

## **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:

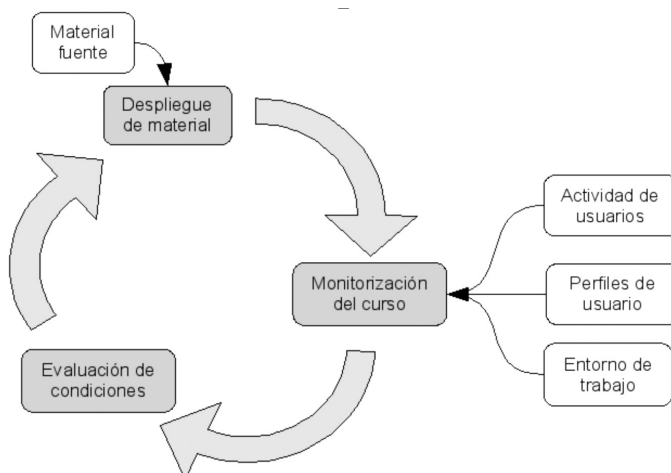


Figura 1. Ciclo de publicación de materiales adaptativos

- **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 macroscripts (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.

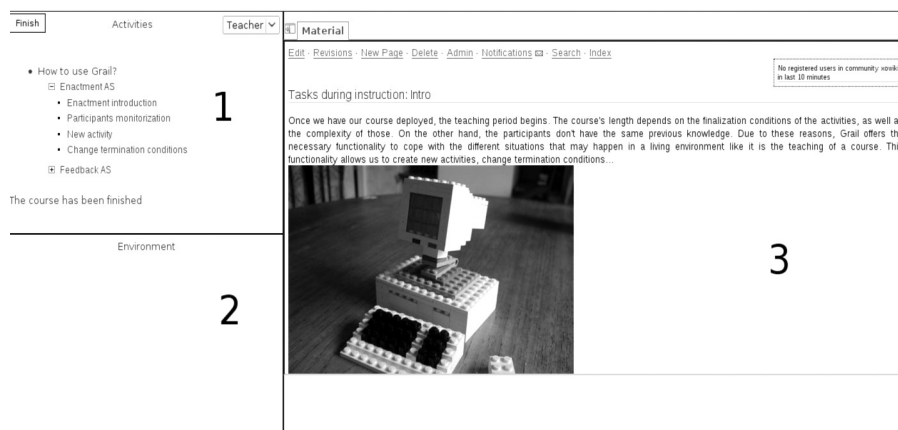


Figura 2. Presentación común de reproductores de Learning Design. 1) Árbol de actividades. 2) Entorno. 3) Contenido

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