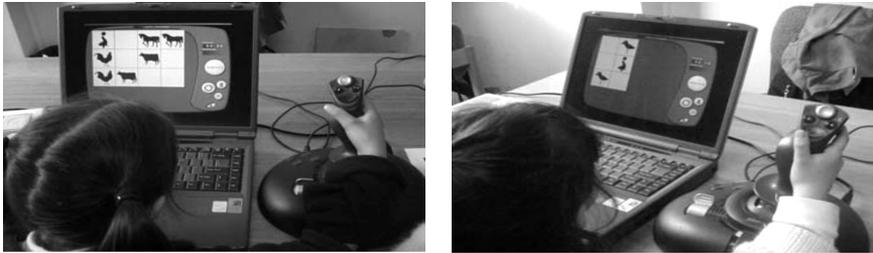


Figura 7. Usuarios ciegos interactuando con el videojuego AudioMemorice

- **AudioMath y La Granja de Theo y Seth** (Sánchez & Flores, 2005; Sánchez, 2005a): Entornos virtuales basados en audio estéreo en que el niño aprende y practica conocimientos y operaciones de matemática básica (suma, resta, números ordinales, recta numérica). AudioMath es una instancia de AudioMemorice, por lo que la interacción se realiza de la misma forma, por medio de un joystick o el teclado. En el caso de la Granja de Theo y Seth la interacción es sólo por medio de un teclado. Para la explicación de los conceptos básicos de formación de números se utilizan sonidos lúdicos en conjunto con verbales. Cuando el niño está en una etapa de operatoria, el sonido es principalmente verbal, ocupando sonido lúdico como apoyo a la navegación y la motivación (Figura 8).

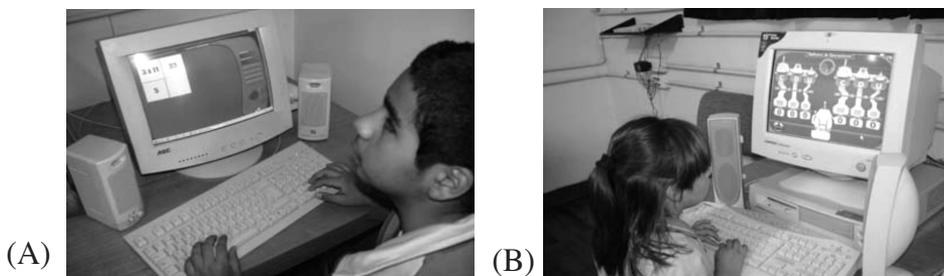


Figura 8. Usuarios ciegos interactuando con (A) AudioMath y (B) La Granja de Theo y Seth

- **APL (Audio Programming Language)** (Sánchez & Aguayo, 2006): APL, es una interfaz basada en sintetizador de voz (Text-to-Speech) para que usuarios no videntes desarrollen habilidades básicas de programación. Los programas desarrollados son ejecutables bajo el mismo entorno de APL. Está orientado a desarrollar habilidades básicas de programación y motivación por la programación computacional (Figura 9).



*Figura 9. Usuarios ciegos interactuando con APL*

- **AudioMUD** (Sánchez & Hassler, 2006; Sánchez & Sáenz, 2007): Entorno virtual basado en el juego de rol MUD (Multi User Dungeon). AudioMUD provee toda la información de forma verbal por medio de voz sintetizada a través de un motor Text-to-Speech. Las habilidades cognitivas estudiadas en este juego son colaboratividad y resolución de problemas en ciencia (Figura 10).



*Figura 10. Usuarios ciegos interactuando con el entorno virtual AudioMUD*

- **AudioMetro y mBN (mobile Blind Navigation)** (Sánchez & Maureira, 2006): Herramientas basadas en audio estéreo para el desarrollo de habilidades de movilidad y orientación, y resolución de problemas en una red de Metro. AudioMetro funciona en un computador de escritorio y permite preparar un viaje, mientras que mBN se desarrolló para un dispositivo móvil PocketPC, permitiendo al usuario utilizar el entorno in situ en una estación de Metro. En ambas aplicaciones se utiliza audio estéreo, verbal e icónico. Dada la capacidad de almacenamiento de un dispositivo pocketPC, mBN utiliza un motor Text-to-Speech para los sonidos verbalizados (Figura 11).

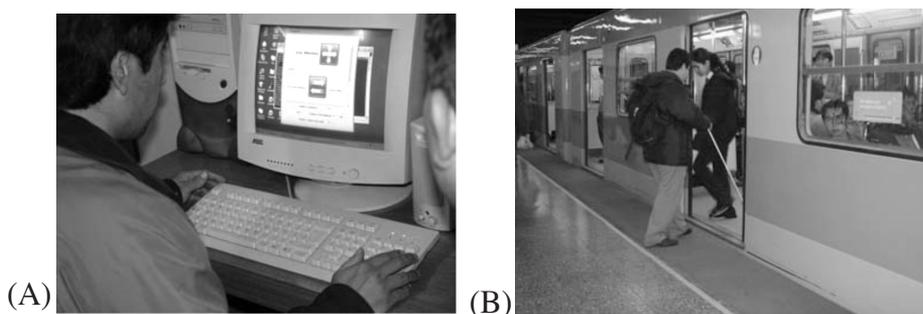


Figura 11. Usuarios ciegos interactuando con (A) AudioMetro y (B) mBN

- **AudioVida y AudioChile** (Sánchez & Sáenz, 2007): Entornos virtuales basados en audio orientados a la resolución de problemas y a la navegación y orientación de los usuarios en entornos virtuales. En AudioVida diferentes pasillos son descritos por sonidos específicos. La ubicación de los elementos dentro del entorno se especifica por sonido estéreo. En AudioChile, la ubicación en el laberinto es entregada por la variación de la intensidad del sonido en las cuatro orientaciones del personaje. Estas pistas audibles son entregadas por medio de sonido espacial (Figura 12).

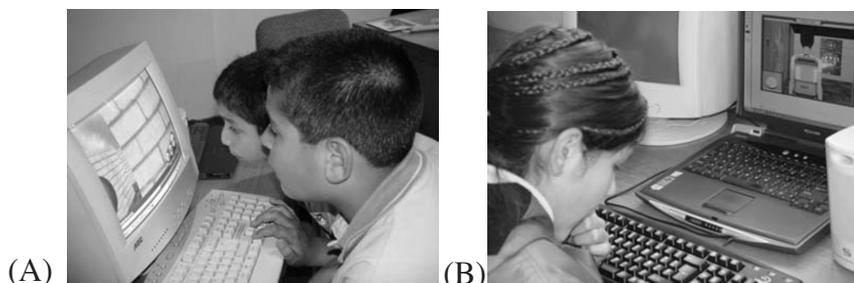


Figura 12. Usuarios ciegos interactuando con (A) AudioVida y (B) AudioChile

- **Audio Link** (Sánchez & Elías, 2006): Entorno de sonido espacial en que el usuario navega resolviendo problemas por medio de la interacción con personajes y objetos. En este entorno virtual existen diversos personajes y objetos que son fácilmente reconocibles por los usuarios por medio de sonidos representativos. Los personajes del entorno son trabajados de forma lúdica para lograr una inmersión en la historia. El trabajo se orientó a las habilidades de resolución de problemas, aprendizaje de la ciencia, movilidad y orientación (Figura 13).



Figura 13. Usuarios ciegos interactuando con AudioLink

- **Audio Cuenta Cuentos** (Sánchez & Galaz, 2007): Aplicación móvil para dispositivos PocketPC, basada en texto hablado, para estimular la comprensión lectora de usuarios no videntes. Este entorno intenta suplir un libro, otorgando sus mismas capacidades y formas de uso. El uso de voz sintetizada a través de un motor de Text-to-Speech otorga una forma fácil de agregar libros a la aplicación (Figura 14).



*Figura 14. Usuarios ciegos interactuando con AudioCuentaCuentos*

## **INTERACCIÓN DE USUARIOS CIEGOS CON ENTORNOS VIRTUALES**

La interacción de un usuario con un computador se realiza por medio de interfaces de entrada y salida. Por una parte, las interfaces de entrada ampliamente utilizadas por la mayoría de los usuarios son el teclado y el mouse. Por otra parte, las interfaces de salida son gráficas o texto en el monitor y/o papel impreso, y el audio a través de altavoces o audífonos. Interfaces como el mouse están hechas para ser utilizadas visualmente, en la que el usuario debe posicionar el cursor en un área determinada para ejecutar una acción. Por este motivo los usuarios ciegos no pueden utilizar un dispositivo como el mouse y deben utilizar el teclado, que es una interfaz que provee de mayor feedback háptico y permite una interacción mayor. Una de las ideas que hay detrás de los entornos basados en audio desarrollados, es que basamos la interacción en diseños hechos para que el uso del teclado sea natural, y permita al usuario no vidente acceder a todas las acciones provistas por el entorno.

Junto con el teclado existen otras interfaces de entrada que pueden ser utilizadas por un usuario no vidente. Los joysticks proveen de feedback háptico y son un apoyo a la interacción en entornos virtuales, donde el componente háptico apoya la información que se entrega por medio del audio. Acciones como moverse dentro del entorno virtual son mucho más directas y naturales con el uso de un joystick que con el uso de las flechas en un teclado normal. Otra interfaz de apoyo, pero con un uso mucho más específico es la tablet. Por medio de identificar concretamente una grilla ubicada en la superficie de la tablet, el usuario puede identificar casillas y seleccionar la acción que quiere ejecutar.

Todas estas interfaces son fácilmente encontradas en el mercado común, lo que hace muy accesible el uso de los entornos de parte de los usuarios no videntes más allá del contexto de la investigación, pudiéndolos utilizar en las escuelas o en el hogar.

Como interfaz de salida para los usuarios ciegos se ocupa el audio espacial. Dependiendo del entorno virtual en que se quiera sumergir al usuario, se puede utilizar sonido estéreo, sonido cuadrafónico o superior. Con el sonido cuadrafónico los usuarios logran identificar el origen de las fuentes sonoras, y con ello identificar la ubicación de personajes y objetos dentro del entorno. Otra forma de utilizar el sonido es por medio de diferenciar el audio en el espacio estéreo y utilizar sonido verbalizado.

Un dispositivo que es netamente visual es la PocketPC, principalmente porque funciona bajo la misma idea que un mouse: mirar, identificar, apuntar y seleccionar la acción que se requiere. Para el caso de un dispositivo handheld con sistema touchscreen, esta interacción se realiza por medio de un lápiz stylus. Para los usuarios no videntes, existen dos opciones: 1. Utilizar la botonera que proporciona una PocketPC, pero con número limitado de posibles acciones, reduciéndose en su mayoría a sólo cinco acciones, más el movimiento por la pantalla. 2. Utilizar la pantalla táctil aprovechando su relieve con el resto del dispositivo. Gracias a esto, los usuarios ciegos son capaces de identificar las esquinas, y los puntos medios de la misma. En estas posiciones se colocan botones virtuales que son fácilmente accionados por los usuarios.

En un dispositivo PocketPC la interfaz de salida puede ser sonido verbalizado a través de un motor Text-to-Speech, y sonido monofónico, para no perder el sonido del entorno. Para obtener un sonido espacial se puede utilizar sonido estéreo y simular por medio de máscaras de audio, la ubicación de las fuentes sonoras. La posición frontal izquierda, central y derecha se da sin problemas con audífonos estéreos, mientras que la de los sonidos posteriores se le agrega una máscara, obteniendo la ubicación posterior izquierda, central y derecha.

## **RESULTADOS DE USABILIDAD**

La importancia de las evaluaciones de usabilidad se reflejan en la afirmación acerca de que el entorno es mucho más fácil de manejar en la versión final que en los primeros prototipos, no sólo por el alto nivel de apropiación que puedan llegar a tener los usuarios, sino porque los entorno en la etapa de desarrollo se van ajustando al modelo mental, las necesidades e intereses de los usuarios finales a través de

prototipos incrementales gracias a la información obtenida de las evaluaciones de usabilidad que se desarrollan. Las evaluaciones de usabilidad muestran que cuando se diseñan interfaces gráficas los usuarios con visión residual rompen esquemas en cuanto a los patrones establecidos un diseñador de interfaces. Muchas de las guidelines que se siguen para el desarrollo de las interfaces gráficas de usuario o GUIs no tienen aplicabilidad para el caso de usuarios no videntes, principalmente por el modelo mental que tienen asociado. Los usuarios con visión residual presentan dificultades para reconocer ciertos íconos y asociarlos a las acciones para las que fueron diseñados. Como consecuencia, es necesario generar elementos gráficos acordes a la realidad y al modelo mental de los usuarios con visión residual.

El uso de entornos virtuales con sonido espacial permite a los usuarios diferenciar e identificar el sonido envolvente que los ayuda a orientarse espacialmente. Los resultados del estudio de usabilidad de AudioDoomII muestran que los usuarios logran una completa representación del mundo virtual navegado. Los mapas que se presentan en los entornos virtuales AudioChile y AudioVida ayudan a los usuarios a mejorar sus conceptos de lateralidad, de arriba y abajo, representados por el norte y sur. La idea de ubicar a los diferentes objetos por medio de sonido acorde a los cuatro puntos cardinales funcionó satisfactoriamente con los usuarios, permitiéndoles identificar elementos importantes del mundo virtual, como una pared, el borde del bosque y la playa, todos espacios que limitan y ubican al usuario en el entorno. Los usuarios tuvieron una completa comprensión de las estructuras espaciales de los diferentes entornos virtuales diseñados en estos juegos. Esto queda reflejado en la capacidad de los usuarios para representar con material concreto los entornos recorridos.

Los usuarios presentaron una gran motivación y aceptación de los entornos desde las primeras evaluaciones de usabilidad durante el desarrollo hasta las últimas evaluaciones del prototipo final. Los sonidos les ayudaron a captar su atención y a mantenerlos motivados al momento de jugar. Un diseño correcto y apropiado de las interfaces gráficas y de audio produce una satisfacción eficiente y efectiva durante la interacción. Gracias a estas características es posible pensar en agregar mayor complejidad incorporando nuevas misiones, personajes, objetos y elementos. Los usuarios finales siempre desean jugar nuevamente los juegos lo que muestra que la interacción propuesta es atractiva y placentera. En el caso particular de AudioMetro, una de las motivaciones más relevantes para los usuarios es el valor que le otorga la herramienta generando mayor autonomía en la planificación de sus rutas y viajes. Sin el entorno virtual deben acudir a la ayuda de otras personas videntes que le entreguen la información necesaria. En el caso de AudioLink, los usuarios

demonstraron un alto nivel de aceptación y motivación al momento de interactuar con los mini-juegos incluidos.

El sonido siempre debe aportar información útil al usuario y no es un adorno o un complemento como lo puede ser en aplicaciones para videntes. Junto con esto es importante mantener sonidos normalizados y que sean consecuentes con lo que se desea representar. La motivación del uso del entorno se relaciona con los sonidos y el entorno acústico creado, tanto para usuarios con visión residual como para ciegos totales. El uso de las aplicaciones basadas en sonido ha permitido que el aprendiz logre diferenciar e identificar sonidos ambientales que le permiten orientarse espacialmente. También han contribuido a mejorar la lateralidad y los conceptos espaciales de arriba y abajo. Al reconocer y aceptar los sonidos el usuario obtiene un mayor control y navegabilidad a través del entorno virtual.

El modelo mental de todos y cada uno de los seres humanos es distinto, sin embargo existen similitudes entre personas de un mismo lugar, misma cultura o similar nivel de conocimiento. Tanto los inmigrantes como los nativos digitales tienen un modelo de cómo usar la tecnología de una forma intuitiva y acceden a la información sin mayores dificultades. Para los usuarios no videntes la manera de dar forma, ordenar y percibir el mundo es completamente diferente, lo que genera un modelo mental totalmente diferente. Este es el mayor problema que tienen este tipo de usuarios para utilizar nuevas tecnologías, cuyas interfaces no han sido diseñadas para este tipo de usuarios, ni tampoco les otorgan accesibilidad. Al respecto, se han identificado dos puntos esenciales: 1. Para un vidente existen diversos aspectos de interfaces gráficas que son reconocibles y altamente utilizadas. Usar los mismos aspectos gráficos para usuarios con visión residual no garantiza un buen resultado. A lo largo de la investigación, existen variados sonidos que han sido probados y aceptados por los usuarios no videntes, generando una librería reconocible y asociada a acciones. 2. Una forma clásica de presentar y realizar acciones en un entorno virtual es por medio de menús organizados según una cierta jerarquía. Esta jerarquía permite tener una buena visibilidad del menú, y accesibilidad directa por medio de un puntero. Al utilizar el teclado como medio de interacción con el menú, con o sin visibilidad total de las acciones, el usuario no vidente accede a una acción por vez. Entonces no es necesario priorizar la visibilidad, sino que se debe enfatizar una fácil navegabilidad por las diferentes opciones del menú. Se ha puesto énfasis en que en la presentación de los menús del entorno, estos sean basados en el concepto de listas circulares. La idea consiste en que tiene un inicio, pero no tiene un final, el último elemento del menú está asociado al primero. Cuando se desarrolla una GUI para usuarios videntes es necesario que todos los elementos importantes sean

visibles y alcanzables a un click del mouse. Los no videntes no necesitan de esta visibilidad ya que pueden acceder a un control a la vez por medio del teclado. Cuando utilizan el teclado la interacción es de un elemento del menú, el que lo recorren hacia delante o hacia atrás.

Es importante proveer de instrucciones claras antes y durante la interacción con el entorno. Estas no deben confundir al usuario sino ser una guía que les permita comprender completamente la tarea que se requiere resolver. A medida que el usuario gana experiencia con el uso de la aplicación estas instrucciones pueden disminuir. El aprendiz con discapacidad visual y sobre todo el ciego total, necesita de muchas pistas e instrucciones que ayuden a una mejor orientación, que deben ser lo más parecido a su entorno real. El diseño apropiado y correcto de las interfaces auditivas y visuales permite que los usuarios ciegos sean capaces de cumplir los objetivos planteados en los entornos virtuales de forma efectiva y eficiente, logrando satisfacción durante el proceso de interacción. Gracias a estas características es posible pensar en agregar mayores complejidades a los entornos virtuales, incorporando nuevas misiones, personajes, objetos y elementos.

Los usuarios con remanente visual tratan siempre de utilizar su reducida visión al momento de interactuar con el entorno. Por este motivo es sumamente importante al momento de crear interfaces gráficas para estos usuarios, utilizar colores de alto contraste que permitan la diferenciación de formas y figuras. Junto con esto se deben utilizar íconos claros y directos que representen adecuadamente la funcionalidad que posee el botón, manteniendo las prestaciones apropiadas.

El uso de dispositivos móviles por parte de usuarios no videntes es posible. Dado que es un dispositivo nuevo para estos usuarios, existen algunas dificultades iniciales para su utilización, las que se ajustan de acuerdo a su uso, adoptando la manera más cómoda para cada usuario. Entre las formas de utilizar el dispositivo, algunos optaron por usar un solo audífono de manera de liberar un oído para escuchar el sonido ambiental y no perder información importante del contexto. Además de esto, la forma de transportar la PocketPC varia, algunos la llevan en su bolsillo, otros colgada al cuello o bien en una mano. En un dispositivo PocketPC la interacción se realiza principalmente por medio de la pantalla táctil, pero también posee cuatro botones de acceso directo más un joystick de navegación. Los usuarios no videntes reconocen táctilmente estos botones y los utilizan sin dificultades, además aprovechan los relieves que se forman entre la pantalla táctil y la pocket para guiarse y así poder ocuparla. Más eficientemente. Particularmente, ellos reconocen muy fácilmente las esquinas y los puntos medios entre una esquina y otra. De esto se saca

provecho para el diseño de una interfaz que puede asociar acciones en estos puntos o bien según la unión de los mismos. Por el hecho de que se deben ubicar táctilmente para encontrar los espacios de acción, los usuarios utilizan sus dedos como punteros y no utilizan el stylus.

El uso de un joystick con forcefeedback es un excelente apoyo para la interacción. Este dispositivo introduce un nuevo escenario en los entornos virtuales para usuarios ciegos. El joystick háptico puede proveer información y sensaciones táctiles por medio del forcefeedback. Permite otorgar información en conjunto con el audio, evitando la excesiva presencia de sonidos que pudieran saturar e incluso confundir al usuario. Además, estos joystick tienen la cualidad de tener una cantidad apropiada de botones que permiten asociar acciones y así sólo utilizar este dispositivo.

Al utilizar un teclado como interfaz de entrada, se deben utilizar teclas que sean fácilmente reconocibles por los usuarios no videntes, tales como Enter, Espacio, Tabulación y las flechas de movimiento. Todos los teclados QWERTY tienen marcas en las teclas F y J, las que sirven de referencia para identificarlas y utilizar las otras teclas alrededor de estas.

## **RESULTADOS COGNITIVOS**

Como resultado del uso de entornos basados en sonido virtual como AudioMemorice y AudioBattleShip los usuarios ciegos han sido capaces de entrenar la utilización de la memoria abstracta de corto y largo plazo. Con estos entornos basados en audio se genera la capacidad de desarrollar y ejercitar imágenes mentales del espacio, así como también su percepción háptica y abstracción espacial. Los resultados son favorables y nos permiten establecer que los usuarios participantes han obtenido importantes avances en el uso de su memoria.

Gracias a la utilización de estos entornos, los aprendices pueden lograr un aprendizaje significativo cuando se utiliza el sonido para representar mentalmente el espacio navegado, siendo posible encontrar rutas alternativas, variando su uso y decisiones. Del mismo modo, los usuarios ciegos prestan más atención a las señales de sonido que identifican un determinado lugar, así como utilizan puntos de referencia para orientarse a través del entorno, pudiendo encontrar rutas más eficientes.

Una vez que los usuarios han explorado completamente el entorno virtual estos son capaces de representarlos por medio de modelos utilizando material concreto,

demostrando ejercitación de la memoria espacial y abstracta. Debido al hecho de que memorizan la cantidad de vueltas y su secuencia para la obtención de una representación de la ruta explorada, la fidelidad de la representación de un mapa virtual o un laberinto depende directamente de la cantidad de vueltas y las veces que debe explorar el espacio. Hemos encontrado que cuando el usuario explora más de 4 veces una ruta determinada con no más de 6 vueltas, la representación final es muy fiel a la original.

Los usuarios que trabajaron con los entornos virtuales de matemáticas en conjunto con tareas cognitivas incrementaron de forma notable sus conocimientos de conceptos básicos y aumentaron su desempeño para resolver las operaciones básicas como suma, resta, multiplicación y división.

Los diferentes contextos y problemas que los usuarios han enfrentado en los entornos virtuales para resolver problemas han permitido la generación de una diversidad de experiencias para que puedan identificar problemas, resolverlos y evaluar el proceso. Los resultados obtenidos de la evaluación del impacto del uso de los entornos virtuales basados en sonido para usuarios con discapacidad visual nos muestran que estos pueden ser capaces de anticipar los problemas, planificar y aplicar diferentes estrategias de resolución de problema y también explicar la estrategia utilizada para resolverlos y a su vez aplicar lo aprendido a otros contextos.

Nuestros estudios muestran una mejora en el comportamiento y desarrollo de habilidades y competencias de los usuarios al utilizar la red de Metro, siendo cada vez más independientes. Los usuarios han obtenido mejoras en áreas como la orientación espacial, la orientación temporo-espacial, la interacción verbal, la autonomía, la selección de rutas, y logros de viaje a través de una ruta planificada. Se ha detectado que es esencial que el usuario tenga puntos de referencia, al menos en la etapa donde se forma un modelo mental del espacio virtual explorado. En definitiva, estos resultados muestran que los usuarios logran una mayor autonomía e independencia en su navegación por el Metro.

Los usuarios ciegos han desarrollado sus habilidades de lectura utilizando AudioCuentaCuentos dando espacio a una forma virtual alternativa a los libros en Braille. La facilidad de ampliar la colección de cuentos permite dar acceso a un mayor número de libros ampliando considerablemente las posibilidades de lectura para estos usuarios. La idea no es sólo utilizar el entorno virtual sino que utilizar la tecnología en conjunto con las experiencias previas, las estrategias de estudio y los hábitos de lectura.

## DISCUSIÓN

El eje principal del desarrollo y la investigación aquí presentada se ha realizado por medio de interfaces basadas en sonido, en las que el audio se utiliza para representar y transmitir información y conocimiento. No hay que olvidar que la audición es uno de los sentidos capaz de suplir a la vista, en cuanto a su capacidad y calidad de información. Por ello, es importante realizar, durante el desarrollo de estas interfaces, continuas evaluaciones de usabilidad que permitan identificar la cercanía de la interfaz con las necesidades e intereses de los usuarios, sus formas de interactuar y sus modelos mentales.

En general, las herramientas desarrolladas han permitido que los usuarios con discapacidad visual logren diferenciar e identificar sonidos ambientales que le ayudan a orientarse y moverse en los distintos espacios. Además han contribuido a mejorar la lateralidad y conceptos espaciales, tales como arriba, abajo, izquierda y derecha. El sonido siempre ha sido un elemento clave en el uso de los entornos virtuales, siendo el eje principal del desarrollo y de la investigación. A través de la gran variedad de estímulos auditivos, el usuario se mantiene atento y motivado durante la interacción con los entornos, y lo más importante, se logra transmitir información y construir conocimiento.

Las tareas cognitivas son de gran ayuda para los usuarios con discapacidad visual. Las tareas cognitivas potencian el tacto activo. Cuando los materiales utilizados son del apego de los usuarios y basados en experiencias de la vida cotidiana, se potencia el interés por aprender y por explorar. Esto es de importancia para los usuarios con discapacidad visual, ya que en ausencia de visión, siendo ésta parcial o total, conocer por medio del tacto permite construir aprendizajes significativos. Por este motivo los entornos deben ir acompañados del trabajo con tareas cognitivas, para que los aprendizajes logrados por los usuarios sean construidos de manera efectiva y los puedan generalizar, y, de este modo, no caer en la verbalización, conducta típica en usuarios con discapacidad visual.

Las evaluaciones de usabilidad son cruciales para representar de forma correcta la interacción que deben tener los usuarios con los entornos virtuales que se desarrollan. Junto con esto se logran interfaces entendibles y usables, y que funcionan más intuitivamente, evitando tener que memorizar o aprender la forma de interactuar. Los usuarios no videntes aceptan, aprecian y usan los entornos virtuales de forma motivante. Después de diseñar y rediseñar las interfaces de sonido espacial ellos logran representar y navegar sin problemas el espacio navegado.

El sentido de la audición favorece la percepción de puntos de referencia, la descripción de lugares físicos, el desarrollo del pensamiento abstracto, la habilidad de concentrarse y la creación de esquemas mentales de los espacios físicos. Para lograr que esto sea efectivo es imprescindible considerar trabajar directamente con el usuario en todo el proceso de diseño, desarrollo y evaluación de los entornos virtuales basados en sonido, con su modelo mental, necesidades y formas de pensar y razonar. Esto es lo que denominamos diseño centrado en el usuario ciego.

Los entornos virtuales basados en sonido permiten la generación de diversas y adecuadas experiencias en con la finalidad de que los usuarios no videntes sean capaces de reconocer problemas, resolverlos y evaluar el proceso. El feedback proporcionado por los juegos y las distintas alternativas que ofrecen en cuanto a señales auditivas, obstáculos, y niveles de dificultad permiten una interacción activa, estimulante y motivante en todos los usuarios ciegos.

La navegación por los entornos virtuales no es al azar, los usuarios definen y utilizan diversas estrategias que los ayudan en su recorrido y representación. La principal estrategia utilizada consiste en memorizar secuencias de dirección y comparar las distancias relativas entre puntos clave del recorrido. Esto es interesante ya que revela que la estrategia utilizada en un entorno virtual es muy similar a la estrategia que utilizan en su vida real. Esto ofrece la posibilidad de ocupar este sistema para entrenar a los usuarios ciegos para su movilidad y orientación, transformándose en una poderosa herramienta de integración.

Un dispositivo móvil PocketPC con una interfaz basada en sonido puede reforzar las habilidades para una adecuada comprensión lectora en un niño ciego o con baja visión. Sin embargo, los procesos de comprensión a través de la audición y comprensión de lectura llevan implícitas una serie de habilidades a desarrollar, por lo que el entorno virtual debe ir acompañado de otros recursos y complementado con otras estrategias que consideren por ejemplo: intereses, motivación y hábitos lectores de los aprendices.

Finalmente, los resultados que se presentan como resultado del uso de los entornos que se han desarrollado para usuarios ciegos confirman la teoría que el sentido de audición es capaz de reemplazar a la visión en su capacidad de entregar y percibir información. El hecho de que los usuarios no videntes naveguen e interactúen con objetos y entidades dentro del mundo a través de audio constituye una poderosa metodología para representar y construir conocimiento.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondecyt #1090352 y el Proyecto CIE-05 Programa de Centros de Educación PBCT-Conicyt.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amandine, A.; Katz, B.; Blum, A.; Jacquemin, C.; Denis, M. (2005). A Study of Spatial Cognition in an Immersive Virtual Audio Environment: Comparing Blind and Blindfolded Individuals. Proceedings of ICAD 05-Eleventh Meeting of the International Conference on Auditory Display, Limerick, Ireland, July 6-9, (228-235).
- Chadwick, M.; Fuentes, M. (1980). Evaluation of Mathematics Knowledge (adaptation of Benton-Luria test), Santiago.
- Frauenberger, C.; Putz, V.; Holdrich, R. (2004). Spatial auditory displays - a study on the use of virtual audio environments as interfaces for users with visual disabilities. In DAFx04 Proceedings, Naples, Italy, October 5-8, 7th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx'04), (384-389).
- Hall, A.; Scholl, G. T.; Swallow, R. (1986). Psychoeducational assessment. In: Scholl, T. (Ed.) Foundations of Education for Blind and Visually Handicapped Children and Youth, Theory and Practice. New York: American Foundation for the Blind Inc., 509.
- Heuten, W.; Wichmann, D.; Boll, S. (2006). Interactive 3D sonification for the exploration of city maps. In Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-Computer interaction: Changing Roles (Oslo, Norway, October 14 - 18). In: Mørch, A.; Morgan, K.; Bratteteig, T.; Ghosh, G.; Svanaes, D. (Eds.). NordiCHI '06, vol. 189. ACM, New York, NY, (155-164).
- Milicic, N.; Schmidt, S. (2003). Manual de la Prueba de Precálculo. Editorial Universitaria, 2ª Ed., (1-140).
- Nielsen, J. (2007). Ten usability heuristics. [en línea] Disponible en: [www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_list.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html) (consulta 2007, 15 de Julio)
- Ramloll, R.; Yu, W.; Riedel, B.; Brewster, S. A. (2001). Using Non-speech Sounds to Improve Access to 2D Tabular Numerical Information for Visually Impaired Users. In Proceedings of BCS IHM-HCI 2001 (Lille, France), Springer, (515-530).
- Ritzema, T.; Harris, B. (2008). The use of Second Life for distance education. Journal of Computing Sciences in Colleges. 23, 6, (110-116).
- Sánchez, J. (2005a). Training blind children to Develop Mathematics Skills through Audio. CyberPsychology & Behavior, 8 (4), August, (354-355).
- Sánchez, J. (2005b). AudioBattleShip: Blind learners' cognition through sound. International Journal on Disability and Human Development, IJDHD, Vol. 4, No. 4, October-December, (303-309).
- Sánchez, J.; Aguayo, F. (2006). APL: Audio Programming Language for Blind Learners. In K. Miesenberger et al. (Eds.). Lecture Notes in Computer Science. LNCS 4061, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. (1334 - 1341).
- Sánchez, J.; Baloian, N.; Hassler, T. (2004). Blind to Sighted Children Interaction through Collaborative Environments. In: Gert-Jan de Vreede et al. (Eds.). Lecture

- Notes in Computer Science, LNCS 3198, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (192 – 205).
- Sánchez, J.; Elías, M. (2006). Blind Children Learning Science through Audio-Based Interactive Software. Proceedings of VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción. Noviembre 13-17. Universidad de Castilla-La Mancha, Puertollano (Ciudad Real), España, (591-600).
- Sánchez, J.; Flores, H. (2004). Memory enhancement through audio. ACM SIGACCESS Accessibility and Computing archive Issue. (77-78, 24-31).
- Sánchez, J.; Flores, H. (2005). AudioMath: Blind children learning mathematics through audio. International Journal on Disability and Human Development, IJDHD, Vol. 4, No. 4, October-December, (311-316).
- Sánchez, J.; Galaz, I. (2007). AudioStoryTeller: Enforcing Blind Children Reading Skills. In: Stephanidis, C. (Ed.). Universal Access in HCI, Part III, HClI 2007, Lecture Notes in Computer Science LNCS 4556, 786–795, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sánchez, J.; Hassler, T. (2006). AudioMUD: A Multi-User Virtual Environment for Blind People. Proceedings of the 5th International Workshop on Virtual Rehabilitation, IWVR '06. New York, USA . August 29-30, (64-71).
- Sánchez, J.; Lumbreras, M.; Cernuzzi, L. (2001). Interactive virtual acoustic environments for blind children: Computing, Usability, and Cognition. Proceedings of ACM CHI, Seattle, Washington, April 2-5. (65-66).
- Sánchez, J.; Maureira, E. (2007). Subway Mobility Assistance Tools for Blind Users. In: Stephanidis, C.; Pieper, M. (Eds.). Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4397, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (386-404).
- Sánchez, J.; Sáenz, M. (2007). Usability of Audio-Based Virtual Environments for Users with Visual Disabilities. Virtual Reality and Human Behavior Symposium, LAVAL Virtual, Laval, France, April 18-22.
- Sánchez, J.; Zuñiga, M. (2006). Evaluating the Interaction of Blind Learners with Audio-Based Virtual Environments. Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine. Virtual Healing: Designing Reality. Volume 4, (167-173).
- Shneiderman, B.; Plaisant, C. (2004). Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. New York: Addison Wesley.
- White, G. R., Fitzpatrick, G., and McAllister, G. (2008). Toward accessible 3D virtual environments for the blind and visually impaired. In Proceedings of the 3rd international Conference on Digital interactive Media in Entertainment and Arts (Athens, Greece, September 10 - 12). DIMEA '08, vol. 349. ACM, New York, NY, (134-141).

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DEL AUTOR

**Jaime Sánchez** Recibió los grados académicos de M.A. (1983), M.Sc. (1984), y Ph.D. (1985) por la Universidad de Columbia, Nueva York. Es Profesor Titular de Interacción Persona-Computador en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. Él ha desarrollado varios entornos virtuales basados en sonido para estimular el desarrollo del aprendizaje y la cognición en niños ciegos. En la actualidad, investiga el uso de dispositivos móviles para ayudar a que los aprendices desarrollen y ejerciten habilidades de resolución de problemas en contextos reales. Sus intereses en investigación incluyen audio y desarrollo cognitivo, métodos de evaluación de usabilidad, aprendizaje basado en juegos y aprendizaje móvil. También es autor de varios libros sobre aprendizaje con tecnología de la información y comunicación.

E-mail: [jsanchez@dcc.uchile.cl](mailto:jsanchez@dcc.uchile.cl)

### DIRECCIÓN DEL AUTOR

Blanco Encalada  
2120, Zip Code 2777,  
Santiago, Chile

**Fecha de recepción del artículo:** 15/05/10

**Fecha de aceptación del artículo:** 16/07/10



I.S.S.N.: 1138-2783

# *Recensiones*

AIESAD



**Álvarez González, B.; Lozada Hernández, A.**

(coord.) (2009). *Movilidad, intercambio y reconocimiento académico en educación superior. Modelos, innovaciones y contribuciones a los espacios comunes de aprendizaje. Mobility, exchange and academic recognition in higher education. Models, innovations and contributions to common areas of learning.* Madrid: UNED, Comisión Europea, OEI, 255 pp.

En la convocatoria de la Comisión Europea del 2004 se aprobó el proyecto ALFA UE-AIESAD, presentado por esta última institución. Su objetivo se dirigía a crear un programa de movilidad física de postgraduados y doctorandos en el área de educación entre las instituciones de educación superior de América Latina y de la Unión Europea. Objetivo que se deriva de dos necesidades detectadas en ambas regiones: por un lado el bajo número de doctores en las universidades latinoamericanas, junto con la ausencia lógica de proyección de los programas de máster existentes hacia el doctorado. Y, por otro, la necesidad de mejorar la cooperación euro – latinoamericana en el nivel de postgrados a través del reconocimiento académico de los estudios realizados en maestrías y doctorados en uno y otro continente.

La Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD), con prácticamente la totalidad de sus instituciones, promovió esta iniciativa dirigida a sentar las bases de una futura red eurolatinoamericana de cooperación interuniversitaria en el nivel de Master y Doctorado, apoyándose en las posibilidades que ofrece la educación a distancia. Gracias a esta red se potenciaría una comunicación fluida entre las instituciones de ambas regiones, el intercambio de estudiantes, profesores e investigadores, el desarrollo de

titulaciones conjuntas y el reconocimiento académico que redundaría, en definitiva, en el establecimiento de dinámicas académicas de calidad.

Gracias a este esfuerzo se ha logrado crear la Red ALFA UE-AIESAD, con el inicio de un programa de intercambios de estudiantes de postgrado en el nivel de Máster y Doctorado, dirigidos a estudiantes tanto de la modalidad presencial como a distancia. A la vez, aprovechando la estrecha relación que mantiene la red de instituciones de educación superior pertenecientes a AIESAD con la UNED (España), se ha ampliado el ámbito de actuación de esta asociación hacia el espacio europeo, ofreciendo a las universidades europeas las opciones curriculares de esta red iberoamericana.

Ahora, para afianzar estos programas de movilidad es necesario aportar de forma clara cómo debe desarrollarse este proceso. Desde la integración en los objetivos de la institución de esta perspectiva internacional en el diseño de sus programas formativos, hasta la organización de la movilidad en sus más pequeños detalles. Estos nos llevan a aclarar quienes son los interlocutores institucionales, sus funciones y responsabilidades para gestionar el intercambio de modo fluido y transparente. La propia organización, a través de los acuerdos institucionales y el establecimiento de acuerdos bilaterales, la planificación de los calendarios de movilidad, la selección de los estudiantes, su preparación para estas estancias, las herramientas de intercambio académico, etc.

A la vez que se establecen los indicadores que avalan la consolidación de la Red ALFA UE-AIESAD a través de la comunicación entre los interlocutores, la gestión de los flujos de movilidad, la gestión económica de las becas a los estudiantes y, de forma especial, la evaluación de la calidad de este programa.

De este modo, a lo largo de este libro se exponen los factores claves que subyacen en todo programa de movilidad, como medio idóneo para unir esfuerzos en el desarrollo del conocimiento, ampliar las posibilidades de la innovación, mejorar el entendimiento entre los pueblos, junto con el trabajo conjunto dirigido al logro de competencias interculturales que favorezcan la formación de los ciudadanos del futuro. Sin embargo, destacan dos problemas centrales que impiden una movilidad real a todos los niveles: el coste adicional que supone y la problemática actual sobre el reconocimiento académico, ambos significativos a la hora de proponer esquemas de movilidad entre instituciones de educación superior de diferentes países.

Con esta premisa, este libro está diseñado como guía para gestores y profesores universitarios, tanto de las universidades de origen como de las instituciones de acogida, que se responsabilizan de la movilidad internacional de los estudiantes postgraduados. Busca facilitar la implementación de la estructura de Bolonia, el intercambio de estudiantes, el reconocimiento académico entre universidades, facilitando así el trabajo a los gestores y administradores de universidades implicadas en programas de movilidad, ofreciéndoles las pautas, herramientas, procedimientos y las cuestiones relativas al reconocimiento académico de los estudios realizados en otra institución.

En definitiva, pretende hacer reflexionar y mostrar tanto a los profesionales que trabajan en instituciones de educación superior, como también a los estudiantes, la viabilidad de esta propuesta para lo que ofrece las pautas para establecer, mejorar e incrementar acciones de movilidad, intercambio y reconocimiento académico.

Otro valor de este libro, además de ser una edición bilingüe, es la aportación de la experiencia real de un programa de movilidad desarrollado por las instituciones participantes

en este proyecto, que ha demostrado su eficacia y capacidad para promover el intercambio entre estudiantes de educación superior. Las oportunidades, los problemas, los desafíos a los que se enfrentó esta red, junto con las soluciones aportadas a cada uno de estas situaciones, se muestran de forma clara, de tal modo que ayudan enormemente a valorar lo que implica una propuesta de movilidad y los elementos a tener en cuenta a la hora de diseñarla.

Por último, y como elemento innovador, aportan también las claves para promover la movilidad virtual como un medio alternativo, a la vez que complementario, que favorezca las experiencias de formación en el ámbito universitario en instituciones de diferentes países, a partir de las cuales se logre una mejor formación en destrezas profesionales básicas y tecnológicas, a la vez que contribuya al fortalecimiento de la comprensión de la diversidad cultural, lingüística, etc.

Sin duda, tal como señalan sus autores, los procesos de movilidad representan posibilidades desafiantes para el futuro de las prácticas educativas, y para el desarrollo de las áreas comunes de conocimiento. Las instituciones miembros de la Red ALFA UE-AIESAD se hicieron eco de estos desafíos y pusieron en marcha este proyecto con cuyos resultados y productos se quiere contribuir, por un lado, al desarrollo y expansión de la educación superior de calidad. Y, por otro, a lograr unos índices de participación en este nivel educativo cada vez más amplios e inclusivos.

Este fue la meta que se propuso esta Red y en la que continua trabajando, ya que el recorrido nunca podrá darse por concluido, y es deseo de sus participantes continuar en la consolidación de los objetivos iniciados con este proyecto y ampliarlos a otras instituciones y regiones. Aportar con este libro los datos, ideas y experiencias logradas a lo largo de este proyecto ayudará, sin duda, a promover y mejorar la

calidad de los procesos educativos enmarcados en programas de movilidad, de intercambio y reconocimiento académico.

Recensionado por:  
Marta Ruiz Corbella  
UNED, España

---

**Sevillano García, M. L. (Dir.) (2009).** *Competencias para el uso de herramientas virtuales en la vida, trabajo y formación permanentes.* Madrid: Pearson. Pp. 314.

La rápida evolución de las tecnologías de la información y la comunicación ha transformado la sociedad en todos los órdenes de nuestra vida cotidiana. Así se está experimentando un cambio constante y dinámico en este siglo, y ha abierto la posibilidad de nuevos progresos y metas. Esta situación aporta beneficios mejorando la calidad de vida de los ciudadanos, pero a su vez presenta nuevas necesidades que deben ser subsanadas.

En la mayoría de las investigaciones y publicaciones se habla el modo en que las tecnologías están cambiando la forma de relacionarnos, de divertirnos, de trabajar... se han abierto nuevos canales de comunicación rompiendo con las coordenadas tradicionales de espacio y tiempo y creando espacios de diálogo a través de estas herramientas.

A su vez, a partir de estos canales de comunicación, el modo de acceder a la información y, a partir de esta construir el conocimiento, cambia radicalmente, por lo que debemos comenzar a pensar en un avance cualitativo donde se han modificado los estilos y modos de acceder y desarrollar el conocimiento del individuo, la nueva forma de acceder al saber y formarse como persona.

Por esta razón, en el momento actual, las herramientas virtuales por y para la enseñanza y el aprendizaje en cualquier escenario de formación se han introducido como un elemento clave, como muestra de la capacidad de innovación docente. La comunicación digital virtual y las aplicaciones web 2.0 están jugando un papel destacado en la mejora de la interacción profesorado-alumno.

Ahora bien, en cuanto nos adentramos en el uso de estas herramientas virtuales en cualquier entorno de enseñanza, comprobamos la necesidad del docente de no solo conocer los fundamentos teóricos de las mismas, sino de adquirir un conocimiento mucho más amplio respecto a su utilización, como son las competencias que se adquieren y se desarrollan a través de sus usos. A pesar de la extensión de uso de estos nuevos medios virtuales dentro de la docencia, la gran mayoría de los expertos de la educación aún no ha desarrollado una cultura tecnológica, ni unas competencias necesarias para generar escenarios formativos eficaces para cada uno de los individuos que arriban en él.

No resulta sencillo presentar una obra que se centra en un tema tan polémico, diverso y complejo como son las competencias, sin embargo, resulta de especial interés cuando se trata de las competencias en el uso de las herramientas virtuales. Y en este punto es donde se resalta el valor de este libro, la aportación clara, sistémica y didáctica de las posibilidades que ofrecen las herramientas virtuales y la utilidad de diagnosticar y desarrollar las competencias más apropiadas.

La presente obra, coordinada por la Dra. María Luisa Sevillano, es fruto de un proyecto de investigación aprobado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España titulado "Diagnóstico y desarrollo de competencias en el uso de herramientas de comunicación virtuales para la sociedad del conocimiento a lo largo de la vida". En dicha investigación se profundiza

y analiza el marco de acción de los procesos formativos mediante el uso de las herramientas virtuales partiendo de la comprensión de los elementos principales que serán objeto de estudio, como son las competencias en grupos poblacionales heterogéneos en cualquier momento a lo largo de la vida.

Con estas ideas, que se ven reflejadas claramente en la obra, se aborda con claridad las fases de la investigación experimental. Se inicia esta exposición explicando los orígenes y elementos diferenciales de la tipología de las competencias, hasta alcanzar el pleno desarrollo del concepto de competencias virtuales dentro del e-learning y la formación integral permanente. De esta manera, se ofrece al lector la base para comprender cómo la sociedad del conocimiento exige personas cualificadas y que hayan desarrollado las competencias virtuales necesarias que les permitan desempeñar distintas tareas en la sociedad de la información. En palabras de los autores “para ello precisan adquirir, dominar y renovar una serie de competencias en el dominio de las herramientas virtuales que les permitan participar activamente en los procesos conformadores de los nuevos sistemas y en la transferencia del conocimiento a escala mundial” (p. 17).

No se debe olvidar que el uso de las herramientas virtuales apunta a generar, pero también a necesitar, nuevas competencias que deben desarrollarse. Todo individuo requiere a lo largo de su vida una serie de estrategias para identificar y clasificar cantidades enormes y veloces de información. Necesitamos de habilidades y destrezas que nos permitan mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en cualquier escenario educativo.

Por esta razón, es necesario investigar sobre estos medios para impulsar el desarrollo de las competencias, y a la vez, lograr la e-inclusión real de todo individuo, en la que este es el verdadero protagonista para su desarrollo personal y social.

En consecuencia, resulta necesario un análisis interpretativo de los usos de las herramientas virtuales para poder profundizar en el desarrollo de competencias para la interacción en dichos entornos electrónicos. De los datos obtenidos en esta investigación, se puede afirmar la escasísima utilización por parte de los centros educativos de las herramientas de comunicación digital didáctica, por lo que podemos deducir el escaso progreso curricular que se contempla en la actualidad.

En conclusión, tal y como señala la directora de esta obra, la configuración y el desarrollo de la sociedad de la información necesita de la integración social equitativa de entornos electrónicos para todas las personas y sectores, de tal modo que es necesario que se supere la exclusión que se produce ante la falta de aprendizaje en competencias tecnológicas claves ante las oportunidades comerciales, laborales, educativas y de expresión cultural.

Recensionado por:  
María García Pérez Calabuig  
UNED, España



### **Bases de datos:**

- DIALNET
- DOAJ
- GOOGLE SCHOLAR
- HEDBIB
- IRESIE
- ISOC-IEDCYT
- LATINDEX
- MIAR
- REDINED
- ULRICH'S

### **Catálogos:**

- Catálogo Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes
- Catálogo BUZ
- Catálogo Colectivo Español de Publicaciones Periódicas CCPP
- Catálogo CCUC
- Catálogo CENDOC
- Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE)
- Catálogo CIRBIC
- Catálogo CISNE
- Catálogo COMPLUDOC
- Catálogo CREDI-OEI
- Catálogo ICDL
- Catálogo Servei de Biblioteca i Documentació UIB
- Red de Bibliotecas Universitarias (REBIUN)
- UBUCAT
- WORDLCAT
- ZDB

### **Evaladores externos**

Carmen Alba (Universidad Complutense de Madrid- España); Juan Ardoy (Universidad Rey Juan Carlos- España); José María Calés (UNED - España); Manuel Castro (UNED - España); Antonio Colmenar (UNED - España); Ángel López Folgado (AEDISI - España); José M<sup>a</sup> Luzón (UNED - España); Susana Marchisio

(Universidad Nacional de Rosario-Argentina); Daniela Melare (UNICAMP – Brasil); Esther del Moral (Universidad de Oviedo- España); Jose Quintanal (CES Don Bosco, UCM - España); Charo Reparaz (Universidad de Navarra- España); Beatriz Tancredi (IESALC – Venezuela).