

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
FACULTAD DE INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE E INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL



**TESIS DOCTORAL**

**Aplicación de estándares de e-learning para la integración de  
videojuegos educativos en el flujo de la enseñanza**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

**Ángel del Blanco Aguado**

Directores

Baltasar Fernández Manjón  
Pablo Moreno Ger  
Iván Martínez Ortiz

**Madrid, 2014**

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE INFORMÁTICA

Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial



APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE E-LEARNING  
PARA LA INTEGRACIÓN DE VIDEOJUEGOS  
EDUCATIVOS EN EL FLUJO DE LA ENSEÑANZA

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Ángel del Blanco Aguado**

Bajo la dirección de los doctores:

Baltasar Fernández Manjón  
Pablo Moreno Ger  
Iván Martínez Ortiz

Madrid, 2014



Falla.

Y falla bastante. Falla seguido. Falla en el amor. Falla en el sexo. Falla en socializar. Falla en hacer amigos. Falla en el trabajo. Falla en los negocios. Falla con la familia. Falla con tus amigos.

Falla. Pero falla **rápido** y **aprende** una lección.

Si no aprendes algo cada vez que fallas entonces todo lo que has hecho ha fallado. Si aprendes algo, entonces has crecido. Cada vez que crezcas, y aprendas, y falles, vas a ser mejor en saber cómo tener éxito.

Aldo Dáger Pattini

## Resumen

Este trabajo de tesis propone facilitar la integración efectiva de los videojuegos educativos en el flujo de la enseñanza para permitir la participación de los educadores en este proceso. Con este propósito, en primer lugar se propone un modelo conceptual para la integración que sirva a los educadores como apoyo y orientación en este proceso. El modelo conceptual está formado (1) por un modelo general que propone cómo aprovechar los estándares de interoperabilidad actuales en la integración de juegos; y (2) por una metodología de trabajo que recoge las pautas necesarias para maximizar el potencial evaluativo y adaptativo de los juegos en combinación con otras actividades educativas.

A continuación, se propone una arquitectura tecnológica que permite al educador aplicar las ideas del modelo conceptual en el mundo real. Esta arquitectura que denominamos *middleware* (porque media entre el EVA y el núcleo del juego) abstrae los detalles técnicos de los dos frentes identificados del problema, el juego y el EVA. De esta forma la configuración de la evaluación y adaptación en el juego es resistente a cambios en el EVA en el que finalmente se despliega. La arquitectura se ha implementado en la plataforma de autoría de juegos educativos eAdventure, de forma que los juegos desarrollados en esta plataforma pueden ser exportados para su despliegue en distintos EVAs, bien sea de manera estandarizada o de manera *ad hoc* en aquellos EVAs que no proporcionen soporte a estándares. Este es el caso de LAMS, un EVA inspirado en *IMS Learning Design* que permite al educador organizar el aprendizaje en torno a secuencias de actividades que pueden ser complejas y contener ramificaciones, pero que no cumplen ningún estándar de e-learning. Para concluir este trabajo, se ha desarrollado una herramienta específica para la integración de juegos eAdventure en LAMS, de tal manera que los juegos puedan utilizarse para crear ramificaciones en las secuencias, lo que sirve para evaluar las ideas reflejadas en el modelo conceptual sobre la adaptación de las secuencias de aprendizaje.

Por último, se ha llevado a cabo una serie de casos de estudio para evaluar el modelo conceptual y las herramientas de apoyo propuestas, con el objetivo de validar su potencial educativo, la aplicabilidad en el entorno real y la aceptación por parte de los educadores.



## Abstract

This thesis aims to facilitate the effective integration of educational video games in education by enabling the participation of educators in their creation and use. To achieve this end goal, we first propose a conceptual model for the integration of educational video games that provide guidance and support for educators. The conceptual model is composed by (1) a general model that proposes how to leverage existing interoperability standards in the integration of games; and (2) a methodology focused on maximizing the assessment and adaptive potential of the games when successfully combined with other educational activities.

Second, we propose a technological architecture that helps the educator apply the conceptual model in their teaching. This *middleware* architecture abstracts the technical details of the communication between the game and the VLE. This way the adaptation and assessment configuration set up by the educator is protected against changes of the underlying technological infrastructure (e.g. VLE used). The architecture is implemented on the eAdventure game authoring platform, allowing any game developed with eAdventure to be exported to and deployed in different VLEs, either following standards or ad-hoc formats for those VLEs that do not comply with e-learning standards. To test the adaptation potential of educational video games when combined with other activities, we have developed also a specific tool for integrating eAdventure games in the popular LAMS Virtual Learning Environment, which inspired by the IMS Learning Design specification, models the educational process through sequences of learning activities.

Finally, we have carried out several case studies to evaluate the conceptual model and support tools proposed, in order to validate their educational potential, applicability in real educational settings and its acceptance by educators.



# Agradecimientos

Esta tesis recoge el trabajo realizado para obtener el título de doctor... pero nunca he creído en los títulos en sí. Muchas personas coleccionan títulos o méritos como cromos. Para mí, el trabajo y esfuerzo llevados a cabo durante estos años no solo me “atribuye” el título de doctor, si no que ha formado parte de mi “construcción” como persona. Y como toda etapa importante en mi vida, el resultado final, tanto en lo académico como en lo personal, está muy influenciado por las personas que me han ayudado.

En primer lugar quiero agradecer a mis directores de Tesis por su apoyo y ayuda. A Baltasar Fernández Manjón, por su guía en el mundo académico, por ser siempre sincero y claro. Pero sobre todo por confiar en mí (dejarme fallar para aprender y evitarme algunos fallos innecesarios) y darme grandes oportunidades y multitud de recursos. Balta, gracias a ti ya “no me lio” tanto. A Pablo Moreno Ger, por aportarme su visión excepcional del mundo de los juegos y por transmitirme su pasión por la investigación, así como por tan buenos momentos en las reuniones de proyecto. Y a Iván Martínez Ortiz, porque sin su ayuda el mundo “techi” y los estándares educativos serían esos grandes desconocidos (y porque hubiera sido todo mucho más aburrido también). Gracias a los tres por su apoyo y ayuda en los momentos finales de este trabajo. Hoy en día formáis alumnos, pero deberíais también formar a otros directores de tesis en el arte de la tutela, de eso no tengo duda.

Este trabajo ha sido amparado en el grupo de investigación en e-learning e-UCM. Me han preguntado miles de veces, ¿Por qué trabajas en investigación? Pues en gran medida, por haber tenido la suerte de trabajar en colaboración con un grupo de profesionales excelentes, que a su vez me han demostrado ser mejores personas, y de los que no he dejado de aprender ni tan sólo por un minuto. Gracias a Pilar, por todo lo que he aprendido sobre educación a su lado y por dar un punto de vista de mujer en el grupo. A Manu, que aparte de ser mi compañero de “al lado”, y estar al lado derecho del señor de las máquinas, siempre ha tenido un momento y una sonrisa cuando los he necesitado. A Borja, por su grandísima ayuda para mejorar como “orador” y por enseñarme, posiblemente sin darse cuenta, como se puede conectar la pasión con el trabajo, y como el trabajo sin pasión no tiene sentido. A Blanca Borro, por transmitir esa sensación de seguridad hacia lo que hace, y por haber compartido ideas y opiniones en relación con el diseño de juegos educativos. Y por último, al Dramaturgo (lo siento... es lo que tiene que seamos tocayos), por haberme ayudado a actualizarme en el mundo de la programación, en el mundo del teatro, por haber compartido muchas risas, pero sobre todo haberme enseñado que tengo que decir no cuando no puedo con más. Dejo atrás un grupo excelente de profesionales, pero me voy con un buen puñado de amigos.

También quiero dar las gracias a la Facultad de Informática y al departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial por su apoyo, especialmente a Luis Hernández Yáñez, director del mismo. Me he sentido parte de esta facultad gracias a vosotros.

Otro aspecto clave en mi formación a todos los niveles han sido los viajes. He tenido la suerte de viajar mucho, pero han sido especialmente relevantes mis estancias de investigación en el extranjero. Quiero agradecer a James Dalziel y Ernie Ghiglione su acogida y apoyo en mi estancia en 2010 en Sydney en el E-Learning Centre of Excellence (MELCOE) de Macquarie University para el desarrollo de la herramienta eAdventure en LAMS. Y a Henry Chueh, Carl Blesius y Avni por su acogida y apoyo en mi estancia en 2012 en Boston en el Laboratory of Computer Science del Massachusetts General Hospital en dónde me puse al día con xAPI.

Además quiero agradecer el apoyo recibido por parte de mis padres. Hortensia, Luis, gracias por todo. Aun siendo informático, quizás no me quedaba otra salida que hacer una tesis relacionada con la educación con dos padres “pedagogos/educadores/eutonistas”. Pero de lo que estoy seguro, es que no sería la persona que soy sin tan buenos modelos. También se lo quiero agradecer a mi hermano Andrés y a Lola, por su paciencia, por su cariño incondicional y por sus ánimos. A Pimpo, y a Carmen e Ignacio, por haber sido mis hermanos siendo mis primos. Sin olvidar al resto de miembros de mi familia, preocupándose por mí y mandándome aliento y apoyo desde la distancia. Os quiero.

No puedo olvidarme de mi compañero de “batallas” académicas, laborales y viajeras de los últimos años. Eras un amigo, te has convertido en un hermano. Gracias por tu ayuda, siempre con una sonrisa. Gracias Javi.

Y a Eugenio Marchiori, porque fuimos “grandes” junto con Javi cuando no se ponía el sol en eAdventure, por tener siempre tiempo para discutir cualquier aspecto, ya sea de mi tesis, de programación o de la vida, por abrirnos las puertas de su casa y convertirse en un verdadero amigo.

Por último y no por ello menos importante, quiero mencionar los tres últimos “factores” que han influido en este camino. Pueden parecer alejados del campo, pero ni esta tesis ni yo seríamos lo mismo sin la música, la amistad verdadera, y el deporte. Gracias a Ger, Gus, Dani y Bruno, Isa y Colo, David, Ignacio, Joni, Iker, Didy, Clara y Anita y Carmen, por formar parte destacada de los tres grupos mencionados. A Cris, Gloria, Pau, Dajana y Haizea, porque aportarme siempre que lo he necesitado un punto de vista distinto, de mujer. A Javin, Oscar, Andorrano, Pantxo y Marcos, ellos ya sabe porque. A mis compañeros de grupo de la banda Taser (Julián y Javi), y a Laurita, Maki, Merio y Sik, por demostrarme que es posible encontrar la amistad en muy poco tiempo. Y a Mauleón, Brice, el Capi, Alvarito y mi primo Luis, por la de kilómetros recorridos con un palo de hockey a la espalda. A los compañeros de carrera, solo a los que sabéis que os lo merecéis. Y tantos otros que no he mencionado aquí, pero que también os llevo en el corazón. Siento no haber podido estar siempre en todo, y agradezco enormemente que nunca me lo hayáis echado en cara.

A “Lenny”, mi gato, que tanta compañía me ha hecho los largos días de trabajo en casa.

Y a Kathy, por haber estado siempre tan cerca estando tan lejos.

Gracias a todos, sois parte del viaje que ha moldeado mi destino.

## Acerca de este documento

Este trabajo es presentado como una recopilación de publicaciones editadas, de acuerdo a la sección 4.4 de la Normativa de desarrollo del Real Decreto 1393/2007, de 29 de Octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales de la Universidad Complutense de Madrid<sup>1</sup> (Aprobada por el Consejo de Gobierno a 14 de Octubre de 2008, modificado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno con fecha de 29 de Octubre de 2010, publicado en el BOUC el 20 de Noviembre de 2008).

Los artículos presentados son los siguientes:

- Ángel del Blanco, Eugenio J. Marchiori, Javier Torrente, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón (2013): *[Using e-Learning standards in educational video games](#)*. Computer Standards & Interfaces 36 (1) pp. 178–187, DOI 10.1016/j.csi.2013.06.002, November 2013. Índice de impacto JCR en 2013: 1.177, Segundo a Cuartil (Q2) “Computer Science, Software Engineering” (38/105).
- Ángel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Iván Martínez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2012): *[A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow](#)*. Education Technology & Society 15(4), 305-318 [[http://www.ifets.info/journals/15\\_4/26.pdf](http://www.ifets.info/journals/15_4/26.pdf)]. Índice de impacto JCR en 2012: 1.171, Primer Cuartil (Q1) en categoría “Education & Educational Research” (46/219).
- Ángel del Blanco, Javier Torrente, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2012): *[Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games](#)*. In Quin Jin (Ed.) Intelligent Learning Systems and Advancements in Computer-Aided Instruction: Emerging Studies, ISBN: 978-1-61350-485-7, pp.144-163.
- Ángel del Blanco, Javier Torrente, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2010): *[Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS](#)*. In Proceedings of the 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010), July 5-7 2010, Sousse, Tunisia.
- Ángel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Iván Martínez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2010): *[Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS](#)*. In proceedings of the ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning (MTDL 2010), pp 25-30. In Conjunction with the ACM International Conference on Multimedia, October 2010, Firenze, Italy.

---

<sup>1</sup> <http://www.ucm.es/pags.php?tp=Tesis%20Doctorales&a=estudios&d=0001464.php>

De acuerdo a la normativa, este documento incluye una introducción, un estudio del estado del arte en el dominio, una descripción de los objetivos propuestos para esta tesis y una discusión integrando los contenidos de los cinco artículos incluidos, relacionándolos con los objetivos mencionados. Adicionalmente, se presenta un capítulo en el que se analizan los resultados, se proporcionan unas conclusiones y se sugieren unas líneas de trabajo futuro. Finalmente, se incluye una bibliografía que integra y complementa las referencias de los artículos incluidos en esta tesis doctoral.

## Estructura del trabajo

El núcleo de este trabajo es una recopilación de publicaciones editadas que se reproducen en su totalidad en el último capítulo. Los capítulos previos contextualizan, integran y comentan las contribuciones de cada uno de los artículos.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera:

- Capítulo 1. Introducción y motivación.
- Capítulo 2. Estudio del dominio.
- Capítulo 3. Objetivos y planteamiento del trabajo.
- Capítulo 4. Discusión y contribuciones.
- Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro.
- Capítulo 6. Resumen extendido en inglés (*Extended abstract in English*)
- Capítulo 7. Artículos presentados.

Las referencias bibliográficas completas se encuentran a continuación del último capítulo.



# Índice general

Resumen .....	i
Abstract .....	iii
Agradecimientos .....	v
Acerca de este documento .....	vii
Estructura del trabajo .....	ix
Índice general .....	xi
Índice de figuras .....	xv
<b>Capítulo 1. Introducción y motivación .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación de la investigación.....	1
1.2. Objetivos de la línea de investigación.....	3
<b>Capítulo 2. Estudio del dominio.....</b>	<b>7</b>
2.1. Estándares y objetos de aprendizaje.....	7
2.1.1. <i>El modelo de Objeto de Aprendizaje</i> .....	8
2.1.2. <i>Etiquetado del contenido</i> .....	9
2.1.3. <i>Empaquetado de contenido</i> .....	10
2.1.4. <i>Comunicación bidireccional entre contenido y EVAs</i> .....	11
2.1.5. <i>Secuenciación de contenidos</i> .....	11
2.1.6. <i>Integración de Servicios y Herramientas Educativas</i> .....	12
2.1.7. <i>Soluciones integrales</i> .....	13
2.1.8. <i>Resumen de los estándares</i> .....	15
2.2. Entornos virtuales de aprendizaje (EVAs).....	16
2.2.1. <i>Moodle</i> .....	18
2.2.2. <i>Sakai</i> .....	21
2.2.3. <i>Ilias</i> .....	22
2.2.4. <i>WebCT y Blackboard</i> .....	22
2.2.5. <i>LAMS</i> .....	23
2.3. Videojuegos educativos .....	24
2.3.1. <i>Potencial educativo de los juegos</i> .....	25
2.3.2. <i>Experiencias previas en el uso de videojuegos en el aula</i> .....	27
2.3.3. <i>Integración de juegos en Entornos Virtuales de Aprendizaje</i> .....	30
2.4. Conclusiones .....	32
<b>Capítulo 3. Objetivos y planteamiento del trabajo.....</b>	<b>35</b>
3.1. Objetivos del trabajo .....	35
3.1.1. <i>Definición de un modelo conceptual de integración</i> .....	35
3.1.2. <i>Propuesta de arquitectura y soluciones tecnológicas</i> .....	36
3.1.3. <i>Validación de la solución mediante casos de estudio</i> .....	37
3.2. Planteamiento del trabajo .....	38
3.2.1. <i>Modelo conceptual de integración de videojuegos</i> .....	38
3.2.2. <i>Arquitectura general</i> .....	38
3.2.3. <i>Implementación de la arquitectura</i> .....	39
3.2.4. <i>Implementación de herramientas de apoyo a la metodología de trabajo</i> .....	39

3.2.5.	<i>Validación de la solución mediante casos de estudio</i> .....	40
3.3.	Conclusiones .....	40
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Discusión integradora</b> .....	<b>43</b>
4.1.	Modelo conceptual para la integración de videojuegos .....	43
4.1.1.	<i>Modelo general de integración</i> .....	43
4.1.2.	<i>Metodología de trabajo para la integración de juegos en procesos formativos</i> .....	45
4.2.	Arquitectura de integración e implementación de herramientas de apoyo .....	46
4.2.1.	<i>Arquitectura general para la integración de videojuegos e implementación en eAdventure</i> 47	
4.2.2.	<i>Implementación del modelo general de integración</i> .....	49
4.2.3.	<i>Implementación de las herramientas de apoyo de la metodología de trabajo</i> .....	50
4.3.	Estudio de validación mediante casos de estudio.....	52
4.3.1.	<i>Caso de estudio 1: validación del modelo “caja blanca” de integración</i> .....	53
4.3.2.	<i>Caso de estudio 2: aplicabilidad de la metodología de trabajo</i> .....	54
4.3.3.	<i>Caso de estudio 3: validación de la metodología con educadores</i> .....	56
4.3.4.	<i>Caso de estudio 4: aplicabilidad de la arquitectura general de integración</i> .....	57
4.4.	Conclusiones .....	58
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro</b> .....	<b>61</b>
5.1.	Conclusiones y principales aportaciones .....	61
5.1.1.	<i>Estudio del dominio</i> .....	61
5.1.2.	<i>Modelo conceptual para la integración de videojuegos</i> .....	62
5.1.3.	<i>Arquitectura e implementación de las herramientas de apoyo</i> .....	63
5.1.4.	<i>Evaluación mediante casos de estudio</i> .....	64
5.2.	Trabajo futuro .....	64
5.3.	Notas finales .....	65
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Resumen amplio en inglés (Extended abstract in English)</b> .....	<b>67</b>
6.1.	Background and Goals .....	67
6.2.	Contributions .....	69
6.2.1.	<i>Conceptual model for the integration of video games</i> .....	69
6.2.2.	<i>Technical architecture and implementation of support tools</i> .....	70
6.2.3.	<i>Evaluation through case studies</i> .....	71
<b>Capítulo 7.</b>	<b>Artículos presentados</b> .....	<b>73</b>
7.1.	Using e-Learning standards in educational video games .....	73
7.1.1.	<i>Cita completa</i> .....	73
7.1.2.	<i>Resumen original de la contribución</i> .....	73
7.2.	A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow 84	
7.2.1.	<i>Cita completa</i> .....	84
7.2.2.	<i>Resumen original de la contribución</i> .....	84
7.3.	Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games .....	99
7.3.1.	<i>Cita completa</i> .....	99
7.3.2.	<i>Resumen original de la contribución</i> .....	99
7.4.	Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS.....	123
7.4.1.	<i>Cita completa</i> .....	123
7.4.2.	<i>Resumen original de la contribución</i> .....	123

7.5.	Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS.....	129
7.5.1.	<i>Cita completa</i> .....	129
7.5.2.	<i>Resumen original de la contribución</i> .....	129
<b>Bibliografía</b> .....		<b>137</b>



## Índice de figuras

Figura 1. Características del modelo de Objeto de Aprendizaje: (1) Etiquetado; (2) Estructura y empaquetamiento; (3) Comunicación; (4) Secuenciación; (5) Interoperabilidad de servicios .....	8
Figura 2. Estructura y contenido de un paquete IMS-CP. ....	10
Figura 3. Características de xAPI y comparativa frente a los estándares anteriores. ....	15
Figura 4. Ejemplo de curso Moodle. ....	19
Figura 5. Ejemplos de las herramientas incluidas en Moodle, como Chat, Foro o Cuestionarios .....	20
Figura 6. Evaluación SCORM en Moodle. Para dos alumnos que han ejecutado el contenido, el educador puede consultar información más detallada para aquellos casos en los que lo considere oportuno.....	21
Figura 7. Distintas vistas en LAMS: (a) Vista de Autor; (b) Vista de Estudiante; (c) Vista de Monitoreo.....	24
Figura 8. Imagen del juego World of Warcraft extraída de <a href="http://writing.msu.edu/tag/world-of-warcraft/">http://writing.msu.edu/tag/world-of-warcraft/</a> .....	28
Figura 9. Plataformas de autoría. (a) Unity; (b) Game Salad; (c) Raptivity; (d) Thinking Worlds .....	29
Figura 10. Captura del editor de videojuegos educativos eAdventure. ....	30
Figura 11. Captura de pantalla del MUVE Sloodle en el que se aprecia la integración de la herramienta de votación de Moodle en el mundo virtual, extraída de (Livingstone, 2009). ....	31
Figura 12. Captura de pantalla de un juego desarrollado para Delta 3D, imagen extraída de <a href="http://delta3d.org">http://delta3d.org</a> .....	32
Figura 13. Visión conceptual de los tres modelos: a) modelo “caja negra”; b) modelo “caja blanca”; y c) modelo “desacoplado” (del Blanco et al., 2013).....	44
Figura 14. Relación entre los modelos de integración y los aspectos de interoperabilidad de los OAs, incluyendo los estándares de e-learning que apoyan cada modelo (del Blanco et al., 2013).....	44
Figura 15. Flujo de trabajo para la integración de juegos en el flujo de la enseñanza (Del Blanco et al., 2012).....	46
Figura 16. Vista general de la arquitectura: los videojuegos y EVAs se pueden conectar utilizando diferentes protocolos de comunicación.....	48
Figura 17. Secuencia de comunicación bidireccional de la arquitectura (del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010). ....	48
Figura 18. (a) muestra una secuencia de actividades que incluye un juego de eAdventure (* en la figura) en la vista de autoría de LAMS. Al hacer clic en la actividad eAdventure, la se abre el diálogo de las edición de condiciones (b). (c) muestra las cómo vincular diferentes caminos de una bifurcación en la secuencia a las condiciones sobre las salidas en el juego (Del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010).....	51

- Figura 19. Diagrama que muestra la implementación de las herramientas de apoyo dónde la arquitectura de integración de eAdventure se extiende para comunicarse con la actividad eAdventure en LAMS (del Blanco, Torrente, Marchiori, et al., 2010). ..52
- Figura 20. El juego “La gran fiesta” en el proyecto eduWAI. (a) juego desplegado en la plataforma eduWAI; (b) información almacenada en Moodle 2.0 siguiendo SCORM; (c) Validación del juego y de la evaluación con educadores; (d) Alumnos del curso usando el juego en clase..... 54
- Figura 21. Detalles de la implementación de los enfoques en las secuencias LAMS: (a) detalle de la actividad de ramificación utilizada en el Enfoque 1; (b) secuencia LAMS completa con un punto de parada después del juego eAdventure..... 55
- Figura 22. Detalle del caso de estudio desarrollado en colaboración con los educadores del Ramiro de Maeztu. (a) detalle del juego de eAdventure de paridad integrado en LAMS; (b) detalle de la secuencia de actividades; (c) detalle de la actividad de ramificación; y (d) detalle de la definición de las condiciones en función de las variables de evaluación de eAdventure. .... 57

# Capítulo 1. Introducción y motivación

## 1.1. Motivación de la investigación

Hoy en día es difícil concebir cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje en el que no se haga uso, en mayor o menor medida, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Los distintos enfoques posibles a menudo se engloban bajo el término e-learning. Hay diversos estudios que analizan el uso del e-learning tanto en el ámbito universitario como en el ámbito empresarial que aportan datos concluyentes. Prendes (2009) identifica que el 94,6% de las universidades españolas utilizaban al menos una plataforma de e-learning, frente al dato del 79,5% obtenido para esa misma cuestión en el estudio realizado por e-learning Guild (Wexler, Grey, Miller, Nguyen, & Barnevelde, 2008) a más de 2500 profesionales de las grandes empresas de todo el mundo. Porcentajes que, muy probablemente, hoy en día serán incluso mayores.

Los sistemas de e-learning han evolucionado de meros repositorios o portales de contenidos a nuevos Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs), que son sistemas integrados que permiten gestionar la experiencia de aprendizaje de manera global (i.e. gestión de usuarios, cursos y resultados del aprendizaje). Algunos de los EVAs más populares son Moodle™ (Dougiamas & Taylor, 2003), Sakai™ (Farmer & Dolphin, 2005). BlackBoard™ o LAMS™ (Dalziel, 2003). Estos sistemas ya incluyen funciones avanzadas relacionadas con la evaluación del rendimiento de los estudiantes y herramientas para definir estrategias de personalización de los cursos (P Brusilovsky & Millan, 2007). De esta manera, los cursos creados se pueden adaptar a las necesidades específicas de cada alumno en función de su rendimiento en actividades previas, preferencias de aprendizaje, etc.

Los EVAs permiten crear cursos digitales formados por recursos educativos o actividades de muy diversa índole. En la actualidad, los educadores disponen de amplias bibliotecas de actividades y contenidos educativos (ver Sección 2.2). Sin embargo, el gran número de EVAs que conviven en la actualidad pone en riesgo las inversiones realizadas en el desarrollo de contenidos educativos digitales (Wexler, Corti, Derryberry, Quinn, & Barnevelde, 2008) ya que, en muchos casos, estos contenidos se crean para una plataforma particular y pueden no ser compatibles con otra diferente. Para evitar ese problema, existen diversas organizaciones que trabajan en la definición de estándares de e-learning con el objetivo de proveer mecanismos de interoperabilidad entre plataformas, es decir, una forma común de distribuir los contenidos digitales de manera que no sean dependientes del EVA concreto donde han sido creados o utilizados. Estos estándares abordan distintos aspectos de la integración de contenidos educativos en los entornos de e-learning como su descripción (e.g. metadatos), el empaquetado, el despliegue o la comunicación de dicho contenido con el EVA.

Por otro lado, entre el abanico de recursos o contenidos formativos disponibles, los videojuegos educativos están ganando aceptación por diversos motivos. Algunos autores destacan que los

juegos fomentan enfoques pedagógicos alternativos frente a los métodos más tradicionales, como el aprendizaje experimental (en inglés, *learning by doing*) (Aldrich, 2005). Los videojuegos representan mundos complejos en los que se plantean retos al estudiante, el cual debe adquirir determinadas habilidades y conocimientos para superarlos (Rieber, 1996). Otra característica destacada es la mejora considerable de la motivación y el compromiso de los estudiantes (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002). En relación con la evaluación del alumno, los videojuegos son un medio altamente interactivo, lo que permite la implementación de sistemas de seguimiento (DeKanter, 2005). El registro de la interacción puede ser utilizado para disponer de información muy rica y detallada acerca del nivel de adquisición de los objetivos educativos (Valerie J. Shute & Torres., 2012). Esta alta interactividad puede aprovecharse también para definir comportamientos adaptativos complejos, permitiendo que un mismo juego sea adecuado para un amplio rango de alumnos (Mayes & De Freitas, 2004).

Juntando ambas ideas, la integración de videojuegos en EVAs emerge como una alternativa con gran potencial para aprovechar la sinergia de ambas herramientas en términos de evaluación y adaptación. Además, al integrar juegos en entornos de e-learning se reducen algunas de las barreras que limitan un uso más generalizado de los juegos (Hays, 2005; Van Eck, 2006) como, por ejemplo, su despliegue en entornos educativos. Sin embargo, la integración de los juegos digitales en EVAs no es una tarea sencilla ya que tanto los propios juegos como los EVAs presentan requisitos muy específicos y diferentes (e.g. tecnologías incompatibles, dificultad de conectar los juegos con los EVAs, etc.). El potencial educativo resultado de la combinación de ambas herramientas se ve mermado debido a diversas barreras conceptuales y tecnológicas para las que no existen soluciones ampliamente probadas y aceptadas.

Por un lado, desde un punto de vista conceptual, los educadores generalmente carecen de modelos y experiencias (e.g. guías y ejemplos ilustrativos) que puedan aplicar para el uso efectivo de videojuegos en las clases y, además, no disponen de herramientas de apoyo que les ayuden en esta tarea (Moreno-Ger, 2007). Esta falta de experiencia y de herramientas afecta notablemente a las posibilidades y usos educativos de los juegos. Por ejemplo, no hay métodos bien definidos y contrastados de cómo definir evaluación en los juegos. Aunque la alta interactividad de los videojuegos podría ser utilizada como una fuente valiosa de información de evaluación, para lograrlo los videojuegos deben incluir mecanismos que permitan filtrar la información relevante y enviarla a un almacén que posteriormente pueda ser consultado y analizado. En este sentido, el EVA un claro candidato a jugar el rol de almacén de datos.

En la mayor parte de escenarios de uso de videojuegos en educación, los juegos se comportan como “cajas negras”, de modo que se puede saber muy poco sobre cuál es la interacción de los alumnos (Gee, 2003). En estos casos, los educadores dependen de sesiones de control, de cuestionarios escritos o de debates para identificar el grado de adquisición del conocimiento y de las habilidades que son el objetivo del juego (Egenfeldt-Nielsen, 2004). Estos métodos no son muy eficaces y suponen una gran carga de trabajo adicional al educador. Además, usando solo estos métodos se desaprovecha el potencial de los videojuegos como herramienta de evaluación (Moreno-Ger, Burgos, & Torrente, 2009).

Desde un punto de vista técnico, la integración de videojuegos en EVAs no tiene porqué ser específica para cada sistema en concreto. Los estándares de e-learning han supuesto un avance al normalizar la distribución y proveer modelos de datos para la comunicación (Devedzic, Jovanovic, & Gasevic, 2007), por lo que la problemática de integración con los EVAs se reduce a la compatibilidad con un número más reducido de especificaciones y estándares comparado con el número de EVAs disponibles en la actualidad. No obstante, no existe una única solución suficientemente aceptada sobre cómo usar los estándares para empaquetar y distribuir juegos, si no que coexisten distintas aproximaciones válidas (Bizonova & Ranc, 2008). A este problema hay que añadir las particularidades técnicas que incluye cada estándar e incluso algunos aspectos abiertos sobre cómo se implementa el soporte del propio estándar en los EVAs.

Esta situación se traduce en la necesidad de abordar y cumplir una serie de requisitos técnicos avanzados no sólo en la distribución web de los videojuegos, sino también en la definición de mecanismos de comunicación para conseguir comunicación bidireccional videojuego-EVA (Mohammad, Guetl, & Helic, 2009).

Todos estos motivos hacen necesario encontrar una solución general basada en estándares para la integración de videojuegos en EVAs que permita, por un lado, explotar el potencial educativo de ambas herramientas y que, por otro lado, preste especial atención a la participación de los educadores y personal no especializado en el proceso (i.e. que no requiera un excesivo nivel técnico o conocimiento de los estándares).

## **1.2. Objetivos de la línea de investigación**

En este trabajo de tesis se proponen soluciones a los problemas identificados en la sección anterior en materia de integración de los videojuegos educativos en EVAs. Más en concreto, la solución propuesta pretende aliviar la carga de trabajo de los educadores para facilitar su participación en este proceso tratando de garantizar la calidad de las secuencias de actividades que incluyen videojuegos.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Definir un modelo conceptual para la integración videojuegos en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) que facilite la participación de los educadores y maximice el aprovechamiento de sus características específicamente educativas.
2. Proponer una arquitectura que reduzca las dificultades tecnológicas derivadas de la integración de juegos en EVAs e implementar herramientas tecnológicas de apoyo.
3. Validar el modelo conceptual, la arquitectura y las herramientas de apoyo propuestas mediante casos de estudio que analicen el potencial educativo, la aplicabilidad en entorno real y la aceptación por parte de los educadores.

Para la consecución del primer objetivo se define un modelo conceptual de integración de los juegos en EVAs para guiar a los educadores este proceso. La definición del modelo conceptual se ha abordado en tres fases:

1. Estudio de otras propuestas de integración de videojuegos educativos en EVAs, tanto integraciones *ad-hoc* como las basadas en estándares. Este estudio proporciona una visión del estado del arte en integración de videojuegos identificando las limitaciones actuales y los requisitos del nuevo modelo para abordar dichas limitaciones.
2. Definición de un modelo de integración general de juegos como actividades educativas autosuficientes. Este modelo general parte del análisis del estudio de soluciones estandarizadas y *ad-hoc* aplicadas a recursos educativos en general y propone modelos de integración específicos que maximicen las características educativas de evaluación y adaptación presentes en los juegos.
3. Definición de una metodología de trabajo para la integración de juegos en secuencias de actividades que facilite dicha tarea a los educadores.

Para abordar el segundo objetivo se necesita diseñar una arquitectura tecnológica e implementar herramientas de apoyo que posibiliten al educador la puesta en práctica de las ideas reflejadas en el modelo conceptual. La implementación de la arquitectura deberá tener en cuenta los estándares e-learning de interoperabilidad de contenido y debe abordar tanto el proceso de desarrollo del videojuego como el proceso de aplicación del juego.

Este objetivo consta de tres pasos:

1. Diseño de la arquitectura de integración. El diseño debe incluir la abstracción de los aspectos generales relacionados con evaluación y adaptación necesarios para su puesta en práctica.
2. Implementación de la arquitectura en una herramienta de autoría de videojuegos educativos. Basándose en la implementación de diversos estándares, la implementación de la arquitectura abstrae la complejidad técnica relacionada con el uso de estándares y da soporte al modelo general de integración.
3. Implementación de herramientas de apoyo para la metodología de trabajo. Esta tarea implica el desarrollo de un módulo de comunicación específico en la arquitectura de integración así como un módulo de juegos específico en el EVA.

Para la realización del tercer objetivo, es necesario disponer de un conjunto de casos de estudio que permitan la validación del modelo conceptual y las herramientas de apoyo propuestas garantizando su potencial educativo, la aplicabilidad en el entorno real y la aceptación por parte de los educadores.

Por tanto, se necesitarán casos de estudio que cubran los siguientes supuestos:

- Ilustrar la aplicabilidad de los distintos modelos de integración descritos en el modelo general de integración.

- Validar la metodología de trabajo propuesta en colaboración con educadores en términos de potencial educativo, de aplicabilidad en el entorno real y de aceptación de las herramientas de apoyo por parte de los educadores.
- Validar las herramientas de apoyo que implementan la arquitectura general de integración.

En el próximo capítulo describiremos el estudio del dominio realizando, para a continuación presentar un planteamiento detallado del trabajo en el capítulo 3.



## Capítulo 2. Estudio del dominio

Como se ha descrito en el capítulo anterior, este trabajo de tesis analiza las barreras que dificultan la integración de videojuegos en el proceso educativo y, más concretamente, su integración en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs).

En este capítulo se presenta un estudio de las soluciones de e-learning que abordan el uso de estándares para la integración de contenidos altamente interactivos en educación con el fin de enmarcar y contextualizar las aportaciones de este trabajo de tesis.

En primer lugar se presenta el concepto de Objeto de Aprendizaje (OA), el cual se utiliza como elemento central para realizar un análisis de los estándares para la interoperabilidad en el área del e-learning. En segundo lugar se presenta un estudio de las posibilidades que ofrecen los EVAs y sus herramientas. Por último, se realiza un análisis de las características educativas de los juegos y de las experiencias previas de su uso en educación. En este análisis se tienen en cuenta las posibilidades de integración que aportan tanto los estándares como los entornos de e-learning.

### 2.1. Estándares y objetos de aprendizaje

El desarrollo de contenidos educativos de alta calidad es una tarea compleja en la que participan grupos de profesionales heterogéneos (e.g. desarrolladores de contenidos, pedagogos, diseñadores gráficos, etc.). En este costoso proceso es necesario invertir gran cantidad de recursos tanto económicos como humanos. Como resultado de la expansión del uso de las nuevas tecnologías en educación, surgió la necesidad de normalizar la creación y distribución de los contenidos educativos digitales con el objetivo de preservar la inversión realizada en su desarrollo.

Entre las primeras aproximaciones conceptuales en esta línea aparece el concepto de Objeto de Aprendizaje (OA) (Hodgins, 2002), el cual ofrece un nuevo punto de vista sobre la modularización de contenidos. Los OAs son pequeñas piezas de contenido autónomo que se pueden utilizar para componer lecciones completas o cursos teniendo en cuenta su naturaleza reutilizable e, idealmente, independiente del contexto concreto de uso.

Numerosas organizaciones internacionales, como el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Advanced Distributed Learning (dependiente del Departamento de Defensa del gobierno de EEUU) o IMS Global, entre otras, comenzaron a trabajar en la definición de estándares para unificar la distribución de contenidos. Estas organizaciones tomaron como base conceptual el modelo de OA y comenzaron a definir normas de uso sobre distintos aspectos

relacionados con la interoperabilidad de los contenidos educativos: distribución, despliegue, comunicación, secuenciación de contenidos, etc.

En las siguientes secciones se realiza en primer lugar un análisis del modelo de OA para a continuación describir en profundidad los estándares existentes que están relacionados con los distintos aspectos de este modelo.

### 2.1.1. El modelo de Objeto de Aprendizaje

Al mismo tiempo que el campo del e-learning ha ido creciendo, también ha crecido la necesidad de mecanismos que faciliten el intercambio y la reutilización de contenido para crear cursos de alta calidad (Devedzic et al., 2007). Estos mecanismos fomentan la reutilización con el objetivo de proteger la inversión en la producción de contenidos, por ejemplo, en una situación de cambio de EVA o simplemente facilitando la colaboración entre las diferentes herramientas de producción y de despliegue.

El modelo de objetos de aprendizaje (OA) (Hodgins, 2002) se propuso como una respuesta lógica a estas necesidades. De acuerdo con este modelo, los OAs se definen como paquetes independientes de contenidos educativos que se pueden almacenar, buscar, reutilizar y combinar para la creación de contenidos educativos más complejos como, por ejemplo, clases, cursos, etc. Por tanto, los OAs proporcionan una forma de encapsular contenidos educativos, dotándoles de estructura y permitiendo la creación de estructuras más complejas mediante la combinación con otros OAs. Este nuevo modelo proporciona mayor flexibilidad a los educadores a la hora de reutilizar materiales.

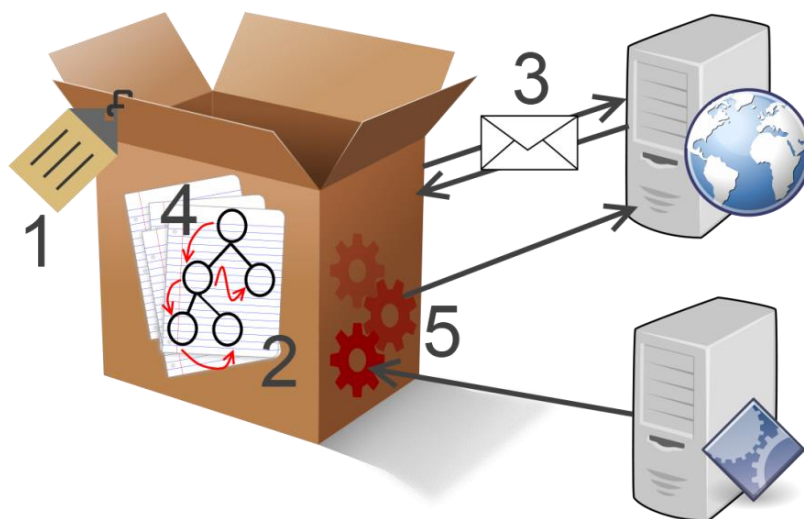


Figura 1. Características del modelo de Objeto de Aprendizaje: (1) Etiquetado; (2) Estructura y empaquetamiento; (3) Comunicación; (4) Secuenciación; (5) Interoperabilidad de servicios

El modelo de OA es, por tanto, una conceptualización y abstracción de los contenidos educativos sobre los que se ha realizado un gran esfuerzo de estandarización (Polsani, 2006). Alrededor de este modelo se han creado, de manera incremental, diversos estándares que abordan los aspectos implicados en la interoperabilidad de contenidos educativos. Estos

estándares y especificaciones cubren un subconjunto de las siguientes características específicas de interoperabilidad (Figura 1):

1. Descripción o etiquetado del contenido mediante metadatos. Estos metadatos contienen información adicional sobre la naturaleza del contenido del OA (e.g. los objetivos educativos, rango de edad, etc.), facilitando la búsqueda y recuperación de los OAs cuando se almacenan en un repositorio.
2. Empaquetamiento y estructuración de contenidos mediante un formato común para almacenar y estructurar los OAs. Esto simplifica, por ejemplo, su despliegue e integración en diversos EVAs y permite organizar los OAs individuales en elementos de grano grueso como actividades y cursos.
3. Comunicación entre los OAs y EVAs, para establecer un canal de comunicación entre el contenido y el EVA para el intercambio de información (e.g. perfiles de rendimiento de los estudiantes).
4. Secuenciación de contenidos, para definir el flujo dentro de un OA de grano grueso teniendo en cuenta varios factores (e.g. perfil del estudiante, su rendimiento en las actividades anteriores, etc.).
5. Interoperabilidad de los servicios y herramientas de e-learning, para facilitar la integración de diferentes herramientas entre diferentes EVAs.

La creación de estándares parte habitualmente de las necesidades de una comunidad de práctica como IMS Global Learning Consortium (IMS) o la Aviation Industry CBT Committee (AICC), o por mandato de una organización específica como Advanced Distributed Learning (ADL). No obstante, una vez estas especificaciones logran un cierto grado de madurez son analizadas, e incluso utilizadas como punto de partida, en la creación de estándares internacionales dentro del seno de organizaciones internacionales como el IEEE Learning Technologies Committee (IEEE LTSC) o el Comité Técnico ISO / IEC JTC 1 SC36.

### **2.1.2. Etiquetado del contenido**

El estándar IEEE Learning Object Metadata (IEEE LOM) (IEEE, 2002) es el estándar de etiquetado de contenidos más adoptado. IEEE LOM se desarrolló tomando como punto de partida los esfuerzos previos realizados en la especificación de metadatos IMS Learning Resources Meta-data (IMS Global Consortium, 2002), siendo en la actualidad un estándar maduro y consolidado.

IEEE LOM desglosa los metadatos para los OAs en siete categorías para describir los OAs (e.g. ciclo de vida, educativa, técnica, relaciones con otros contenidos, etc.) (McClelland, 2003) con multitud de elementos dentro de cada una de estas categorías. A su vez, estos elementos pueden definir vocabularios para establecer los valores de dichos elementos.

Esta flexibilidad de IEEE LOM dificulta, en algunas ocasiones, su aplicabilidad. Por este motivo, han surgido los *perfiles de aplicación* de IEEE LOM. Estos perfiles de aplicación particularizan el estándar restringiéndolo o dando recomendaciones acerca de los elementos mínimos a utilizar, o simplemente modifican los vocabularios para adaptarlos a los de un país

o región. Algunos de los perfiles de aplicación más utilizados son: CanCore (Friesen, Roberts, & Fisher, 2002) para el sistema canadiense, UK LOM Core (CETIS, 2004) en el Reino Unido y LOM-ES (AENOR, 2010) en España.

LOM se ha tomado como referencia en la creación de la norma internacional Metadata Learning Resource ISO/IEC 19788, que trata de proveer mayor flexibilidad mediante la combinación de las ideas de LOM y de la iniciativa Dublin Core (Weibel, Kunze, Lagoze, & Wolf, 1998).

### 2.1.3. Empaquetado de contenido

IMS-Content Packaging (IMS-CP) (IMS Global Consortium, 2007) es la especificación con mayor aceptación en relación con el empaquetado de contenidos educativos. Siguiendo las ideas de estructuración y organización que propone el modelo de OA, IMS-CP proporciona una solución flexible que permite diferentes niveles de granularidad en el empaquetado de contenidos.

Un contenido empaquetado según IMS-CP (Figura 2) es básicamente un archivo ZIP que incluye todos los ficheros y herramientas que forman el contenido, junto con un archivo especial, denominado manifiesto, que describe la estructura de los recursos contenidos. El manifiesto también permite la vinculación de los diferentes recursos con metadatos. Opcionalmente, pueden definirse sub-manifiestos para proporcionar más información acerca de cada uno de los contenidos en el paquete.

Cabe destacar que diversas organizaciones han partido de IMS-CP para crear sus propias normas, en particular, ISO tomó la versión 1.2 de IMS-CP como punto de partida para desarrollar una familia internacional de estándares para el empaquetado de contenidos (ISO/IEC 12785).



Figura 2. Estructura y contenido de un paquete IMS-CP.

#### 2.1.4. Comunicación bidireccional entre contenido y EVAs

Al contrario que para el empaquetamiento y etiquetado descrito en las secciones 2.1.2 y 2.1.3 donde existen sendos estándares ampliamente aceptados, en el caso de la comunicación bidireccional entre OA y EVA coexisten varias especificaciones. Las más utilizadas en la actualidad son:

- **AICC-CMI y la familia IEEE 1484.11:** dentro del seno del consorcio de las empresas de aviación americana, AICC propuso un conjunto de especificaciones denominadas Computer Managed Instruction<sup>2</sup> (CMI) (AICC, 2004) que describen diferentes aspectos de la interoperabilidad de los OAs. Entre estos aspectos, en CMI se formaliza un modelo de datos para el intercambio de información entre las diferentes herramientas informáticas y contenidos. Asimismo, en CMI también se propone un protocolo y una interfaz de programación (API, del inglés Application Programming Interface) para permitir el intercambio de datos utilizando el modelo de datos CMI. Partiendo de este trabajo, el IEEE LTSC propuso la familia de estándares IEEE 1484.11. En esta familia el estándar IEEE 1484.11.1 (IEEE, 2004) adopta el modelo CMI para el intercambio de datos y el estándar IEEE 1484.11.2 (IEEE, 2003) propone un nuevo protocolo y una API para la comunicación de los datos.
- **IMS-SSP:** el modelo de datos CMI presenta limitaciones en relación con la cantidad de datos y su alcance (e.g. el modelo de datos está restringido a los campos concretos que incluye). Otra limitación de la API definida en CMI es que la información sólo puede ser accesible por el mismo OA que la ha generado y por el EVA que la almacena. Por tanto, aunque existe un modelo de datos común, no es posible que dos OAs compartan información. Para abordar estas limitaciones la organización IMS propone la especificación IMS Shareable State Persistence (IMS Global Consortium, 2004) que permite almacenar en un EVA datos arbitrariamente grandes generados por un OA y compartir estos datos entre diferentes OAs.
- **Proyecto TIN CAN<sup>3</sup>:** ADL desarrolló en colaboración con Rustici Software<sup>4</sup> el proyecto TIN CAN con el objetivo de definir un modelo de comunicación que solventase los problemas del estándar IEEE 1484.11 (ver sección 2.1.7.3).

#### 2.1.5. Secuenciación de contenidos

En los apartados anteriores se analizan un conjunto de especificaciones y estándares aplicables en OAs simples, por ejemplo, en actividades educativas individuales. No obstante, el modelo de OA permite agregar OAs más pequeños, organizarlos con una estructura concreta y definir su secuenciamiento (i.e. especificar el orden en el que se van a presentar al alumno). Dentro de este contexto de organización y secuenciación destacan dos especificaciones:

- **IMS-SS:** IMS Simple Sequencing (IMS Global Consortium, 2003b) permite la creación de cursos auto-guiados adaptativos. El comportamiento adaptativo se define a través de

---

<sup>2</sup> La fecha de publicación original es 1993

<sup>3</sup> <http://www.adlnet.gov/tla/tin-can/>

<sup>4</sup> <http://rusticisoftware.com/>

reglas del tipo *if-then-else* teniendo en cuenta el rendimiento de los alumnos durante todo el curso.

- **IMS-LD:** IMS Learning Design (IMS Global Consortium, 2003a) permite modelar escenarios de aprendizaje colaborativos y adaptativos complejos. IMS-LD se utiliza normalmente para definir secuencias de actividades. Además permite la asignación de estas actividades a los diferentes roles (e.g. instructor, alumno) proporcionando el entorno (e.g. materiales de aprendizaje, herramientas de apoyo, etc.) necesario durante el proceso de aprendizaje.

La principal diferencia entre estas dos especificaciones es que IMS-SS sólo tiene en cuenta los escenarios donde los estudiantes están trabajando de manera individual (i.e. sin la colaboración entre alumnos), mientras que IMS-LD soporta actividades colaborativas (Tattersall, Manderveld, Hummel, Sloep, & Vries, 2003). En ambos casos la interacción de los alumnos con el contenido educativo puede afectar al flujo de la lección. Por tanto, la información obtenida del rendimiento del alumno en el OA se puede usar para controlar el flujo de aprendizaje.

Cabe destacar que la aplicabilidad y uso de IMS-LD está limitada por la complejidad y la expresividad de la especificación (Martinez-Ortiz, 2011), además de que el soporte de esta especificación en los EVAs actuales es limitado. Por otro lado, IMS-SS tiene mayor aceptación que IMS-LD debido a que forma parte de ADL-SCORM (ver sección 2.1.7.1) y está soportado por un mayor número de EVAs y herramientas.

### **2.1.6. Integración de Servicios y Herramientas Educativas**

En la actualidad el modelo de desarrollo de herramientas educativas y EVAs ha cambiado de un modelo centralizado a un modelo más abierto en el que es posible utilizar herramientas externas. Como resultado de esta nueva tendencia en el desarrollo de herramientas educativas, se han propuesto especificaciones con objeto de normalizar la integración de servicios y herramientas educativas entre distintos sistemas. En este sentido, la organización IMS Global Consortium es la que ha liderado este esfuerzo proponiendo las siguientes especificaciones:

- **IMS LTI:** IMS Learning Tool Interoperability (IMS Global Consortium, 2012) tiene el objetivo de facilitar la integración de herramientas externas (incluso las desarrolladas por otros proveedores) en EVAs sin que el usuario tenga que autenticarse en diferentes sistemas. IMS-LTI propone un inicio de sesión único para hacer la autenticación múltiple de forma transparente para el usuario. IMS-LTI es una especificación ambiciosa que se está definiendo de forma incremental. En IMS-LTI v2 (la versión más reciente) se permite el intercambio de información (e.g. perfil del estudiante o datos sobre la participación de los usuarios en un curso) entre el EVA donde reside el curso y el servidor dónde se encuentre la herramienta externa.
- **IMS-BLTI:** IMS Basic Learning Tool Interoperability (IMS Global Consortium, 2010a) es un perfil de aplicación de IMS-LTI v1.0 con el objetivo de producir una especificación más simple que pudiera ser adoptada a corto plazo y que sirvió como base para atraer a la comunidad de desarrolladores y mostrarle los beneficios de una

especificación que fomenta la colaboración e integración de herramientas. La experiencia con IMS-BLTI se utilizó para proponer la versión 2 de la especificación IMS-LTI anteriormente descrita.

- **IMS-LIS:** IMS Learning Information Services (IMS Global Consortium, 2010b) es una especificación para la interoperabilidad del intercambio de información entre sistemas. IMS-LIS permite que herramientas externas gestionen e intercambien información muy diversa, tal como la relacionada con los usuarios, cursos, inscripciones en cursos, los resultados del aprendizaje, etc.
- **IMS-CC:** IMS Common Cartridge (IMS Global Consortium, 2011) es una especificación para el empaquetamiento de contenidos que da soporte a los requisitos relacionados con la interoperabilidad de herramientas y servicios. En comparación con IMS-CP, IMS-CC propone una arquitectura más distribuida, donde coexisten los servicios remotos y las herramientas externas. IMS-CC supone un paso adelante en la distribución de contenidos e incluye algunas de las ideas que hay detrás de la Web 2.0, como los *mashups* de *widgets*. IMS-CC es un perfil de aplicación de otras especificaciones, en particular, IMS-CP, IEEE-LOM e IMS BLTI.

### **2.1.7. Soluciones integrales**

Dentro de los esfuerzos de estandarización existentes, encontramos soluciones integrales que abordan más de una de las características de los OAs descritas en la sección 2.1.1.

#### **2.1.7.1. SCORM**

La organización ADL está encargada de proporcionar diferentes soluciones y propuestas en el ámbito de la educación y la formación para el ejército de EEUU. Dentro de este contexto, ADL ha propuesto la especificación Sharable Content Object Reference Model (SCORM) (ADL, 2009) que cubre el etiquetado de contenidos, el empaquetamiento, la secuenciación y la comunicación. SCORM es un perfil de aplicación de diferentes especificaciones y estándares, entre ellos, IMS-CP, IEEE LOM, los estándares IEEE 1484.11 para comunicación y la especificación IMS-Simple Sequencing (ver sección 2.1.5) para organización y secuenciación.

Cabe destacar que coexisten dos versiones de SCORM, SCORM 1.2 y SCORM 2004, siendo esta última la más popular. Hay importantes diferencias entre ambas tanto en la nomenclatura y elementos de la API de comunicación como en el modelo de datos. Además, la estructura del archivo de manifiesto basado en IMS-CP también cambia. Mientras SCORM 1.2 utiliza IMS-LRM para el etiquetado del contenido, SCORM 2004 utiliza IEEE-LOM. Además, algunos EVAs han implementado SCORM 1.2, pero no la versión 2004, y vice versa.

Debido a su popularidad y amplio uso ADL SCOM se ha convertido en el estándar *de-facto* tanto para el almacenamiento e intercambio de OAs como para su comunicación con EVAs. Finalmente, SCORM 2004 (tercera edición) se ha propuesto como una recomendación técnica (norma de facto) por el comité ISO / IEC JTC 1 SC36 con la denominación ISO/IEC TR 29163. SCORM 2004 4ª edición también ha adoptado IMS-SSP.

### **2.1.7.2. Digital Learning Services**

Con el término genérico “Digital Learning Services”, IMS tiene como objetivo proponer una solución integral que cubre todos los aspectos de interoperabilidad de los contenidos educativos de una manera gradual. Esta iniciativa engloba las especificaciones de IMS que permiten la creación de OAs que admiten integrar contenidos y herramientas externas de manera más simple.

Las especificaciones que se incluyen dentro de esta iniciativa son IMS-CC, IMS-LTI e IMS-LIS. En este sentido, IMS-LTI está incluido en IMS-CC por lo que en un paquete IMS-CC es posible utilizar herramientas externas. Pese a todo IMS LTI incluye el Outcomes Services que proporciona una solución muy limitada para comunicar datos de evaluación del alumno desde la herramienta externa al EVA.

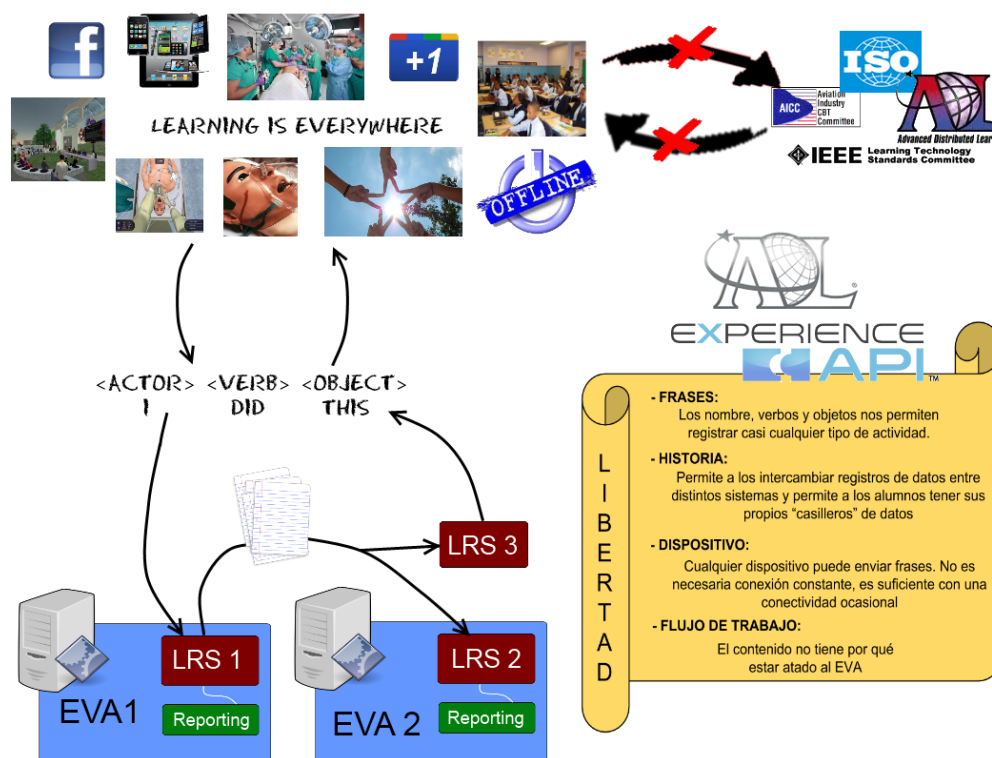
### **2.1.7.3. Training and Learning Architecture**

ADL Training and Learning Architecture (TLA) (ADL, 2013) es la nueva iniciativa que tiene por objeto plantar las bases para definir una o varias especificaciones que reemplacen a ADL SCORM y que, además, aborden otros aspectos en los que SCORM estaba limitado (Poltrack, Hruska, Johnson, & Haag, 2012). TLA es una solución integral para la interoperabilidad de los OAs la cual está compuesta por varios módulos: Experience Tracking, para el seguimiento de cualquier experiencia de aprendizaje; Content Brokering, para describir, buscar y desplegar contenidos; Learner Profile, para definir perfiles de usuario; y Competency Networks, para definir los objetivos y competencias.

De todos estos módulos, el módulo de seguimiento es el que se encuentra en un estado de desarrollo más avanzado ya que se ha construido en base a la experiencia obtenida en el proyecto TIN CAN. Tracking Experience tiene el objetivo principal de permitir el seguimiento cualquier tipo de actividad de aprendizaje o experiencia educativa sin restringir la tecnología, dispositivo, o la falta de tecnología (en el caso de actividades de aprendizaje presenciales o más tradicionales). En particular, es posible realizar el seguimiento de actividades educativas que utilicen dispositivos móviles (Glahn, 2013). Esta nueva propuesta incluye las siguientes novedades (Figura 3):

- En esta especificación, el elemento central de la experiencia de seguimiento es el Learning Record Store (LRS), que se encarga de reunir toda la información sobre las experiencias de los estudiantes.
- Para interactuar con el LRS se ha definido una interfaz de programación (API) y un modelo de datos conocidos como eXperience API (xAPI).
- El OA puede desplegarse dentro de un EVA (como se ha hecho tradicionalmente) o fuera de éste.
- Es posible consultar la información almacenada en el LRS no solo dentro del propio EVA sino que se puede compartir la información de seguimiento del alumno entre diferentes EVAs y aplicaciones educativas, permitiendo a los desarrolladores definir quién puede acceder a los datos.

- xAPI y los LRSs contemplan que los dispositivos con una conexión no permanente puedan enviar la información cuando consiguen el acceso a la red (e.g. dispositivos móviles).
- xAPI tiene un modelo de datos muy flexible basado en Activity Streams<sup>5</sup> particularizándolo para el contexto educativo. Este modelo de datos permite representar una gran diversidad de eventos que ocurren durante el aprendizaje mediante tuplas del tipo < sujeto, acción, contexto > (e.g. “Yo hice esto”, conocidas como “frases” en la especificación). Este modelo es extremadamente flexible y abierto, permitiendo la posibilidad de definir dentro del contexto de una comunidad de práctica los vocabularios que se utilizarán en las tuplas, en particular para las acciones (también llamadas verbos).



- Figura 3. Características de xAPI y comparativa frente a los estándares anteriores.

### 2.1.8. Resumen de los estándares

En la tabla resumen incluida a continuación puede observarse las relaciones entre los distintos estándares:

Tabla 1. Relación entre las características de los OAs (arriba) y las especificaciones y estándares de e-learning (a la izquierda) (del Blanco, Marchiori, Torrente, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2013). La tabla también muestra que estándares y especificaciones componen SCORM e IMS-CC (Digital Learning

<sup>5</sup> <http://activitystrea.ms/>

Standards). Nota: X\* significa que LD se considera como especificación para el empaquetado porque también incluye IMS CP.

		Tagging	Packaging	Delivery	Tracking		Sequencing
					Protocol	Data Model	
	IMS SS						X
	IEEE 1484				X	X	
SCORM	IMS CP		X				
	IEEE LOM	X					
IMS CC	IMS LTI			X			
	IMS LIS				X	X	
	IMS LD		X*				X
	IMS SSP					X	

## 2.2. Entornos virtuales de aprendizaje (EVAs)

En el contexto educativo contemporáneo, en el que el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación está presente en todos los niveles formativos, los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) son ampliamente utilizados como elemento central de la gestión de las experiencias educativas digitales. Estos nuevos sistemas de e-learning ya no son sólo un portal de publicación de contenidos si no que ofrecen un conjunto integrado de herramientas educativas y de servicios relacionados con todos los aspectos de la formación como, por ejemplo, la gestión de los usuarios, de los cursos o de los resultados del alumno (Prendes, 2009).

En la definición de estos sistemas entran en juego componentes de carácter tecnológico y educativo. Los componentes tecnológicos representan las herramientas o aplicaciones informáticas que componen los EVAs y sirven de infraestructura para el desarrollo de la actividad formativa. La componente educativa de un EVA son los diseños pedagógicos subyacentes a los cursos (e.g. enfoque constructivista, tipo de evaluación, etc.) que el sistema permite desarrollar.

En términos generales, puede decirse que los EVAs dan soporte a cuatro acciones básicas:

- Publicación de contenidos educativos y gestión de las herramientas y actividades educativas disponibles.
- La comunicación o interacción entre los participantes.
- La colaboración para la realización de tareas grupales.
- La gestión integral de la experiencia de aprendizaje.

Los EVAs modernos, como Moodle™, Sakai™ o Blackboard™, han evolucionado de simples repositorios de contenido a sistemas complejos que incluyen herramientas de apoyo a los educadores para la creación de los cursos virtuales. En la actualidad conviven un gran número de EVAs que ofrecen una amplia gama de posibilidades (Aydin & Tirkes, 2010). A la hora de elegir qué EVA instaurar en organización educativa, se deben tener en cuenta diversos factores, en particular, los enfoques pedagógicos soportados, las posibilidades de evaluación del alumno

o el nivel de implementación de los distintos estándares de interoperabilidad de contenidos (Valerie J. Shute & Torres., 2012).

Entre las características avanzadas presentes en algunos de los EVAs destacan la evaluación del alumno y la personalización del curso a las necesidades específicas de cada uno de ellos. Valorar el grado en el que los estudiantes alcanzan los objetivos educativos planeados en cada lección es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Felder & Silverman, 1988; Taras, 2002). Por tanto, la evaluación del alumno no sólo consiste en registrar y medir el rendimiento de los estudiantes en las distintas actividades y contenidos propuestos, sino que también debería tener en cuenta todo el proceso de aprendizaje.

Un ejemplo de actividad que permite extraer datos sobre el rendimiento de los alumnos son los cuestionarios en línea que se pueden crear utilizando diferentes tipos de preguntas (e.g. elección múltiple, rellenar los espacios en blanco, asociación de conceptos, etc.) (Govindasamy, 2002). En cuanto a la evaluación global del proceso de aprendizaje, los EVAs actuales almacenan principalmente información relacionada con la participación del estudiante en el sistema (e.g. el tiempo empleado en cada actividad, el número de accesos, participación en los foros, etc.). Ambos tipos de información se pueden utilizar para realizar evaluaciones formativas y sumativas (Harlen & James, 1997).

Por otro lado, la comunidad educativa demanda la posibilidad de establecer relaciones entre diferentes actividades de un curso con el objetivo de conseguir flujos de aprendizaje adaptativo (Peter Brusilovsky, 1996). Algunos EVAs se caracterizan por incluir herramientas para definir de forma sencilla la bifurcación condicional de la secuencia de aprendizaje (e.g. LAMS, ver sección 2.2.5).

Las primeras aproximaciones de sistemas adaptativos se plantearon originalmente en el campo de los tutores inteligentes y, posteriormente, en la hipermedia adaptativa (Peter Brusilovsky, 2004; Weber & Brusilovsky, 2001). Sin embargo, estos enfoques suelen depender excesivamente de adaptación automática, lo que limita la participación de los educadores en las tareas de control del flujo para tratar de aumentar el valor educativo de los cursos creados (Despotović-Zrakić, Marković, Bogdanović, Barać, & Krčo, 2012). Además, debido al carácter estático de la mayor parte de los contenidos disponibles, es muy difícil extraer información adecuada y suficiente del rendimiento del alumno.

Por otro lado, la implementación de estándares en los EVAs permite la reutilización de contenidos previos permitiendo así proteger la inversión realizada frente a migraciones de plataforma (Holzinger, Kleinberger, & Müller, 2001). Dadas las limitaciones de presupuesto con las que cuentan las organizaciones educativas, el nivel en el que un EVA implemente los estándares de e-learning es un factor clave a tener en cuenta para decidir qué sistema implantar en un entorno corporativo o educativo concreto.

Como analizamos previamente a lo largo de la sección 2.1, los estándares de e-learning cubren distintos aspectos relacionados con la integración de contenidos en EVAs, como el despliegue y distribución, la comunicación con los EVAs o la definición de comportamientos adaptativos

en las lecciones. Por ejemplo, SCORM permite el almacenamiento de información sobre la evaluación del estudiante (e.g. nota final y si se completó o no la actividad) a través de su interacción con contenidos de aprendizaje. En relación con la adaptación, SCORM incluye las funciones básicas de secuenciación de adaptación a través de IMS SS; e IMS Learning Design (IMS-LD), que puede apoyar el aprendizaje adaptativo complejo (Van Es & Koper, 2006). Sin embargo, la secuenciación de SCORM resulta ser insuficiente para los contenidos altamente interactivos (Valerie J. Shute & Spector, 2008), y son pocos los sistemas que implementan plenamente IMS-LD. Por tanto, la implementación de estándares en los EVAs permite, además de reutilizar los contenidos, ofrecer nuevas herramientas educativas y complementar las opciones de evaluación disponibles de serie en estos sistemas, con algunas limitaciones en cuanto a las posibilidades de adaptación (Despotović-Zrakić et al., 2012).

En las siguientes secciones se presenta el análisis de un conjunto de EVAs. En el proceso de selección de los EVAs a formar parte en este estudio se han tenido en cuenta diversos criterios. Por un lado, se han incluido los EVAs más utilizados en los centros educativos actuales, ya sea por ser sistemas robustos, por su facilidad de uso o por las opciones que incluyen. Por otro, se han elegido EVAs que presentan los factores clave descritos anteriormente.

### **2.2.1. Moodle**

Moodle (Dougiamas & Taylor, 2003) se presenta como un EVA de libre distribución creado para facilitar a los educadores a la creación de colectivos de aprendizaje en la red. Surge de la iniciativa de Martin Dougiamas a través de la experiencia adquirida como administrador de WebCT. Su primera versión se liberó en 2002, publicando hasta ahora nuevas versiones con regularidad. Tiene una amplia comunidad de usuarios y está siendo implantado en multitud de universidades como campus virtual.

El diseño de Moodle está ligado a las ideas constructivistas en pedagogía cuya principal idea se basa en la construcción del conocimiento por el estudiante en lugar de una simple transmisión del mismo. Contiene herramientas que favorecen este tipo de aprendizaje, como foros, wikis, encuestas, tareas compartidas, etc. Las interacciones de los distintos usuarios en estas herramientas aportan un sentimiento de comunidad a los cursos. Además permite importar recursos de muy distinta índole: contenidos HTML, audio, video, recursos IMS CP, SCORM, LAMS, etc. No obstante, Moodle no obliga a adoptar el enfoque constructivista si no que permite también plantear la idea de curso (Figura 4) como centro de la gestión de la tarea de aprendizaje permitiendo diversos formatos de organización de la actividad como, por ejemplo, semanal, por temas, módulos, etc.

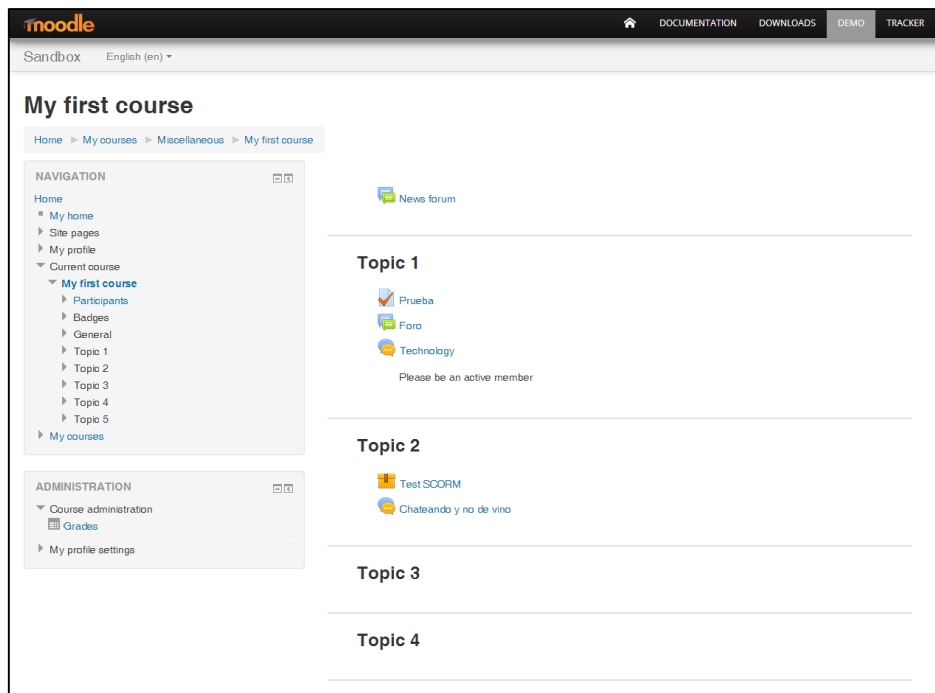


Figura 4. Ejemplo de curso Moodle.

En relación con la evaluación, Moodle da soporte a los dos tipos de evaluación: actividades evaluadas del alumno e informes de seguimiento. Por un lado, las actividades evaluadas permiten calificar las contribuciones de los alumnos en los foros, diarios, tareas, cuestionarios, etc. Por otro lado, los informes de seguimiento, permiten hacer un seguimiento de la actividad del alumno en el curso, detallando la participación en foros, visitas a los módulos, entradas al curso y tiempo empleado, etc.

En Moodle 2.6 se dispone de las siguientes herramientas de evaluación en la distribución estándar (Figura 5) (es decir, sin instalar ningún plugin o módulo de extensión):

- Encuesta: permite a los educadores crear encuestas online. Las encuestas creadas con esta herramienta no se pueden evaluar de manera automática. Usuarios anónimos pueden participar, y los resultados pueden ser anónimos o estar vinculados al usuario que la contestó. Solo pueden ser completadas una vez por usuario. Este tipo de herramienta se puede usar para medir los conocimientos previos a una lección, como encuesta de opinión, para que los alumnos den una valoración al curso recibido, etc.
- Quiz: permite a los educadores crear conjuntos de preguntas (exámenes) a partir de un grupo de preguntas predefinidas. Las preguntas se evalúan automáticamente y permite dar feedback inmediato al alumno sobre la respuesta dada. Se pueden configurar para que se permitan varios intentos. Esta herramienta se puede usar, por ejemplo, para realizar exámenes, test sobre el conocimiento de materias. Además permite importar bancos de preguntas especificadas siguiendo el estándar IMS Questions and Test Interoperability (IMS-QTI) (IMS Global Consortium, 2005).

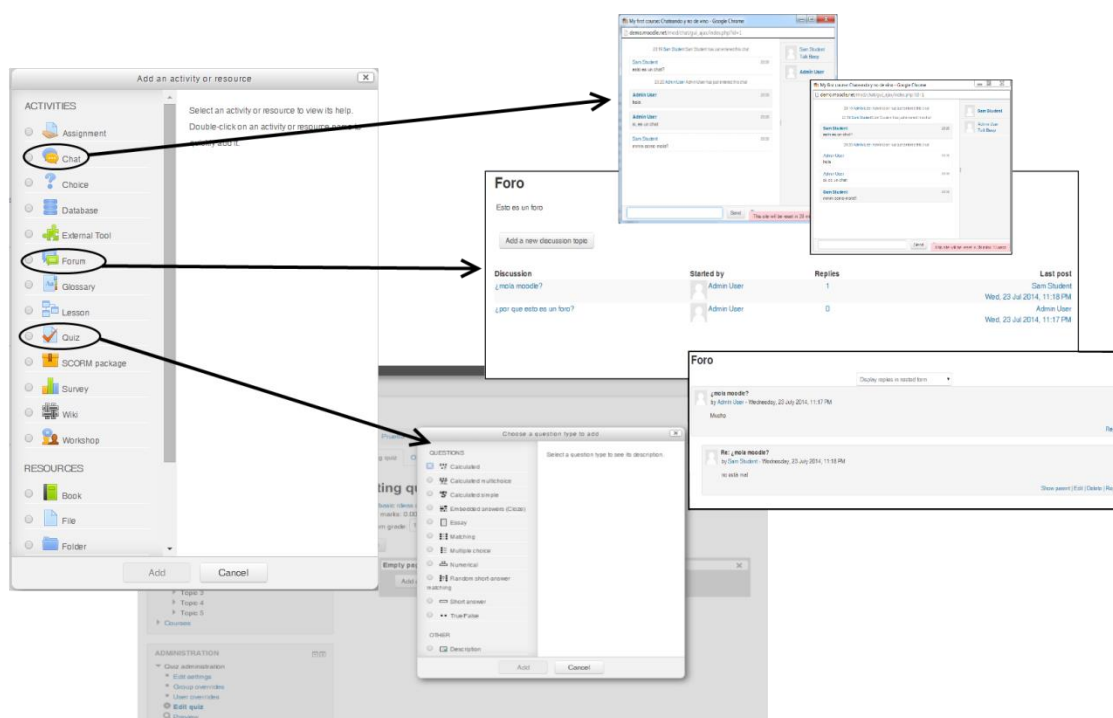


Figura 5. Ejemplos de las herramientas incluidas en Moodle, como Chat, Foro o Cuestionarios

- Consulta: permite crear una actividad con una única pregunta-respuesta, es decir, cada actividad de este tipo consta sólo de una pregunta, no de un conjunto de ellas. Sólo permite definir preguntas multi-respuesta en la que el alumno sólo puede marcar una. Los resultados pueden ser anónimos o vincularlos al usuario que los contestó. Pueden ser utilizados para identificar los temas en los que el alumno tiene mayor interés, recoger el conocimiento previo a una lección, comprobación de conceptos erróneos, etc.
- Foro: permite la comunicación asíncrona de un grupo de alumnos enrolados en un curso y el educador. Permite organizar las discusiones por temas, en los que se pueden responder de forma ilimitada permitiendo seguir las explicaciones/argumentaciones por todos los usuarios. Se puede utilizar como registro de preguntas sobre el curso o materia explicada, FAQs, etc.
- Tareas: Moodle permite la creación de distintos tipos de tareas, desde la subida de ficheros o su redacción directamente en el sistema. Proveen un espacio confidencial (solo visible por el educador y por cada alumno de forma individual) en el que el educador puede aportar sus evaluaciones y realimentación para el alumno.
- Chat: permite a los participantes en un curso mantener conversaciones en tiempo real. El chat puede ser utilizado para discusiones formales e informales sobre diversos aspectos de un curso en cuestión. Las conversaciones quedan registradas de forma que puedan ser consultadas con posterioridad por alumnos y educadores. Esta herramienta puede ser usada para permitir la comunicación de alumnos que no se encuentran en el mismo espacio físico (e.g. misma ciudad), obtener una medida del conocimiento previo, comprobación de conceptos erróneos, etc.

- Base de datos: permite crear una bases de datos con unos campos definidos por el usuario para ser completada por los alumnos de forma colaborativa. Los alumnos pueden añadir entradas y ver lo que el resto de sus compañeros va añadiendo. Permite añadir texto, imágenes, archivos, URL, etc. Puede ser utilizado como punto de partida en un temario para poner en común conocimientos previos sobre la materia e ir actualizando según van adquiriendo nuevos conceptos durante el desarrollo del curso.
- Wiki: una página wiki es básicamente una página web creada de forma colaborativa por todos los alumnos de un curso. Empezando por una portada común, los usuarios pueden ir añadiendo y modificando texto así como añadir enlaces. Puede ser utilizada para obtener una medida del conocimiento previo, comprobación de conceptos erróneos, etc.
- SCORM: herramienta que permite añadir un curso empaquetado como SCORM (ver sección 2.1.7.1). El módulo no tiene la certificación ADL SCORM, por lo que no está garantizado que el LMS cumpla todas las característica requeridas por este estándar. El módulo de SCORM de Moodle no incluye soporte a IMS-SS. No obstante, permite ejecutar cursos empaquetados como SCORM y recoge la información enviada por todos los OAs (que en SCORM se denominan SCO), implementando los modelos de datos y las APIs para ambas versiones (1.2 y 2004). El módulo permite al educador consultar los valores enviados por cada SCO para cada alumno (Figura 6).

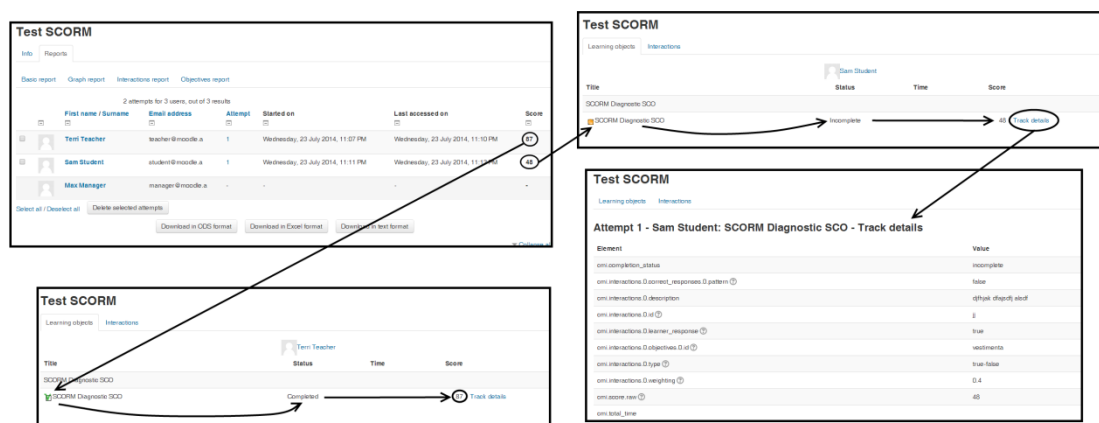


Figura 6. Evaluación SCORM en Moodle. Para dos alumnos que han ejecutado el contenido, el educador puede consultar información más detallada para aquellos casos en los que lo considere oportuno.

Además de estas herramientas, Moodle presenta la posibilidad de agrupar información concreta del rendimiento de los alumnos obtenido por las herramientas descritas en lo que se conoce como libro de calificaciones o gradebook. Los educadores pueden definir qué información mandar de una herramienta al libro de calificaciones (en algunos casos sólo se puede elegir algunos de los parámetros). En libro de calificaciones se pueden configurar diversas opciones como, por ejemplo, calcular una nota final dando diversos pesos a las calificaciones parciales o elegir el formato de las calificaciones (e.g. numérico, formato americano, etc.).

### 2.2.2. Sakai

El proyecto Sakai (Farmer & Dolphin, 2005) es una iniciativa de la universidad Carnegie Mellon en colaboración con una comunidad de instituciones públicas y privadas que han

desarrollado lo que ellos denominan un “entorno de colaboración y aprendizaje” de libre distribución. Entre las instituciones que colaboran en su ciclo de vida se encuentran las universidades de Indiana, Michigan, Stanford o el MIT. Tiene un diseño modular para fomentar que otras instituciones y particulares colaboren en la integración de distintas funcionalidades en el sistema.

Sakai provee un entorno de trabajo que se amolda a las especificaciones de cada curso, proyecto o investigación científica. Sakai pretende dar soporte a los distintos tipos de aprendizaje en los cursos mediante un alto nivel de personalización del entorno basada en su modularidad. Para ello, Sakai permite a los educadores seleccionar el conjunto de herramientas que se adecuen al modelo de aprendizaje que deseen utilizar. Además de herramientas de administración y evaluación, Sakai también da una importancia notable a las herramientas de tipo colaborativo. En general, se puede afirmar que Sakai dispone de herramientas similares a las ofrecidas por Moodle que se han descrito previamente.

### **2.2.3. Ilias**

Ilias<sup>6</sup> es un EVA de código libre desarrollado por la Universidad de Colonia, Alemania, en colaboración con otras universidades europeas. Su motivación es la de proveer un EVA de bajo coste para facilitar la introducción de las nuevas tecnologías en la enseñanza teniendo en cuenta la aportación de los usuarios de este tipo de sistemas.

También incorpora las utilidades habituales que permiten la gestión de cursos, la personalización de la interfaz y suministra un conjunto de herramientas de comunicación, evaluación, etc.

Cabe destacar que Ilias es el único EVA que tiene el certificado de ADL de compatibilidad con SCORM para las versiones 1.2 y 2004. Además posee un repositorio de contenidos.

### **2.2.4. WebCT y Blackboard**

WebCT (Web Course Tools) es un EVA comercial que surge de la iniciativa de Murray Goldberg, de la Universidad de Columbia Británica, en Canadá. Basó su éxito en la flexibilidad de las herramientas utilizadas para la creación de los cursos, entre las que se encuentran las típicas utilizadas en este tipo de entornos.

Este producto fue adquirido por Blackboard que lo integró con su EVA para crear Blackboard Academic Suite. Incluye Blackboard Learning System que gestiona los cursos, Blackboard Community System que gestiona comunidades en línea y portales y Blackboard Content System, que gestiona el contenido del sistema. Blackboard tiene una amplia implantación en más de 2200 instituciones educativas de más de 60 países.

---

<sup>6</sup> <http://www.ilias.de>

### 2.2.5. LAMS

LAMS (Dalziel, 2003) (del inglés, Learning Activity Management System) es un EVA que permite el diseño de experiencias educativas colaborativas mediante la creación gráfica de secuencias de actividades. Basado en la especificación IMS Learning Design (ver sección 2.1.5), LAMS permite la ejecución de los cursos creados y ofrece un control avanzado del flujo de la secuencias de actividades a los educadores. Los mecanismos que incluye permiten controlar la experiencia del alumno tanto de forma automática como supervisada durante la ejecución de la lección. Además de las funcionalidades típicas de los EVAs, permite la reutilización de los diseños de aprendizaje desarrollados en esta plataforma. LAMS pone un énfasis especial en facilitar que las secuencias creadas adopten un planteamiento pedagógico específico.

Para facilitar su uso, LAMS ofrece un conjunto de vistas personalizadas para los diferentes roles de los usuarios que interactúan con la herramienta, en particular, incluye las siguientes vistas (Figura 7):

- Vista de Autor: gestiona el proceso de creación del flujo de actividades (la secuencia de actividades LAMS). En esta vista los educadores definen el contenido de la secuencia y el flujo de actividades añadiendo bifurcaciones (i.e. caminos alternativos) y punto de parada o de sincronización.
- Vista del Estudiante: es el entorno donde se ponen en práctica las secuencias de actividad definidas por los educadores.
- Vista de Monitoreo: esta vista recoge todas las interacciones relevantes desde el punto de vista educativo de los estudiantes en las secuencias de actividades. Por un lado, permite al educador conocer detalles del rendimiento del alumno en todas y cada una de las actividades propuestas. Además, esta vista permite al educador adaptar la secuencia en tiempo real (e.g. el educador podría decidir proveer orientación a los estudiantes que no hayan alcanzado los objetivos educativos propuestos).

LAMS permite incluir distintos tipos de contenidos educativos digitales en las secuencias de actividades, así como añadir requisitos previos a tener en cuenta cuando el alumno alcanza determinados puntos de la lección (e.g. la actividad Y no puede ejecutarse hasta que la actividad X se haya completado con éxito). Entre las actividades disponibles encontramos herramientas de comunicación como chat, foros, libretas en las que registrar las opiniones del alumno, encuestas, videoconferencias, etc.; herramientas de evaluación como cuestionarios de respuesta múltiple, de pregunta/respuesta o definidas por el tutor. LAMS permite incorporar contenidos externos empaquetados como OAs, adjuntar fotos, presentaciones, imágenes, videos, mapas conceptuales, etc.

Otra de las ventajas de LAMS es que da soporte tanto a actividades individuales como de grupo que fomentan un alto nivel de participación del alumnado. El educador puede presentar una actividad para que sea completada mediante la participación de todos los alumnos de un curso, o por los alumnos de un grupo concreto.

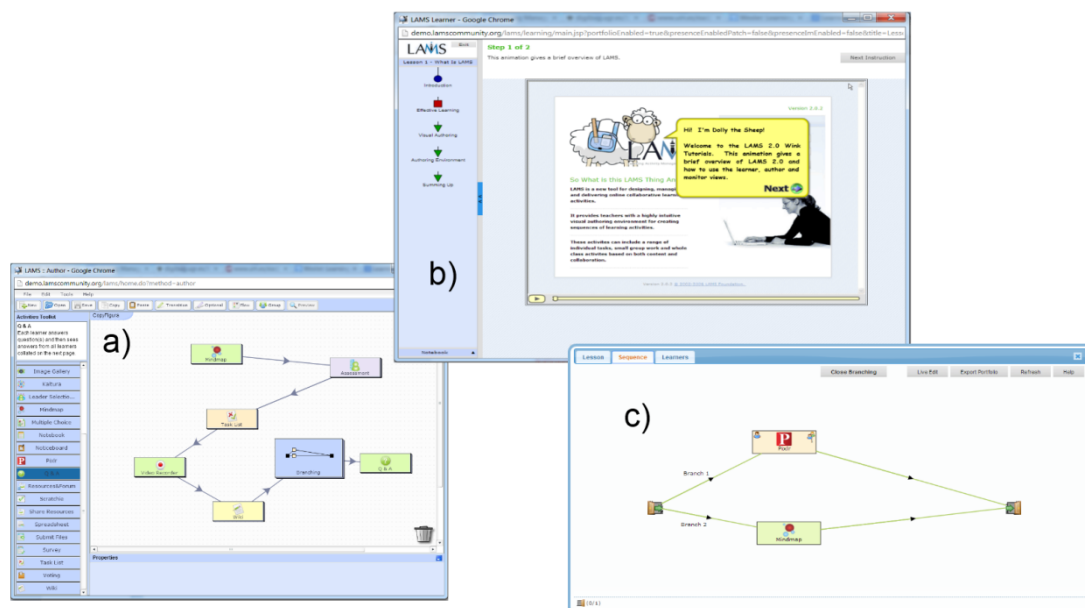


Figura 7. Distintas vistas en LAMS: (a) Vista de Autor; (b) Vista de Estudiante; (c) Vista de Monitoreo.

Con el fin de crear diseños educativos más complejos, LAMS incluye herramientas para gestionar las secuenciación de actividades como las ramificaciones o caminos condicionados y los puntos de parada. Estas herramientas permiten distintas aproximaciones de control de la lección: supervisado, basado en grupo y basado en resultados previos. En el modo de ramificación supervisado, el educador establece en tiempo de ejecución la rama de la secuencia por la que continuará cada estudiante. En el modo basado en grupo se definen diferentes rutas según el grupo al que pertenece cada estudiante. Finalmente, el modo basado en resultados se tiene en cuenta el rendimiento del alumno en actividades previas con el fin de decidir el camino que seguirá el alumno. En este modo se utilizan condiciones sobre la información de evaluación del estudiante, por ejemplo, los autores de secuencia podrían definir una actividad de “pregunta-respuesta” y utilizar los resultados para decidir si el estudiante debe continuar en la actividad (ruta 1), o chatear con sus compañeros para reforzar algunos conceptos (ruta 2). Además de las bifurcaciones, los puntos de parada permiten detener la ejecución de la secuencia hasta que se cumplan las condiciones establecidas por el educador (por ejemplo, hasta que todos los estudiantes alcancen ese punto secuencia, o hasta que la salida de una actividad anterior satisfaga una condición específica, etc.).

LAMS es un EVA pero además se puede integrar en otros EVAs, permitiendo añadir un módulo para conseguir la comunicación entre los dos sistemas. Las secuencias creadas en LAMS podrán utilizarse así en un curso en un EVA externo. LAMS puede integrarse en Moodle, Sakai, Blackboard, o .LRN, entre otros.

### 2.3. Videojuegos educativos

Como ha sido ampliamente discutido en la literatura en los últimos años, el uso de los videojuegos puede mejorar los procesos de aprendizaje en muchos aspectos (Gee, 2003). Entre los beneficios más citados del aprendizaje basado en el juegos aparecen el aumento de la motivación de los estudiantes (Lepper & Cordova, 1992; Malone, 1981), su adecuación a

enfoques constructivistas (Gee, 2007) o su potencial en el aprendizaje colaborativo/competitivo (Squire, 2003).

Otra característica que genera especial atención es la alta interactividad presente en los juegos (DeKanter, 2005; Oblinger, 2004). Debido a esta interactividad, los juegos ofrecen la posibilidad de recoger información muy detallada sobre cómo el alumno supera los objetivos propuestos, de modo que los juegos son herramientas con alto potencial para la evaluación del alumno (Martínez-Ortiz, Moreno-Ger, Sierra, & Fernández-Manjón, 2006; Mayo, 2007; McFarlane, Sparrowhawk, & Heald, 2002; Rosas et al., 2003; V J Shute, Ventura, Bauer, & Zapata-Rivera, 2009). Por otro lado, los juegos suelen incluir diversos caminos para lograr los objetivos lo que ofrece la posibilidad de adaptar el contenido del juego a las características específicas de cada alumno (e.g. preferencias de aprendizaje) (Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2008). Todos estos factores han generado una tendencia emergente en el ámbito del e-learning que aboga por el uso de los videojuegos educativos y simulaciones con estrategia de juego (Tang Hanneghan, M. and El Rhalibi, A., 2007; Torrente, Lavín-Mera, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2008). Sin embargo, el potencial de los videojuegos en el aprendizaje en línea está aún por explorar y requiere de mayor investigación ya que no existen modelos ampliamente aceptados sobre cómo integrar los juegos en los EVAs.

En esta sección se realiza un análisis de las características más relevantes de los videojuegos desde un punto de vista educativo. En este estudio se tiene en cuenta la evaluación del rendimiento del alumno y las posibilidades en materia de adaptación del contenido del juego. A continuación se realiza un estudio de las experiencias previas de uso de videojuegos en entornos educativos. Finalmente, se presenta un análisis de experiencias previas de integración de videojuegos en EVAs y de las posibilidades que brindan los estándares de e-learning en este proceso.

### **2.3.1. Potencial educativo de los juegos**

En los últimos años, se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación en el área del aprendizaje basado en juegos digitales. Diferentes autores han identificado las características presentes en los juegos que se pueden utilizar para afrontar algunos de los desafíos actuales a los que se enfrentan los sistemas educativos (Aldrich, 2005; Gee, 2003; Squire, 2003). Los videojuegos fomentan la motivación intrínseca y extrínseca (Garris et al., 2002) y la producción de experiencias de flujo óptimas (J. Chen, 2007). Aunque su eficacia para mejorar el rendimiento de los estudiantes es aún objeto de debate (Hays, 2005), estudios recientes muestran que los juegos pueden aumentar: (i) participación y compromiso del estudiante en el curso (Annetta, Minogue, Holmes, & Cheng, 2009); (ii) superación de los objetivos académicos en diferentes dominios (Blunt, 2007); y (iii) las habilidades, conocimientos y actitudes (M. Pivec & Pivec, 2008).

Además, las simulaciones con estrategia de juego (i.e. sistemas que simulan un entorno real, pero al mismo tiempo implementan mecanismos del juego) ofrecen entornos realistas muy adecuados para el aprendizaje al tiempo que permite a los estudiantes practicar en un entorno libre de riesgos. Los juegos también proporcionan ciclos de retroalimentación cortos que

promuevan enfoques constructivistas del aprendizaje en el que los estudiantes formulan de manera implícita hipótesis, recibiendo una respuesta inmediata del sistema (M. Pivec & Dziabenko, 2004).

No obstante, como todo contenido educativo, los educadores necesitan mecanismos para evaluar la adquisición de conocimientos de los estudiantes en las experiencias educativas con videojuegos (Sara de Freitas & Oliver, 2006; Hays, 2005). Esto no supone un problema en los enfoques típicos de instrucción, ya que los educadores tienen mayor control sobre el rendimiento de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, en los enfoques de aprendizaje basado en juegos, extraer información de evaluación se convierte en una carga considerable, ya que los estudiantes son los que lideran su propia experiencia de aprendizaje.

El método más común para evaluar el rendimiento de los estudiantes en los juegos son los post-tests y las sesiones de análisis donde los estudiantes rellenan cuestionarios sobre su experiencia de juego y se discuten los resultados con sus compañeros y el educador en un debate abierto (Lederman, 1984; Petranek, Corey, & Black, 1992). En este tipo de evaluación la figura del educador como facilitador que guía la discusión es clave, ya que debe asegurarse de que se hayan alcanzado los objetivos educativos del juego o simulación. También es común el uso de pre y post-test con el fin de identificar si los estudiantes mejoraron su conocimiento después de la experiencia de juego. Estas actividades deben planificarse cuidadosamente para intentar medir los mismos conocimientos o habilidades que los que se plantean en el juego, ya que podría dar lugar a conclusiones erróneas (Steinwachs, 1992; Thiagarajan, 1992). Aunque este tipo de actividades pueden ser muy útiles, también pueden ser difíciles de manejar cuando el número de estudiantes es alto (Egenfeldt-Nielsen, 2004) requiriendo además una dedicación muy alta por parte del educador.

No obstante, utilizando este tipo de métodos de evaluación no se aprovecha todo el potencial que ofrecen los juegos en materia de evaluación. Como se ha mencionado previamente, el registro de la interacción producida en el juego ofrece una fuente de información mucho más rica que la que permiten otros contenidos educativos más estáticos, como PDF o vídeos (Kickmeier-Rust et al., 2007). Esta información puede ser utilizada para evaluar el rendimiento de los estudiantes (Bostan, 2009; Martínez-Ortiz et al., 2006). Algunos autores proponen extraer información de usuario indirectamente para evitar la introducción de elementos externos al juego en sí y así no romper el flujo natural del juego (Valerie J. Shute & Spector, 2008). Sin embargo, la forma de evaluar el rendimiento de los estudiantes en los juegos es un asunto complejo y poco explorado por el momento, por lo que también se necesita más investigación en esta dirección (Valerie J. Shute, Rieber, & Eck, 2011; Del Blanco et al., 2012).

Aparte del uso de los juegos como herramienta de evaluación, la alta interactividad y las formas alternativas de lograr los objetivos que normalmente existen en los juegos permite explotar otra característica educativa especialmente relevante: adaptación del contenido presente en el juego. El interés de modificar el flujo del juego reside en poder tener en cuenta al mayor número posible de alumnos distintos. Adaptando el contenido se consigue que el juego sea de utilidad para un rango más amplio de estudiantes, amoldándose a los diferentes niveles de conocimiento

inicial, sus distintas preferencias de aprendizaje o su pertenencia a comunidades particulares (Peter Brusilovsky, 1996; Moreno-Ger, Sancho Thomas, Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2007).

De manera similar a la evaluación, en la actualidad no se aprovecha todo el potencial de los juegos para implementar mecanismos de adaptación complejos. El tipo más obvio de la adaptación en los videojuegos consiste en incluir distintos niveles de dificultad, tratando de ajustar el reto presente en el juego a los diferentes niveles de conocimiento. Algunos juegos avanzados incluyen mecanismos adaptación de forma transparente para el usuario, es decir, sin introducir elementos adicionales para recolectar información acerca del usuario. Por ejemplo, en el ámbito comercial, el videojuego MaxPayne™ incorpora técnicas de ajuste de dificultad dinámicos (Robin, 2005) que modifican la ejecución de juegos en función del rendimiento real del usuario. Juegos más recientes incluyen técnicas similares de personalización de diferentes aspectos del juego. Por ejemplo, la saga<sup>7</sup> Left4Dead™ incluye un motor de inteligencia artificial que personaliza elementos tales como distintos caminos en la historia del juego, los enemigos, la música, el sonido y los efectos visuales de acuerdo con el estilo del jugador del juego<sup>8</sup>.

### **2.3.2. Experiencias previas en el uso de videojuegos en el aula**

Al mismo tiempo que se ha analizado el potencial educativo de los juegos de manera aislada, la discusión académica ha empezado a considerar las cuestiones educativas relacionadas con la integración efectiva de los juegos en la educación formal y más concretamente en las aulas (Valerie J. Shute & Torres., 2012).

En la educación formal en muchos casos los juegos se usan de forma no integrada con los EVAs (Sandford, Ulicsak, Facer, & Rudd, 2006; Squire, 2003) debido a las limitaciones técnicas (Nash, 2005). Un enfoque común de aplicación de juegos en el aula es el de utilizar juegos comerciales o COTS (Commercial-Off-The-Shelf). Estos juegos son producidos con fines meramente recreativos, pero en ocasiones ofrecen un potencial valor educativo. Squire (2003) describe experiencias en las que se utilizó la Civilization III en cursos de educación primaria de historia. Otros ejemplos se encuentran en las sagas Tycoon (Sandford et al., 2006), juegos de acción (e.g. Delta Force) adaptado para el entrenamiento militar (Fong, 2006), o los juegos de rol multijugador como World of Warcraft (Figura 8) (Dickey, 2011).

En estos casos, se utilizan los juegos tal cual fueron desarrollados, dando a los educadores poco o ningún control sobre el proceso de aprendizaje ni apoyo para realizar un seguimiento de la interacción del alumno para evaluar de manera efectiva su rendimiento. Los juegos se venden generalmente como productos cerrados que son difíciles de adaptar y que no permiten extraer información de usuario (Gee, 2003). Como consecuencia de ello, las habilidades y conocimientos adquiridos por los estudiantes pueden diferir de los resultados de aprendizaje esperados (Sandford et al., 2006).

---

<sup>7</sup> <http://www.valvesoftware.com/games/l4d2.html>

<sup>8</sup> [http://www.valvesoftware.com/publications/2009/ai\\_systems\\_of\\_l4d\\_mike\\_booth.pdf](http://www.valvesoftware.com/publications/2009/ai_systems_of_l4d_mike_booth.pdf)



Figura 8. Imagen del juego World of Warcraft extraída de <http://writing.msu.edu/tag/world-of-warcraft/>

En contraste con el uso de juegos COTS, Van Eck (2006) propone el diseño de juegos educativos con un propósito educativo específico en los que colaboran educadores y diseñadores de juegos. Los primeros juegos desarrollados específicamente para la educación se remontan a los años 70. Un ejemplo es *The Oregon Trail*, un juego de rol de aventuras desarrollado para enseñar a los estudiantes acerca de la colonización del oeste de EE.UU. (Wesley, 1974) en el siglo XIX. Un ejemplo más reciente es *NanoMission*, un conjunto de juegos para la enseñanza acerca de la nanotecnología que abarcan diferentes aspectos que van desde la nanomedicina y la nanoelectrónica a la teoría y computación cuántica (Milburn, 2010). Sin embargo, el alto coste de desarrollo que implica desarrollar juegos a desde cero hace que este enfoque menos factible (Wexler, Corti, et al., 2008).

A la hora de crear videojuegos educativos desde cero existen distintas herramientas que simplifican el proceso como son, por ejemplo, los motores de juego y lenguajes de scripting<sup>9</sup> y los lenguajes específicos para el desarrollo de juegos (e.g. Dark Basic o DIV Game Studio). Estas soluciones permiten habitualmente realizar abstracciones para definir el comportamiento del juego separándolo de la lógica de bajo nivel (e.g. motores de física, diseño de niveles, eventos de entrada de usuario, etc.). Aunque estas herramientas simplifican el proceso de creación de los juegos, están lejos de ser opciones reales en el campo educativo, ya que requieren bastantes conocimientos técnicos e inversiones de las que no se suele disponer en educación (Wexler, Corti, et al., 2008). Además, debido a la complejidad técnica subyacente, una vez realizado el desarrollo inicial del juego es difícil amoldar estos juegos a las necesidades específicas de cada entorno educativo.

Otra aproximación es el de las herramientas de autoría (Figura 9) que consiguen acercar el desarrollo de juegos a personal no técnico. Existe una gran variedad donde algunas de estas

<sup>9</sup> <http://devmaster.net/>

herramientas, como Unity<sup>10</sup> y 3D Game Studio<sup>11</sup>, ofrecen entornos profesionales que aportan una gran flexibilidad en el desarrollo de juegos, aunque siguen presentando una gran complejidad para usuarios con poca experiencia tecnológica. En el lado opuesto encontramos plataformas como Game Salad<sup>12</sup> o Adventure Game Studio<sup>13</sup>, las cuales se centran en géneros de juego concretos (puzles y aventuras graficas respectivamente) permitiendo crear juegos de forma mucho más sencilla y en poco tiempo.

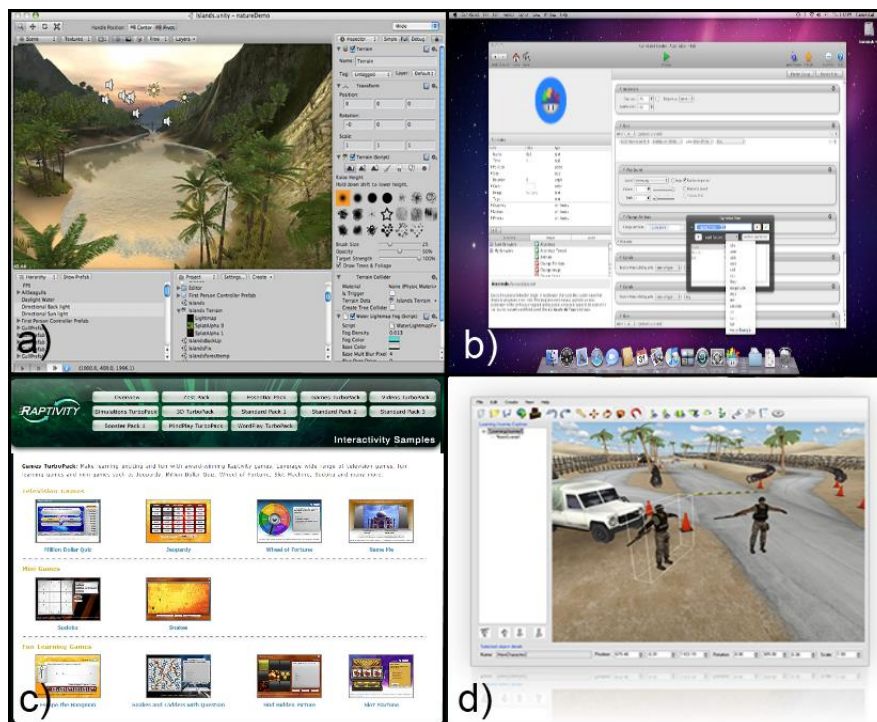


Figura 9. Plataformas de autoría. (a) Unity; (b) Game Salad; (c) Raptivity; (d) Thinking Worlds

Hay otras herramientas de autoría más orientadas al campo del e-learning, que permiten incorporar aspectos educativos a los juegos creados. Algunas de estas herramientas están centradas en la creación de mini-juegos. Este es el caso de Raptivity<sup>14</sup>, que permite la configuración de mini-juegos, Articulate Storyline<sup>15</sup>, que permite combinar actividades predefinidas y condicionar su ejecución. Otras se centran en la creación de juegos completos, como Thinking Worlds<sup>16</sup>, que fue específicamente diseñado para la creación de videojuegos 3D educativos, o eAdventure (Figura 10) (Torrente, Del Blanco, Marchiori, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010), la cual permite crear juegos narrativos 2D e incluye características específicamente educativas como la evaluación del alumno o la adaptación de la experiencia de juego.

<sup>10</sup> <http://unity3d.com/>

<sup>11</sup> <http://www.3dgamestudio.com/>

<sup>12</sup> <http://gamesalad.com/>

<sup>13</sup> <http://www.adventuregamestudio.co.uk/>

<sup>14</sup> <http://www.raptivity.com/>

<sup>15</sup> <https://www.articulate.com/products/storyline-overview.php>

<sup>16</sup> <http://www.caspianlearning.co.uk/products-2/thinking-worlds>

También hay experiencias que presentan un enfoque más integral, donde los juegos incluyen herramientas que ayudan a los educadores a supervisar y controlar la experiencia. Ese es el caso de los sistemas Multi-User Virtual Environments (MUVEs) como Quest Atlantis (Barab, Thomas, Dodge, Carteaux, & Tuzun, 2005), River City (Ketelhut, Dede, Clarke, & Nelson, 2006) o AquaMoose (Edwards, Elliott, & Bruckman, 2001). En estos ejemplos la interfaz del juego incluye herramientas para facilitar la comunicación con el educador, la revisión de los avances de los estudiantes y la asignación de tareas orientadas a objetivos educativos. Estos sistemas se apoyan en la idea de que no sólo es el juego lo que promueve el aprendizaje, sino también su entorno (P. Pivec, 2009). En este sentido, entran en juego aspectos como el rol del educador, la forma en la que el juego se integra en los planes de estudio, o el aprendizaje informal que se produce cuando los estudiantes colaboran y discuten sobre el juego (Egenfeldt-Nielsen, 2004). En este caso los juegos se consideran como una actividad que no está aislada, sino que se relaciona con otras actividades y contenidos. En este escenario los resultados del juego pueden influir en el flujo del proceso de aprendizaje. No obstante, la investigación en metodologías para diseñar experiencias educativas que incluyan juegos sigue siendo una cuestión abierta, ya que el número de estudios en este sentido es aún escaso (S De Freitas & Jarvis, 2007).

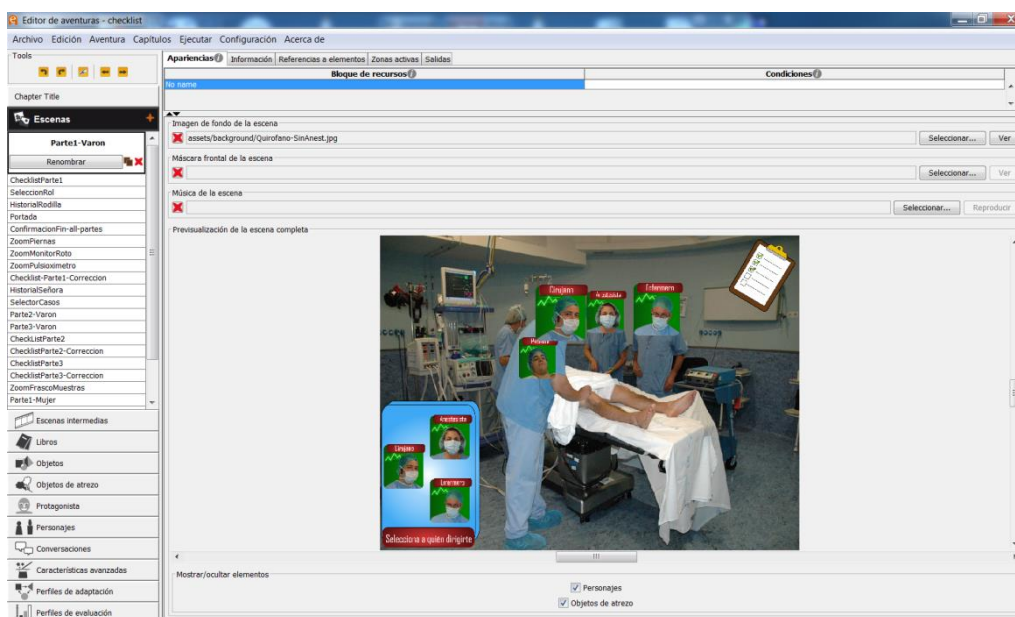


Figura 10. Captura del editor de videojuegos educativos eAdventure.

### 2.3.3. Integración de juegos en Entornos Virtuales de Aprendizaje

La integración de los videojuegos y los mundos virtuales inmersivos en 3D no es nuevo, ya que varias iniciativas han combinado EVAs y contenido interactivo para obtener lo mejor de ambos mundos (Chen, Wang, Chang Chao, y Shih, 2009, Rey-López, et . al, 2008). En este enfoque los educadores tienen más control sobre el proceso de aprendizaje gracias a la integración de las herramientas de los EVAs en los mundos virtuales, facilitando la revisión de los logros de los estudiantes y la asignación de tareas orientadas a objetivos. Por ejemplo, los proyectos NUCLEO (Sancho, Fuentes-Fernández, & Fernández-manjón, 2007) y Sloodle (Figura 11) (Kemp, Livingstone, & Bloomfield, 2009) mejoran la experiencia de juego mediante la

integración de las herramientas de Moodle en el mundo del juego, proveyendo a los educadores de algunas de las herramientas de evaluación, comunicación y control presentes en este entorno.

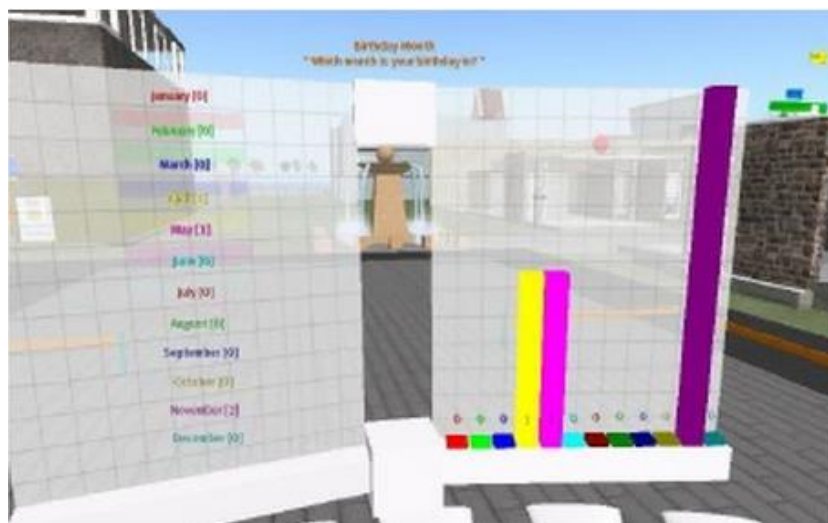


Figura 11. Captura de pantalla del MUVE Sloodle en el que se aprecia la integración de la herramienta de votación de Moodle en el mundo virtual, extraída de (Livingstone, 2009).

Otros trabajos apuestan por la integración de nuevos contenidos teniendo en cuenta el modelo Objeto de Aprendizaje para garantizar la interoperabilidad. La aplicación del modelo de OA a los juegos tiene sus ventajas, como la de tener un mecanismo común para etiquetar y empaquetar los juegos, lo que facilita el almacenamiento, la búsqueda, la distribución, el despliegue y la reutilización. Nos encontramos con algunos trabajos en la literatura con el objetivo de facilitar el proceso de empaquetado de juegos como el de Espinilla, Palomares y Bustince (2010) en el que presentan un conjunto de juegos poco configurables empaquetados como SCORM, pero sin posibilidades de comunicación. En esta misma línea, varias herramientas de autoría incluyen la exportación como paquetes SCORM. J.-H. Chen, Wang, Chang, Chao y Shih (2009) proponen un sistema para la creación y ejecución de cursos que combinan juegos con otras herramientas de aprendizaje que se pueden exportar como paquetes SCORM.

Sin embargo, la importancia de integrar los juegos en EVAs como OAs se ha destacado no sólo para mejorar su interoperabilidad, sino también la posibilidad de transmitir los resultados del juego a estos sistemas (Torrente, Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2009). El apoyo a la comunicación bidireccional activa entre los juegos y los EVAs permitiría que los educadores puedan aprovechar la rica información generada a partir de la interacción del usuario en el juego, mejorando así las tareas de seguimiento de los estudiantes y la evaluación del rendimiento.

Una solución propuesta para comunicar los resultados del juego es utilizar la arquitectura general de interoperabilidad HLA (de inglés, High-Level Architecture) usada en las simulaciones militares en combinación con SCORM. En esta integración los juegos se ejecutan en local (en vez de en la Web) y el envío de los datos de seguimiento se realiza a través de un conector incluido en un paquete SCORM (Dodds & Fletcher, 2004). El framework SITA (del

inglés, Simulation-based Intelligent Training and Assessment) es un paso adelante en esta línea, que integra plenamente HLA y SCORM, y permite no sólo la comunicación básica sino también algunas de las acciones más avanzadas como, por ejemplo, diferentes usos instruccionales (Manikonda, Maloor, Haynes, & Marshall, 2004). En este sentido, el motor de juegos Delta3D™ (Figura 12) (Darken, McDowell, & Johnson, 2005) permite el desarrollo de juegos y simulaciones compatibles con HLA, dando la posibilidad de vincular las acciones en los juegos con objetivos SCORM (Smith & McDowell, 2006).



Figura 12. Captura de pantalla de un juego desarrollado para Delta 3D, imagen extraída de <http://delta3d.org>

Algunas herramientas de autoría permiten la configuración de diversos aspectos concretos de la comunicación (por ejemplo, los elementos del modelo de datos para enviar la información). Herramientas de creación de juegos como Thinking Worlds y Articulate Storyline permiten el envío de la puntuación siguiendo el modelo SCORM, mientras que Raptivity también permite el seguimiento de los datos de interacción de SCORM.

Todos estos enfoques utilizan implementaciones ad-hoc de la comunicación entre el contenido y los EVAs, lo que limita el impacto y dificulta la adopción general en los centros educativos. Además, mientras que el problema de conectar los contenidos interactivos (tales como juegos y simulaciones interactivas) con un EVA compatible con estándares ha sido tratado parcialmente (Jiménez, Rodríguez, & Alfaro, 2008), todavía existe una necesidad de investigar acerca de cómo utilizar esta comunicación de datos con fines de adaptación y evaluación. Además, dadas la alta variabilidad y rápida evolución que sigue experimentando el campo, hay que buscar maneras de asegurar que los juegos desarrollados sean resistentes a los futuros cambios en los estándares en vigor (o al menos que limiten el impacto que estos cambios puedan tener).

## 2.4. Conclusiones

En la primera parte de este estudio (sección 2.1) se ha analizado el modelo de Objeto de Aprendizaje y cómo ha servido como abstracción de las características relevantes para la interoperabilidad de contenidos educativos. Sobre estas ideas, numerosas organizaciones han

desarrollado una amplia gama de estándares. A su vez, en la sección 2.2 se ha realizado un análisis de los EVAs más usados, prestando especial atención a las posibilidades de evaluación y adaptación y a su soporte de los estándares de e-learning. Estas dos secciones nos dan una idea del ecosistema de EVAs y de las distintas maneras de añadir contenido educativo en ellas. En la sección 2.3 se ha analizado el potencial de los juegos en educación para conocer los factores clave a la hora de integrar juegos, a la vez que se ha realizado un estudio del estado del arte de las experiencias previas de integración en el aula en general y en los EVAs en particular.

Sin embargo, los juegos son una nueva herramienta educativa y, por tanto, los educadores se enfrentan con nuevos retos tales como, por ejemplo, vincular los objetivos del juego con los contenidos incluidos en los programas de estudios (McFarlane et al., 2002; Valerie J. Shute & Torres., 2012) y con fundamentos pedagógicos (en especial en la educación formal) (Van Eck, 2006), o la evaluación de cursos que incluyen experiencias de aprendizaje con juegos (Valerie J. Shute & Ke, 2012). Aunque está suficientemente aceptado que los videojuegos tienen potencial educativo, la aceptación de los videojuegos dentro de la comunidad educativa todavía es limitada. Los educadores no siempre consideran los videojuegos como herramientas de aprendizaje reales que puedan aplicar en sus cursos. Además, en muchos casos, el educador carece de la formación y de herramientas necesaria para aplicar juegos en sus clases aprovechando sus posibilidades en términos de evaluación y adaptación.

Otra cuestión a tener en cuenta en la integración de videojuegos en el aula es la distribución de los videojuegos. En comparación con otros contenidos, los videojuegos son difíciles de distribuir y desplegar, ya que son programas software complejos y no es común disponer de los equipos de última generación necesarios para su ejecución (Rice, 2007). Además, los videojuegos educativos añaden una complejidad técnica adicional al proceso de seguimiento del rendimiento de los estudiantes. Estos problemas quedan reflejados en la ausencia de metodologías para integrar los videojuegos en los planes educativos, quedando limitado su potencial educativo. Estas cuestiones se pueden abordar al menos parcialmente mediante la integración de los videojuegos en EVA ya desplegados como OAs siguiendo estándares que permitan la comunicación.

Sin embargo, el uso de los OAs para integrar los juegos en los centros educativos no es intuitivo ya que no existen soluciones generales que cubran el empaquetado y la entrega, y que además proporcionen una forma flexible de definir los mecanismos de comunicación entre el juego y el EVA. Asimismo, también se necesitan enfoques que faciliten la exportación a diversos estándares de e-learning, con el fin de proteger la inversión realizada en el desarrollo del juego. En esta línea de trabajo hay varias iniciativas como, por ejemplo, la Red Europea de Excelencia en GALA (del inglés, Game And Learning Alliance) en la que participa el grupo de investigación e-UCM y que incluye entre sus objetivos analizar el estado actual de los juegos en la educación y la forma de lograr una integración activa de juegos siguiendo los estándares de e-learning.

En el Capítulo 3 se plantean los objetivos de este trabajo de tesis apoyándose en el análisis realizado en este capítulo.



## Capítulo 3. Objetivos y planteamiento del trabajo

En el Capítulo 2 se han estudiado los elementos principales que enmarcan este trabajo, identificando una serie de limitaciones que dificultan la aplicación de los juegos educativos en la educación tales como la diversidad de estándares vigentes o la ausencia de mecanismos de control de la evaluación y adaptación de secuencias de actividades con juegos. El objetivo global del trabajo de tesis es la facilitar la integración de videojuegos educativos en el flujo de la enseñanza. Tal y como se adelantaba en el Capítulo 1, este objetivo global se descompone a su vez en 3 objetivos concretos.

En este capítulo se comienza planteando en detalle los objetivos concretos de este trabajo, definiendo primero su alcance (sección 3.1) y luego el planteamiento específico de las estrategias y metodologías seguidas para su consecución (sección 3.2).

### 3.1. Objetivos del trabajo

La línea de trabajo principal se centra en la propuesta de una solución general para facilitar la integración efectiva de los videojuegos educativos en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) y la participación de los educadores en este proceso. Este objetivo general se descompone en dos objetivos concretos: plantear un modelo conceptual de integración para, a continuación, proponer una arquitectura y una solución tecnológica que permitan llevar a cabo las ideas recogidas en este modelo. Por último, también es necesario validar las soluciones propuestas.

En las siguientes subsecciones se aborda en detalle la definición de cada uno los objetivos propuestos.

#### 3.1.1. Definición de un modelo conceptual de integración

Como ya hemos descrito en la sección 2.3.1, los videojuegos educativos están ganando aceptación en el ámbito académico, pero siguen existiendo distintas barreras que dificultan la aplicación de los videojuegos en la educación.

Uno de los retos más importantes que enfrentan los educadores es la forma de evaluar los resultados de aprendizaje de las sesiones de juego. Como se ha indicado previamente, los instructores normalmente dependen de las sesiones informativas o los debates posteriores a las sesiones de juego para determinar los logros de los estudiantes. Estos métodos no son muy eficientes y exigen un esfuerzo extra por parte del instructor.

Otra de las preocupaciones observadas en el capítulo anterior es la flexibilidad y la facilidad de mantenimiento del contenido, un tema clave en e-learning pero raramente abordado en los videojuegos. Mientras que el contenido educativo típico, como texto, presentaciones o archivos

multimedia, se puede editar y actualizar fácilmente, los videojuegos suelen venderse como productos cerrados. Pero para poder usar los juegos, los educadores necesitan poder comprender lo que sucede dentro del juego e incluso sería deseable que pudieran modificar su comportamiento en caso necesario (por ejemplo, para adaptarlo a un escenario educativo concreto).

Por otro lado, los educadores están cada vez más acostumbrados a interactuar con EVAs. Por tanto, el uso de EVAs para introducir los juegos en los cursos también podría reducir las barreras de adopción por parte de los educadores. Esto sería ventajoso si además pudiésemos usar las herramientas de los EVAs para el seguimiento del rendimiento de los alumnos (e.g. informes de calificaciones, portfolios, resultados de las actividades evaluativas, etc.) para mejorar la integración de los juegos en el proceso de aprendizaje.

Finalmente, debido a la escasez de ejemplos y experimentos bien fundamentados sobre el uso efectivo de juegos en educación, se identifica como requisito poder compartir las experiencias realizadas con la comunidad educativa.

Todos estos factores influyen de forma decisiva en cómo se integran los juegos en el proceso de aprendizaje, pero no existe de un modelo específico que estructure todas estas ideas y pueda servir como guía para la integración. Debido a estas limitaciones, el primer objetivo de este trabajo se enuncia como:

**Objetivo 1.** Definir un modelo conceptual para la integración videojuegos en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) que facilite la participación de los educadores y maximice el aprovechamiento de sus características específicamente educativas.

Este modelo conceptual debe contribuir a reducir el impacto sobre el educador, equilibrando la sobrecarga de trabajo y los beneficios educativos derivados de la integración de los videojuegos educativos en diseños de aprendizaje. Con el objetivo de proveer una solución integral, el modelo conceptual propuesto debe abordar la integración de los videojuegos de manera aislada y de manera combinada. Es decir, aparte de del despliegue directo, debe tener entender también los videojuegos como una actividad educativa dentro de una secuencia de aprendizaje que agrupa un conjunto de actividades que comparten datos sobre el rendimiento de los alumnos. Así, será posible proporcionar una experiencia educativa.

### **3.1.2. Propuesta de arquitectura y soluciones tecnológicas**

Es esperable que el modelo conceptual propuesto como parte del **Objetivo 1** no sea inmediatamente aplicable. La integración efectiva de los videojuegos educativos en los EVAs (aprovechando sus capacidades como herramienta de evaluación) puede resultar positiva, pero presenta dos problemas tecnológicos principales que hay que abordar.

Por un lado, a la hora de integrar un juego en un EVA se debe identificar qué estándar/especificación utilizará para almacenar datos y cómo los juegos intercambiarán

información con el EVA. Dada la situación actual, con varios estándares disponibles y en evolución, no es posible garantizar la plena interoperabilidad de los contenidos interactivos.

Por otro lado, al desarrollar videojuegos educativos adaptables y evaluables que se integren con los EVAs, es necesario mantener un modelo de datos persistente de cada alumno y definir cómo adaptar la experiencia de juego de acuerdo con ese modelo de usuario. Si estos mecanismos son programados *ad-hoc* en el juego, la inversión podría llegar a ser inútil en el caso de que los educadores necesiten modificar el comportamiento de adaptación y evaluación del juego (e.g, si el juego se va a utilizar en un nuevo contexto educativo). Esto se podría solucionar si los instructores pudieran configurar la adaptación y la evaluación del juego a su antojo y conectar el juego con un EVA para resolver el problema de la persistencia del modelo del estudiante.

Desde un punto de vista técnico, se requieren herramientas de apoyo que faciliten estos procesos y abstraigan su complejidad de cara a los educadores. Además, dichas soluciones deben ser escalables y ampliables, por lo cual no es suficiente programar un conjunto de herramientas de integración, sino que hace falta además una arquitectura extensible. Por tanto, el segundo objetivo de este trabajo se enuncia como:

**Objetivo 2.** Proponer una arquitectura que reduzca las dificultades tecnológicas derivadas de la integración de juegos en EVAs e implementar herramientas tecnológicas de apoyo.

Este objetivo aspira a aliviar la carga técnica de la puesta en práctica de las ideas del modelo conceptual para la integración, ofreciendo soluciones que permitan al educador centrarse en el diseño instruccional y en el valor educativo y no en los detalles tecnológicos de las herramientas y estándares.

### **3.1.3. Validación de la solución mediante casos de estudio.**

Como toda nueva tecnología que se lleva al aula, la solución propuesta en el segundo objetivo necesita de una validación desde un doble punto de vista. Por un lado, se debe comprobar el potencial educativo de la solución propuesta, asegurando que suponga una ayuda en la mejora en términos de adquisición de conocimientos o competencias. Por otro lado, se debe realizar un estudio de su aplicabilidad en el entorno real, enfrentándose a las distintas barreras que se pueden encontrar en la práctica real, así como de la aceptación del enfoque y del modelo conceptual por parte de los educadores, los cuales serán los usuarios finales.

Con este propósito se plantea el tercer objetivo del estudio:

**Objetivo 3.** Validar el modelo conceptual, la arquitectura y las herramientas de apoyo propuestas mediante casos de estudio que analicen el potencial educativo, la aplicabilidad en entorno real y la aceptación por parte de los educadores.

Para la realización de este objetivo se planteará un conjunto de casos de estudio que permitan la validación de los distintos aspectos.

## 3.2. Planteamiento del trabajo

Para alcanzar los tres objetivos mencionados en la sección anterior, se proponen distintas tareas y actividades de investigación y desarrollo. Las siguientes subsecciones detallan las ideas generales de cómo se han abordado cada uno de los objetivos. Los detalles concretos de cómo se han desarrollado las soluciones se encuentran en los artículos que forman el núcleo de esta tesis, tal y como se describe en el Capítulo 4.

### 3.2.1. Modelo conceptual de integración de videojuegos

Para abordar el primero de los objetivos planteados, se propone un modelo conceptual para la integración de videojuegos educativos en EVAs que incluye dos componentes diferenciados:

- **Modelo General de Integración:** Partiendo del estudio de soluciones estandarizadas, se proponen distintos modelos de integración de juegos. Estos modelos tienen en cuenta diferentes aproximaciones de despliegue y comunicación con los EVAs, y cómo utilizarlas de manera combinada para potenciar las características educativas presentes en los juegos.
- **Metodología de trabajo:** Siguiendo esta metodología, los educadores podrán participar en la creación y modificación de cursos que utilicen videojuegos educativos permitiendo evaluar al alumno, y utilizar dicha información para adaptar la secuencia de actividades de manera consecuente. La metodología de trabajo debe tener en cuenta la posibilidad de compartir las secuencias creadas con la comunidad educativa.

Tanto el modelo de integración como la metodología de trabajo se presentan con más detalle en la sección 4.1.

### 3.2.2. Arquitectura general

Tomando como punto de partida el modelo conceptual de integración de videojuegos surgen una serie de requisitos a tener en cuenta a la hora implementar las herramientas de apoyo necesarias para facilitar la tarea de integración a los educadores.

Como hemos mencionado en la sección 3.1.2, de cara a aplicar el modelo propuesto resulta necesario ocultar la complejidad relacionada con la definición de la evaluación del rendimiento de alumno y de la adaptación del juego en función de su perfil. Por otro lado, se debe aliviar la complejidad relacionada tanto con el despliegue del juego en el EVA como con el intercambio de información.

Por estos motivos, el diseño de la arquitectura aspira a proporcionar una capa de abstracción que permita crear juegos educativos con características evaluativas y adaptativas que sean compatibles con el mayor rango posible de EVAs y sin comprometerse a un modelo educativo específico. Esto ofrece la posibilidad de reutilizar los juegos en diferentes EVAs y para distintos contextos educativos. El objetivo es que la arquitectura sea aplicable cuando los EVAs sean

compatibles con diferentes familias de estándares de contenidos digitales educativos e incluso cuando no implementen estándares (mediante soluciones *ad-hoc*).

Para conseguir esta abstracción, se propone una arquitectura en la que cada juego incluye dos módulos: un *módulo de comunicación* y un *módulo de adaptación y evaluación*. Cada módulo se ocupa de uno de los problemas que dificultan la interoperabilidad: el EVA y el juego respectivamente. Por otro lado, el Módulo de Adaptación y Evaluación trabaja en un nivel de abstracción más próximo al juego, aportando funciones de seguimiento, evaluación y adaptación, características específicas del alumno (extraídas del perfil de estudiante en el EVA).

### **3.2.3. Implementación de la arquitectura**

Todavía dentro del Objetivo 2, para la implementación la arquitectura se ha elegido la plataforma de autoría de juegos educativos eAdventure (Torrente et al., 2010). Esta plataforma fue creada con el fin de facilitar la introducción de los videojuegos y de simulaciones basadas en juego en el proceso de enseñanza-aprendizaje. eAdventure está orientada a los educadores y ya aborda algunas de las barreras que dificultan la generalización los juegos en educación como, por ejemplo, la evaluación del rendimiento del alumno.

eAdventure consta de un editor para crear los videojuegos y de un motor para ejecutarlos. Ambos componentes desempeñan papeles diferentes en lo que respecta a la arquitectura propuesta. Por un lado, se plantea incluir el módulo de comunicación bidireccional con los EVAs en el motor de juego. Por otro lado, la funcionalidad del editor del juego se extiende para permitir la configuración de los dos módulos (módulo de comunicación y módulo de adaptación y evaluación). Además, para hacer frente a los problemas técnicos relacionados con la distribución on-line de los videojuegos (Burgos, Tattersall, & Koper, 2007) se propone incluir distintos perfiles de exportación en eAdventure para los estándares implementados.

### **3.2.4. Implementación de herramientas de apoyo a la metodología de trabajo**

La metodología de trabajo descrita como parte del Objetivo 1 de esta tesis, contempla que el EVA permita la creación, ejecución y compartición de secuencias de actividades. Como parte del Objetivo 2, se aspira a operacionalizar la metodología aportando herramientas que faciliten los procesos de trabajo propuestos.

Desde un punto de vista técnico, se propone complementar la metodología con desarrollos de herramientas de apoyo concretas para plataformas específicas. En concreto se realiza la integración del EVA LAMS y la plataforma eAdventure mediante el desarrollo de:

- Un módulo específico para la integración de juegos eAdventure en LAMS.
- Un módulo de comunicación en eAdventure que implemente el protocolo de intercambio de datos entre el juego y la nueva actividad LAMS.

Dichos módulos ofrecerán una implementación de referencia de las herramientas de apoyo, permitiendo poner en práctica la metodología de trabajo (aunque ésta no tenga por qué limitarse exclusivamente a las herramientas desarrolladas).

### **3.2.5. Validación de la solución mediante casos de estudio**

Con el objetivo de validar la solución propuesta, es necesario desarrollar un conjunto de casos de estudio que ilustren la aplicabilidad y viabilidad del modelo conceptual y de las herramientas de apoyo.

El primer paso será la validación del modelo general de integración. Para esto, se llevarán a cabo casos de estudio que validen la aplicabilidad y el potencial educativo de los diferentes modelos de integración que componen el modelo general. Estos casos se usarán también para evaluar la metodología de trabajo.

No obstante, no hay que perder de vista que el objetivo principal de la metodología de trabajo es facilitar la participación de los educadores en el proceso de integración. Por ello, la validación de las herramientas de apoyo a la metodología de trabajo necesitará de otro caso de estudio desarrollado en colaboración con educadores. De esta forma se comprobará la aceptación de la solución conceptual y de las herramientas de apoyo por parte de este colectivo, a la vez que se valida la aplicabilidad y el potencial educativo (en términos de evaluación del juego y uso de esta información para modificar la secuencia de actividades de manera acorde).

Por último, se procederá a validar las herramientas de apoyo que implementan la arquitectura general de integración. Puesto que el objetivo principal de la arquitectura es potenciar la interoperabilidad de juegos a la vez de que se esconden los detalles técnicos, se deberá definir un caso de estudio que valore la dificultad de integrar un mismo juego en al menos dos EVAs que implementen estándares diferentes.

## **3.3. Conclusiones**

Con el propósito de integrar de manera efectiva los videojuegos en el flujo educativo y de facilitar la participación de los educadores en este proceso, hemos propuesto tres objetivos principales:

1. Definir un modelo conceptual para la integración videojuegos en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) que facilite la participación de los educadores y maximice el aprovechamiento de sus características específicamente educativas.
2. Proponer una arquitectura que reduzca las dificultades tecnológicas derivadas de la integración de juegos en EVAs e implementar de herramientas tecnológicas de apoyo.
3. Validar el modelo conceptual, la arquitectura y las herramientas de apoyo propuestas mediante casos de estudio que analicen el potencial educativo, la aplicabilidad en entorno real y la aceptación por parte de los educadores.

Para abordar estos objetivos se han planteado el conjunto de tareas a realizar como parte de este trabajo de tesis doctoral. Todas estas tareas quedan cubiertas en los distintos artículos que se incluyen como parte central de esta tesis. En el capítulo 4 se aporta una discusión integradora de los mismos, describiendo cómo los distintos artículos abordan los distintos objetivos y tareas descritas en este capítulo. Posteriormente, el Capítulo 5 resume las conclusiones del trabajo y el grado de cumplimiento de los distintos objetivos, además de identificar las líneas de trabajo futuro más prometedoras que se derivan de este trabajo.



## Capítulo 4. Discusión integradora

En este capítulo se describe cómo los artículos que forman el núcleo de la tesis doctoral cubren los distintos objetivos planteados en el capítulo anterior. El capítulo se organiza en tres secciones principales, que describen respectivamente cómo cada uno de los artículos presentados contribuye a cubrir las tareas planteadas en la sección 3.2. Los artículos completos se pueden consultar en el capítulo 6.

### 4.1. Modelo conceptual para la integración de videojuegos

Como se menciona en el capítulo anterior, las contribuciones en relación al **Objetivo 1** (modelo conceptual de integración) se dividen en dos partes: por un lado, la definición de un modelo general de integración de juegos y, por otro, la definición de una metodología de trabajo para la integración de juegos en los procesos formativos.

#### 4.1.1. Modelo general de integración

El modelo general de integración se presenta en el artículo *Using e-Learning standards in educational video games* (sección 6.1), donde se propone cómo aprovechar el modelo de Objeto de Aprendizaje (OA) y los estándares de e-learning existentes para encapsular juegos de modo que se puedan desplegar con comunicación activa con el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA). Este modelo general se especializa a su vez en tres modelos diferenciados (ver Figura 13) en función de los distintos estándares y especificaciones (ver Figura 14) en los que se basan, de los requisitos que necesita y de las capacidades que ofrecen:

**Modelo de “caja negra”:** este modelo se basa en el uso de los estándares IEEE LOM e IMS-CP (ver secciones 2.1.2 y 2.1.3), cubriendo así el etiquetado del juego y su empaquetamiento. En este modelo, los juegos son considerados como piezas independientes de contenido que lanza el EVA sin activar ningún canal de comunicación y, por tanto, no puede recibir ni almacenar ninguna información sobre lo que ocurre en el juego. El juego se aloja en el EVA de modo que tiene que ser cargado en este sistema durante la creación del curso virtual. Desde una perspectiva técnica, los juegos deben ser desarrollados con tecnologías web (e.g. Flash, Java Applet o HTML 5).

**Modelo de “caja blanca”:** este modelo se basa en las ideas presentes en ADL SCORM, en las que los OAs son elementos activos no sólo cubriéndose el etiquetado y el empaquetado de contenido, sino que también se tiene en cuenta la comunicación activa entre el juego y el EVA. Este modelo parte de los mismos mecanismos para el despliegue y el etiquetado que utiliza el modelo “caja negra” (SCORM utiliza IMS-CP y IEEE LOM en su definición) y añade la definición del protocolo de comunicación y del modelo de datos CMI (ver Sección 2.1.4).

El modelo “desacoplado”: de manera similar al enfoque *mashup* aplicado en el desarrollo web, se basa en el despliegue de contenido distribuido y la interoperabilidad de herramientas y servicios ofrecidos por IMS-BLTI, IMS LTI v2 e IMS-CC (ver Sección 2.1.6). En este modelo, el EVA no almacena ni distribuye el juego, si no que accede a él mediante un servicio de ejecución y despliegue alojado en otro servidor, conocido como *proxy* de juego. Aunque el juego podría ser desplegado con o sin comunicación activa, estos servicios suelen proporcionar soporte para ello.

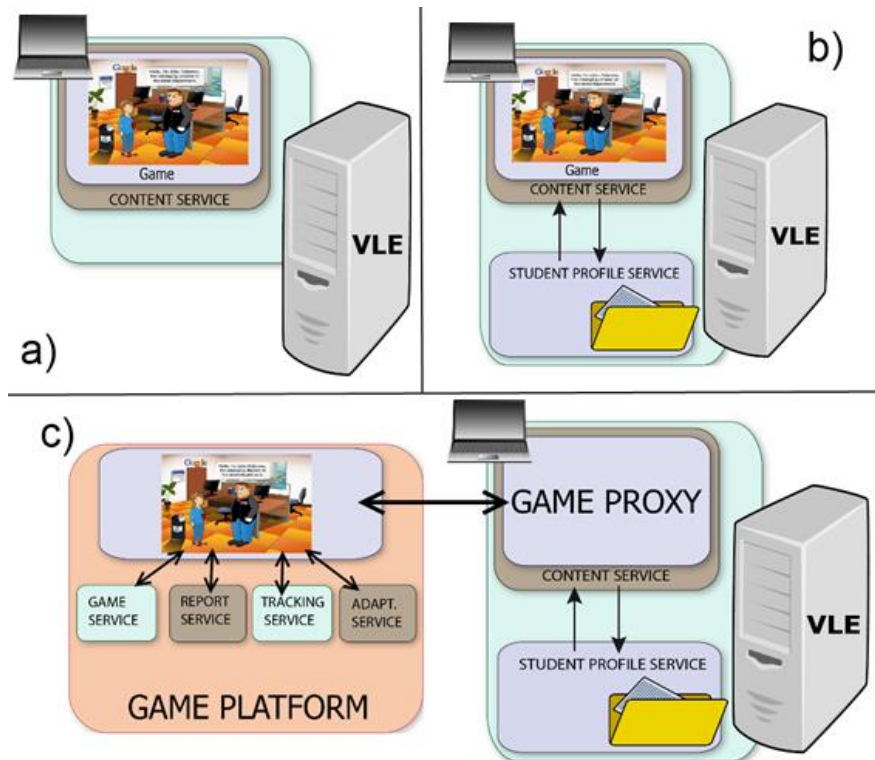


Figura 13. Visión conceptual de los tres modelos: a) modelo “caja negra”; b) modelo “caja blanca”; y c) modelo “desacoplado” (del Blanco et al., 2013).

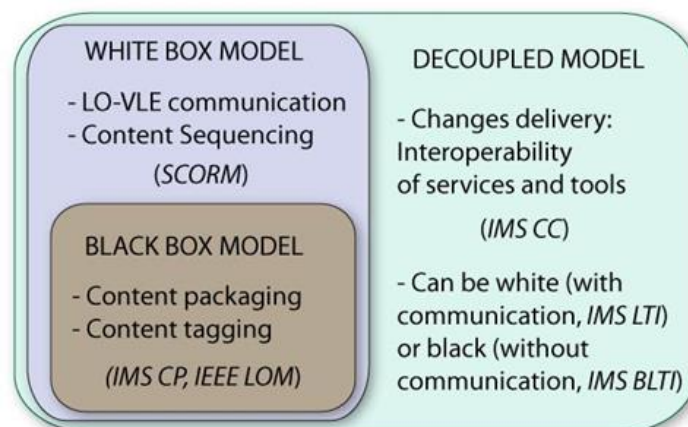


Figura 14. Relación entre los modelos de integración y los aspectos de interoperabilidad de los OAs, incluyendo los estándares de e-learning que apoyan cada modelo (del Blanco et al., 2013).

#### 4.1.2. Metodología de trabajo para la integración de juegos en procesos formativos

La metodología de trabajo se describe en el artículo *A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow* (sección 6.2) y tiene como objetivo facilitar la participación de los educadores en la creación, modificación y reutilización de los cursos que utilizan juegos educativos.

En la metodología de trabajo propuesta se asume que los juegos serán incluidos en secuencias de actividades complejas y se construye sobre tres objetivos principales: 1) definición de objetivos en el juego y su evaluación; 2) adaptación de la secuencia de actividades usando la información de evaluación extraída de los juegos; y 3) favorecer la reutilización de diseños de secuencias de actividades que usen juegos.

Para facilitar la conexión de los videojuegos con los planes de estudio existentes, se propone incluir como parte del diseño de los juegos la definición de los objetivos de aprendizaje. Además, los juegos deben incluir mecanismos para almacenar y comunicar la interacción del alumno en relación con el cumplimiento de los objetivos para utilizar dicha información con fines de evaluación.

Sin embargo, este nivel de análisis puede ser, en algunos casos, demasiado abstracto o requerir de un profundo conocimiento de la estructura interna del videojuego. Por este motivo, en la metodología se propone utilizar un conjunto de criterios predefinidos (Tabla 2) para la evaluación de los objetivos. Esta propuesta facilita a los educadores con poca experiencia en la aplicación de videojuegos el uso de la información extraída y se mejora su comprensión del juego. Esta información general puede ser complementada con más variables permitiendo definir una evaluación más detallada para aquellos educadores que tengan más experiencia en el uso de juegos.

Tabla 2. Criterios de evaluación predefinidos (Del Blanco et al., 2012).

Modelo de datos	Descripción
Puntuación global	Puntuación obtenida para el objetivo global del juego. Este valor se puede conseguir internamente mediante la combinación de los valores de cada objetivo parcial.
Compleitud del juego	“Sí” si el estudiante completó todo el juego, “No” si abandonó antes de completar el juego.
Tiempo total	Tiempo transcurrido desde que el alumno entra en el juego hasta lo finaliza o lo cierra.
Tiempo de juego	Tiempo de juego real. Se calcula restando al tiempo total el tiempo que el juego permaneció parado.

En relación con las ideas de Hannafin, Hill, & Land (1997), para adaptar dinámicamente el flujo de las experiencias de aprendizaje es necesario utilizar los resultados del rendimiento del alumno en algunas de las actividades propuestas en la lección. Esto requiere que el educador tenga en cuenta los datos de evaluación recopilados a lo largo de todo el proceso de aprendizaje y, en el caso de la metodología de trabajo propuesta, también los datos extraídos del juego.

En la metodología también se identifica, como un aspecto clave, la presencia de mecanismos que faciliten el intercambio de buenas prácticas en los diseños pedagógicos que incluyen juegos entre comunidades de educadores. Con este enfoque, además de las secuencias de actividades y el plan de trabajo se comparten también los propios juegos e información complementaria (i.e. objetivos educativos, diseño, evaluación dentro del juego, etc.). De esta manera se permite a futuros educadores entender y modificar los diseños pedagógicos y los juegos para amoldarlos a sus necesidades específicas.

Por último, la metodología incluye un flujo de trabajo que contempla estos aspectos clave de la integración de videojuegos (Figura 15). Los educadores diseñan sus propios cursos aprovechando el contenido existente y lo amoldan a sus escenarios educativos concretos. El resultado son experiencias de aprendizaje adaptativas de las que se puede almacenar y usa la información de evaluación proporcionada por los juegos.

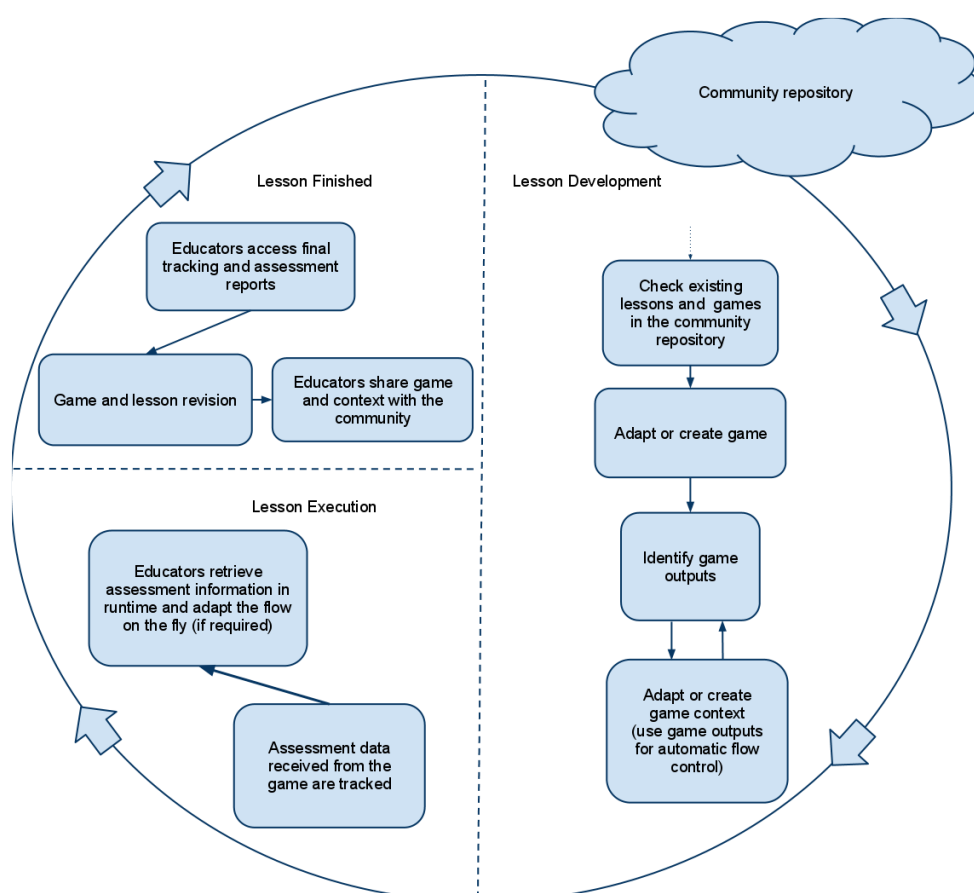


Figura 15. Flujo de trabajo para la integración de juegos en el flujo de la enseñanza (Del Blanco et al., 2012).

## 4.2. Arquitectura de integración e implementación de herramientas de apoyo

En relación con el **Objetivo 2** (definición de la arquitectura e implementación de las herramientas de apoyo), las contribuciones se dividen en tres partes:

1. Definición de una arquitectura middleware para la integración de juegos que permita abstraer los detalles de técnicos de los estándares, y su implementación en la plataforma de autoría de videojuegos educativos eAdventure.
2. Implementación del modelo general de integración en la plataforma eAdventure.
3. Implementación de herramientas de apoyo a la metodología de trabajo como una solución combinada de la plataforma de juegos eAdventure y el EVA LAMS.

#### **4.2.1. Arquitectura general para la integración de videojuegos e implementación en eAdventure**

En el artículo *Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games* (sección 6.3) se presenta la arquitectura middleware para integrar los videojuegos en EVAs abordando las barreras técnicas que plantea la integración.

La principal contribución de la arquitectura es resolver el problema del despliegue y de la comunicación entre el juego y EVA para que el desarrollo de los juegos sea lo más independiente posible de los estándares de interoperabilidad utilizados. Además, la arquitectura permite definir patrones de adaptación y de evaluación independientes del juego y/o del EVA concretos.

Para lograrlo, en el artículo se define el *Modelo de Datos Abstractos de Adaptación y Evaluación* sobre el cual se construyen los patrones de adaptación y evaluación en la arquitectura. Este modelo expresa acciones en términos genéricos que no dependen ni del juego concreto ni del EVA específico. Estas acciones están relacionadas, por un lado, con la evaluación del rendimiento del alumno en el juego y, por otro, con la adaptación del flujo del juego teniendo en cuenta el perfil del estudiante. Para ello, se utiliza un sistema de reglas (condición -> acción) de adaptación y evaluación. La condición utiliza los datos del modelo abstracto que definen el estado del juego y el estado del EVA respectivamente en un instante concreto de tiempo. La acción define cambios sobre el estado del juego y sobre el EVA respectivamente.

En la sección 3.2.2 ya se adelantaba el enfoque adoptado en la definición de la arquitectura, esto es, dividir el problema de la integración en dos: el *módulo de comunicación* trabaja con abstracciones orientadas al EVA y el *módulo de adaptación y evaluación* trabaja con abstracciones orientadas al juego (Figura 16).

El módulo de comunicación (MC) se encarga de recibir y enviar información al EVA mientras que el módulo de adaptación y evaluación (MAE) es el encargado de recopilar información de evaluación y de modificar el juego (Figura 17). Por un lado, el MAE recibe la información del perfil del alumno del EVA a través del MC y los traduce a términos del modelo de datos abstractos para comprobar las condiciones de las reglas de adaptación y modificar el estado de juego en caso de que se cumplan. Por otro lado, el MAE observa el estado del juego para enviar información de evaluación al EVA a través del MC cuando se cumple alguna de las reglas de evaluación definidas.

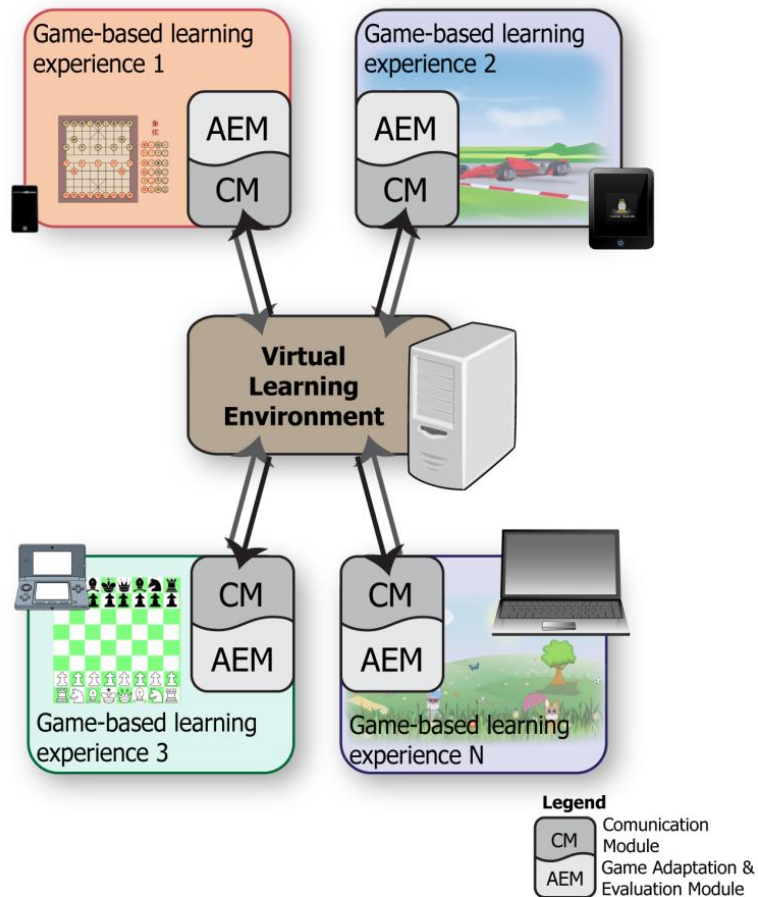


Figura 16. Vista general de la arquitectura: los videojuegos y EVAs se pueden conectar utilizando diferentes protocolos de comunicación.

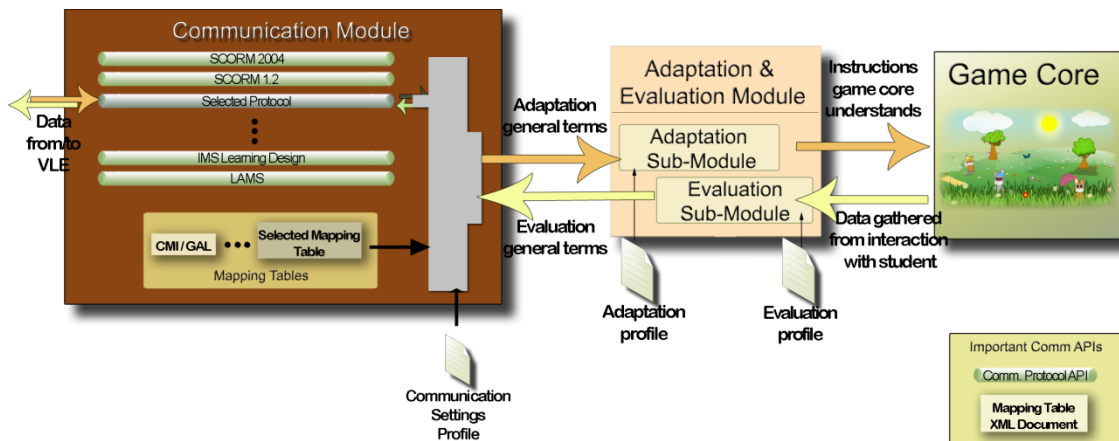


Figura 17. Secuencia de comunicación bidireccional de la arquitectura (del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010).

Como parte de este artículo y para probar la viabilidad de este enfoque, se implementó la arquitectura en la plataforma de autoría juegos eAdventure. En la actualidad, la implementación de la arquitectura permite crear juegos con distintos perfiles de evaluación y adaptación que usan los estándares IMS CP, ADL SCORM versiones 1.2 y 2004 y que se

pueden integrar en el EVA LAMS, el EVA GAMETEL (Fontenla, Pérez, & Caeiro, 2011), el EVA WebCT y el repositorio de contenidos AGREGA (SCORM 2004 con LOM-ES).

La plataforma de autoría eAdventure consta de un editor para desarrollar juegos y un motor para ejecutarlos. El desarrollo la arquitectura ha consistido, a grandes rasgos, en la implementación del MC en el motor y las opciones de configuración de la arquitectura en el editor. Cabe destacar que en el desarrollo del MC se ha tenido muy en cuenta la flexibilidad, de forma que se puede extender y añadir nuevas implementaciones de estándares de manera sencilla.

eAdventure incluye el concepto de perfiles de adaptación y evaluación en los que se pueden añadir reglas (como las descritas en la definición de la arquitectura) para definir el comportamiento de estos mecanismos. Por tanto, la tarea de implementación del MAE no se realizó desde cero, si no que consistió en conectar los mecanismos de eAdventure con el MC.

Las tareas de desarrollo quedan englobadas en los siguientes grupos:

- **Módulos de comunicación:** cada módulo incluye la implementación de los protocolos de comunicación y la definición del modelo de datos, en caso de que el estándar lo incluya. Cuando el modelo de datos no esté predefinido, el autor del juego puede definirlo en la configuración del MAE.
- **Soporte para metadatos:** implementación de editores para los metadatos incluidos en los estándares a los que se da soporte (IMS Learning Resource v1.2, IEEE LOM y LOM-ES). Debido a la gran cantidad de campos de los estándares de metadatos, el editor de metadatos de eAdventure da soporte a aquellos metadatos que se ha considerado que tienen mayor relevancia en el campo de los videojuegos y los metadatos requeridos para el repositorio AGREGA.
- **Configuración de la arquitectura:** para la configuración del MAE de la arquitectura se han modificado los perfiles de adaptación y evaluación teniendo en cuenta las peculiaridades de los estándares implementados. Estos perfiles permiten elegir a los educadores un estándar concreto a utilizar. Por otro lado, al seleccionar el estándar se activa un módulo de comunicación específico dentro del MC, el cual provee un protocolo de comunicación y vincula el modelo abstracto de datos utilizado en los perfiles con el modelo de datos fijado por el estándar.
- **Perfiles de exportación:** los perfiles de exportación integran el proceso de creación de juegos al empaquetar en una única operación el motor, el juego, los metadatos y la configuración requerida de la arquitectura de acuerdo al estándar seleccionado.

#### **4.2.2. Implementación del modelo general de integración**

En el artículo *Using e-Learning standards in educational video games* (sección 6.1), se aborda cómo la implementación de la arquitectura en eAdventure cubre los tres modelos de integración de los que se compone el modelo general:

**Modelo “caja negra”:** empaquetamiento de los juegos mediante IMS-CP, el cual no incluye la posibilidad de intercambiar datos con el EVA. Los juegos empaquetados siguiendo este perfil de exportación incluyen el motor de juego como un fichero tipo .JAR, otro fichero de manifiesto en el que se describe la estructura del contenido en la que se define un solo contenido educativo (el juego eAdventure) y los metadatos asociados (IEEE LOM).

**Modelo “caja blanca”:** empaquetamiento de los juegos mediante SCORM (tanto v1.2 como 2004) permitiendo el intercambio de datos con el EVA. En este sentido, todo paquete de contenidos SCORM, usa IMS-CP para el empaquetamiento, y para los metadatos IMS Learning Resource v1.2 e IEEE LOM para las versiones 1.2 y 2004 de SCORM respectivamente. Además, se añade un fichero ECMAScript utilizado por el motor del juego eAdventure para llevar a cabo la comunicación con el EVA. Finalmente, el modelo de datos de SCORM se utiliza para reflejar en el EVA la evaluación del estudiante durante la experiencia de juego. La edición del modelo de datos SCORM queda encapsulada mediante el perfil de evaluación y de adaptación para ocultar los detalles técnicos.

**Modelo “desacoplado”:** Exportación “Gametel” (Fontenla et al., 2011). En el proyecto Gametel se desarrolló un EVA específico el cual integra un conjunto de herramientas externas mediante IMS-BLTI. Para el despliegue de los juegos eAdventure en este EVA se desarrolló un servicio de despliegue siguiendo dicho estándar. Este servicio permite además el intercambio de los resultados entre el juego y el EVA para definir condiciones sobre la disponibilidad de otras herramientas y/o actividades en el sistema.

Por último, en este artículo se detalla cómo proceder a la configuración de la arquitectura en el editor de juegos eAdventure para conseguir la exportación de los juegos siguiendo cada uno de los tres modelos.

#### **4.2.3. Implementación de las herramientas de apoyo de la metodología de trabajo**

Las contribuciones técnicas relacionadas con este apartado se describen en dos de los artículos aportados. Por un lado, en el artículo *Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS* (sección 6.4) se presenta la descripción conceptual de la implementación de las herramientas de apoyo a la metodología.

En el artículo se describe la creación en LAMS de una nueva herramienta para la gestión de juegos eAdventure, la cual está públicamente disponible desde la versión 2.3.5. La herramienta permite realizar las siguientes tareas:

- En la *Vista de Autoría* es posible añadir un juego a la secuencia educativa de LAMS (Figura 18.a), previsualizar su ejecución y definir un conjunto de condiciones sobre las salidas del juego (Figura 18.b) para controlar el flujo (e.g. tomar decisiones automáticas en las bifurcaciones y puntos de parada (Figura 18.c)).

- En la *Vista de Ejecución* se lanza el juego eAdventure, estableciéndose un canal de comunicación entre el juego y la actividad que incluye el juego eAdventure para intercambiar datos sobre el alumno.
- En la *Vista de Monitorización* el educador puede observar la interacción de los estudiantes con el juego y sus accesos a las actividades, así como modificar las condiciones, la secuencia y/o las instrucciones que se adjuntan a cada juego. El educador también tiene acceso en esta vista a los informes de evaluación generados por los juegos eAdventure, de forma que puede acceder a la información de evaluación en tiempo de ejecución permitiendo realizar un control de flujo supervisado.

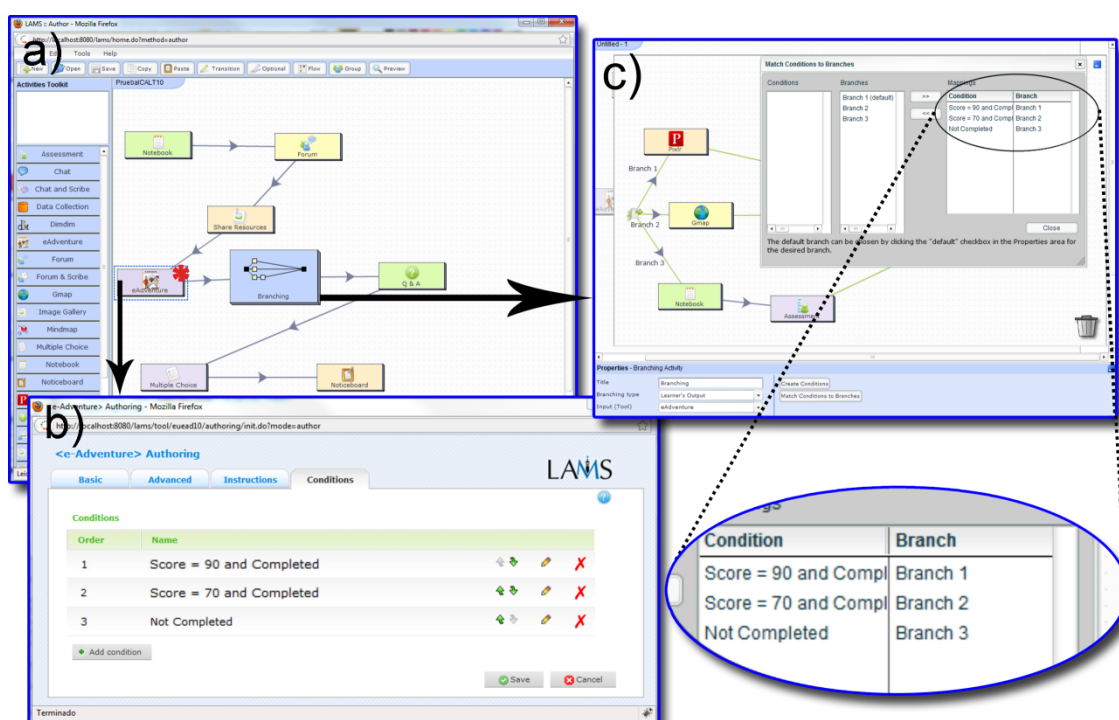


Figura 18. (a) muestra una secuencia de actividades que incluye un juego de eAdventure (\* en la figura) en la vista de autoría de LAMS. Al hacer clic en la actividad eAdventure, la se abre el diálogo de las edición de condiciones (b). (c) muestra las cómo vincular diferentes caminos de una bifurcación en la secuencia a las condiciones sobre las salidas en el juego (Del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010).

Por otro lado, en el artículo *Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS* (sección 6.5) se describen los detalles técnicos del desarrollo de las herramientas de apoyo a la metodología (Figura 19), es decir, las tareas de implementación llevadas a cabo en eAdventure y LAMS.

Por un lado, se desarrolló una actividad eAdventure en LAMS siguiendo su arquitectura modular, conocida como LAMS 2 Tool Contract (Ghiglione & Dalziel, 2007). Además de las características generales que incluyen todas las actividades LAMS, se implementaron un conjunto de características específicas de la nueva actividad eAdventure. Al añadir el juego en la herramienta de autoría, la actividad eAdventure lee las variables de comunicación (i.e. nombre y tipo) definidas durante el proceso de creación del juego, con objeto de permitir al educador describir condiciones de control de flujo sobre ellas. Además, la actividad eAdventure

permite utilizar la variable global “completitud de juego” (ver Tabla 2) para condicionar la aparición del botón de siguiente actividad en la secuencia desde la vista de Ejecución.

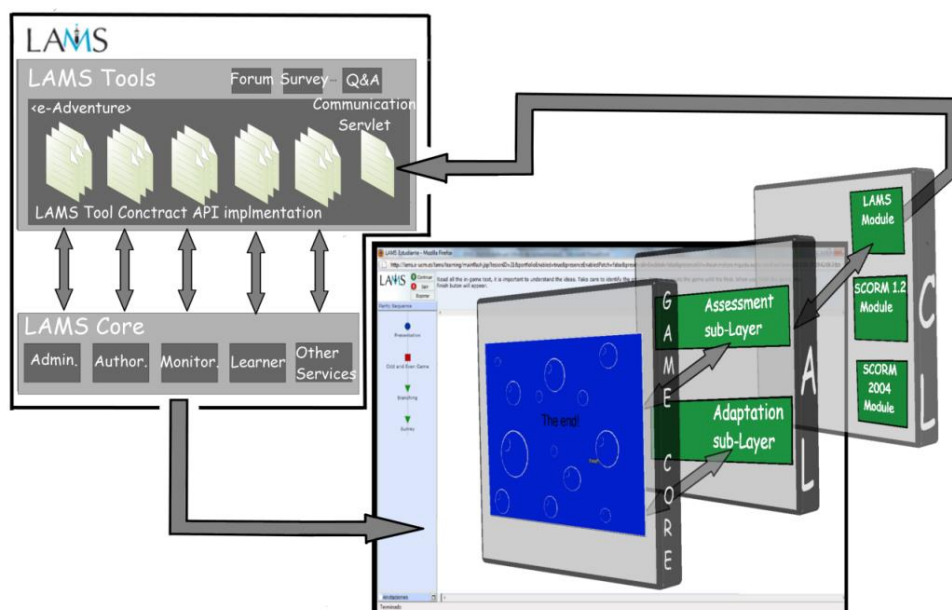


Figura 19. Diagrama que muestra la implementación de las herramientas de apoyo dónde la arquitectura de integración de eAdventure se extiende para comunicarse con la actividad eAdventure en LAMS (del Blanco, Torrente, Marchiori, et al., 2010).

Por otro lado, en la arquitectura de integración de eAdventure se ha desarrollado un nuevo MC de la arquitectura cumpliendo los requisitos marcados por LAMS 2 Tool Contract. Este módulo permite la comunicación con la actividad eAdventure en LAMS siguiendo un protocolo REST (Fielding & Taylor, 2002). Además del módulo de comunicación, se ha desarrollado también un nuevo perfil de exportación específico para LAMS en la herramienta eAdventure. La exportación del juego sigue la especificación IMS-CP con metadatos IEEE LOM pero con un archivo adicional que contiene las variables de evaluación y sus tipos (e.g. booleanos, numéricos) extraídas del perfil de evaluación.

### 4.3. Estudio de validación mediante casos de estudio

En la sección 3.2.5 se describen los requisitos que deben validarse para cumplir con el tercer objetivo de este trabajo de tesis. Los objetivos de validación son alcanzados mediante el siguiente conjunto de casos de estudio:

1. Un caso de estudio para poner en práctica y validar el modelo “caja blanca”. El modelo de “caja negra” no se valida explícitamente ya que, por su definición, es un caso particular del de “caja blanca”.
2. Un caso de estudio para poner en práctica y validar el modelo “desacoplado” de integración así como la implementación de las herramientas de apoyo de la metodología siguiendo dicho modelo.
3. Un caso de estudio en colaboración con educadores para validar la aplicabilidad de la metodología de trabajo de integración de juegos en entornos reales.

4. Un caso de estudio para validar la implementación de la arquitectura general de integración.

#### **4.3.1. Caso de estudio 1: validación del modelo “caja blanca” de integración**

El primero de los casos de estudio se encuentra en el artículo ya mencionado *Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games* (sección 6.3), donde se presenta la validación del modelo “caja blanca” mostrando un uso avanzado de las características de evaluación.

El caso de estudio se utiliza el juego eAdventure “La gran fiesta”, desarrollado en colaboración con los educadores de la Fundación Prodis para el proyecto nacional I+D eduWAI. El objetivo del juego es fomentar el desarrollo de habilidades sociales como parte de la formación para la integración laboral de personas con discapacidad intelectual. El juego prepara a los estudiantes para un evento social organizado por la empresa donde trabajan. Para completar el juego los estudiantes deben superar cinco objetivos relacionados con la higiene personal, la ropa, los principios buen comportamiento (e.g. saludar correctamente) y el uso de los recursos comunes.

“La gran fiesta” incluye cinco objetivos generales que fueron divididos en 42 sub-objetivos diferentes, asignando una regla de evaluación a cada uno de ellos. Cada sub-objetivo refleja un conjunto de interacciones del usuario que son educativamente relevantes. Además, las reglas añaden anotaciones acerca de la consecución de los objetivos y sub-objetivos en el informe de evaluación. El perfil de evaluación se configuró para enviar también el informe de evaluación a Moodle a través de SCORM.

Este caso de estudio ilustra del potencial de eAdventure para modelar evaluaciones complejas definidas por los educadores. Además, esta información queda recogida en el EVA tras configurar la arquitectura de integración implementada en eAdventure. Los educadores disponen de diferentes niveles de información en el EVA, ya que pueden utilizar el informe de evaluación para hacerse una idea general del resultado del uso del juego y, si quieren acceder a más información, pueden consultar los datos enviados por cada regla de evaluación al EVA.

El juego fue integrado en la plataforma eduWAI<sup>17</sup>, que está basada en Moodle 2.0, como una actividad SCORM 2004 con el objetivo de comunicar la información de la evaluación generada por el juego. Por tanto, se configuró la arquitectura de manera acorde con este estándar. El juego fue utilizado (Figura 20) por los educadores del curso de integración laboral en la fundación Prodis para validar el contenido, su utilidad y comprobar que la información de evaluación se recogía en la plataforma eduWAI. Posteriormente, el juego fue probado y evaluado por los alumnos.

---

<sup>17</sup> <http://demoeduwai.grupogesfor.com/>

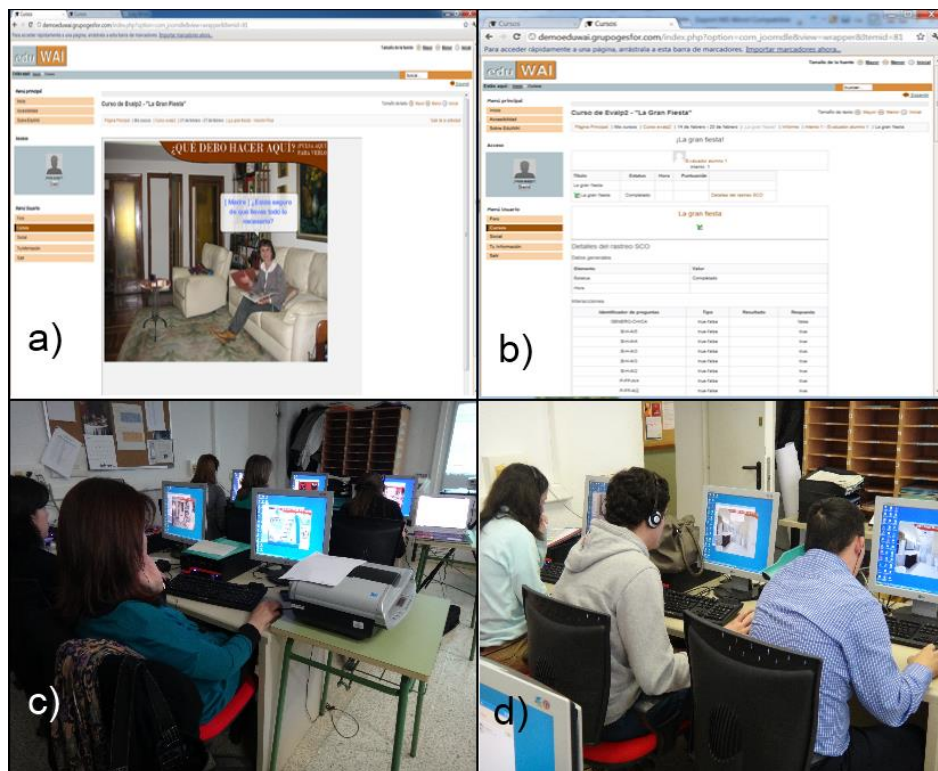


Figura 20. El juego “La gran fiesta” en el proyecto eduWAI. (a) juego desplegado en la plataforma eduWAI; (b) información almacenada en Moodle 2.0 siguiendo SCORM; (c) Validación del juego y de la evaluación con educadores; (d) Alumnos del curso usando el juego en clase.

#### 4.3.2. Caso de estudio 2: aplicabilidad de la metodología de trabajo

El segundo caso de estudio está recogido en *Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS* (sección 6.5), donde se ejemplifica la flexibilidad de las herramientas de apoyo a la metodología de trabajo y se valida la aplicabilidad del modelo “desacoplado”<sup>18</sup>. En este caso de estudio se detallan tres diseños alternativos muestran las posibilidades de control de flujo de las secuencias de actividades LAMS utilizando la información de evaluación que se puede extraer de los juegos eAdventure.

Siguiendo la filosofía de LAMS que aboga por la reutilización de diseños de aprendizaje, en el caso de estudio se adapta un diseño de aprendizaje extraído del repositorio de secuencias. El contexto educativo de la secuencia original estaba relacionado con los movimientos sociales en EE.UU. durante la década de los 50 y 60, dirigida a estudiantes de 11 años de edad. Para el caso de estudio concreto descrito en el artículo, se redefine la secuencia para amoldarla al contexto histórico español en 1492. Se mantuvo el diseño pedagógico subyacente de la secuencia, modificándose solamente el contenido educativo para adaptarlo a los planes de estudio objetivo: la conquista de Granada por los Reyes Católicos y el descubrimiento de América

<sup>18</sup> LAMS incluye varios plug-ins que permiten ejecutar las secuencias creadas en EVAs externos (e.g., Moodle, Sakai, Blackboard, etc.). Por tanto, las actividades LAMS (incluyendo la actividad eAdventure desarrollada para este sistema) se pueden utilizar en el contexto de otros cursos en otros EVAs, siguiendo un modelo mixto “desacoplado-caja blanca”.

El juego utilizado es “1492”, un juego educativo previamente por estudiantes de la UCM y desarrollado con eAdventure que aborda los hechos que ocurrieron en este año en Granada. El juego tiene un perfil de evaluación que utiliza las variables predefinidas (ver Tabla 2) y que genera un informe de evaluación. En el juego, la variable “puntuación” depende de las respuestas del estudiante en cada prueba en el juego. La variable “completado” no cambia hasta que el alumno alcance el final y demuestre tener un conocimiento básico de la materia.

A continuación se detallan los tres enfoques que permite la solución combinada de eAdventure y LAMS (los detalles concretos se pueden consultar en el artículo original):

**Enfoque 1:** en esta primera solución se añade una actividad LAMS de ramificación después del juego (Figura 21.a). Se definen tres condiciones (una para cada rama en el diseño educativo) sobre las variables “tiempo real del juego”, “completado” y “puntuación”. Si los estudiantes alcanzan una puntuación alta (e.g. puntuación  $\geq 80$ ) en menos de 15 minutos, la actividad de ramificación lleva al alumno a una actividad con material extra, en nuestro caso, con un resumen de los principales conceptos. Si los estudiantes alcanzan un nivel medio de conocimientos (e.g. puntuación entre 50 y 80) en un tiempo entre 6 y 20 minutos, la ramificación les lleva a una actividad para reforzar los conceptos. Si los estudiantes no cumplen ninguna de las condiciones anteriores, irán a una tercera rama con materiales complementarios de apoyo.

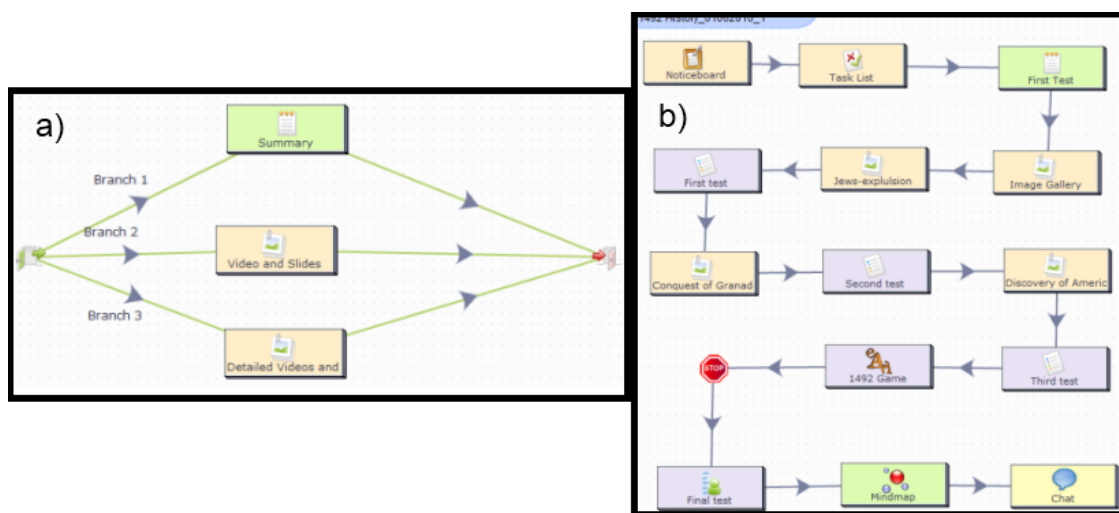


Figura 21. Detalles de la implementación de los enfoques en las secuencias LAMS: (a) detalle de la actividad de ramificación utilizada en el Enfoque 1; (b) secuencia LAMS completa con un punto de parada después del juego eAdventure

**Enfoque 2:** En la segunda solución, se añade un punto de parada de LAMS después del juego eAdventure (Figura 21.b). El punto de parada utiliza la segunda condición expresada en el Enfoque 1, lo que significa que el estudiante no podrá continuar hasta que su puntuación no se encuentre entre los valores deseados en un tiempo concreto. De esta manera el alumno se verá obligado a repetir el juego para alcanzar los requisitos mínimos expresados por la condición. En este caso se ha activado la opción de mostrar el informe de evaluación eAdventure cuando se completa el juego con el fin de proporcionar información de autoevaluación para que el

estudiante pueda identificar los principales errores cometidos y mejorar en la siguiente ejecución del juego.

**Enfoque 3:** En el tercer enfoque se ilustra el control de flujo supervisado por el educador. Por tanto, es aplicable a los dos enfoques anteriores, pero exige la participación del tutor en vez de realizarse automáticamente. En el enfoque 1, una vez terminado el juego el educador puede leer el informe de evaluación en la vista de Monitorización de LAMS y decidir cuál será la siguiente rama a seguir. Para gestionar la ramificación (enfoque 2), el educador decide si se debe forzar al estudiante a repetir el juego una vez consulte la información de evaluación.

### **4.3.3. Caso de estudio 3: validación de la metodología con educadores**

El tercer caso de estudio se incluye en el artículo *A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow* (sección 6.2), como complemento a la descripción técnica de la implementación de las herramientas de apoyo a la metodología de trabajo.

Este caso de estudio abarca el desarrollo de una secuencia de aprendizaje para la enseñanza del concepto matemático de paridad para estudiantes de educación primaria en la Escuela de Ramiro de Maeztu en Madrid (España). El desarrollo se realizó en colaboración con educadores de dicho colegio que estuvieron presentes en la sesión educativa y participaron en la creación del juego aportando la parte pedagógica (e.g. objetivos educativos en el juego, evaluación, etc.). El principal objetivo de esta experiencia fue establecer la viabilidad de la creación y ejecución de una secuencia de actividades con juegos por parte de educadores sin experiencia previa en esta tarea, y estudiar sus percepciones acerca de la factibilidad y utilidad de este enfoque.

El diseño de la sesión educativa tiene dos objetivos principales: (1) adquirir los conceptos de par e impar; y (2) reconocer números pares e impares y elementos asociados en ambos grupos. La lección fue implementada como una secuencia de actividades en LAMS con las siguientes actividades (Figura 22):

- Introducción de los conceptos principales.
- Juego eAdventure “Par e impar”: a través de la historia de dos tortugas, los alumnos deben resolver diferentes puzles para la identificación de los elementos pares e impares. Al final del juego se envía automáticamente la puntuación final y el informe de evaluación con información acerca de los errores, fecha y hora y el tipo de error a LAMS, donde el educador puede acceder a ellos.
- Actividades complementarias o de refuerzo: teniendo en cuenta el rendimiento del alumno en el juego, la secuencia llevará al alumno a actividades de refuerzo en el caso de que no haya demostrado los conocimientos mínimos sobre paridad o a otras actividades complementarias en caso de que se cumplan los requisitos mínimos.

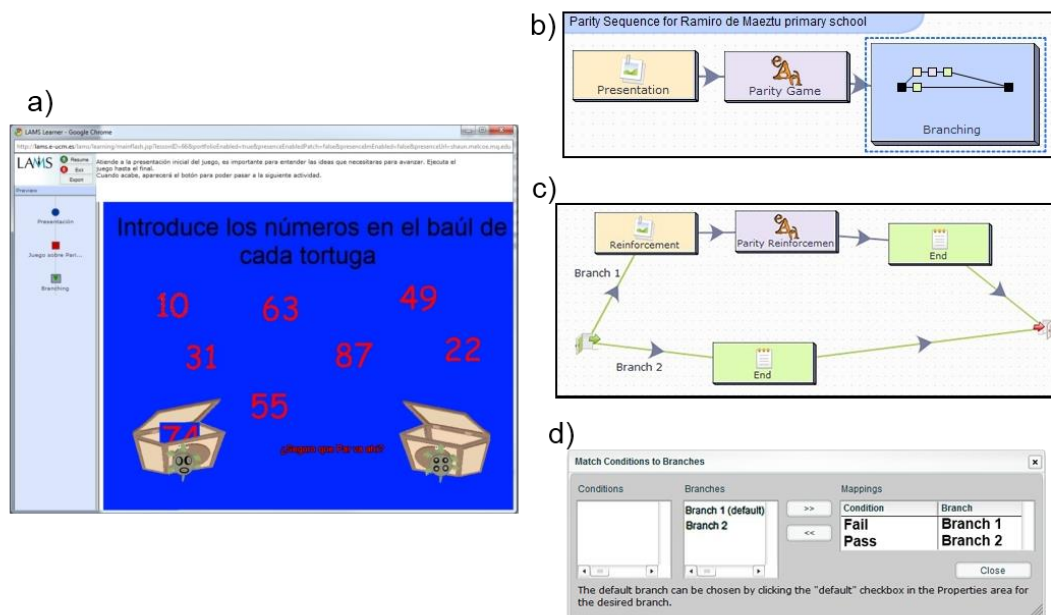


Figura 22. Detalle del caso de estudio desarrollado en colaboración con los educadores del Ramiro de Maeztu. (a) detalle del juego de eAdventure de paridad integrado en LAMS; (b) detalle de la secuencia de actividades; (c) detalle de la actividad de ramificación; y (d) detalle de la definición de las condiciones en función de las variables de evaluación de eAdventure.

Una vez terminada la experiencia con los alumnos se realizó una entrevista al educador y al director de estudios del centro para saber su opinión sobre el uso de los videojuegos en la educación. Los educadores señalaron la importancia de utilizar un enfoque interactivo y narrativo al proceso de evaluación, en lugar de una evaluación de tipo más tradicional. Comparando este nuevo enfoque con su modo habitual de trabajo, mostraron interés en utilizar juegos como instrumentos de evaluación para sus áreas temáticas.

En relación con el nivel de trabajo necesarios para el desarrollo de sesiones de este tipo, los educadores consideran complicada la tarea de la creación de juegos desde cero, no solo por el uso de la tecnología sino también por la dificultad que implica el diseño del juego (e.g. tener una idea interesante y motivadora para un juego). Sin embargo, valoraron como muy prometedora la modificación y adaptación de juegos previamente creados, con el matiz de que necesitarían formación antes de utilizar estas herramientas. Además, los educadores valoraron muy positivamente las posibilidades de evaluación de juegos eAdventure y los informes recogidos en LAMS. Los educadores consideraron que este método evaluativo les permite extraer más información que los exámenes convencionales en papel y lápiz. Además, destacaron como un aspecto fundamental para el uso de juegos en el aula, la posibilidad de cambiar el flujo de la secuencia teniendo en cuenta la información extraída de las actividades anteriores, tal y como lo hacen en sus clases con los alumnos.

#### 4.3.4. Caso de estudio 4: aplicabilidad de la arquitectura general de integración

El último caso de estudio se encuentra en el artículo *Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games* (sección 6.3) y tiene como

objetivo validar la implementación de la arquitectura general mediante la integración de un juego en dos EVAs distintos siguiendo dos soluciones diferentes basadas en estándares.

El juego utilizado en este caso de estudio es “Paniel and the Chocolated-Based Sauce Adventure”. El objetivo del juego es introducir técnicas de cocina con el chocolate como ingrediente principal. El juego incluye una prueba final que genera una nota. El perfil de evaluación incluye una regla que define, de manera abstracta, la acción “Enviar nota” cuando el usuario termina la prueba de evaluación.

El juego fue desarrollado originalmente para ser integrado en una unidad de aprendizaje creada con IMS-LD y más en particular que se ejecutara en la plataforma CopperCore a través del CopperCore Integration Service (CCIS) (Burgos, Moreno-Ger, Sierra, Fernández-Manjón, Specht, y. Koper, 2008). Como este módulo no define modelo de datos, se incluyó en el perfil de evaluación y se exportó el juego para ser integrado en este EVA.

Como segunda parte del caso de estudio, se procedió a exportar el juego para poder ser integrado en el EVA Moodle v1.9 mediante SCORM v1.2. Para ello en el módulo de comunicación los términos relacionados con el estado del juego en las reglas se expresan en términos de variables eAdventure. Los términos relacionados con el estado del EVA se expresan como elementos del modelo de datos SCORM v1.2. El editor de eAdventure asiste en el proceso de configuración del perfil proporcionando las partes del modelo de datos con las que se puede interactuar en cada caso. Por tanto, el desarrollador de juegos eAdventure sólo necesita conocer el flujo del juego (una tarea que está bien identificada en el editor) y tener nociones del modelo de datos de SCORM 1.2.

En caso de que el desarrollador quisiese distribuir el juego a través de una plataforma diferente, por ejemplo, SCORM 2004, la única tarea necesaria es la de modificar el perfil de evaluación, usando elementos del modelo de datos SCORM 2004 y exportarlo para esta especificación. Esta acción se realiza en el editor de manera automática con las nuevas opciones de configuración seleccionadas y siguiendo el formato impuesto por el estándar elegido. El juego en sí mismo no necesita ninguna modificación ni adaptación.

#### **4.4. Conclusiones**

Como núcleo principal de esta tesis se presentan cinco artículos que describen el trabajo realizado para abordar distintos aspectos de los objetivos definidos en el capítulo anterior. Estos artículos presentan tanto contribuciones conceptuales (i.e. modelos, metodología, arquitectura) para conseguir el objetivo principal, como contribuciones prácticas en las que se describe la implementación de herramientas de apoyo que dan soporte a los educadores en este proceso. Además se presentan el conjunto de casos de estudio que mediante la aplicación de las propuestas en escenarios diferentes han permitido evaluar la validez y aplicabilidad de las soluciones planteadas.

A lo largo de este capítulo se ha aportado una guía acerca de qué artículos cubren cada una de las tareas propuestas para cumplir los objetivos. En el próximo capítulo se resumirán las

principales conclusiones de dichos trabajos y se analizará el grado de cobertura de los distintos objetivos propuestos.



## Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se resumen, a modo de conclusión, las principales aportaciones realizadas en este trabajo de tesis. Además, se esbozan las líneas de investigación que quedan abiertas y que se plantean como trabajo futuro.

### 5.1. Conclusiones y principales aportaciones

El resultado principal de esta tesis es por un lado la propuesta de un modelo conceptual para la integración de videojuegos en el flujo educativo y por otro lado un conjunto de herramientas que hacen posible la aplicación del modelo conceptual por parte de educadores. Como parte inicial del trabajo de tesis se ha realizado un estudio del dominio para identificar los principales problemas y contextualizar el trabajo. Además, se ha llevado a cabo una validación del modelo conceptual y las herramientas de apoyo mediante la realización de un conjunto de casos de estudio.

En las siguientes secciones se hace un breve análisis de cada una de las aportaciones realizadas.

#### 5.1.1. Estudio del dominio

En primer lugar se ha desarrollado una amplia revisión de los distintos enfoques estandarizados para la interoperabilidad de contenidos educativos. En este estudio, identificamos el concepto de Objeto de Aprendizaje (OA) como el elemento conceptual central a partir del cual se definen los estándares que cubren la interoperabilidad de los contenidos educativos digitales. Se han analizado los estándares educativos existentes en términos de interoperabilidad en general así como de aplicación en videojuegos. De este análisis, cabe destacar las ventajas que ofrecen aquellas iniciativas que abogan por atacar todos los frentes del problema de la interoperabilidad de contenidos educativos como ADL SCORM e IMS Digital Learning Services, que cubren distintas vertientes del problema de estandarización de los OAs (i.e. etiquetado, empaquetamiento, despliegue, etc.).

A continuación, se ha realizado un estudio de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) como el elemento central de las experiencias educativas digitales. En el estudio se identifican las capacidades clave de un EVA desde un punto de vista de creación de contenidos, de evaluación y de adaptación de dicho contenido en función de las características específicas de cada alumno (e.g. rendimiento, estilo de aprendizaje, etc.).

Por último, se ha realizado un análisis de las características relevantes del uso de videojuegos en el ámbito de la educación, así como de las experiencias previas en el uso de juegos en el aula y de su integración en EVAs. A partir de este análisis se ha identificado el conjunto de problemas clave que están frenando su crecimiento, incluyendo la dificultad de alinear los juegos con los planes curriculares, el problema de extraer una evaluación precisa del rendimiento del alumno

y la ausencia de experiencias previas de introducción de juegos que se puedan emplear como referencia.

### 5.1.2. Modelo conceptual para la integración de videojuegos

El resultado principal de este trabajo de tesis es el modelo conceptual para la integración de videojuegos en EVAs que se ha planteado con el objetivo de atacar los problemas identificados en el estudio del dominio. En particular, se ha considerado adecuado centrar el trabajo en los siguientes frentes:

- Favorecer la integración de videojuegos en EVAs mediante soluciones estandarizadas.
- Favorecer la participación de los educadores en la creación, reutilización y modificación de secuencias de actividades con juegos.
- Explotar las características específicamente educativas de los juegos en términos de evaluación y adaptación.

El modelo general de integración se ha concretado en tres modalidades de integración de los juegos en los EVAs usando los estándares de interoperabilidad de OAs existentes. El modelo de “caja negra” es una aproximación simple pero limitada al no incluir comunicación, es decir, perdiendo información relevante acerca de la interacción del alumno con el juego. Este modelo es adecuado para las experiencias de juego donde el educador no necesita obtener información sobre el rendimiento del estudiante, como cuando los juegos se usan como meras actividades complementarias poco relevantes. Por otro lado, los modelos “caja blanca” y “desacoplado” son las soluciones más prometedoras. El modelo de “caja blanca” es más apropiado para los usuarios sin experiencia en el uso de las TIC aplicadas a educación. Esto es debido a que el modelo de datos ayuda a utilizar eficazmente la información extraída de los videojuegos, y presenta un modelo relativamente sencillo de entender desde una perspectiva educativa. El modelo “desacoplado” requiere un mayor conocimiento técnico, pero ofrece más oportunidades para los desarrolladores de juegos educativos ya que proporciona un buen equilibrio entre las características avanzadas (e.g. comportamientos de adaptación complejos) y la integración con EVAs.

El modelo de integración se ha complementado con la propuesta de una metodología de trabajo que se centra en la forma de facilitar la integración de los videojuegos en los centros educativos y, al mismo tiempo, en reducir al mínimo los problemas ocasionados por el uso de las nuevas tecnologías. Esta metodología permite además a los educadores aprovechar el potencial de los juegos en términos de evaluación del rendimiento del alumno, mostrando cómo utilizar esta información para adaptar el flujo de la secuencia de aprendizaje y así proporcionar una experiencia educativa adaptada a las necesidades específicas del alumno.

Por estos motivos, cabe considerar que el modelo conceptual puede satisfacer las necesidades identificadas, ofreciendo distintas modalidades de integración y una metodología concreta para guiar a los educadores y desarrolladores a la hora de integrar los juegos en el ámbito educativo. Esto cubre los requisitos planteados en el planteamiento del **Objetivo 1** de este trabajo.

### **5.1.3. Arquitectura e implementación de las herramientas de apoyo**

Una vez sentadas las bases conceptuales, se ha propuesto una solución tecnológica que hiciese posible aplicar la solución propuesta. En este sentido, primero se ha definido una arquitectura para la integración de juegos. Esta arquitectura abstrae las ideas de evaluación y adaptación contempladas en el modelo conceptual, ocultando los detalles técnicos de implementación de los distintos estándares. Asimismo, la arquitectura también ofrece un mecanismo modular para abstraer los detalles y modelos de datos de los distintos estándares posibles.

Utilizando esta arquitectura, el despliegue y la comunicación entre un EVA compatible con los estándares y un videojuego educativo es independiente del juego o estándar específico. Esto permite a los educadores crear o modificar juegos ya existentes sin tener que preocuparse por los detalles específicos de la integración.

De esta manera, los educadores pueden centrarse en el diseño de los aspectos relevantes desde un punto de vista pedagógico. La interoperabilidad, facilidad de mantenimiento y la reutilización de los contenidos quedan cubiertos en arquitectura gracias a la flexibilidad de su diseño el cual permite su extensión para cubrir nuevos estándares y nuevas estrategias de evaluación y adaptación.

Por otro lado, se ha llevado a cabo la implementación de un conjunto de herramientas de apoyo a partir de la plataforma de autoría de juegos eAdventure y en el EVA LAMS. En primer lugar, se implementaron los aspectos técnicos para la comunicación (i.e. protocolo de comunicación y modelo de datos) siguiendo distintos estándares en módulos independientes dentro del módulo de comunicación. Posteriormente, se ha usado el modelo de reglas de evaluación y adaptación implementado en eAdventure para aplicar los conceptos expuestos en el Modelo de Datos Abstractos de Evaluación y Adaptación. Así, una vez desarrollado el juego, sólo es necesario elegir el estándar y configurar de manera acorde los dos módulos para exportar el juego en el formato deseado.

La implementación en eAdventure se ha desarrollado de foma que pueda dar soporte a los tres modelos de integración (“caja negra”, “caja blanca” y “desacoplado”) así como a un conjunto de estándares amplio y de gran aceptación. Para ello, se han desarrollado un conjunto de perfiles de exportación para exportar los juegos siguiendo distintos estándares, permitiendo exportar los juegos como OAs compatibles con un amplio rango de EVAs. Además, se han incluido en el editor eAdventure paneles para la configuración de los parámetros de comunicación y la edición de los metadatos de empaquetamiento de los juegos, permitiendo su integración en diferentes EVAs y repositorios de contenido. Esto también permite la exportación de juegos pre-existentes como OAs siguiendo diferentes estándares, aumentando su reutilización a través de diferentes plataformas y protegiendo la inversión en su desarrollo.

Por último, el desarrollo realizado sobre el EVA LAMS facilita la creación y el seguimiento de diseños de aprendizaje, permitiendo modificar el flujo de secuencia de manera acorde a los resultados de los estudiantes en las actividades basadas en juegos.

Esta implementación también permite a los educadores tomar como punto de partida el diseño de las secuencias almacenadas en el repositorio LAMS y adaptarlas a las características específicas de su contexto educativo. Cabe destacar que no solo es posible adaptar las secuencias de actividades en sí (i.e. secuenciación de las actividades, actividades disponibles, etc.), sino que también se pueden modificar fácilmente los juegos que aparezcan dichas secuencias.

El resultado por tanto es una propuesta técnica junto con implementaciones de apoyo que da cobertura a los requisitos del **Objetivo 2** de este trabajo.

#### **5.1.4. Evaluación mediante casos de estudio**

Como toda nueva tecnología llevada al aula, nuestra propuesta de solución al problema de la integración de juegos necesita ser validada desde una doble perspectiva: el potencial educativo y aceptación de los educadores. Para llevar a cabo este proceso de validación se han realizado cuatro casos de estudio que validan el modelo general de integración, la metodología de trabajo y la arquitectura general utilizando las herramientas de apoyo que dan soporte a la solución presentada en este trabajo de tesis.

Los casos de estudio, cuyas principales aportaciones se describen en la sección 4.3, han demostrado la aplicabilidad en escenarios educativos reales de las distintas contribuciones de este trabajo.

Los resultados generales de estas experiencias han sido positivos. Desde un punto de vista técnico han demostrado la viabilidad del enfoque y la capacidad de la arquitectura y las herramientas para dar soporte al modelo propuesto. Desde el punto de vista de aplicabilidad en escenarios reales, los educadores han apreciado positivamente el equilibrio entre el esfuerzo de preparar y ejecutar la secuencia de actividades y la cantidad de información útil recopilada. También valoraron positivamente la posibilidad de adaptar la experiencia en tiempo de ejecución, y el nivel de control que tuvieron durante el proceso.

Por tanto, podemos considerar que a través de estos casos de estudio, hemos cubierto los requisitos de validación planteados como **Objetivo 3** de este trabajo.

## **5.2. Trabajo futuro**

Tras el trabajo realizado se han cubierto satisfactoriamente los objetivos planteados. El modelo propuesto, así como la arquitectura técnica y la implementación desarrollada, suponen una base sobre la que seguir construyendo. Aun así, el problema es amplio y el campo sigue avanzando, por lo que este trabajo abre a su vez nuevas líneas de trabajo futuro. A continuación se presentan las líneas de trabajo más relevantes y en las que identificamos que sería más prometedor invertir más esfuerzo en un futuro:

- Estudio de las nuevas propuestas de estandarización emergentes para investigar cómo tienen en cuenta algunas de las características específicas de los juegos. La nueva apuesta de ADL conocida como Training and Learning Architecture (TLA) es prometedora ya

que considera una mayor flexibilidad del modelo de datos, el intercambio de información y la personalización de los contenidos educativos.

- Diseño de una herramienta eAdventure que permita el despliegue distribuido para aprovechar los últimos avances en la familia de estándares IMS Digital Learning Services (DLS) en relación con el despliegue y la comunicación de datos. De esta manera se podría implementar un modelo “desacoplado” puro.
- Probar la aplicabilidad de la metodología de trabajo siguiendo estándares de e-learning como SCORM, TLA o DLS. Esto incluye comparar las ventajas e inconvenientes de estas aproximaciones contra las herramientas de apoyo a la metodología de trabajo implementadas.
- Generalizar las ideas acerca de la integración del juego en EVA a otros tipos de juego (e.g. MUVE, RPG, etc.) y a otros tipos de contenidos educativos interactivos. Para ello sería necesario la implementación de la arquitectura en diferentes motores de juego y en diferentes plataformas de autoría.
- Encontrar formas eficaces de utilizar los datos extraídos del juego con fines de evaluación y adaptación de la secuencia de actividades. Para ello es necesario realizar estudios adicionales con secuencias de actividades que presenten características de evaluación y adaptación más complejas y muestras de alumnos de mayor tamaño.
- Mejora de las posibilidades de personalización introducidos por la metodología, incluyendo el suministro de materiales adicionales para estudiantes avanzados y contenidos de recuperación para aquellos que no logran los objetivos de aprendizaje.
- Analizar las posibilidades del uso de los datos de evaluación y de datos de más bajo nivel (e.g. movimientos y clicks de ratón, tiempo en escenas, etc.) extraídos de la interacción del alumno siguiendo técnicas de Learning Analytics (Siemens & Long, 2011).

### 5.3. Notas finales

La comunidad académica está mayoritariamente de acuerdo en el enorme potencial del uso de juegos educativos para mejorar los procesos de aprendizaje, pero a día de hoy seguimos sin observar una adopción significativa por parte de la comunidad educativa. Tal y como se ha discutido a lo largo de este trabajo, esto se debe a múltiples barreras, tecnológicas, logísticas y humanas.

Este trabajo de tesis recoge el esfuerzo realizado durante más de cuatro años en el campo de la integración de videojuegos educativos en el flujo de enseñanza. Esta investigación queda plasmada no solo en las publicaciones presentadas en revistas científicas y en conferencias internacionales relevantes, sino también en el desarrollo de herramientas de apoyo y en el trabajo de campo realizado.

La motivación principal de esta tesis doctoral es poder contribuir, en la medida de lo posible, a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje acercando a los educadores las nuevas tecnologías y, más en concreto, los videojuegos educativos. Aunque este trabajo por sí solo no vaya a suponer el despegue definitivo del uso de juegos educativos en el aula, esperamos que

estas soluciones representen un primer peldaño que permita solventar las barreras y facilite el uso de juegos en los procesos educativos que formarán a los profesionales del futuro.

Por último, todo este trabajo de investigación se encuentra disponible para consulta, modificación y/o ampliación. En primer lugar, las publicaciones se encuentran disponibles en la página web del grupo de investigación eUCM (<http://www.e-ucm.es/publications/all/>) que ha dado cabida a la realización de este trabajo. Por otro, tanto el código de las herramientas desarrolladas como versiones ejecutables para distintas plataformas están disponibles en la página oficial de LAMS (<http://wiki.lamsfoundation.org/display/lams/Building+LAMS>) así como en la página oficial de la plataforma de autoría eAdventure (<http://e-adventure.e-ucm.es/download/>) y en SourceForge (<http://sourceforge.net/projects/e-adventure/>).

## Capítulo 6. Resumen amplio en inglés (*Extended abstract in English*)

Cumpliendo con la normativa actual, en este capítulo se proporciona un resumen extendido de la presente tesis doctoral en inglés.

*In compliance with regulations that determine the structure of this PhD dissertation, in this chapter we provide an extended abstract that summarizes the most relevant aspects of this work.*

### 6.1. Background and Goals

E-learning systems have evolved from simple content repositories or portals to the so called Virtual Learning Environments (VLEs), which are integrated systems that allow managing of the whole learning experience (i.e. user and course management, content structure and archival, student tracking, etc.). Acceptance of VLEs within the academic community has increased in the last decades, becoming an indispensable tool, especially in universities. Some of the most popular VLEs are Moodle™ (Dougiamas & Taylor, 2003), Sakai™ (Farmer & Dolphin, 2005), BlackBoard™ or LAMS™ (Dalziel, 2003). These systems include advanced functions related to the tracking and evaluation of student performance, and also tools to define strategies for providing personalized learning experiences (P Brusilovsky & Millan, 2007). Thus, the courses can be tailored to the specific needs of each student based on their performance in previous activities, learning preferences, etc.

VLEs let educators create digital courses composed of different types of educational resources and activities. Today, educators have different types of activities and educational content available to create their courses. However, the large number of VLEs that coexist today put investment in digital content at risk (Wexler, Corti, Derryberry, Quinn, & Barneveld, 2008) since, in many cases, contents created for a particular platform may not be compatible with other VLEs. To avoid this problem, several organizations have proposed e-learning standards to ensure interoperability between platforms, covering aspects like a common way to distribute digital content regardless of the particular VLE being used. These standards address different aspects of the integration of educational content in VLEs. For example, there are standards that cover the annotation of the content with metadata to allow content search and retrieval. Other standards deal with content structure and packaging, to ensure cross-platform deployment, or with bidirectional communication between contents and VLEs.

Among the set of resources available to educators, educational video games are gaining acceptance. Some authors pointed out that video games support development of alternative

pedagogical approaches, partly due to their ability to improve the students' motivation and involvement in their own learning (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002). Also video games are a highly interactive medium, allowing the implementation of advanced monitoring systems that can facilitate educational assessment (DeKanter, 2005). Student interaction with the games can be recorded and used to provide the educator with rich and detailed information about the level of accomplishment of the educational objectives (Valerie J. Shute & Torres., 2012). This high interactivity can also be used to define complex adaptive behaviors, allowing that the same game could be enjoyed by a wide range of students (Mayes & De Freitas, 2004).

Therefore, the integration of video games and VLEs emerges as an approach with great potential in terms of assessment and adaptive learning. Besides, by integrating video games in e-learning environments some of the barriers that limit the widespread use of games are addressed (Hays, 2005; Van Eck, 2006), like the difficulty to successfully deploy video games in educational settings. However, the integration of digital games in VLEs is not an easy task since both games as the VLEs have very specific and diverse requirements. The educational potential resulting from the combination of both tools is hindered by conceptual and technological barriers.

On the one hand, from a conceptual point of view, educators often lack models and successful experiences that could help them use educational video games effectively in their classes. Moreover, educators do not have support tools to assist them in this task (Moreno-Ger, 2007). This lack of guidance and support tools affects significantly the educational potential of the games.

On the other hand, video games usually behave as "black boxes", so that educators can extract little information about students' performance (Gee, 2003). In these cases, educators must rely on ineffective methods to identify the level of acquisition of knowledge and skills produced during gameplay (Egenfeldt-Nielsen, 2004).

From a technical point of view, the integration of video games in VLEs does not need to be specific for each particular system. E-learning standards have normalized the distribution of content and also provided data models to enable active communication (Devedzic, Jovanovic, & Gasevic, 2007), so the issue of integrating games with VLEs is narrowed to complying with a reduced number of specifications and standards, compared to the number of currently available VLEs (much bigger). However, there is no single solution accepted, but different valid approaches coexist (Bizonova & Ranc, 2008).

Therefore, it is necessary to meet a number of advanced technical requirements not only to support the distribution of video games on the Web (mostly a requisite to get the games working on VLEs), but also to define communication mechanisms between games and VLEs (Mohammad, Guetl, & Helic, 2009).

All these reasons make it necessary to find a general solution based on standards for the integration of video games in VLEs that allows exploiting the educational potential of both tools (games and VLEs) and that facilitates the participation of teachers in the educational

process when games are involved (without requiring a high technical level or knowledge of the standards).

Thus, the following objectives for this thesis were proposed:

1. To define a conceptual model for integrating video games in Virtual Learning Environments (VLEs) in order to facilitate the participation of educators and maximize their educational potential for assessment and adaptation.
2. To propose an architecture that reduces the technological difficulties associated with the integration of games in VLEs, and to implement technological support tools for educators.
3. To conduct case studies to evaluate the educational potential and applicability of the conceptual model, the architecture and support tools proposed.

## 6.2. Contributions

The following sections summarize the most important contributions made in each of the three aforementioned objectives.

### 6.2.1. Conceptual model for the integration of video games

The main result of this thesis is the conceptual model for the integration of video games in VLEs that has been proposed. In particular, the model has focused on these three aspects:

- To promote the integration of video games in VLEs using standardized solutions.
- To encourage the participation of educators in the creation, reuse and modification of learning sequences containing games.
- To exploit the specific characteristics of educational games in terms of assessment and adaptation.

The general integration model proposes three integration sub-models of games in VLEs using currently available interoperability standards. The first model, named *black box*, is simple but limited since it does not address communication. This model is suitable for gaming experiences where the teacher does not need to collect information about student performance, such as when games are used as complementary learning activities. The second model is called the *white box* model, and the third is the *decoupled* model. These last two are the most promising. The white box model is more appropriate for users with no experience in the use of ICT for education. This is because the data model helps to effectively use the extracted information from the video games and presents a relatively simple to understand model from an educational perspective. The decoupled model requires more technical knowledge, but offers more opportunities for developers of educational games.

The integration model has been complemented by (1) the *Abstract Data Model for Assessment and Adaptation*, which emphasizes how to use the games to build better adaptive learning and assessment experiences, and (2) a proposed methodology that focuses on how to facilitate the integration of video games in schools and, at the same time, to minimize the problems caused by the use of this new technology. This methodology also enables educators to leverage the potential of video games in terms of assessing student performance, showing how to use this information to adjust the learning flow and thus providing an educational experience tailored to the specific needs of the student.

### **6.2.2. Technical architecture and implementation of support tools**

We have also proposed a modular technological solution that facilitates the application of the conceptual model. First, an architecture for integrating gaming in VLEs is proposed. This architecture abstracts the assessment and adaptation ideas covered in the conceptual model, hiding the technical details of the standards.

Using this architecture, deployment and communication of educational video games in standard-compliant VLEs does not depend of the game technology or specific standard used. This allows educators to create or modify existing games without worrying about the specific details of the integration.

In this way, educators can focus on the design aspects that are relevant from an educational point of view. The architecture provides interoperability, maintainability and reusability of the content through a flexible design, which can be further extended to cover new standards and new assessment and adaptation strategies.

We have also carried out the implementation of a set of support tools in the eAdventure game authoring platform and the popular LAMS VLE. We first implemented the technical aspects of VLE-game communication (i.e. communication protocol and data model) following different standards. This implementation has been abstracted in separate modules within a larger communication module. Subsequently, we used the assessment and adaptation support implemented in eAdventure to support the Abstract Data Model for Assessment and Adaptation proposed in the conceptual model. Thus, once the game is developed, educators only need to select the standard to be used (e.g. SCORM) and configure two modules (for adaptation and assessment respectively) to get the game exported in the desired format.

The implementation in the eAdventure platform has been devised so it can support all three integration models proposed (*black box*, *white box* and *decoupled*). It also includes a comprehensive implementation of widely accepted standards, including SCORM v1.2, SCORM 2004 and IEEE LOM, among others. For this purpose, we have developed a set of exportation profiles to get the games exported in compliance with the different standards, which allows using the games in a wide range of VLEs and content repositories. In addition, we have included in the eAdventure editor panels for setting communication parameters and editing metadata for packaging the games. This also allows packaging pre-existing games

following different standards, increasing reuse across different platforms and protecting the investment.

Finally, we have developed a specific tool for the LAMS VLE (following the *LAMS tool contract*, an ad-hoc protocol designed and maintained by the LAMS vendor), which allows creating sequences of activities with eAdventure games embedded. The games can receive input from other activities used to adapt the gameplay experience (e.g. taking into account the student's performance in a previous activity) and they can also produce outputs that can affect the next activities, resulting in a highly personalized learning experience.

This implementation also allows educators to take as a starting point sequences available at the LAMS repository, which they can adapt to their educational context. This way they do not need to start from scratch. Educators can also modify any games that are part of these sequences of activities.

### **6.2.3. Evaluation through case studies.**

We have evaluated our proposed solution to the problem of integrating games and VLEs from two perspectives: the educational potential of the solution and its acceptance among educators. This evaluation process has been driven by four case studies that validate the general integration model, the methodology and the general architecture and support tools presented in this thesis.

The overall results of these experiences are positive. These case studies have demonstrated the applicability in real educational settings of the conceptual model and architecture. From a technical point of view they have demonstrated the feasibility of the approach and the ability of the architecture and tools to support the proposed model. Educators have also assessed positively the balance between the effort required to prepare and execute the sequence of activities and the amount of useful information collected to improve student evaluation. They also valued positively the possibility of adapting the experience at runtime, and the level of control they had during the process.



## Capítulo 7. Artículos presentados

A continuación se incluyen los artículos editados que se aportan como parte de esta tesis doctoral.

### 7.1. Using e-Learning standards in educational video games

#### 7.1.1. Cita completa

Ángel del Blanco, Eugenio J. Marchiori, Javier Torrente, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón (2013): Using e-Learning standards in educational video games. *Computer Standards & Interfaces* 36 (1) pp. 178–187, DOI 10.1016/j.csi.2013.06.002, November 2013.

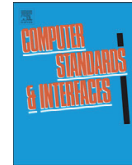
#### 7.1.2. Resumen original de la contribución

Nowadays the integration of educational videogames in Virtual Learning Environments (VLEs) is a challenging task in need of standardization to improve interoperability and to safeguard investment. The generalized use of VLEs as a central element in many educational organizations has fostered the emergence of rich digital educational contents, and different standards (e.g. IMS-CP, SCORM) exist to improve their interoperability and reusability. Meanwhile, as video games become recognized as educational content with great potential, the challenge of creating games that comply with such standards arises. This work describes a proposal of how existing e-learning standards can be used to improve the integration of educational games in VLEs, while introducing a set of models to be applied that take into account the features of a set of selected standards. A specific implementation of this approach in the educational eAdventure game platform is also presented.



Contents lists available at ScienceDirect

## Computer Standards &amp; Interfaces

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/csi](http://www.elsevier.com/locate/csi)

## Using e-learning standards in educational video games



Ángel del Blanco\*, Eugenio J. Marchiori, Javier Torrente, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón

e-UCM Research Group, Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University of Madrid, C. Profesor José García Santesmases s/n, 28040 Madrid, Spain

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 18 May 2012

Received in revised form 27 February 2013

Accepted 14 June 2013

Available online 11 July 2013

## Keywords:

Educational standards

Game based learning

Virtual Learning Environments

Authoring tool

eAdventure

## ABSTRACT

The integration of educational video games in Virtual Learning Environments (VLEs) is a challenging task in need of standardization to improve interoperability and to safeguard investment. The generalized use of VLEs has fostered the emergence of rich contents, and different standards exist to improve their interoperability and reusability. This work describes a proposal of how existing e-learning standards can be used to improve the integration of educational games in VLEs, while introducing a set of models that take into account the features of the selected standards. A specific implementation of this approach in the eAdventure game platform is also presented.

© 2013 Elsevier B.V. All rights reserved.

## 1. Introduction

Online learning is widespread in today's educational environments, supported by Virtual Learning Environments (VLEs) such as Moodle™, Sakai™, or Blackboard™. New VLEs are not only delivery front-ends for on-line repositories of contents, but key elements in the new educational experiences dealing with all the aspects of users, courses and communication management. In addition, there is a generalization of VLEs use in all levels of education, from K-12 to universities or even in-company training programs. However, high quality content is still a key element for an effective VLE-mediated teaching/learning process and this content development is a challenging and costly process that usually involves interdisciplinary teams [1]. In this line, there is a growing interest in the active integration of highly interactive contents (simulations, games, etc.) in VLEs, aiming to attract and retain students and to improve the educational process. In addition, the interactive nature of these contents can be used to improve learning, as they support bidirectional communication (i.e. content–VLE and VLE–content) that can be used to adapt content to specific students' needs and to provide more detailed and accurate assessment, compared to more static contents (e.g. PDFs). However, there are open issues related to the interoperability of these new services due to the number of coexisting e-learning standards and the lack of a general consensus on how to use them to model the new features that interactive contents provide. Furthermore, e-learning standards compliance in mainstream VLEs is limited. Therefore, to obtain

complete coverage, the same interactive content usually has to be versioned to target each specific platform, or in the best case a set of platforms, thus increasing development costs.

Among the set of choices in highly interactive multimedia contents, games are positioned as a good complement to traditional education as they have several interesting features from a pedagogical perspective. As Kebritchi and Hirumi [2] state in a comprehensive educational game review, educational games are designed taking into account several learning theories such as learning by doing, discovery learning or constructivist learning. Games present interactive environments where students learn through (difficult) challenges. Games increase engagement and students are usually receptive to this type of media because they are used to playing games. Besides, game-based simulations (systems that simulate a real environment but at the same time implement game mechanics) provide environments for authentic learning that can be very adequate for learning procedural knowledge while allowing students to practice within a highly realistic but risk-free environment.

At the same time, the high interactivity in games allows for developing new strategies for evaluation and assessment of students' progress that are much more detailed [3,4]. Games are also more flexible than other contents, supporting adaptive learning almost in a natural way. Both the improvement of assessment techniques and adaptive learning are considered key aspects for the next generation of learning systems [5,6], which is a strong argument in favor of integrating games in VLEs. However, nowadays there is not a widely accepted standard that deals with the integration of educational games in VLEs as active content (i.e. that can have bidirectional communication with the VLE).

In this paper we propose how to use existing e-learning standards to package, model and deploy games that can take advantage of the

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [angel.dba@fdi.ucm.es](mailto:angel.dba@fdi.ucm.es) (Á. del Blanco), [emarchiori@fdi.ucm.es](mailto:emarchiori@fdi.ucm.es)(E.J. Marchiori), [jtorrente@fdi.ucm.es](mailto:jtorrente@fdi.ucm.es) (J. Torrente), [imartinez@fdi.ucm.es](mailto:imartinez@fdi.ucm.es)(I. Martínez-Ortiz), [balta@fdi.ucm.es](mailto:balta@fdi.ucm.es) (B. Fernández-Manjón).

adaptation and evaluation features in VLEs. In e-learning standards the Learning Object (LO) is a central concept that offers a new point of view on content modularization in the learning process. LOs are small pieces of self-contained content that can be used to compose full lessons or courses by taking into account their reusable and context-independent nature. We propose to use the LO approach to encapsulate games in order to deliver games and communicate them with VLEs while following e-learning standards. As a case study, we also present a specific implementation of this approach using the eAdventure platform.

## 2. The Learning Object model and games

As the e-learning field grew, so did the need for mechanisms that facilitate sharing and reusing high quality content. These mechanisms can protect the investment in content production against platform migrations and avoid a potential vendor lock-in. The Learning Object (LO) model was proposed [7] as a logical answer to these needs. According to this model LOs are defined as self-contained packages of educational content that can be stored, searched, reused and combined for the creation of more complex educational contents. It is worth clarifying that a LO can represent different levels of granularity, from simple educational content to a composition of educational contents (encapsulated as LO or not), lessons, courses, etc. Thus, the LO provides a way to encapsulate learning tools and educational contents by giving them a structure and allowing for the creation of complex structures through aggregation with other LOs, thus providing flexibility to educators at the time of reusing pre-existing materials.

The LO model serves as a conceptualization and abstraction of multiple standards that different organizations have produced, which are aimed at guaranteeing the interoperability of educational content across VLEs. Not only organizations related to e-learning – e.g. IMS Global Learning Consortium<sup>1</sup> (IMS), Advanced Distributed Learning<sup>2</sup> (ADL) and Aviation Industry Computed Based-Training Committee<sup>3</sup> (AICC) – but also international standardization bodies – e.g. IEEE Learning Technology Standards Committee<sup>4</sup> (IEEE LTSC) and ISO/IEC Technical Committee JTC1 SC36 – are dedicated to this task.

Specifications related to content interoperability usually cover, partially or totally, a subset of:

- 1) *content tagging*, to add meta information (i.e. educational objectives, age range, etc.), to facilitate LO search and retrieval;
- 2) *content packaging and structuring*, to define a common format to store and structure LOs in VLEs;
- 3) *VLE-to-content communication*, to establish a communication channel between the content and the back-end system (VLEs in most cases) to exchange information (e.g. students' performance records and profiles);
- 4) *content sequencing*, to define the lesson flow while taking into account several factors (students' profile, students' performance in previous activities, etc.);
- 5) *interoperability of e-learning services and tools*, to facilitate the integration of different tools among different VLEs.

In e-learning the integration of new content must take into account the LO model to guarantee interoperability, and so it should be for games as well [8]. Moreover, applying the LO model to games has advantages, such as having a common mechanism to tag and package the games, which facilitates storage, search, distribution, deployment and reuse. Supporting active bidirectional communication between games and VLEs will allow the VLE to take advantage of the rich information

generated from the in-game user interaction, improving the VLE tasks of student tracking or performance assessment. It will also enable the adaptation of the content by taking into account the previous interactions and students results. This is very common in games, where users can experience different game paths because they achieve different levels of knowledge or skills. It can also facilitate the combination of games with other types of contents or activities (the results obtained in a game can affect the outcome or the flow of the educational design). Besides, recent standards related to the interoperability of e-learning services open new possibilities in the integration of games in VLEs, such as advanced learning analytics features.

## 3. e-Learning standards for educational contents

In this section we analyze current e-learning standards that tackle interoperability issues for educational contents in the areas identified in the previous section.

### 3.1. Standards for content tagging: IEEE LOM

The IEEE Learning Object Metadata (LOM) family of specifications (IEEE 1484.12) is by and large the most adopted content-tagging specification [9]. Taking as a starting point the previous efforts made in the definition of a meta-data standard in IMS Learning Resources Meta-data [10] (considered the draft version of LOM), LOM appeared as a mature standard and is still in use. However, LOM is being revised in ISO/IEC 19788 Metadata Learning Resource, which tries to be more flexible by combining the ideas of LOM and Dublin Core. It specifies seven aspects of an LO that can be described (educational, technical, life cycle, relations with other contents, etc.) and the vocabularies used to describe each one.

This model can be customized and extended to fit different educational systems through *application profiles*. There are several LOM *application profiles* that localize the standard, adding fields and modifying the vocabularies as needed to adapt it to the geographical and cultural needs of each region. These are the cases of CanCore [11] for the Canadian system, UK LOM Core [12] in the UK and LOM-ES [13] in Spain.

### 3.2. Standards for content packaging as LO: IMS-CP

IMS-CP [14] is the most widely adopted e-learning specification for content packaging, having been adapted also by other organizations to create their own standards. For example, IMS-CP 1.2 was taken as a starting point by the International Organization for Standardization to develop an international family of standards (ISO/IEC 12785) for learning-content packaging.

IMS-CP is flexible enough to support different levels of packaging granularity. IMS Content Packages are zip files that include all the assets, materials and tools of the LO, along with a *manifest* file that describes the structure of the assets contained in the LO. The *manifest* also allows the linking of different resources with meta-data. Optionally, sub-manifests can be defined to provide more information about each of the contents in the package.

### 3.3. Standards that support communication between VLEs and LOs

In contrast to the standards described in Sections 4.1 and 4.2, multiple specifications for VLE–LO communication coexist. These are the most relevant:

- *CMI and IEEE 1484.11*. Computer Managed Instruction (CMI) guidelines cover multiple areas of interoperability of LOs, but they are especially relevant for proposing a model that supports bidirectional communication between VLEs and LOs and a common data model for exchanging information. IEEE LTSC took this work as a basis

<sup>1</sup> <http://www.imsglobal.org/>.

<sup>2</sup> <http://www.adlnet.org/>.

<sup>3</sup> <http://www.aicc.org/>.

<sup>4</sup> <http://www.ieeeltsc.org/>.

for developing their data exchange model (IEEE 1484.11.1) and communication specification (IEEE 1484.11.2).

- *IMS-SSP*. The IMS Shareable State Persistence model [15] provides a mechanism to arbitrarily store complex data generated by the LO in the VLE and to share these data among different educational contents (inside or outside the same LO). IMS-SSP provides a customizable storage mechanism not tied to a particular data model and a means to share this information among different LOs.
- *SCORM*. The ADL Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [16] is one of the most popular e-learning standards. It covers content tagging, packaging, sequencing and communication. SCORM uses a customized version of (see Table 1) IMS-CP, and IMS-Simple Sequencing (see Section 3.4), creating an *application profile* of them. This specification has put a strong emphasis on active content, relying on CMI (IEEE 1484.11) to define communication protocols and data models.

Different versions of SCORM coexist, being SCORM 1.2 and SCORM 2004 the most popular. There are important differences between them in the nomenclature and elements of the communication API and data model. The structure of the IMS-CP-based manifest file also changes. While SCORM 1.2 uses IMS-LRM for content tagging, SCORM 2004 uses IEEE-LOM. Besides, some VLEs have implemented SCORM 1.2 but not 2004 and vice versa.

SCORM 2004 (3rd edition) has been proposed as a *technical recommendation (de facto standard)* by the ISO/IEC JTC1 SC36 committee in the form of ISO/IEC TR 29163 family. The ADL SCORM 2004 4th edition has also adopted IMS-SSP.

### 3.4. Standards for content sequencing

Two main standards for content sequencing coexist:

- *IMS-SS*. IMS Simple Sequencing (IMS-SS) [17] allows for the creation of adaptive self-guided courses. The adaptive behavior is defined through if-then-else rules, taking into account the students' performance throughout the course.
- *IMS-LD*. IMS Learning Design (IMS LD) [18] allows for modeling complex collaborative and adaptive learning scenarios. IMS-LD is typically used to define the orchestration and sequencing of the activities performed during the learning process, assigning these activities to different roles (e.g. instructor, learner) and providing the environment (i.e. learning materials, supporting tools, etc.) needed during the learning process.

The main difference between these two specifications is that IMS-SS only considers scenarios where students are isolated (i.e. no collaboration among peers), while IMS-LD supports collaborative activities [19]. In both cases LOs are somewhat "intelligent" as the students' interaction with the educational content can affect the following activities. In games this would allow for information gathered from play to be used

to drive the learning flow. While IMS-LD seems to be deprecated to some extent, IMS-SS is a newer specification and its potential for games will be determined by how widespread it becomes in the e-learning industry.

### 3.5. Integration of services and tools

The main standards for the integration of services and tools with VLEs are:

- *IMS-LTI*. IMS Learning Tool Interoperability (IMS-LTI) [20] aims to facilitate the integration of external tools (even developed by other vendors) into VLEs without requiring the user to authenticate themselves in different systems (single sign-on is used to make multiple authentication transparent to the user). IMS-LTI is an ambitious specification and it is being defined incrementally with richer services and data exchange.
- *IMS-BLTI*. IMS-BLTI [21] was born as a profile of IMS Learning Tools Interoperability (IMS-LTI v1.0) with the aim of producing a simpler specification ready for adoption in short term.
- *IMS-LIS*. IMS Learning Information Services (IMS-LIS) [22] is a specification that defines a set of services aiming to facilitate interoperability in different VLEs and among VLEs and Tools. IMS-LIS allows external tools to manage information related to users, courses, group enrolments, learning outcomes, etc.
- *IMS-CC*. The IMS Common Cartridge (IMS-CC) [23] is a comprehensive specification that may be considered as an alternative to SCORM. Compared to SCORM, IMS-CC proposes a more distributed architecture where remote services and external tools coexist. IMS-CC represents a step forward in content distribution including some of the ideas behind Web 2.0, such as widget  *mash-ups*. It uses *application profiles* of IMS-CP and IEEE-LOM among other specifications (see Table 1).

These sets of new standards released by IMS are designed to be used in combination. With the term "Digital Learning Standards", IMS aims to propose a holistic solution that covers all the aspects of educational contents interoperability in an incremental manner. All these specifications are tightly linked. IMS-CC is the package where all the contents and tools to be used are defined. In this sense, IMS-BLTI is included in CC, thus external tools can be referenced inside a cartridge. IMS LTI Basic Outcomes Service gathers a set of use cases and possible applications in order to explore how to properly apply LIS in BLTI. IMS LTI Basic Outcomes Service is not considered a standard, as it is just a case study with a reduced set of LTI fields to better understand and evaluate the importance of each kind of data.

It is important to notice (see Table 1) that some standards use other lower-level standards for certain aspects such as metadata or content packaging. For instance, SCORM uses IMS SS, IEEE1484, IMS CP and IEEE LOM. Also IMS CC packages an e-learning content using IMS CP and IEEE LOM and uses IMS BLTI or IMS LIS depending on the communication requirements.

## 4. Models for integration of games in VLEs

As educational simulations and games are gaining acceptance a new concern arises, particularly for administrators, about how this new tool can be used and integrated in an effective way with the already established educational tools. This concern is not new; it arose years ago with the development of e-learning and the need for ensuring content interoperability. The LO model was proposed to address the problem. In this section, we analyze three different models for the integration of games in VLEs elaborating on the previous study of the e-learning standards presented in Section 4 and taking into account the LO features related to games identified in Section 3.

**Table 1**  
Relationship between LO features (top) and e-learning specifications and standards (left). The table also shows which of those specification and standards are comprised in SCORM and IMS-CC. Note: the X\* means LD is marked as packaging because it also includes IMS CP.

		Tagging			Packaging			Delivery			Tracking			Sequencing
		Protocol	Data	Model	Protocol	Data	Model	Protocol	Data	Model	Protocol	Data	Model	
IMS CC	SCORM	IMS SS												X
		IEEE 1484							X	X				
	IMS CP				X									
	IEEE LOM	X												
	IMS BLTI							X						
	IMS LIS								X	X				
					X*								X	
										X				

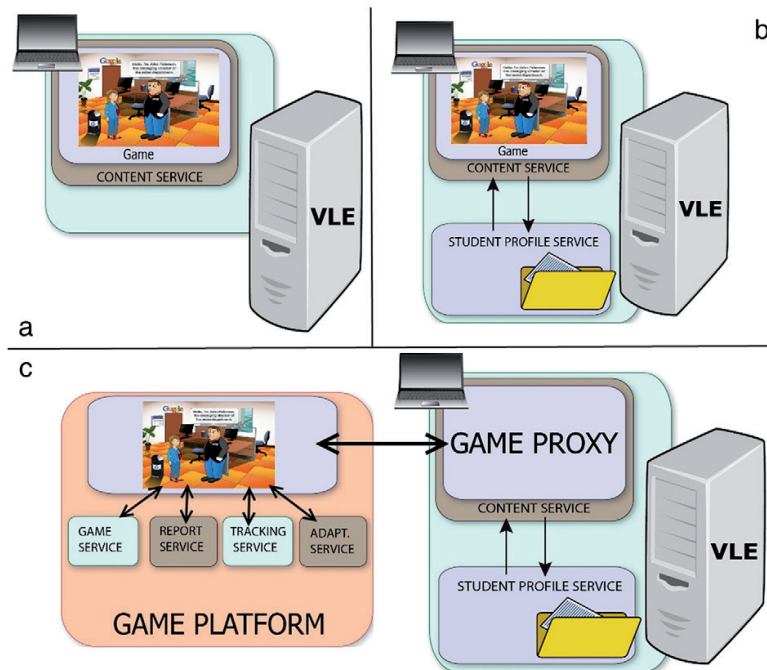


Fig. 1. The three models: a) black-box model, b) white box model and c) decoupled model.

The three models presented consider different alternatives for delivery and communication with the aim of providing a general overview about the integration possibilities offered by current e-learning standards.

In these models there is a set of elements related to the game and the VLE services (Fig. 1). The game is created in a *game platform* and exported following certain standards or it is retrieved from a content repository. On the VLE side, once the game has been uploaded, the *content service* is in charge of delivering it and can be connected with the *student profile service* to manage and update student information. The *game platform* can also provide the game through a *game proxy* called by the *content service*. The *game proxy* is in charge of remotely providing not only the game (i.e. without uploading it into the VLE) but also a set of game services (report service, tracking service, etc.).

#### 4.1. The “black box” model

The “black box” integration model (Fig. 1.a) is built upon the possibilities that IEEE LOM and IMS-CP standards provide covering content tagging and packaging. It considers games as independent pieces of content that can be launched from the VLE but with no active communication. According to this model the game is considered just like any other Learning Object. The game lives in the VLE platform and thus it has to be uploaded to the VLE when the course is created. In this model, the VLE does not have any information about what the student is doing when the game is running.

In the VLE there must be a content service that is able to run the game. That is, the VLE is responsible for the game delivery and it should be compatible with IMS-CP. Both the VLE's content service and the game provider (i.e. the person who includes the game in the VLE) agree on IMS-CP as the format used to package and deliver the game. From a technical perspective, the games should be developed with technologies that can be deployed through a web page (e.g. Flash, Java Applet or HTML5).

#### 4.2. The “white box” model

The “white box” integration model (Fig. 1.b) is built upon the ideas present in ADL SCORM that not only cover content tagging and packaging (because SCORM uses IMS-CP and IEEE LOM in its definition), but also consider active communication between the game and the VLE. Following the same delivery aspect commented in the “black box” model, the “white box” model would typically open a communication link between the game and a VLE service (i.e. student profile service). This communication is implemented using the CMI communication protocol and a data model that is also part of the SCORM definition.

#### 4.3. The “decoupled” model

The “decoupled” model is built upon the distributed delivery of content and the interoperability of tools and services offered by IMS-BLTI, IMS-LTI and IMS-CC (Fig. 1.c). It is similar to the widget mash-up approach, where web applications are built by combining external applications and services that are presented to the user through an integrated view.

In this model, the external server is the game provider, not the VLE. The game provider only hosts a game proxy package that is used as a hook between the VLE and the game platform server. The VLE's content service calls the game proxy that is in charge of delivering the game. Although the game could be deployed with or without active communication, these services usually provide support for the IMS-LTI Basic Outcome Service specification that allows for sending data back to the VLE. If such is the case, the game proxy will also manage the communication between the game and the VLE.

#### 4.4. Discussion about integration models

The three integration models take advantage of the possibilities offered by current e-learning standards in terms of delivery and

communication: non-communicative and VLE-tied delivery of the “black box” model; communicative and VLE-tied delivery of the “white box” model; and VLE-independent delivery of the “decoupled” model, with the possibility of including communication between game and VLE (Fig. 2). These models require very different development efforts and impose different requirements about the VLE e-learning standards support. There is not a widely accepted model for deploying educational games, so each of these three models will better suit different learning scenarios where games can be applied.

The main strength of the “black box” model is the widespread VLE support of the standards on which it is built. IEEE LOM and IMS-CP for content tagging and packaging respectively have already reached a very stable and mature state, providing a good balance between flexibility and market acceptance that makes them a good mechanism to introduce games in VLEs. The main drawback is that in the “black box” model the game runs in isolation from the VLE and therefore active communication cannot be established. This limits the potential of the games as tracking and assessment tools. For example, the in-game student assessment information can be shown at the end of a game session as self-assessment, but it cannot be sent to the VLE for evaluation purposes. The lack of communication also limits the potential of the games to support adaptive learning, since the game cannot take into account students' profiles or their performance in previous activities. This prevents the possibilities of storing game play statistics and resuming game-play sessions. Finally, this model is dependent on updates of the game where the course creators would need to manually redeploy the game in the VLE.

The “white box” model provides communication between games and VLEs allowing for more sophisticated uses of in-game information (e.g. assessment, adaptation). The current applicability of the model is hindered by the status of SCORM in terms of supporting communication (see Section 4.3). The data model in SCORM (last version: 2004, 4th edition) can be useful for games as, for example, it allows linking the player's progress in the game with the accomplishment of educational goals, but it was not designed to support communication from/to LOs capable of producing a large amount of data. For example, information cannot be shared among LOs, thus limiting how the games could affect the sequence flow or adapt other games or activities. The expressiveness of the data model and the amount of data that can be stored are constrained, which conflicts with the idea of tracking students' interactions and collecting game logs with detailed information about them [24]. Furthermore, it has little support for collaborative learning and its content sequencing capabilities are limited. Finally this model is as dependent on game updates as the “black box” model (if the game is modified, it needs to be redeployed).

Other standards could support the implementation of the “white box” model. For instance, IMS-SSP can be particularly relevant for

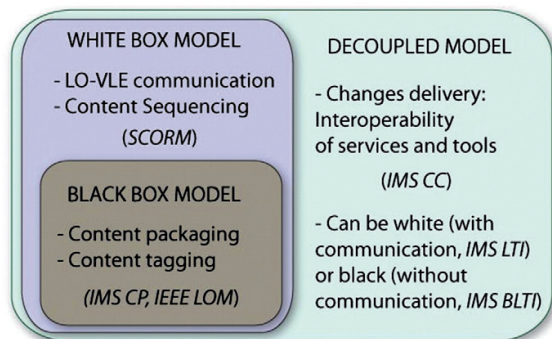


Fig. 2. Relationship between integration models and the interoperability aspects of LO including the required e-learning standards for supporting the model.

games because it supports storing the large sets of structured and unstructured data that games can produce, which are usually difficult to fit into a predefined data model. The IEEE 1516 family of standards (Standards for Modeling and Simulation) could also be used to propose similar solutions to these problems. Nevertheless the adoption of IMS-SSP and IEEE 1516 is hindered because usually VLEs do not support them.

The “decoupled” model is a more powerful approach but also requires from the VLE a more comprehensive support of standards. In this “decoupled” model, the combination of IMS-CC, IMS-BLTI and IMS-LTI Basic Outcomes Service allows the integration of the game server platform and the VLE with minimal restrictions. The standard mechanism proposed by IMS-LTI Basic Outcomes Service allows the VLE to collect summarized data of all of the information generated by the game (student's summarized grade, etc.) and use this information within other tools of the VLE. In contrast to the “white box” model, where the type and amount of information that can be collected are constrained by the data model (e.g. SCORM), the “decoupled” model allows for collecting richer data as the game platform is a native tool of the VLE. Additionally, the fact that the game developer does not lose the control over the game allows for the implementation of more powerful adaptive learning strategies compared to the “white box” model.

The “black box” model has meant the first step towards a standardized integration of games in VLEs, but it is limited as it does not allow for exploiting the full potential of games in the ways current educational research has pointed out. This model is appropriate for game experiences where the teacher does not need to get information about the student's in-game performance, as when the games are used as mere complementary activities. The “white box” and the “decoupled” models are the most promising educational solutions for the near future. Regardless of the advantages and disadvantages of these two models, each one can be suitable for different learning scenarios. For example, the “white box” model is more appropriate for users without experience using ICT in education because the data model helps them to effectively use the information extracted from video games, so it could be adequate for main activities and homework. The “decoupled” model imposes on educators the need for a better understanding of some ICT aspects but offers more opportunities to the educational game developers because this model provides a good balance between advanced characteristics (e.g. if complex adaptation behaviors are required) and integration with e-learning platforms.

## 5. Creating games as Learning Objects in eAdventure

eAdventure is an educator-oriented game authoring platform that tries to reduce the development costs and technical complexity of developing educational games [25]. This platform includes a user-friendly graphical editor to develop games without the need of technical background and a game engine to run games in different ways (desktop, web environments, etc.). eAdventure provides a specific toolset of features focused on enhancing the educational value of the games: a tracking and assessment system and a game adaptation engine that can take into account students' characteristics and their interactions in the game [4].

Since the inception of the eAdventure platform, one of its core objectives has been the integration with the existing e-learning platforms and tools. This objective is not free of issues because of the high number of different VLEs and their continuous evolution. Choosing a widespread e-learning standard increases the chances of being compatible with VLEs. Thus, one of the objectives of the eAdventure platform is the adoption of standards to increase its impact and, at the same time, to reduce the development and support costs of the platform.

The standards implementation in the eAdventure platform imposes requirements both in the game engine and in the game editor.

In particular, due to the wide range of standards with which to adhere, we developed a middleware architecture [24] that provides a flexible, extensible and configurable way to include different modules that deal with the different aspects involved in the game exportation process: packaging, tagging and communication. From a technical point of view, we built a set of integration endpoints in the middleware architecture that provides support for the integration models described in Section 5. From the user's point of view, using this architecture, the same game not only can be included in many different VLEs following e-learning standards, but also can keep the same assessment and adaptation features in all of these systems (if the standards support them) [24].

To be more specific, the eAdventure platform allows for the game exportation following the Learning Object model, and thus adhering them to different standards – integration models. eAdventure gives support for IMS-CP, SCORM (both v1.2 and 2004) and an exportation format based on IMS-BLTI that was developed for the GAMETEL project [26]. For each standard supported, a different exportation profile is included in eAdventure.

The eAdventure editor assists in this process by hiding the technical details of the standards as much as possible. In the game editor, the created games would be compliant with different standards only by configuring the game profiles. It is not the purpose of eAdventure to provide a full-featured editor for all of the supported standards. Rather, the emphasis is placed on the parts of the standards that are best aligned to serious games uses. For example, the eAdventure editor allows for the inclusion of IEEE LOM educational metadata. Nonetheless, external editors like RELOAD can be used to edit the game packages if more meta-data are needed.

The following sub-sections describe how the eAdventure platform supports the integration models described in Section 5 and how the games are processed in each case to comply with standards from a developer's point of view (Sections 5.1, 5.2 and 5.3) and from a game creator point of view (Section 5.4). As eAdventure is an open-source project, more technical details about the middleware architecture can be found at [es.eucm.eadventure.common](http://es.eucm.eadventure.common) package repository.<sup>5</sup>

### 5.1. The “black box” model in eAdventure

eAdventure provides an exportation profile to package the games as “black boxes” following the IMS-CP standard. In the packaging module, the IMS-CP exportation creates a ZIP file that contains:

- The eAdventure game: a self-contained JAR file that includes the game as a Java™ Applet and an .HTML file acting as a driver to launch the game in a browser. Note that the JAR file contains the eAdventure engine and all of the libraries required, as well as the game description (a .XML file) and the set of artistic resources used inside the game.
- The *manifest*: describing the structure of the package and the associated meta-data (see Section 3.2). eAdventure games exported as IMS-CP packages are mini-courses that include only one activity (the game itself).
- Control files: Static .XSD and .DTD files needed to comply with the IMS-CP specification.

eAdventure includes a metadata editor (tagging module) for annotating the game LOs [27]. In the “black box” model, the tagging module allows for filling the IEEE-LOM meta-data, which is used for games exported as IMS-CP. The same standard is used on SCORM 2004 (“white box” model) and GAMETEL (i.e. game exportation for the GAMETEL project, used in “decoupled” model) [28], so the tagging module has the same configuration option for this profile. The tagging module adheres IMS Learning Resource Meta-data for games exported

following SCORM 1.2 (“white box” model). The meta-data editor does not allow users to edit all of the fields of these specifications: only those that are relevant to games are included [27]. Categories that are known beforehand or that are statically available are avoided.

### 5.2. The “white box” model in eAdventure

eAdventure provides exportation profiles for SCORM v1.2 and 2004 to broaden the number of VLEs supported. When a game is exported with any of the SCORM profiles, IMS-CP is used to package the contents. In the packaging module, the SCORM exportation creates a ZIP file that contains:

- The game (.JAR and .HTML files).
- An ECMAScript *script* file that deals with the communication with the VLE. This script is added not only to the package but also to the manifest.
- SCORM control files (.XSD and .DTD) to match the tags in the manifest with specific meanings in the application profile (vocabulary and other SCORM values).

In terms of communication, a set of functions are defined in an ECMAScript file that searches for the SCORM API and connects it to the game, managing the information exchange in both directions (game/VLE). The eAdventure game engine communication module explicitly calls the functions provided by the ECMAScript file by using the Java “JSObject” wrapper for initialization/finalization tasks and the sending/retrieval of information. Finally, the SCORM data-model is used to reflect the evaluation of the student during the game experience. eAdventure games can use this information to modify future game runs by performing adaptations to fit the needs of different students. The edition of the SCORM data model is also encapsulated to hide the technical details from the game author. The eAdventure editor also includes a “debugger” mode for SCORM exportation where the data interchanged between game and VLEs is sniffed and the user can look up the SCORM data model. This way, developers can ensure that the game is behaving in the expected way.

In terms of content sequencing, the eAdventure editor does not include a specific view to define sequencing behaviors (i.e. if-then-else rules) in the SCORM packages. Nevertheless, it is possible to use a SCORM package generated by eAdventure as part of a larger SCORM package (e.g. created on Rustici SCORM Driver editor<sup>6</sup>) including sequencing rules that can be influenced by the game playing experience. For example, the fields “Completion Status” and “Success Status” can be used to store general information about the level of progress and assessment of student performance in the activity and are also key elements in the conditions definition in SCORM Sequencing & Navigation. eAdventure games can affect the sequence flow by modifying these fields when some game states are reached. It is worth mentioning that a correct tagging that explains which game states perform changes in the data model is a crucial factor to help IMS-SS editors understand how the game outputs can affect the lesson flow. SCORM was the most difficult standard to implement not only because of the extensive technical documentation but also due to all of the LO configuration possibilities related to data model and Sequencing & Navigation.

### 5.3. The “decoupled” model in eAdventure

The eAdventure platform includes an exportation profile that exemplifies the “decoupled” model: GAMETEL exportation. GAMETEL [28] is a research project related to the integration of video games in e-learning. For this project, an eAdventure exportation profile was created. This is a blended model between “decoupled” and “white

<sup>5</sup> svn co <https://e-adventure.svn.sourceforge.net/svnroot/e-adventure> e-adventure.

<sup>6</sup> <http://scorm.com/scorm-solved/scorm-driver/>.

box” models as it includes communication features. In the GAMETEL project, a VLE was developed and optimized for multi-format/device game and simulation delivery. In the GAMETEL VLE,<sup>7</sup> a set of external tools are integrated following IMS-BLTI. A tool producer was developed for the integration of the eAdventure games, allowing for the exchange of game outcomes and their use to create conditional constrictions in the delivery of educational content in the GAMETEL VLE [29].

The GAMETEL exportation profile in eAdventure does not follow any standard because it is only a way to introduce new games in the tool producer. The tool producer injects a URL during game delivery to establish a communication path. The tracking and adaptation data is exchanged between the game and the tool producer, and later, the tool consumer hosted in the GAMETEL VLE asks for this data. The communication between the tool producer and the consumer follows a specific protocol until a new version of IMS-LTI provides better support for data interchange. The game is packaged in a .ZIP file with an .XML file where the possible attribute–value pairs that the game can report or use to adapt the game flow are located. Thus, the tool consumer can consult this information before the game is executed to create conditions over the other educational contents in a course.

#### 5.4. Exporting a game for each integration model

In this sub-section we illustrate from a user's point of view the steps needed to export any already developed game according to each integration model. For each integration model, we describe how to configure the tagging, packaging and communication modules of the middleware architecture. The process is not tied to the characteristics of the game being exported. Thus the features of the game are not described. However, in this example a special variable “score” is used to demonstrate how communication works. The value of this score variable decreases each time the user makes a mistake. This example also assumes that the game is setup with an assessment profile that is responsible for updating score and showing its value at the end of the game. More information about the assessment profiles in eAdventure can be found in previous works [24,30].

##### 5.4.1. “Black box” model

1. **Tagging:** The developer uses the eAdventure LOM Metadata editor (IEEE-LOM profile version) to fill in several fields defined in the specification, like the version number of the game or the educational level of the game. Not all of the fields are supported, just those that are more relevant for games (Fig. 3.a).
2. **Packaging:** After tagging, the developer uses the exportation dialog (with the IMS-CP option selected) that is available through the “File” menu to generate the final content package (Fig. 3.b) that is ready for deployment in a VLE.

##### 5.4.2. “White box” model

SCORM 2004 is used in this example to demonstrate how a game is packaged as a “white box” model (SCORM 1.2 could also be used, for example).

1. **Tagging:** The tagging process is equivalent to the “black box” model (opening up a meta-data edition dialog and setting up several fields).
2. **Communication:** Before the game is packaged, the communication must be configured. This involves several steps. First, the assessment profile (component that updates the score variable) must be setup using a “SCORM 2004 profile” (Fig. 4.a). This step, which is straightforward (requires changing the selected option from a list), will load SCORM 2004's specific communication data model (CMI). The editor will guide the game developer in the process of selecting the fields of SCORM 2004 data model that will be used

to exchange data between game and VLE. The game developer should set the target “CMI” data model field where the data will be sent (Fig. 4.b). In this example, the “cmi.score.raw” CMI data field is linked with the “score” game variable to store the final grade in the SCORM data model (Fig. 4.c).

3. **Packing:** Equivalent to the “black model” but selecting “SCORM 2004” option instead.

##### 5.4.3. “Decoupled” model

1. **Tagging:** Equivalent to previous models.
2. **Communication:** This process is similar to the “white box” model but not exactly the same. The difference from the “white box” model is the absence of a specific data model. To set up the “communication module”, the game developer should change the “profile type” of the assessment profile to “Normal” (Fig. 4.d) (i.e. with no data model defined). Now, in the list of properties, the “ID” field is empty (the name of the properties is undefined), and the game developer is responsible for defining the name and the intended use of the data sent to the VLE. In this case, the developer types in the name “game\_score” and selects the game variable “score” in the “list of properties” (Fig. 4.e), for example.
3. **Packaging:** Also equivalent to previous models.

#### 6. Related work

The games used in education are in some cases deployed as offline experiences [31,32] instead of as online experiences, due to technical limitations [33]. Nonetheless, there are several examples of online use. This is the case in games that embed tools to enhance communication between educators and students. The most representative examples are 3D Multi User Virtual Environments (MUVEs) like Quest Atlantis [34], River City [35] or AquaMoose [36]. A step forward in the direction of merging the potential of games and VLEs are the approaches where VLE tools are included inside MUVE game environments. In these environments educators are given more control over the learning process as they are provided with instructor-oriented tools that facilitate the review of students' achievements and the assignation of goal-oriented tasks to the students. For example, the NUCLEO [37] and SLOODLE [38] projects enhance the gaming experience by integrating a Moodle back-end in the game world, empowering educators with some of the assessment, communication and control tools present in this environment.

However, the importance of integrating games in VLEs as LOs has been highlighted to improve not only their interoperability but also the possibility of connecting outputs with these systems [27]. In this sense, there are several works in the literature that advocate for the inclusion of games inside SCORM packages. The first works in this direction propose to translate the outputs of the general architecture for the interoperability of simulations, a.k.a. HLA (High Level Architecture), to SCORM, running the games locally and sending the tracking data through a connector included in a SCORM package [39]. The framework SITA (Simulation-based Intelligent Training and Assessment) is a step forward, fully integrating HLA and SCORM, and allowing not only communication but also some more advanced actions such as different instructional usages [40]. These approaches are far from being widely used by educators given the technical complexity imposed.

Some works in the literature aim at facilitating the process of packaging games as LOs. Espinilla, Palomares and Bustince [41] present a set of slightly configurable games, packaged as SCORM but without communication possibilities. A more advanced solution is the open-source game engine Delta3D [42] for the development of games and HLA-compliant simulations, which allows linking actions in games with SCORM objectives [43]. In this line, several authoring tools include exportation as SCORM packages and the configuration of some communication aspects (e.g. the data model elements to send

<sup>7</sup> <https://sourceforge.net/projects/gametelms/>.

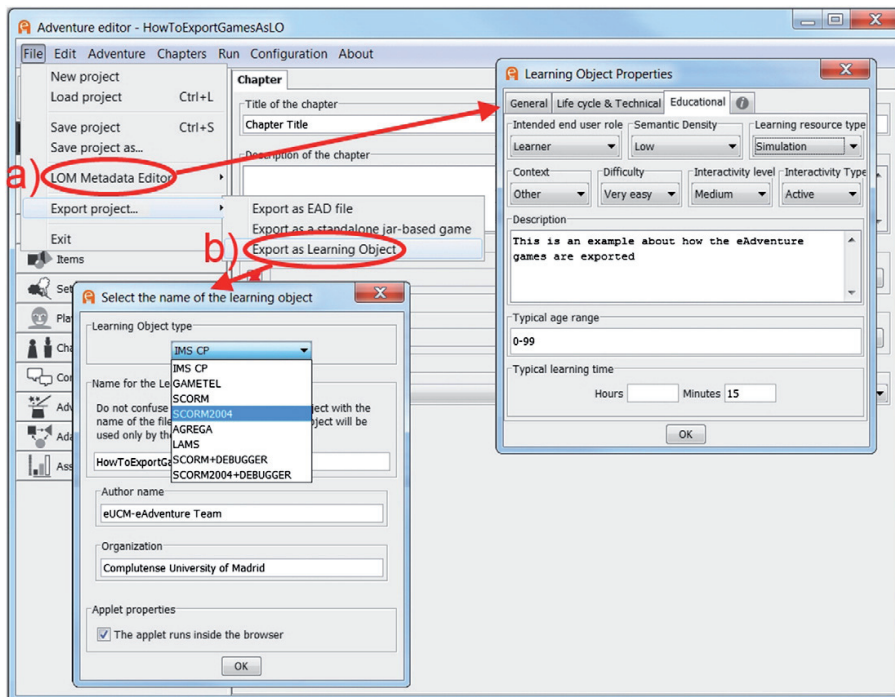


Fig. 3. Setting the metadata (a) and packaging (b) modules.

information). Chen et al. [44] proposes a system for the authoring and execution of courses that combine games with other learning tools that can be exported as SCORM packages. Game authoring tools such as Thinking Worlds allow the score to be sent to the VLE, and Raptivity also allows the tracking of SCORM interaction data. In addition, there are content repositories where educators can find educational games; for example, the AGREGA<sup>8</sup> initiative.

However, the use of LOs to integrate games in educational settings is not intuitive as there are no general solutions that cover the packaging and delivery while also providing a flexible way to define the communication mechanisms between the game and the VLE. Besides, approaches that facilitate exportation to many different e-learning standards are also needed, in order to protect the investment made in the game's development. Nevertheless, there are several initiatives, such as the European Network of Excellence in serious games GALA (Game and Learning Alliance), which aim to analyze the current state of games in education while studying, among other aspects, how to achieve the active integration of games following e-learning standards.

## 7. Conclusions

The increasing generalization of VLEs has motivated the development of e-learning standards that improve the reusability and interoperability of the educational content. But there is no consensus in the field about which of the different existing standards should be used and supported by VLEs. Separately, video games have increased in importance as educational content. However, for video games to achieve the same presence as other educational contents in e-learning environments they should comply with the standards, simplifying their deployment in the already existent VLEs (e.g. Moodle).

<sup>8</sup> <http://agrega.educacion.es>.

This paper proposes three different models for video game integration in VLEs taking advantage of the LO model and the supporting e-learning standards. These integration models are focused on delivery and content communication because there are no complete and widely accepted solutions for standards-compliant games. The eAdventure platform adheres to the three integration models presented with a set of exportation profiles that support different standards and specifications, allowing games to be exported as LOs compatible with many VLEs. This way, the editor allows for the modification of meta-data, configuring the communication and packaging the games to be included in different VLEs and content repositories without requiring technical knowledge. This also allows for the exportation of pre-existing games as different LOs with different supporting standards, increasing their reuse across different platforms and protecting the investment in their development.

It is worth highlighting that, apart from standardized solutions, there are non-standard approaches that require an ad-hoc integration of games with non-standard compliant VLEs. Non-standardized solutions decrease content interoperability, but increase flexibility and potential at the time of using games within lessons in terms of assessment and adaptation. This fact is currently being studied and taken into account in the development of the new generation of standards (e.g. IMS Digital Learning Standards), but until the final versions are released, non-standardized solutions can provide a most advantageous use of games. As an example of a non-standardized solution, the LAMS platform allows for the development of collaborative educational contents through the creation of activity sequences loosely based on the IMS Learning Design specification. Once created, LAMS sequences allow the storage of the student's performance. LAMS allows for creating complex sequence flow behaviors through a user-friendly interface, using the outputs extracted from the games if defined. Nonetheless, LAMS includes several plug-ins for the most used VLEs (Moodle, Sakai, Blackboard, etc.). This way, LAMS activities

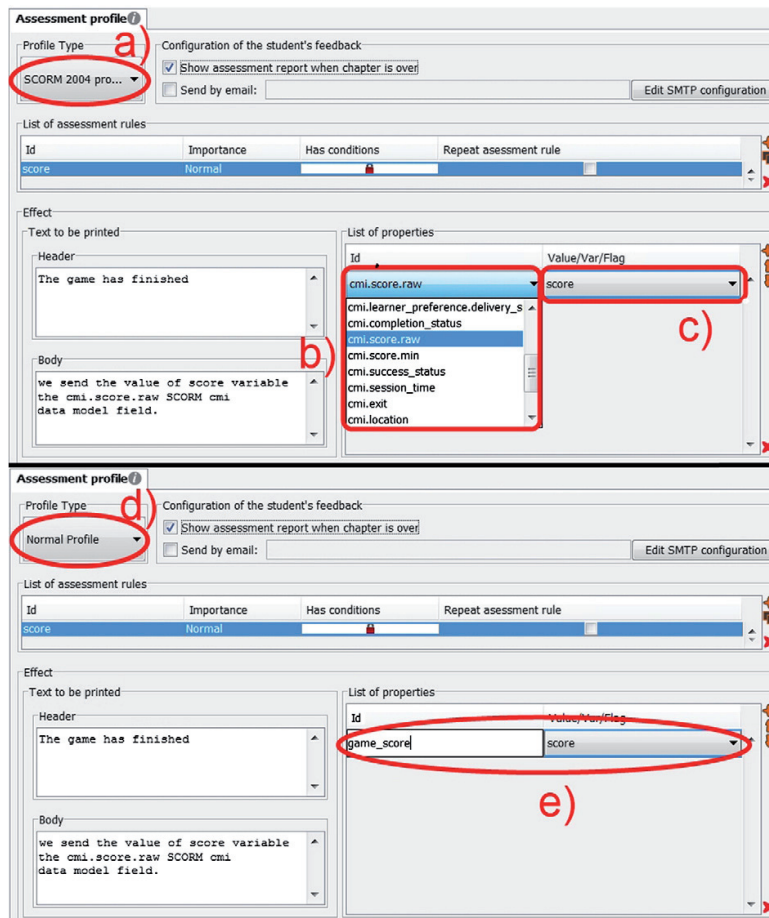


Fig. 4. Setting the communication module for “white” (a, b and c) and “decoupled” (d, e) models.

can be used in the context of other VLE courses, following the blended “decoupled-white box” model.

The eAdventure platform does not include a pure “decoupled” exportation profile, mainly due to the need for an online service to host games. However, games can be exported for the LAMS platform by exploiting assessment and adaptation features through a specific eAdventure tool [45]. The eAdventure tool is a specific LAMS plug-in (available in LAMS 2.3.5+) that is in charge of managing all the game functionalities. All the data exchanged can be consulted from the external VLE through LAMS plug-ins, but it cannot be included in their system databases to be combined with other activity reports.

Next steps in the project include the study of the new standards proposals to further investigate how to integrate games in VLEs and how they take into account the games’ specificities. Furthermore, more case studies to test the advantages and shortcomings of the proposed models are needed. As future work, we are considering how to generalize the ideas about the game’s integration in VLEs to other kinds of highly interactive educational contents.

#### Acknowledgments

We acknowledge the following organizations that have partially supported this work: the Spanish Ministry of Science and Innovation (grant no. TIN2010-21735-C02-02); the European Commission, through

the Lifelong Learning Programme (projects “SEGAN Network of Excellence in Serious Games” – 519332-LLP-1-2011-1-PT-KA3-KA3NW and “CHERMUG” – 519023-LLP-1-2011-1-UK-KA3-KA3MP) and the 7th Framework Programme (project “GALA – Network of Excellence in Serious Games” – FP7-ICT-2009-5-258169) and the Regional Government of Madrid (eMadrid Network – S2009/TIC-1650).

#### References

- [1] E.J. Marchiori, Á. Serrano, Á. del Blanco, I. Martínez-Ortiz, B. Fernández-Manjón, Integrating domain experts in educational game authoring: a case study, 2012 IEEE Fourth International Conference On Digital Game And Intelligent Toy Enhanced Learning, Mar. 2012, pp. 72–76.
- [2] M. Kebritchi, A. Hirumi, Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games, *Computers & Education* 51 (4) (Dec. 2008) 1729–1743.
- [3] P. Moreno-Ger, D. Burgos, J. Torrente, Digital games in elearning environments: current uses and emerging trends, *Simulation & Gaming* 40 (5) (Jul. 2009) 669–687.
- [4] P. Moreno-Ger, D. Burgos, I. Martínez-Ortiz, J.L. Sierra, B. Fernández-Manjón, Educational game design for online education, *Computers in Human Behavior* 24 (6) (Sep. 2008) 2530–2540.
- [5] D. Hauger, M. Köck, State of the art of adaptivity in e-learning platforms, 15th Workshop on Adaptivity and User Modeling in Interactive Systems, 2007, pp. 355–360.
- [6] G.T. Crisp, *The e-assessment handbook*, 2007.
- [7] P. Polsani, Use and abuse of reusable learning objects, *Journal of Digital, Information* 3 (4) (2003).
- [8] J. Torrente, P. Moreno-Ger, I. Martínez-Ortiz, B. Fernández-Manjón, Integration and deployment of educational games in e-learning environments: the learning object model meets educational gaming, *Educational Technology & Society* 12 (4) (2009) 359–371.

[9] IEEE, IEEE standard for learning object metadata, 2002.

[10] IMS Global Consortium, IMS Learning Resource Meta-data Specification, Version 1.3, Final Specification, 2002.

[11] N. Friesen, A. Roberts, S. Fisher, CanCore: metadata for learning objects, Canadian Journal of Learning and Technology 28 (3) (2002).

[12] CETIS, "UK Learning Object Metadata Core v0.3".

[13] AENOR, UNE 71361:2010: LOM-ES application profile for standardized Digital Learning Objects metadata, 2010.

[14] IMS Global Consortium, IMS Content Packaging Specification, Version 1.2 Public Draft v2.0, 2007.

[15] IMS Global Consortium, IMS Shareable State Persistence, Version 1.0 Final Specification, 2004.

[16] ADL, Advanced Distributed Learning Sharable Content Object Reference Model (ADL-SCORM), 2006.

[17] IMS Global Consortium, IMS Simple Sequencing Specification, Version 1.0 Final Specification, 2003.

[18] IMS Global Consortium, IMS Learning Design Specification, Version 1.0 Final Specification, 2003.

[19] C. Tattersall, J. Manderveld, H. Hummel, P. Sloep, F. De Vries, IMS Learning Design Frequently Asked Questions, 2003.

[20] IMS Global Consortium, IMS Learning Tools Interoperability, Version 1.1 Final Specification, 2012.

[21] IMS Global Consortium, IMS Basic Learning Tools Interoperability, Version 1.0 Final Specification, 2010.

[22] IMS Global Consortium, IMS Learning Information Services Specification – Version 2.0 Public Draft Specification, 2010.

[23] IMS Global Consortium, IMS Common Cartridge Specification, Version 1.1 Final Specification, 2011.

[24] Á. del Blanco, J. Torrente, P. Moreno-ger, B. Fernández-Manjón, Enhancing adaptive learning and assessment in Virtual Learning Environments with educational games, in: Q. Jin (Ed.), Intelligent Learning Systems and Advancements in Computer-Aided Instruction: Emerging Studies, Hershey, PA, 2011, pp. 114–163.

[25] J. Torrente, Á. Del Blanco, E.J. Marchiori, P. Moreno-Ger, B. Fernández-Manjón, <e-Adventure>: introducing educational games in the learning process, IEEE Education Engineering (EDUCON) 2010 Conference, 2010, pp. 1121–1126.

[26] M. Caeiro-rodríguez, M. Manso-vázquez, L. Anido-rifón, Design of flexible and open learning management systems using IMS specifications. The Game-Tel experience, Journal of Research and Practice in Information Technology 44 (2) (2012) 151–165.

[27] J. Torrente, P. Moreno-Ger, I. Martínez-Ortiz, B. Fernández-Manjón, Integration and deployment of educational games in e-learning environments: the Learning Object model meets educational gaming, Educational Technology & Society 12 (4) (2009) 359–371.

[28] L. Anido, D. Burgos, M. Caeiro, J. Torrente, M. Fernández, J. González, M. Manso, M. Ortega, D. Rodríguez, B. Fernández-Manjón, Game - Tel: an approach to Multi-format and multi-device accessible engineering education, 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011, (FIH-1 – FIH-6).

[29] J. Fontenla, R. Pérez, M. Caeiro, Using IMS Basic LTI to integrate games in LMSs, 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011, pp. 299–306.

[30] Á. del Blanco, J. Torrente, E.J. Marchiori, I. Martínez-Ortiz, P. Moreno-Ger, B. Fernández-Manjón, Easing assessment of game-based learning with <e-Adventure> and LAMS, ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning (MTDL 2010), 2010, pp. 25–30.

[31] K. Squire, Video games in education, International Journal of Intelligent Simulations and Gaming 2 (1) (Oct. 2003) 49–62.

[32] R. Sandford, M. Ulicsak, K. Facer, T. Rudd, Teaching with games: using commercial off-the-shelf computer games in formal education, Futurelab, 2006.

[33] S.S. Nash, Learning objects, learning object repositories, and learning theory: preliminary best practices for online courses location of learning objects for use in e-learning, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects 1 (2005) 217–228.

[34] S. Barab, M. Thomas, T. Dodge, R. Carteaux, H. Tuzun, Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns, Educational Technology Research and Development 53 (1) (2005) 86–108.

[35] D.J. Ketelhut, C. Dede, J. Clarke, B. Nelson, A multi-user virtual environment for building higher order inquiry skills in science, American Educational Research Association Conference, 2006.

[36] E. Edwards, J. Elliott, A. Bruckman, AquaMOOSE 3D: math learning in a 3D multi-user virtual world, ACM CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems, 2001.

[37] P. Sancho, R. Fuentes-Fernández, P.P. Gómez-Martín, B. Fernández-Manjón, Applying multiplayer role-based learning in engineering education: three case studies to analyze the impact on students' performance, International Journal of Engineering Education 25 (4) (2009).

[38] J.W. Kemp, D. Livingstone, P.R. Bloomfield, SLOODLE: connecting VLE tools with emergent teaching practice in Second Life, British Journal of Educational Technology 40 (3) (2009) 551–555.

[39] P.V.W. Dodds, J.D. Fletcher, Integrating HLA, SCORM, and Instruction: Three Prototypes, SISO Euro Simulation Interoperability Workshop, 2004.

[40] V. Manikonda, P. Maloor, J. Haynes, S. Marshall, An architecture for integrating SCORM-compliant instruction with HLA-compliant simulation, SISO Fall Simulation Interoperability Workshop, 2004.

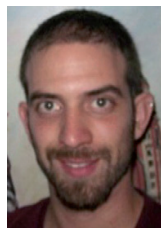
[41] M. Espinilla, I. Palomares, H. Bustinice, Design and development of online educational games based on questions, CSEDU 2010 – 2nd International Conference on Computer Supported Education, 2010, pp. 484–488.

[42] R. Darken, P. McDowell, E. Johnson, Projects in VR: the Delta3D open source game engine, IEEE Computer Graphics And Applications 25 (3) (2005) 10–12.

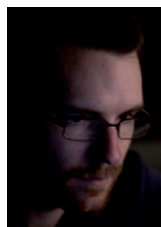
[43] B. Smith, P. McDowell, Integrating the Delta 3D engine with a SCORM-managed learning environment, Learning Technology 8 (1) (2006) 11–12.

[44] J.-H. Chen, T.-H. Wang, W.-C. Chang, L.R. Chao, T.K. Shih, Developing an interactive video game-based learning environment, Journal of Software 4 (2) (2009) 132–139.

[45] Á. Del Blanco, J. Torrente, E.J. Marchiori, I. Martínez-Ortiz, P. Moreno-Ger, B. Fernández-Manjón, A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow, Education Technology & Society 15 (4) (2012) 305–318.



**Ángel del Blanco** finished his Master Degree in Computer Science at the UCM in 2009, and currently he is working as a full-time researcher in the e-UCM research group as well as being a PhD student. His research focuses on the technical integration of highly interactive contents into e-learning environments, with special emphasis in the current e-learning standards and its limitations. He has published 24 research papers in academic journals and conferences in the field. He is part of the e-learning CTN71/SC36 technical committee under the Spanish Standard Organization AENOR.



**Eugenio J Marchiori** got his PhD in Computer Science at the UCM in 2012 and currently remains associated with the e-UCM research group while working at Google. His research focuses in authoring and use of educational video games with an emphasis on narrative, visual languages and HCI. He has been the author or co-author on over 12 published papers in journals and conferences in the field.



**Javier Torrente** obtained his Master Degree in Computer Science at the UCM in 2009, and currently he works as a full-time researcher in the e-UCM research group as well as being a PhD student. His research focuses on the application of educational video games as highly adaptive content. He has published 39 research papers in academic journals and conferences in the field. He is part of the e-learning CTN71/SC36 technical committee under the Spanish Standard Organization AENOR.



**Iván Martínez-Ortiz** is an Associate Professor in the Computer Science Studies at UCM and a member of the e-UCM research group. His research interests include e-learning technologies and the integration of educational modeling languages, serious games and e-learning standardization. Within the group, he has led the development of tools to support diverse IMS educational specifications including the integration of games in the learning flow. He has contributed more than 40 academic publications in topics related to game based learning and technology enhanced learning. He is part of the e-learning CTN71/SC36 technical committee under the Spanish Standard Organization AENOR.



**Baltasar Fernández-Manjón** got his PhD in Physics from the Universidad Complutense de Madrid (UCM). He is currently Full Professor at the School of Computer Science at the UCM. He is the director of the e-UCM research group and his main research interests include e-learning technologies, application of educational standards and serious games on which he has published more than 120 research papers. Dr. Fernández Manjón is also a member of the Working Group 3.3 "Research on the Educational Uses of Communication and Information Technologies" of the International Federation for Information Processing (IFIP) and a member of the Spanish Technical Committee for E-learning Standardization (AENOR CTN71/SC36).

## **7.2. A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow**

### **7.2.1. Cita completa**

Ángel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Iván Martínez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2012): A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow. *Education Technology & Society* 15(4), 305-318 [[http://www.ifets.info/journals/15\\_4/26.pdf](http://www.ifets.info/journals/15_4/26.pdf)].

### **7.2.2. Resumen original de la contribución**

The integration of educational video games in educational settings in general, and e-learning systems in particular, can be challenging for educators. We propose a framework that aims to facilitate educators' participation in the creation and modification of courses that use educational games. Our approach addresses problems identified by previous experiences with games in educational settings, including assessment of learning outcomes and student tracking. Our framework has been implemented following an application model that takes advantage of pre-existing systems: the <e-Adventure> educational video game framework and the Learning Activity Management System (LAMS). This approach has been put into practice in a case study carried out in a primary school, covering from the design of the learning experience to the development of the educational games and the deployment and evaluation with students, involving the educators actively and gathering their perceptions. The first impressions expressed by the educators support the potential of the framework in terms of the students' assessment and the personalization of the lesson. Although educators pointed out the difficulty of creating games from scratch, they appreciated the easiness of introducing existing games in their courses and adapting them to their specific educational settings.

## A Framework for Simplifying Educator Tasks Related to the Integration of Games in the Learning Flow

Ángel del Blanco<sup>1</sup>, Javier Torrente<sup>1</sup>, Eugenio J. Marchiori<sup>1</sup>, Iván Martínez-Ortiz<sup>1</sup>, Pablo Moreno-Ger<sup>1</sup> and Baltasar Fernández-Manjón<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup><e-UCM> research group, Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University of Madrid, C. Profesor José García Santesmases s/n 28040 Madrid, Spain // <sup>2</sup>Laboratory of Computer Science, Massachusetts General Hospital, Harvard University, 50 Stanford St. Suite 750 Boston, MA 02114, USA // angel.dba@fdi.ucm.es // jtorrente@fdi.ucm.es // emarchiori@fdi.ucm.es // imartinez@fdi.ucm.es // pablom@fdi.ucm.es // balta@fdi.ucm.es

### ABSTRACT

The integration of educational video games in educational settings in general, and e-learning systems in particular, can be challenging for educators. We propose a framework that aims to facilitate educators' participation in the creation and modification of courses that use educational games. Our approach addresses problems identified by previous experiences with games in educational settings, including assessment of learning outcomes and student tracking. Our framework has been implemented following an application model that takes advantage of pre-existing systems: the <e-Adventure> educational video game framework and the Learning Activity Management System (LAMS). This approach has been put into practice in a case study carried out in a primary school, covering from the design of the learning experience to the development of the educational games and the deployment and evaluation with students, involving the educators actively and gathering their perceptions. The first impressions expressed by the educators support the potential of the framework in terms of the students' assessment and the personalization of the lesson. Although educators pointed out the difficulty of creating games from scratch, they appreciated the easiness of introducing existing games in their courses and adapting them to their specific educational settings.

### Keywords

Game-based learning, game-authoring tool, educational sequences, general games' integration framework

### Introduction

In recent years, much research has been carried out in the area of digital game-based learning. Different authors have identified multiple features in digital computer and video games that can be used to address some of the challenges that educational systems face (Aldrich, 2005; Gee, 2003; Squire, 2003). Video games promote intrinsic and extrinsic motivation (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002) and producing optimal flow experiences (Chen, 2007). Although their effectiveness to improve students' performance is still under discussion (Hays, 2005), recent studies show that games can increase: (i) student engagement during instruction (Annetta, Minogue, Holmes, & Cheng 2009); (ii) academic achievement in different domains (Blunt 2007); and (iii) skills, knowledge, and attitudes, especially in the right environment and context (Pivec & Pivec 2008).

Therefore the discussion should also begin to consider educational and implementation issues related to the effective integration of games in the curricula, like the lack of alignment to educational standards or the availability of the appropriate equipment (e.g., up-to-date computers) (Rice 2007). In addition, the introduction of video games in the learning flow can be disruptive for educators. Games are a new medium, where educators face up to various challenges: aligning games with curricular objectives and pedagogical foundations (especially in formal education) (Van Eck, 2006), and evaluating the learning experiences with games (de Freitas & Oliver, 2006; Hays, 2005).

This paper focuses on how to facilitate the integration of video games into educational settings while at the same time minimizing disruption caused by the use of new technologies. The long-term goal is to support the integration of games in broader courses where they can coexist with other materials, minimizing the impact on the educators' workload. We present a framework that tries to address this goal by providing educators with three main tools: a) assessment of the learning outcomes and tracking student activity in the game; b) connecting assessment data with other learning activities to adapt the learning flow; and c) reuse of successful teacher-created courses that combine games and other educational materials throughout the community.

We also propose a specific implementation with an application model that takes advantage of two pre-existing e-learning tools: the Learning Activity Management System (LAMS) e-learning platform (Dalziel, 2003) and the <e-Adventure> educational gaming platform (Torrente, Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón 2009). A case study was set in a primary school setting in order to gather educators' first impressions about the potential of the framework.

This paper is structured as follows: First we set the motivation for this work by analyzing the main barriers posed by the application of educational gaming in educational settings. Secondly we introduce the framework and the application model in separate sections. Then we describe the case study and finally discuss our conclusions and describe future lines of work.

### **Applying video games in education**

A common approach to using games inside the classroom is the use of COTS (*Commercial Off-The-Shelf*) computer games; that is, games that were produced for leisure but offer potential educational value. Squire (Squire, 2003) reported experiences where *Civilization III* was used in K-12 history courses. More recent examples include the use of games like the *Tycoon* sagas (Sandford, Ulicsak, Facer, & Rudd, 2006), action games (e.g., *Delta Force*) adapted for military training (Fong, 2006), or multiplayer role games as *World of Warcraft* (Dickey, 2011).

In these cases, the games are used as published, giving educators little control over the process or support to track students' interactions to effectively evaluate students' performance. Some researchers use post-game debates, debriefing sessions, or simply observe students' interaction with the game to establish the outcome from the video game (Squire, 2005). Although such activities can be beneficial, they can also be difficult to manage when the number of students is high (Egenfeldt-Nielsen, 2004) and require excessive dedication from the educator. Furthermore, authors like McFarlane et al. (2002), have pointed out the complexity of linking game objectives and contents with those presented in the curricula. This complexity arises partly from the difficulty in foreseeing learning outcomes in commercial video games (Gee, 2003). As a consequence, the skills and knowledge acquired by students may differ from educators' planned learning outcomes and goals (Sandford et al. 2006).

In contrast to using COTS games, Van Eck (2006) considered the design of educational games where educators and game designers collaborate. The first games developed specifically for education dates back to the 70s. One example is *The Oregon Trail*, an adventure role-playing game developed to teach students about the 19th century colonization of the west of USA (Wesley 1974). A more recent title is *NanoMission*, a set of games for nanotechnology teaching covering different aspects from nanomedicine and nanoelectronics to quantum theory and quantum computing (Milburn 2010). However, the high cost of developing games from scratch makes this approach less feasible, costing around 20-100K dollars per learning simulation & game as reported by the eLearning Guild in 2008 (Wexler, Corti, Derryberry, Quinn, & Barneveld, 2008). Hence, there is a growing need of producing and sharing game-based educational content that is reusable.

Other experiences depict a more holistic approach, where the environment in a game is enhanced with tools that help educators to monitor and control the game experience. That is the case for 3D Multi user virtual environments (MUVes) like *Quest Atlantis* (Barab, Thomas, Dodge, Carteaux, & Tuzun, 2005) or *River City* (Ketelhut, Dede, Clarke, & Nelson, 2006), where the game interface also embeds tools to facilitate communication, review of the students' achievements and the assignment of goal-oriented tasks to the students. These systems are usually built upon the idea that it is not only the game what promotes learning, but also its environment (Pivec 2009). In this sense, issues such as the role of the educator, how the game is integrated in the curricula, or how the informal learning that occurs when students collaborate and discuss about the game enhance the educational value. This is related to the idea of games considered as an additional activity that is not isolated but linked to other activities and contents, and where the game's outputs can influence the development of the learning process. However, it is still an open research question how to design educational experiences that successfully include games, as the number of studies in this regard is still scarce.

## A framework for video game integration

We propose a framework to help educators in integrating video games in education, assuming that games will be used as learning activities that are part of larger designs. The framework's is built on the following objectives:

- Defining the goals/learning objectives and measuring the learning outcomes for game-based learning activities.
- Adapting (on-the-fly) the learning experience for each individual student using the game's outcomes (data inferred from game/student interaction).
- Fostering the reuse of successful pedagogical approaches in learning designs that use games.

These objectives aim to reduce the impact on the educator by balancing the overhead and the educational benefits obtained from the integration of educational video games in learning designs.

### Defining the goals and measuring the learning outcomes for game-based learning activities

To facilitate the alignment of the learning objectives with existing curricula, we propose to design games with well-defined learning objectives and short expected completion time (around 15-45 minutes on average). This facilitates the design of game mechanics that focus on addressing a single goal (or a small set of goals) proposed for the activity. Short games also facilitate development and maintenance, as well as an easier integration with existing curricula (Dickey, 2005), and align better with the ideas behind the Learning objects model. When the objectives are numerous, more games or complementary content can be developed, instead of making the game longer.

The extraction of user interaction information is necessary for exploiting the potential of games as assessable and adaptive content (Moreno-Ger, Burgos, Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón 2008; Peirce, Conlan, & Wade, 2008). The games should be powered with interaction tracking capabilities to exploit the high amount of valuable information that can be gathered from the games for assessment purposes. However, not all the information that a game produces is useful from an educational perspective. We propose to make available an assessment mechanism to filter the tracking information according to educators' criteria, thus allowing them to decide the level of detail and the kind of information to extract from the game. Developing games with clearly identified learning objectives powered with tracking information capabilities would alert educators about deviations from the desired goal.

However, this level of analysis may be, in some situations, too abstract or require a deep knowledge of the game's internal structure. We propose to focus in a set of predefined assessment criteria and data that could be used by educators with little experience with video games, improving their understanding of the game outputs. This basic dataset is only a baseline model, designed to be extended with the assessment mechanism when more detailed information is required. The values in this dataset are *global score*, *game completion* status, *total time* and *play time* (see Table 1) (Del Blanco, Torrente, Marchiori, Martínez-Ortiz, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón 2010). Some interesting information can be expressed combining these values, for example if the main objectives of the game were achieved or not, the level of achievement and the time spent in this task.

Table 1. Predefined assessment dataset

Data point	Description
Global score	Score obtained by the student for the global objective of the game. This value can be internally obtained by combining the values of each single objective.
Game completion	“Yes” if the student completed the whole game, “No” if he/she quit before completing the game. Notice that there could be more than one game completion states.
Total time	Time passed since the student enters the game until she/he completes the game or quits.
Play time	Actual play time. It is calculated by subtracting the time the game was paused from the total time.

### Adapting the learning experience for each individual student using the game's outcomes

In the adaptive educational experiences, the outputs of some of the activities can be used as inputs in others. This approach results in learning flows that can be adapted during the execution of the learning experience (Hannafin, Hill, & Land, 1997). This way, considering games as a new learning activity type and using the tracking and

307

assessment outputs gathering during in-game-play, games should modify the course flow accordingly. Setting up a scenario where game-based activities are part of larger designs that combine different activities requires the educator to consider assessment data collected throughout the whole learning process.

The combination of games with other contents and tools can provide educators with further control mechanisms over the learning flow by considering the information gathered from both the game and other activities in the lesson design. This approach can provide educators with a powerful tool for adapting the flow of the educational session at any point, either during the lesson development or while the course is being executed. For example, educators could define conditions over the outputs of the activities and drive the learning flow through different paths, depending on each individual's achievements. If the learner underperforms in the game, additional contents and examples are provided as reinforcement.

### Fostering the reuse of successful pedagogical approaches in learning designs that use games

We identify as a key aspect for the advancement of the field the existence of mechanisms that facilitate sharing good practices in pedagogical approaches with games among the educators' community. There should be a repository in the learning community where not only the learning designs with games but also games themselves can be shared including some relevant educational information (e.g., learning objectives, target students). Besides, the game internal elements (i.e., design, tracking model) should be accessible allowing future educators to understand and modify the in-game objectives and assessment. In the same way, there should be a mechanism that allows identifying and changing the learning designs defined using the game outcomes.

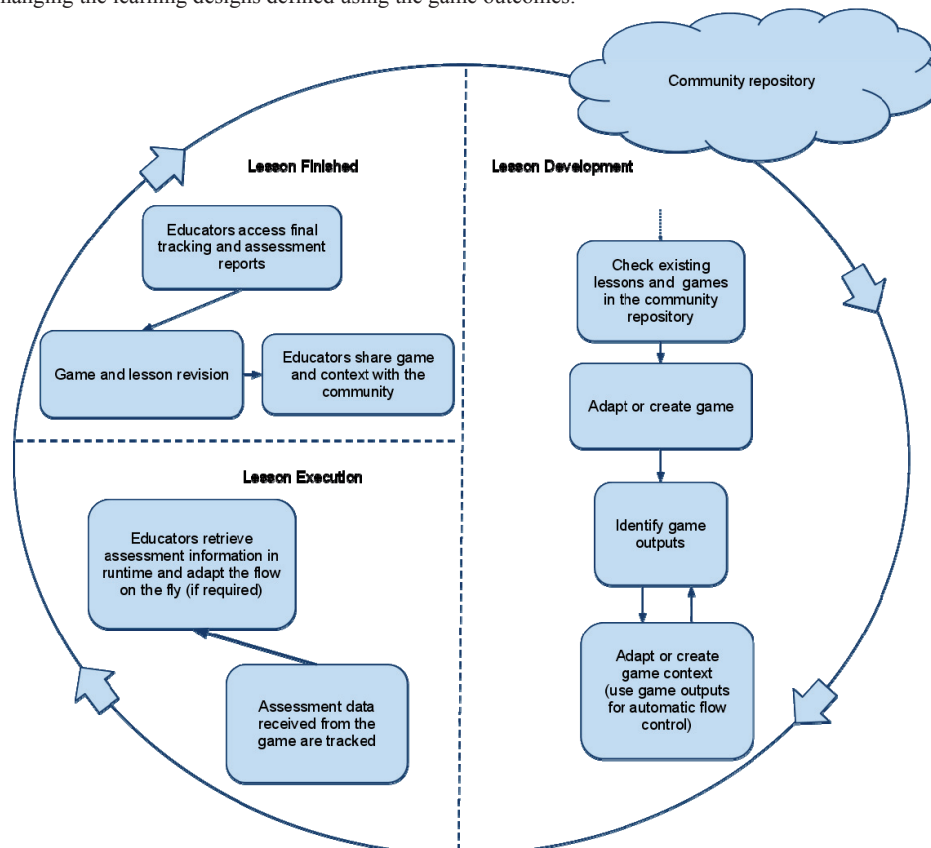


Figure 1. Workflow for video game integration in the learning flow

Our framework highlights the importance of providing mechanisms that facilitate as much as possible the repurposing or reutilization of learning designs that combine games with other activities. On one hand, the simplified dataset allows a better understanding of how assessment works within an existing game and the game's role inside the educational lesson.

In summary, games offer new opportunities for education but, at the same time, they can be disruptive and require additional work. To simplify the use of video games in educational environments, it is necessary to reduce the technical barriers related to several problems such as game delivery, assessment of game learning outcomes, and its connection with other course activities

### **Game integration workflow**

The objectives presented above can be combined in a workflow for video game integration (*Figure 1*) in which educators design their own courses leveraging existing content, and deploy adaptive learning experiences that can be tracked and modified during their execution. The *Figure 1* shows the three different phases during in video game integration: lesson development, lesson execution and post-lesson execution.

This workflow is conceived as cyclical process where the mechanisms on which the framework is built on, are used to:

- Modify the lessons/games existing in the repository or create games.
- Adapt the lessons both automatically and on the fly using the game outputs.
- Gather the assessment reports and, if the educator finds some weak points in the lesson, modify the lesson accordingly.
- Share the lesson with the community.

It is difficult for educators to develop their own interactive contents due to time and workload constraints. The educators' role in video game integration is in most cases restricted to understanding how to better employ games in their learning designs. Content and lesson providers are responsible for feeding the repositories with new games/lessons and educators can contribute with their modifications over the created ones.

### **Application model**

The objectives proposed in the framework so far require a solid environment to develop and execute lessons that supports the described mechanisms for tracking and adaptation features, and a game platform with assessment data reporting and in-game objectives identification. Besides, the application model should deal with delivery problems that arise in the online distribution of video games and be able to establish communication links to exchange information (Burgos, Tattersall, & Koper 2007).

The application model is built using two e-learning platforms that meet both pedagogical and technical requirements: the Learning Activity Management System (LAMS) as a back-end, and the <e-Adventure> gaming platform, which includes reusable communication and assessment facilities and game objectives definition.

LAMS is an e-learning solution that facilitates the creation and execution of designs for the course. LAMS is inspired by the IMS Learning Design specification (<http://www.imsproject.org/learningdesign/index.html>) and its ancestor, the Educational Modelling Language (Koper & Manderveld, 2004) where the concept of *activity* appears as the minimal meaningful unit in the sequence of contents. LAMS provides a mechanism to control and track the student's performance in some of the included activities (e.g., Multiple Choice activity). Using the data gathered, LAMS allows defining a complex control over the sequence's flow either at lesson authoring or during the lesson execution. The educators can follow the lesson execution in a specific view where they can monitor the students' progress. Also, LAMS fosters the reutilization and repurposing of learning designs by a mechanism to export/import the learning sequences to external repositories.

<e-Adventure> is an authoring platform created with the aim of facilitating the development of 2D educational video games and simulations, enhancing their educational value and simplifying the participation of educators in the development process. The most relevant educational features in <e-Adventure> in regard to this work are the possibility to easily deploy games in a wide range of popular Learning Management Systems using common specifications and standards from the e-learning field (Del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón 2010) and the mechanism that allows for the extraction of an assessment report on the students' progress (Moreno-Ger et al. 2008).

In their last official releases LAMS (v.2.3.5) and <e-Adventure> (v1.3) have been extended with a new type of activity to integrate <e-Adventure> games into LAMS sequences (Del Blanco, Torrente, Marchiori, et al. 2010). In relation with the main objectives of this paper, the combination of <e-Adventure> games and LAMS allows educators a deeper control over the game experience inside an educational course.

Using <e-Adventure>, game authors can identify the objectives as the game states and filter the information that will be appended to a human-readable report and/or sent back to LAMS as attribute-value pairs. This way, an educator can define and link in-game objectives with game outputs. <e-Adventure> implements the predefined assessment dataset previously described that can be easily extended creating new variables and values to be exchanged. With the <e-Adventure> activity in LAMS it is possible to enable an active communication between the games (in the students computer) and LAMS (in a central server) to gather the assessment information.

Moreover, educators can use an <e-Adventure> activity like any other LAMS activity for monitoring and flow control tasks. On one hand, educators can define conditions taking into account the values returned by the game for automatic flow control. On the other hand, during the execution of the activity sequence, educators can access the assessment reports produced by games and, if necessary, modify the sequence flow.

Finally, the combination of the two platforms provides new ways to exchange and reuse designs of educational courses that include games using the exportation/importation features of LAMS. LAMS provides a learning repository (<http://lamscommunity.org/lamscentral/>) to share learning designs and <e-Adventure> has a repository (<http://e-adventure.e-ucm.es/repository>) to share educational games. Taking the underlying design of the educational session as a basis, educators can adapt not only the sequences (sequence flow, available activities, etc.), but also the games themselves (e.g., modify the learning objectives, adapt the language of the game to the local requirements, add/remove game elements or personalize the assessment system).

## Case study

We conducted a case study with primary education students in the Ramiro de Maeztu School, a K-12 institution in Madrid (Spain). The aim of the case study was to gather insight about the applicability of the framework proposed using a particular technical solution. Therefore, the main objective of this experience was to establish the feasibility of the creation and execution of an adaptive lesson using games by educators without experience in games and to examine their perceptions about the usefulness of the approach. In close collaboration with educators from the institution, we developed an educational session in LAMS covering the mathematical concept of parity, including two different versions of an <e-Adventure> game created for this experience. The target audience was a group of 6 year old students. Educators provided the educational session design and all the pedagogical support for the development of the educational game.

Two aspects were mainly under evaluation:

- The applicability of the framework in a real educational context and educators' perceived usefulness.
- The value of the assessment features of the proposed framework in terms of potential (i.e., ability to extract a reliable measurement of the students' achievements) and cost (i.e., ease to define and gather the assessment information required).

The experiment was performed with a group of 26 students. During the lesson execution two researchers and one educator were present during the session to assist the students with the usage of the system. No help in solving the challenges proposed in the course was provided. An analysis of the assessment data gathered during the experience

310

was performed through the monitoring capabilities of the LAMS environment. Educators could track the progress of each student within the sequence, both during the lesson execution and when the lesson finished, including the activities that each student had already executed, the time spent on each activity, and the assessment report about their interaction with the video game.

### Lesson development

The design of the educational session targets two main objectives: (1) to acquire the concepts of odd and even; and (2) to recognize odd and even numbers and associated elements in both groups. The lesson was implemented as a sequence of activities in LAMS, including an introduction of the main concepts, an interactive game to reinforce the concepts and assess student understanding and a final branching activity (Figure 2). The general structure of the sequence includes several activities that all students must complete as well as different execution paths that depend on the student's performance.

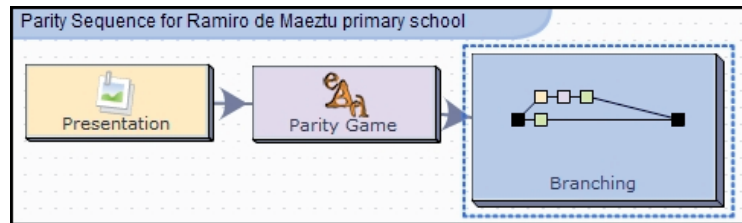


Figure 2. LAMS educational sequence of contents

The game's main characters are a couple of turtles called *Odd* and *Even*. After a brief introduction, the students must solve different puzzles involving the identification of odd and even items (Figure 3). The level of difficulty of each puzzle increases as the students advance in the game. Interaction is through *drag & drop* actions. The game has five levels and the expected completion time of the game is 15 minutes.

The educational game includes in-game assessment of student interactions. When a student fails in solving a puzzle (e.g., she/he drops an odd number in the *Even* chest – Figure 3) a number of points are subtracted from the total score, depending on the difficulty of the puzzle. This information is appended to an assessment report, including a timestamp, the puzzle level and whether it related to odd or even groups, but is not shown to the students. At the end of the game the final score and the assessment report with information about errors, timestamp and type of error are automatically sent back from the game to LAMS, where the educator can access them (Figure 4).

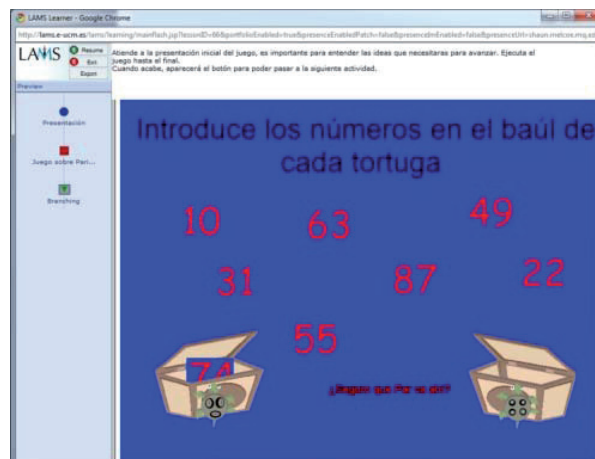


Figure 3. The “Odd and Even” <e-Adventure> game included in the LAMS learning sequence



Figure 4. Example of an assessment report (original report was in Spanish)

After playing the game, the next step in the LAMS sequence depends on the individual performance of each student. Depending on the game final score, students may carry on with the final activities planned for the lesson or complete an additional reinforcement module. A LAMS *Branching Activity* controls the flow of the sequence automatically (Figure 5) by providing discriminating branches either for finishing the sequence when the score is higher than 60 points (“Pass” condition in Figure 6) or for visiting the reinforcement section when the score is 60 points or less (“Fail” condition in Figure 6).

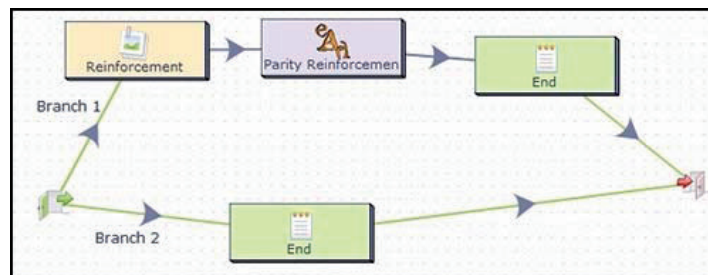


Figure 5. Detail of the branching activity that appears on Figure 2

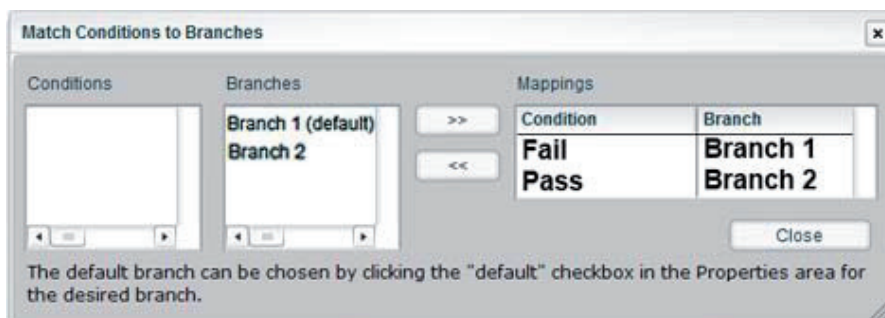


Figure 6. Detail of LAMS dialog box to match conditions and branches of the two paths in Figure 5

### Results of the case study

Figure 7 shows some of the data extracted. In this figure, STUx\_y is a student identifier to maintain their anonymity, where x is the turn and y the number assigned to the student in each turn. As Figure 7.a depicts, 16 out of 26 students (61.5%) completed the first execution of the game with a “pass” score and finished the activity without using the reinforcement material or the second execution of the game. Figure 7.b and 7.c focus on the remaining 10 students. In this group, three students achieved a “pass” score on the second game and one failed this activity again. All these four students who finished the second game achieved better results than in the first game’s execution, even though one of them did not achieve the minimum pass score. The six remaining students were stuck when the session ended and did not complete the activity. One of them remained stuck on the first game, another in the reinforcement presentation and four in the second execution of the game.

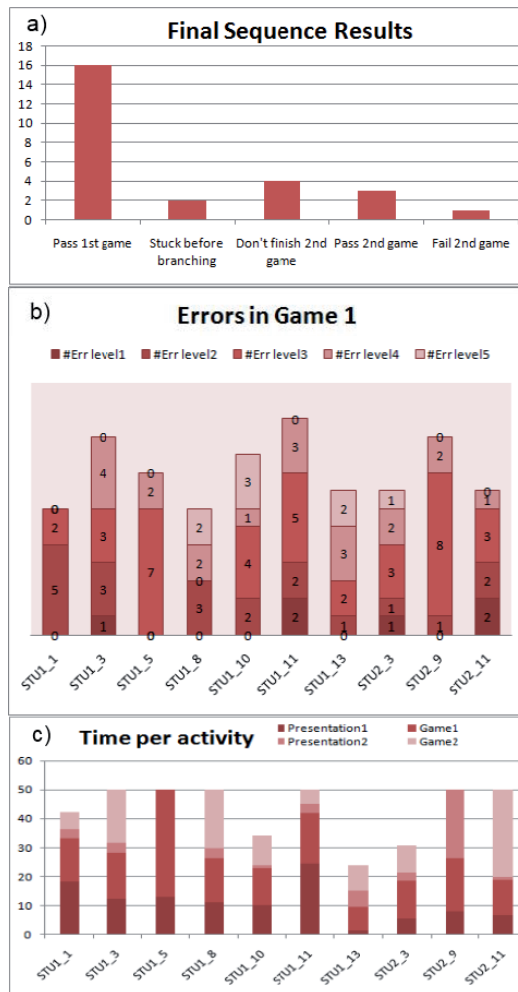


Figure 7. Charts extracted for the analysis of the data gathered from the LAMS

Still focusing on the 10 students that required the reinforcement, Figure 7.b depicts the number of errors per student in each game level. Even though the levels were designed with incremental difficulty, students present the highest

rate of errors in “Level 3” followed by “Level 2” and “Level 4”. Finally, *Figure 7.c* provides descriptions of the time that each of those students spent in each activity.

Educators involved in the case study were the teacher of the class (T) and the Director of Studies (DS). Two weeks after the session we conducted a one-hour unstructured interview with both educators, following the ideas of Bernsen & Dybkjaer (2009). The interview was recorded and transcribed (the original interview was conducted in Spanish but the excerpts shown in the article have been translated). The aim of this interview was to capture educators’ perceptions about the gaming and integration framework proposed, especially the assessment and adaptation features. A qualitative approach was followed because of the small sample size (only two educators).

In relation to the educators’ opinion on the use of video games in education, the DS pointed out the importance of attractiveness in interactive software as educational tools. She highlighted how previous experiences with ICT had resulted less attractive to students, providing low interactivity and poor engagement through written text. They also pointed out the value of using an interactive and narrative approach to the assessment process, as opposed to a more traditional type of evaluation.

*DS: We see how the students react negatively to such programs because those contents are unattractive.*

*T: The writing test with a pencil, on paper, without color... this is unattractive to the students, and after two minutes they are exhausted.*

Comparing this approach to their usual approach, they showed interest in further using games as evaluation instruments for their subject areas.

We asked the educators about the efforts necessary for the development of sessions of this kind. The educators considered that the task of creating games from scratch was complicated “*not only because of the use of technology but also because it is difficult to have an idea for an engaging game that is also attractive*”. They identified the possibility of “*modifying and adapting a game previously created*” as very interesting, but they also highlighted that they “*would need prior training to use these tools*”.

We asked the educators about the assessment possibilities of <e-Adventure> games and the reports we had gathered using LAMS. They were very interested in this kind of assessment (“*This evaluation method is easier for us*”), and they highlighted the possibility of extracting more information than in conventional tests.

*DS: Not only does it reflect the overall result but you can also extract additional information such as time spent in different parts, the difficulty for each student in particular and other aspects that you cannot know through paper and pencil.*

*T: Besides, in a traditional exam you cannot keep an eye on each student and with this approach you can extract more personalized information.*

When we asked them about the possibility of changing the sequence flow after taking the information extracted from previous activities into account, the director of studies agreed and asserted:

*DS: This is a key concept. It is very interesting if we can detect not only what students are doing during the sessions but also what the students’ problems are. Then we can modify the methodology trying to get all students to acquire the important concepts.*

The teacher offered to relate some experiences from her class. She pointed out that some students complete all the activities without problems. In this sense the educator found the possibility of adding extra content or more advanced goals interesting, even if that content or goal belonged to another course, so that “*this system allows for managing the different learning paces*”.

## Discussion

The main objective of the case study was to gather educators' perceptions about the benefits, flaws and feasibility of use of the framework. Given the small number of students and teachers involved, it was not intended to evaluate the learning effectiveness of the game-based approach nor the potential of the assessment and flow adaptation capabilities to improve education. For this reason, the case study presents simple assessment and adaptive features to facilitate the understanding of the framework by educators.

The overall results of this experience are positive. Educators found the game to be useful and gave a positive appreciation of the balance between the effort of preparing and executing the sequence of activities (not just the game) and the amount of useful information gathered, how the experience was adapted at runtime, and the level of control they had during the process. Educators highlighted the advantages of the adaptation of the learning experience to different learning paces, promoting individualized learning, and the great amount of information that can be extracted.

In addition, educators perceived that the extraction of the game's assessment data and its linking with LAMS were easy enough for them, but they also pointed out that they felt that independent game development was out of their reach, even using the tools provided. They did, however, point out that they thought they would be able to adapt existing games to their needs and even use the games as a new assessment tool, as long as they had the resources and adequate training.

## Conclusions and future work

In this paper we have proposed a framework trying to facilitate the use of games in learning designs by educators. The framework is built on the ideas of powering educators with assessment and flow-adaptation capabilities, and fosters the reuse of learning designs with games. We also present an application model based on two pre-existing e-learning platforms that implements the frameworks and deals with implementation issues (e.g., game delivery). Finally, we put the application model into practice in a case study with six-year-old students.

Some of the ideas proposed in our framework are present in other approaches or educational tools. For example, the notion of establishing relations among the activities in a course so that they can result in an adaptive learning flow has been around for years. Numerous approaches for conditional branching have come from the field of Adaptive Hypermedia, resulting in a number of educational tools (De Bra, et al. 2003; Weber & Brusilovsky 2001, Brusilovsky, 2004). However, these approaches usually rely excessively on automatic adaptation, limiting educators' participation during the educational experience. In contrast, our approach focuses on giving educators capabilities to control the flow at all times to increase the educational value.

In the e-learning field there are also several works supporting adaptive learning. On the one hand, there are e-learning standards such as SCORM, which includes basic adaptive sequencing features; and IMS Learning Design (IMS-LD), which can support complex adaptive learning flows due its flexibility that allows educators to define virtual courses following any pedagogical approach (Van Es & Koper, 2006). However, the sequencing in SCORM turns out to be insufficient for highly interactive contents (Shute & Spector, 2008), there are few systems that fully implement IMS-LD, and the effective use of the supporting IMS-LD editors still requires significant knowledge about the specification. These aspects limit the possibility of reusing content and learning designs.

The application model proposed in this work, based on extensions of the previously existing LAMS and <e-Adventure> platforms provides a more accessible solution, highlighting the role of the educator and providing support for the desirable characteristics proposed within the framework. Our case study has been useful in determining whether educators without extensive ICT training can find the implementation of this technology beneficial, although its small size does not allow us to fully validate our approach. This will require carrying out additional studies with lessons that present more complex assessment and adaptation features and larger sample sizes, as well as an in-depth examination of how our approach compares with other approaches for game integration.

The evaluation of reusing pedagogically sound designs including games is planned for a later stage. To validate this aspect, a community of users needs to be established first, and a wide range of learning designs with games should be available. Both goals cannot be reached in the short-term. We have already initiated some initiatives for this purpose: the LAMS official release that includes support for <e-Adventure> activities (v2.3.5) has been recently made available for public use. We are also promoting different repositories. As proposed by the workflow, the LAMS sequence and the parity game along with more sequences and games have been included both in LAMS community and <e-Adventure> repositories. The perceived acceptance of these materials within LAMS and <e-Adventure> users may allow us to estimate whether there is a real interest in reusing this kind of content, and therefore the practical applicability of the approach.

There are also other open issues which need further research. One is related to testing the applicability of the framework implementing the course following e-learning standards as IMS LD or SCORM, comparing the benefits and pitfalls against this specific application model. In addition, our current work focuses on gathering adaptation data from a technical perspective, rather than indicating what to do with it. Finding effective ways to use the data extracted from the game for adaptation purposes is still an open research question. However, we expect the notion of promoting the reuse of contents and lesson patterns supported by the application mode to facilitate this process. We are currently working on improving the customisation possibilities introduced by this model, including providing both extra materials for advanced students and remedial contents for those who do not achieve the learning objectives. We are also working on the proposal and development of different sample courses and lessons to include them in publicly available repositories.

## Acknowledgements

The Ministry of Education (grants Movilidad I-D+i PR2010-0070 and TIN2010-21735-C02-02) and the Ministry of Industry (grants TSI-020110-2009-170, TSI-020312-2009-27) have partially supported this work, as well as the Complutense University of Madrid and the Regional Government of Madrid (research group 921340 and project e-Madrid S2009/TIC-1650), and the PROACTIVE EU project (505469-2009-LLP-ES-KA3-KA3MP) and the GALA EU Network of Excellence in Serious Games (FP7-ICT-2009-5-258169). Thanks to Tina Christodouleas, PhD for her detailed English editing and review and to the staff of Ramiro de Maeztu public school for their support of the case study.

## References

- Aldrich, C. (2005). *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences* (p. 400). San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y., & Cheng, M. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education, 53*, 74-85.
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., & Tuzun, H. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development, 53*(1), 86-108.
- Bernsen, N. O., & Dybkjaer, L. (2009). Question-Answering. In N. O. Bernsen & L. Dybkjaer (Eds.), *Multimodal Usability* (pp. 161-195). Springer London.
- Blunt, R. (2007). Does Game-Based Learning Work? Results from Three Recent Studies. Orlando, Florida, USA: NTSA. Retrieved January, 1, 2011, from <http://download.microsoft.com/download/a/4/f/a4f37ec6-809d-4098-9238-e2690a6fd8c4/GameBasedLearningStudies.doc>.
- Brusilovsky, P. (2004). Distributed Architecture for Adaptive E-Learning. *Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters*. pp(104-113). New York, NY, USA
- Burgos, D., Tattersall, C., & Koper, R. (2007). Re-purposing existing generic games and simulations for e-learning. *Computers in Human Behavior, 23*(6), 2656-2667.
- Chen, J. (2007). Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM, 50*(4), 31-34.

- Dalziel, J. (2003). Implementing Learning Design: The Learning Activity Management System (LAMS). In G. Crisp, D. Thiele, I. Scholten, S. Barker, & J. Baron (Eds.), *20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*. (pp. 593 - 596). Adelaide: ASCILITE: www.ascilite.org.au.
- De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., de Lange, B., Rousseau, B, Santic, T., Smits, D., & Stash, N.(2003). AHA! The adaptive hypermedia architecture. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> ACM Conference on Hypertext and Hypermedia* (pp. 26-30). Nottingham, UK.
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Marchiori, E. J., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS. *ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning (MTDL 2010)* (pp. 25-30). Firenze, Italy.
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). Integrating Adaptive Games in Student-Centered Virtual Learning Environments. *International Journal of Distance Education Technologies*, 8(3), 1-15.
- Dickey, M. D. (2005). Engaging by Design: How Engagement Strategies in Popular Computer and Video Games Can Inform Instructional Design. *Educational Technology Research and Development*, 53(2), 67-83.
- Dickey, M. D. (2011). World of Warcraft and the impact of game culture and play in an undergraduate game design course. *Computers & Education*, 56(1), 200-209.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2004). Practical barriers in using educational computer games. *Horizon*, 12(1), 18-21.
- Fong, G. (2006). Adapting COTS games for military experimentation. *Simulation & Gaming*, 37(4), 452-465.
- Freitas, S. de, & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers & Education*, 46(3), 249-264. Elsevier.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, Motivation and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467.
- Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment*, 1(1), 20.
- Hannafin, M. J., Hill, J. R., & Land, S. M. (1997). Student Centered Learning and Interactive Multimedia: Status, Issues, and Implication. *Contemporary Education*, 68(2), 94-99.
- Hays, R. T. (2005). *The effectiveness of instructional games: a literature review and discussion*. Orlando, FL. Naval Air Warfare Center. Retrieved May, 15, 2010, from <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA441935>.
- Ketelhut, D. J., Dede, C., Clarke, J., & Nelson, B. (2006). A multi-user virtual environment for building higher order inquiry skills in science. *American Educational Research Association Conference*. San Francisco, CA, USA.
- Koper, R., & Manderveld, J. (2004). Educational Modelling Language: Modelling Reusable, Interoperable, Rich and Personalised Units of Learning. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 537-551.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). Report on the educational use of games. TEEM: Teachers Evaluating Educational Multimedia. Retrieved April, 6, 2006, from [http://www.teem.org.uk/publications/teem\\_gamesined\\_full.pdf](http://www.teem.org.uk/publications/teem_gamesined_full.pdf).
- Milburn, Colin (2010). Digital Matters: Video Games and the Cultural Transcoding of Nanotechnology. In M. Kaiser, S. Maasen, M, Kurath, & C. Rehmann-Sutter (Eds.), *Governing Future Technologies* (pp. 109-127). 27 Netherlands; Springer.
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, 24(6), 2530-2540.
- Peirce, N., Conlan, O., & Wade, V. (2008). Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalized Learning Experiences. *Second IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Enhanced Learning* (pp. 28-35). Banff, Canada: IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
- Pivec, M., & Pivec, P. (2008). *Games in Schools* (p. 45). ISFE-EUN Partnership. Retrieved June, 26, 2009, from <http://games.eun.org>.
- Pivec, P. (2009). *Game-based Learning or Game-based Teaching?* Becta. Retrieved March, 30, 2010, from [http://emergingtechnologies.becta.org.uk/uploads-dir/downloads/page\\_documents/research/emerging\\_technologies/game\\_based\\_learning.pdf](http://emergingtechnologies.becta.org.uk/uploads-dir/downloads/page_documents/research/emerging_technologies/game_based_learning.pdf).
- Rice, J. W. (2007). *New Media resistance: Barriers to Implementations of Computer Video Games in the Classroom*. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 16(3) 249-261
- Sandford, R., Ulicsak, M., Facer, K., & Rudd, T. (2006). *Teaching with Games: Using commercial off-the-shelf computer games in formal education*. Futurelab.

- Shute, V. J., & Spector, J. M. (2008). *SCORM 2.0 white paper: Stealth assessment in virtual worlds*. Unpublished manuscript. Retrieved April, 9, 2009, from [http://www.adlnet.gov/technologies/evaluation/library/additional\\_resources/letsi white papers/shute - stealth assessment in virtual worlds.pdf](http://www.adlnet.gov/technologies/evaluation/library/additional_resources/letsi_white_papers/shute-stealth_assessment_in_virtual_worlds.pdf).
- Squire, K. (2003). Video Games in Education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming*, 2(1), 49-62.
- Squire, K. (2005). Changing the game: What happens when video games enter the classroom. *Innovate, Journal of Online Education*, 1(6).
- Torrente, J., Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2009). Integration and Deployment of Educational Games in e-Learning Environments: The Learning Object Model Meets Educational Gaming. *Educational Technology & Society*, 12(4), 359-371.
- Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16-30.
- Van Es, R., & Koper, R. (2006). Testing the pedagogical expressiveness of IMS LD. *Educational Technology & Society*, 9(1), 229-249.
- Weber, G., & Brusilovsky, P., (2001). ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web based Instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 351-384.
- Wesley, John (1974). *Pioneers: A Simulation of Decision-Making on a Wagon Train*. Interact Simulations. 72p.
- Wexler, S., Corti, K., Derryberry, A., Quinn, C., & Barneveld, A. van. (2008). *The eLearning Guild: 360 Report on Immersive Learning Simulations*. Retrieved July, 9, 2009, from <http://www.elearningguild.com/>.

## **7.3. Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games**

### **7.3.1. Cita completa**

Ángel del Blanco, Javier Torrente, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2012): Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games. In Quin Jin (Ed.) Intelligent Learning Systems and Advancements in Computer-Aided Instruction: Emerging Studies, ISBN: 978-1-61350-485-7, pp.144-163.

### **7.3.2. Resumen original de la contribución**

The rising acceptance of Virtual Learning Environments (VLE) in the e-Learning field poses new challenges such as producing student-centered courses which can be automatically tailored to each student's needs. For this purpose digital games can be used, taking advantage of their flexibility (good video games always try to adapt to different players) and capabilities to stealthily track players' activity, either for producing an accurate user model or enhancing the overall assessment capabilities of the system. In this chapter we discuss the integration of digital games in Virtual Learning Environments and the need of standards that allow the interoperable communication of games and VLE. We also present a middle-ware architecture to integrate video games in VLEs that addresses the technical barriers posed by the integration. We present a case study with the implementation of the architecture in the <e-Adventure> game authoring platform, along with three examples of video game integration in educational settings.

# Intelligent Learning Systems and Advancements in Computer–Aided Instruction: Emerging Studies

Qun Jin  
*Waseda University, Japan*

Information Science  
**REFERENCE**

Managing Director: Lindsay Johnston  
Senior Editorial Director: Heather Probst  
Book Production Manager: Sean Woznicki  
Development Manager: Joel Gamon  
Development Editor: Hannah Abelbeck  
Acquisitions Editor: Erika Gallagher  
Typesetters: Deanna Jo Zombro  
Print Coordinator: Jamie Snavelly  
Cover Design: Nick Newcomer, Greg Snader

Published in the United States of America by  
Information Science Reference (an imprint of IGI Global)  
701 E. Chocolate Avenue  
Hershey PA 17033  
Tel: 717-533-8845  
Fax: 717-533-8661  
E-mail: [cust@igi-global.com](mailto:cust@igi-global.com)  
Web site: <http://www.igi-global.com>

Copyright © 2012 by IGI Global. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored or distributed in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, without written permission from the publisher. Product or company names used in this set are for identification purposes only. Inclusion of the names of the products or companies does not indicate a claim of ownership by IGI Global of the trademark or registered trademark.

#### Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Intelligent learning systems and advancements in computer-aided instruction: emerging studies / Qun Jin, editor.  
p. cm.

Includes bibliographical references and index.

Summary: "This book reviews computational models and technologies for distance education, focusing on systems, infrastructures, and frameworks for delivering quality education"--Provided by publisher.

ISBN 978-1-61350-483-3 (hardcover) -- ISBN 978-1-61350-484-0 (ebook) -- ISBN 978-1-61350-485-7 (print & perpetual access) 1. Distance education. 2. Computer-assisted instruction. I. Jin, Q. (Qun), 1962-  
LC5800.L567 2012  
371.33'4--dc23

2011046528

#### British Cataloguing in Publication Data

A Cataloguing in Publication record for this book is available from the British Library.

All work contributed to this book is new, previously-unpublished material. The views expressed in this book are those of the authors, but not necessarily of the publisher.

## Chapter 9

# Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games

**Ángel del Blanco**

*Universidad Complutense de Madrid, Spain*

**Javier Torrente**

*Universidad Complutense de Madrid, Spain*

**Pablo Moreno-Ger**

*Universidad Complutense de Madrid, Spain*

**Baltasar Fernández-Manjón**

*Universidad Complutense de Madrid, Spain*

### **ABSTRACT**

*The rising acceptance of Virtual Learning Environments (VLE) in the e-Learning field poses new challenges such as producing student-centered courses that can be automatically tailored to each student's needs. For this purpose digital games can be used, taking advantage of their flexibility (good video games always try to adapt to different players) and capabilities to stealthily track players' activity, either for producing an accurate user model or enhancing the overall assessment capabilities of the system. In this chapter, the authors discuss the integration of digital games in Virtual Learning Environments and the need of standards that allow the interoperable communication of games and VLE. Authors also present a middle-ware architecture to integrate video games in VLEs that addresses the technical barriers posed by the integration. The chapter presents a case study with the implementation of the architecture in the "e-Adventure" game authoring platform, along with three examples of video game integration in educational settings.*

DOI: 10.4018/978-1-61350-483-3.ch009

## INTRODUCTION

Schools, universities and corporations are becoming increasingly dependent on e-Learning systems for their distance or blended learning programs. State-of-the-art e-Learning systems are no longer mere content repositories but fully featured Virtual Learning Environments (e.g. *Moodle*<sup>TM</sup> (Dougiamas & Taylor, 2003), *Sakai*<sup>TM</sup> (Farmer & Dolphin, 2005)) that support all the activities related to learning. Modern VLEs comply with different e-Learning standards to ensure content interoperability (e.g. SCORM (ADL, 2006)), which is important to protect investments in content production. Therefore the courses created may combine VLE's built-in tools (e.g. chat, forum, questionnaires, etc.) with a wide range of learning contents. However, in many cases standards only cover content deployment, leaving the active integration of tools and contents to VLE developers' own judgment.

Among the new educational tools to be used in education, video games and simulations are gaining acceptance as learning tools as contents that foster learning by doing (Aldrich, 2005), problem solving skills (Rieber, 1996) and improve motivation and engagement (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002). Video games has also potential because of their high level of interactivity, which allows providing fine-grained adaptive experiences, and player's activity tracking capabilities (Tang, 2007; Moreno-Ger, Burgos, & Torrente, 2009). Ideally these features could be used to enhance what the VLE knows about the student. This opens new possibilities for improving the assessment methodologies and to adapt the learning process for each student.

Nevertheless, for this to be a reality games and VLE need to establish an active and bidirectional communication that can cope with an intense exchange of interaction data. Current e-Learning standards were not designed to support this kind of communication. Some e-Learning standards address the communication between VLE and

content (e.g. SCORM) or the adaptation of the learning flow (e.g. IMS Learning Design (IMS Global Consortium, 2003) but we still need to deal with the current diversity of VLE and with a lack of specific standardization support for the peculiarities of game-based learning.

In this chapter we present a general architecture to integrate games in VLE specifically focused on supporting adaptation and assessment features. Through the use of a middle-ware, game designers can develop adaptive educational games defining the interaction with the VLE without committing to any specific VLE or standard and without the need of technical knowledge on this matter. Thus the games created could be integrated in different VLEs and contexts, even if they support different families of standards (or even no standards at all). To test the feasibility of this approach, we've implemented the architecture in the "e-Adventure" game authoring platform. For the last two years we have evaluated the implementation and the conceptual framework in the development of several games for different educational settings.

In this chapter we first identify the barriers and the state of the art of the e-Learning field focusing on assessment, adaptation and standards; second, we discuss how video games can contribute to assessment and adaptation in e-Learning and the challenges behind this approach. Then we describe the proposed architecture and its implementation in the "e-Adventure" platform as a case study and three experiences of video game integration in VLE and finally, we present some conclusions and outline future lines of work.

## VLES: ASSESSMENT, ADAPTATION AND STANDARDS

Current VLEs aim to provide support tools for all aspects of the teaching-learning process, from course creation to student evaluation features (Govindasamy, 2002). Common assessment tools include tests and questionnaires. However,

there is a lack of well-defined methods to assess student progress from how the student interacts with content. While the VLE can usually know when a user accessed the content, in many cases contents behave as black boxes for the VLE.

An additional notion is how to establish relations among the activities in a course so that they can result in an adaptive learning flow in which the outputs of some activities affect the behavior of the learning experience (Henze, 2000). Even though there are several examples of systems that include adaptation features (e.g., AHA, ALFANET, etc.), mainstream student-centered VLEs do not tend to include adaptation capabilities (Hauger & Köck, 2007). The new VLEs need to facilitate tasks such as tracking the progress and the skills acquired by the student within highly interactive contents, as well as to adapt the learning experiences to the specific needs of each student.

Another important issue in e-Learning is the interoperability of contents. E-Learning standards try to deal with the different aspects of e-Learning processes, mostly content delivery but also some of them deal with communication with VLE or definition of paths in the lessons. At the present time, compliance to e-Learning standards is a crucial factor when selecting a new VLE implantation in a corporate or educational environment. This allows the reutilization of existing contents and protects the investment in developing new contents against future platform migrations.

E-Learning specification and standardization initiatives are numerous and diverse, involving different organizations and consortiums such as the IEEE or IMS Global Learning Consortium. Most of these contributions target the concept of allowing the creation of courses as aggregations of simple units of content, an approach usually referred to as the Learning Objects Model (Balatsoukas, Morris, & O'Brien, 2008). To achieve this kind of aggregation, it is important to package the contents in a standardized format (using for example IMS Content Packaging (IMS Global Consortium, 2004)) and to annotate the contents

to facilitate their management (using for example the IEEE Learning Object Metadata standard (IEEE, 2002)).

Even though the use of the aforementioned standards to package and distribute the content is well established in many available VLEs, these standards do not simplify the widespread adoption of student-centered approaches with adaptation and performance tracking (Graf, Lin, & Kinschuk, 2005). Nonetheless, there are some efforts to support adaptive learning through e-Learning standards and specifications.

In terms of assessment and gathering the students' performance SCORM (ADL, 2006) defines a data communication model that allows the interchange of information between the (potentially interactive) content and the VLE in a standardized way. Melding this fact with packaging, content structuring and labelling turns SCORM into a singular specification. SCORM also includes basic branching capabilities in an activity sequence, although it was not intended for highly interactive contents and thus its potential is limited (Shute & Spector, 2008).

IMS-Learning Design (IMS Global Consortium, 2003) could support adaptive learning flows due its flexibility by which it allows educators to define virtual courses following any pedagogical approach (Van Es & Koper, 2006). However, there are few systems that fully implement IMS-LD and the effective use of the supporting IMS-LD editors still requires significant knowledge about the specification. LAMS is a system that has been developed based on IMS-LD ideas, focusing on course development and execution but without complying with the full specification (Dalziel, 2003).

A very promising set of three specifications in the field is being developed by IMS Global Learning Consortium, which tries to provide solutions for the incipient needs of the e-Learning business. The first specification available is IMS Common Cartridge (IMS-CC) (IMS Global Consortium, 2011), which covers packaging,

organization and delivery of educational content. IMS-CC also presents improvements in user authentication and provides a simple protocol for accessing tools remotely, known as IMS Basic Learning Tool Interoperability (IMS-BLTI) (IMS Global Consortium, 2010), allowing the creation of mash-ups in the VLE. BLTI is also strongly related to the second specification, which is still unpublished, being developed by IMS: Learning Tools Interoperability (IMS-LTI), which will eventually push forward the concept of mash-ups with an agreement about security and run-time services. The last specification is IMS Learning Information Services (IMS-LIS), which defines an interoperable way to communicate information between different VLEs and between contents and VLE as well. IMS-LTI and IMS-LIS are expected to be a significant improvement in the active integration of interactive content and tools, but in the meantime SCORM still represents the state-of-the-art for video games integration.

Therefore, the adoption of this type of advanced VLEs demands dealing with a diversity of standards that may put the investment at risk. Given that developing interactive and adaptive content requires a significant budget, this can potentially become a major issue.

### **GAME-BASED LEARNING AND E-LEARNING**

As it has been widely discussed in the literature during the last years, the use of video games can enhance the learning processes in many aspects (Gee, 2003). Traditionally the most frequently benefit associated to game-based learning in the literature is that it can increase students' motivation (Lepper & Cordova, 1992; Malone, 1981), which recent research has backed-up (Papastergiou, 2009; Liu & Chu, 2010; Sancho, Torrente, & Fernández-Manjón 2009). The relation between video games and constructivists theories (Gee, 2007), their support for collaborative/competitive

learning (Squire, 2003), or their alignment with 21st century skills (Annetta, Cheng, & Holmes, 2010) are other benefits of game-based learning, according to recent literature. Furthermore, video games encourage the adoption of problem solving skills (Van Eck 2007) and "learning by doing" (Aldrich, 2005), while keeping the students engaged (Shute, Rieber, & Van Eck, 2011). However, the full potential of video games in adaptable student-centered online learning is almost unexplored and requires further research.

### **Videogames, Adaptation, and Assessment**

The adaptation of educational content to suit different target audiences with different levels of initial knowledge is a common feature in student-centered learning, although it is difficult to achieve. Meanwhile, personalization and challenge adjustment are pervasive features in video game products. Game developers and publishers include mechanisms in their video games to adapt the game experience to suit the requirements of the widest possible range of users (Moreno-Ger, Burgos, & Torrente, 2009). The most obvious type of adaptation in video games is the inclusion of different levels of difficulty, trying to adjust the challenge to different levels of skill.

However, the potential is even bigger thanks to the high interactivity of games, which can be used to implement much more fine-grained adaptation mechanisms. Some advanced games can even carry out this adaptation transparently to the user. For example, the *MaxPayne*<sup>TM</sup> video game incorporates Dynamic Difficulty Adjustment techniques (Robin, 2005) that alter the game execution depending on the actual performance of the user. More recent titles apply similar techniques to personalize different aspects of the game. For example, the *Left4Dead*<sup>TM</sup> saga (<http://www.valvesoftware.com/games/l4d2.html>) includes an AI engine that customizes elements like pathways through the game world, enemy populations

and also the game atmosphere and environment through adaptive music, sound and visual effects according to the player's style of play ([http://www.valvesoftware.com/publications/2009/ai\\_systems\\_of\\_l4d\\_mike\\_booth.pdf](http://www.valvesoftware.com/publications/2009/ai_systems_of_l4d_mike_booth.pdf)).

On the other hand, getting to know the student in a virtual learning setting is also a significant challenge (Ahmad, Basir, & Hassanein, 2004). Typical approaches collect data by asking the user directly, although there are research initiatives that try to infer information about the students by observing their interaction with the system (Charles, et al., 2005). The fine-grained interactivity provided by games can produce more detailed information about the interaction of the students than any other kind of non-interactive content. Gathering and processing this information can open up new opportunities in terms of automatic assessment and student profiling. Nonetheless, how to track students' performance from games is not a trivial matter and further research is also needed (Del Blanco, Torrente, Marchiori, Martínez-Ortiz, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón 2010; Shute, Rieber, & Van Eck, 2011).

### **Current Challenges Integrating Game-Based Learning in VLEs**

From the previous discussion, we derive that educational games can be an ideal medium to deliver student-centered content in VLEs, and a new way of extracting detailed information about students' performance. However, some issues should be addressed to successfully exploit the potential synergies between adaptive game-based learning and e-Learning.

One concern is the flexibility and maintainability of the content, a key issue in e-Learning but which is rarely tackled in video games. While typical educational content such as text, presentations or multimedia files can be easily edited, video games are usually sold as closed products which cannot be modified. Other aspect is that games must behave more openly in order to become a

more useful tool in student-centered VLEs, allowing the instructor to know what happens during the game sessions and to modify the behaviour of the game as desired. This requires the definition of specific models that allow the instructor to interact with the game experience remotely. This can be done using the currently existing standards mentioned in the previous section, but this approach presents two main issues.

On the one hand, a game developer who wants to integrate a game into a VLE must identify which standard/specification will be used in the VLE to store the data and how the games will exchange information with the VLE. Given the current situation, with diverse (and evolving) standards available, this does not guarantee the full interoperability of the contents, leaving the investment unprotected. Besides, educational game developers must implement in each game the selected set of standards from scratch, which requires great efforts due to the inherent complexity of these standards.

On the other hand, when developing adaptive and assessable educational video games, it is necessary to maintain a model of each student persistently, and to define how to adapt the game experience according to that user model. If these behaviours are programmed ad-hoc in the game, the investment could become useless if instructors need to modify the adaptive and assessable behaviour of the game (for instance, if the educational video game is to be used in a new educational context). This could be solved if instructors could directly set up the adaptation and assessment configuration of the game and connect the video game with a VLE to solve the problem of the student model persistence.

The integration of video games or 3D immersive virtual worlds is not new, as several initiatives have combined VLEs and interactive content to get the best of both worlds (Chen, Wang, Chang, Chao, & Shih, 2009; Rey-López *et al.*, 2008). For instance, *SLOODLE*<sup>TM</sup> (Kemp, Livingstone, & Bloomfield, 2009) and *NUCLEO*<sup>TM</sup> (Sancho,

Fuentes, Gómez-Martín, & Fernández-Manjón, 2009) use *Moodle*<sup>TM</sup> as a backend for a 3D Virtual Environment which is used as a central server. Other example is *Delta3D*<sup>TM</sup> (McDowell, Darken, Sullivan, & Johnson, 2005), a 3D game engine that implements SCORM to enable the communication between the games and a SCORM-compliant VLE. However, all these approaches use ad-hoc implementations of the communication between content and VLE, which limits the impact to a concrete platform and hinders the general adoption in educational settings. Additionally, while the problem of connecting interactive content (such as games and interactive simulations) with a VLE in standard-compliant ways has been partially addressed (De Antonio-Jiménez, Ramírez-Rodríguez, & Madrigal-Alfaro, 2008; Del Blanco *et al.*, 2010), there is still a need of research about how to use this connection automatically for adaptation and assessment purposes, and how to assure that the developed games will be resilient to future changes in the current standards.

In order to facilitate the inclusion of educational games into the student-centered VLEs, we need to achieve a greater independence between the implementation of the games and the standards used to connect them with the VLEs for adaptation and assessment.

### **AN ARCHITECTURE TO INTEGRATE GAMES IN STUDENT-CENTERED VLES**

In this section, we describe a general architecture that facilitates the integration of educational games in student-centered VLEs. The architecture uses a general model for assessment and adaptation concepts that hides the technical difficulties derived from this process from the instructors and content developers, and tries to alleviate the potential issues described in the previous section in terms of standards compatibility, adaptation and assessment.

First, it is necessary to solve the problem of the communication between game and VLE. The development of games must be as independent as possible from the standards being used for enabling the communication or the specific VLE that will receive the communication. In addition, it is important to be able to define adaptation and assessment patterns that are independent of the specific game or technology. Finally, it would also be desirable to abstract the content creators from the knowledge of the standards in terms of adaptation and assessment thus facilitating this process.

### **Overview of the Architecture**

The architecture is divided in two modules, one focused on abstracting the communication and the other focused on abstracting the adaptation and evaluation patterns.

The first module, called *Communication Module* (CM), is responsible for establishing and managing the communication channel between the VLE and the game in a standardized way. This module will typically execute actions such as “start / end” communication and “send / receive” data. The results of these actions depend on the current standard being used. The CM isolates the content from the specific characteristics of the potentially different communication methods and standards. The module thus identifies the VLE and manages the agreement of the communication protocol to be used between game and VLE. The module has a set of communication plug-ins (one for each standard that it implements) that support the actual communication with the VLE. All these plug-ins implement a common API facilitating a plug-and-play architecture where different communication modules can be added or removed.

The second module is the *Adaptation and Evaluation module* (AEM). It has two missions. On the one hand, it decides the changes that should be done in the game in terms of adaptation and eventually execute those changes (*Adaptation*).

## Enhancing Adaptive Learning and Assessment in Virtual Learning Environments with Educational Games

On the other hand, this module tracks the student interaction in the game in order to extract information about the progress of the student. This information is processed and submitted to the VLE for assessment purposes through the *CM (Evaluation)*.

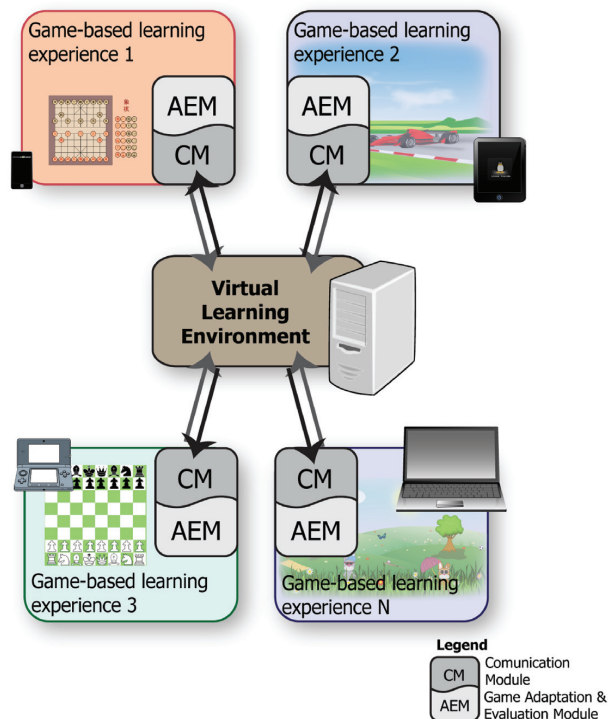
These abstractions allow a game to communicate with different VLEs regardless of the specific standards and communication protocols supported by each specific VLE. They also allow a VLE to support different adaptation and evaluation approaches, although this requires both sides to support a specific model to define adaptation and evaluation concepts.

For this reason, the middle-ware is built according to a *General Data Model for Adaptation*

*and Evaluation (GDMAE)*. The fact that the middle-ware uses abstract adaptation and assessment constructs means that both the game and the VLE can be developed independently. Also these general terms allow people without specific knowledge about the design and implementation of the game and/or the standards that will be used to define assessment and adaptation for game-based learning scenarios.

The next subsections provide additional details about the data model (GDMAE) and the two modules: CM and AEM.

Figure 1. Top-view of the architecture. Games and VLEs can be connected using different communication protocols



### **The General Data Model for Adaptation and Evaluation (GDMAE)**

The API communication functions provided by the CM are expressed in terms of a generic data model. For example “receive the name of the student” or “store the activity assessment”. The model defines situations involving adaptation and/or assessment tasks. The AEM will use these data along with the information gathered from the game and the VLE to decide whether to perform adaptation or not and what will be the concrete in-game adjustment to be performed. The role of the games in terms of assessment is to provide valuable information about the performance of the student. This information is used by the middle-ware to drive a fine-grained online adaptation of the learning experience and to produce assessment data as attribute-value pairs or in the form of a report that can be attached to the VLE’s student profile.

This model defines two set of terms: 1) a set of general terms to express the situations that will imply adaptation or evaluation and 2) the terms to configure the CM. “Adaptation” is defined as the action of adjusting the game experience according to the profile of the student or the current in-game situation. “Evaluation” (which is also a synonymous for “assessment”) is defined as the identification of an in-game situation that is relevant for evaluating the performance of the student and committing to the VLE the assessment actions that must be performed (e.g. set a student grade).

To express which adaptation actions should be performed when certain situations are detected in the VLE we use the concept of *adaptation rule*. The structure of adaptation rules uses the well-know concept of rule, which includes a set of actions to execute when a set of conditions are achieved, and could be summarized as follows:

If (VLEstate) then (changeGame)

Where “*VLEstate*” is a general adaptation term (as defined in the model) that declares a finite set of conditions that must be met in the VLE side and where “*changeGame*” is a general term that identifies the set of actions that must be performed in the game.

Similarly, we define the concept of assessment rule to reflect the actions that must be carried out in the data model at VLE-side when certain circumstances in the game resulting from the interaction of the learner are detected. Assessment rules are defined as follows:

If (gameState) then (changeVLE)

Where “*gameState*” is a general assessment term that identifies a particular state in the game that, when reached, will involve the triggering of the “*changeVLE*” action block. “*changeVLE*” is a general term characterized according to the assessment data that should be generated and sent to the VLE for processing.

This model includes the definition of a language for specifying the general terms, which are closed to natural language and define how to adapt and assess the game-based learning experience, distancing in this manner the author of adaptation and assessment from the technical details.

### **The Communication Module (CM)**

The Communication Module is responsible for requesting and transmitting information in both directions to the VLE and to the AEM module. The CM abstracts the communication between the game and the server, but internally depends on the standard used. It requests the data of the student profile, receiving such information in the specific format that the standard or the specification declares. Then, it converts the standard-specific data to the general language that the corresponding module understands. In turn, it receives information from the AEM using evaluation general terms that need to be transformed and sent to the VLE,

which will store them following the specification in use (if this specifies how to do so). By using the CM it is possible to receive and store adaptation and assessment information in the VLE regardless of the actual standard that the server uses.

The CM module includes out-of-the-box implementations for some common standards in student-centered environments (based on specifications such as SCORM1.2 or SCORM2004). The CM also gives support to specific VLEs which do not contemplate a standardized communication protocol. This is the case of the LAMS Learning Authoring and Management Tool (Dalziel, 2003). When the game is run, the CM consults a configuration file (communication settings profile) to select the standard used to establish the communication with the VLE.

For each standard or specific VLE, the CM includes two relevant elements: an implementation of the communication protocol defined or supported by the VLE, and a profile (mapping table) specifying how to map the information in the cases where the standard already provides a pre-set data model (e.g. CMI data model for SCORM). The abstract adaptation and evaluation data model must be connected to the language defined by the communication protocol. When the selected standard does not define the communication data model (e.g. IMS Learning Design), the communication settings profile can include a mapping table defining an application-specific data model. The CM must use this table in the communication process to store and retrieve the required information. In these cases, the information contained in the profile will depend on the specific course (although it will be independent from the specific game).

The components of the CM have clear and formally defined interfaces to allow flexible and systematic extensions and modifications, which guarantees interoperability and a longer life cycle for the middle-ware. New standards can be easily plugged in into the CM by carrying out two tasks: First, the communication protocol must be

implemented following a specific API. In some cases this API will be provided by the standard (e.g. SCORM). In some other cases, it will be dependant on the VLE. Then, the mapping table must be written, defining the translations between the abstract constructs and the VLE-dependant constructs.

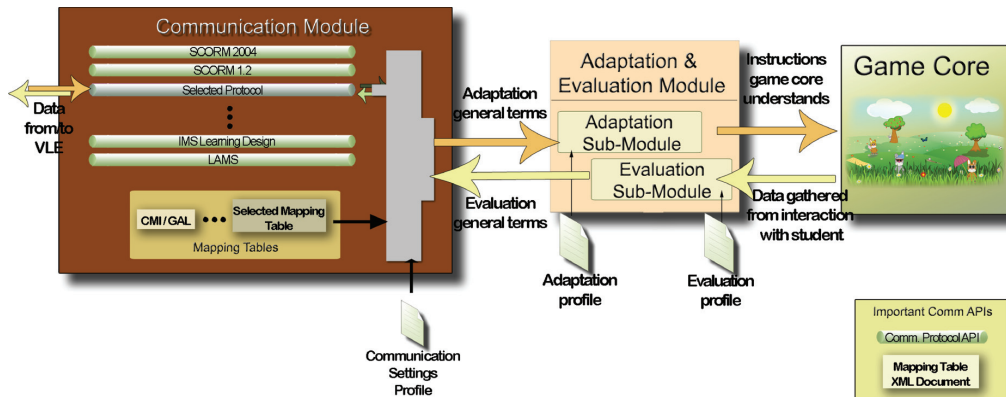
With this structure the underlying communication standards are completely transparent. Authors only need to modify the middle-ware configuration file to change the standards and specifications used in the communication.

### **The Adaptation and Evaluation Module (AEM)**

The AEM is responsible for carrying out the adaptation tasks in the game according to the adaptation rules and using data provided by the VLE. It is also responsible for monitoring the activity in the game to detect situations that require evaluation. As both adaptation and assessment are well-defined tasks with both common and specific features, this module delegates both responsibilities in two sub-modules respectively (thus both are addressed individually): the *Adaptation Sub-Module* (ASM) and the *Evaluation Sub-Module* (ESM).

The ASM receives input data about student's information stored in VLE (e.g. progress in the educational process, social and cultural factors, etc.) for adaptation decision-making process (figure 2). These are "get actions" expressed in "*VLEstate*" terms. The ESM also uses the CM to submit information about the achievements of the student in the game (e.g. the level of completion of the activity is 60% or the completion of learning goals is 75%) and sends it through a standard-compliant channel to the VLE. These are "set actions" expressed in "*changeVLE*" terms. As aforementioned, the CM is the responsible of managing these general terms, translating them to the specific low-level communication protocol if necessary. This is how the CM adds independency from the specific standard supported by the VLE

Figure 2. Communication sequence between the two middle-ware modules and the game core



both for adaptation and assessment communication. In addition, the AEM communicates with the game core in order to receive information about user's in-game interaction (using "gameState" terms) and to make changes as a result of adaptation decisions (using "changeGame" terms).

The in-game situations that should produce either some kind of adaptation and/or evaluation are defined by the author in the adaptation and evaluation profiles. These profiles contain a set of rules defined as it was explained in General Data Model for Adaptation and Evaluation. Both sub-modules must "understand" the meaning of each term to concrete them in actions in the game or VLE.

### CASE STUDY: INTEGRATION IN "E-ADVENTURE"

To test this approach we have implemented the architecture in the "e-Adventure" platform (Del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2009). "e-Adventure" (Moreno-Ger, Burgos, Sierra, Fernández-Manjón, 2008) is a platform created in order to facilitate the introduction of video games and game-like simulations in the educational process, trying to overcome some bar-

riers that hinder the generalization of educational games. "e-Adventure" provides a game editor to create the games and a game engine to execute them. Both components play different roles in respect to our architecture. On the one hand, the architecture is integrated in the game engine to enable the communication with VLEs. On the other hand the game editor allows the configuration of both modules, generating the settings, adaptation and evaluation profiles (which are called assessment profiles in "e-Adventure") that the architecture needs. This process is performed transparently to the author. When the final version (runnable version) of the game is produced using the editor, those profiles are packaged within the game, following the specifications in terms of content packaging that the standard being used defines (if any).

### Implementation of the Communication Module

To include the CM in the platform we complete the following tasks: to implement a module for every standard, to give support to the metadata for the new included standards and to add new types of exportation profiles for the "e-Adventure" games. At the moment, the official "e-Adventure" release

provides support for SCORM v1.2, 2004, LAMS (Del Blanco *et al.*, 2010). Unofficial releases have been produced to support other VLEs and specifications, like an *ad hoc* protocol defined to communicate with servers running IMS Learning Design (the server side of this protocol was implemented as a plug-in for *CopperCore* and LRN (Burgos *et al.* 2008)) or the GameTel VLE (Anido *et al.* 2011).

The CM is made up of a set of modules with the particularities of each standard or specific VLE. Every module implements the communication protocols that the standard uses. In case the standard has a specific data model, it must be also included in the specification of the module. When there is not a data model defined, it has to be set in the adaptation and assessment profile via the corresponding mapping table.

There are different types of game exports as Learning Objects in reference to the different types of standards and VLE that the current architecture implementation supports. Choosing one of the exportations, the communication sub-module that will be in use is selected.

In addition an editor of metadata has been added to include this type of information in every exportation type that should need it.

### **Implementation of the Adaptation and Evaluation Module**

The “e-Adventure” platform includes features to support both adaptation and assessment. The platform already includes implementation for parts of the AEM that are responsible for these actions which are specific for each game engine. It also allows adding assessment and adaptation profiles where the sets of rules of adaptation and assessment are defined.

The profiles take into account the peculiarities of the architecture. In these profiles the user can choose a standard in order to establish both communications with the VLE and the data model. The user can either define the data model in the profile

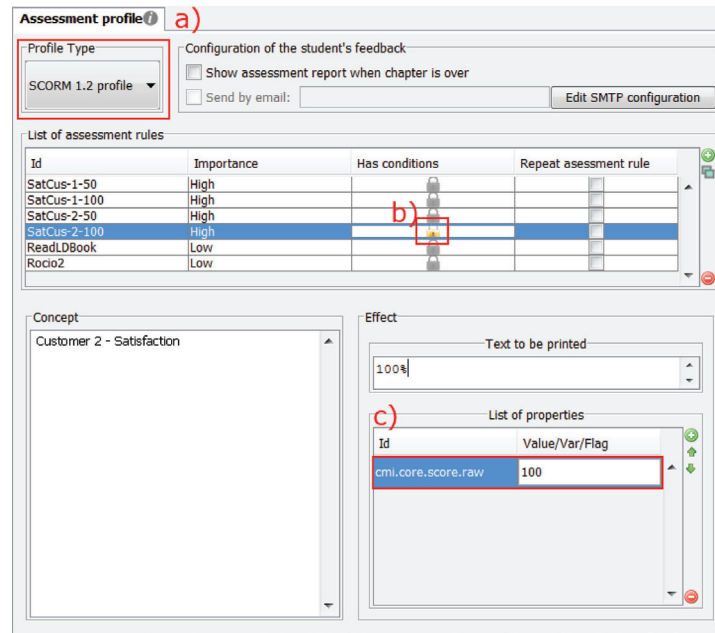
or use a default model provided by the selected standard. The user can determine conditions and execute actions which modify the state of the VLE data model. The mechanism of variables and flags that “e-Adventure” provides is used to introduce changes and to define conditions on the game state (Moreno-Ger, Sierra, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2007). The AEM will be configured by filling in these profiles with adaptation and assessment rules and selecting a standard. The assessment rules can also produce annotations in a human-readable report to be shown at the end of the game as auto evaluation for the student or to be sent to the VLE for teachers’ review.

### **Experience 1: Example of Communication between VLE and Game**

The architecture was preliminary tested and exemplified with the “Paniel and the Chocolate-based Sauce Adventure” game, which can be integrated into different student-centered VLEs. The game was originally developed to be integrated only with the *CopperCore* IMS Learning Design module (Burgos, Moreno-Ger, Sierra, Fernández-Manjón, Specht, & Koper., 2008). The goal of the game is to introduce chocolate-based cooking techniques from a practical perspective, and it is divided in three stages of different levels of difficulty. The initial level teaches how to make chocolate, the second level teaches how to make chocolate-based sauces, and the third level teaches how to marry them with dishes (the most challenging level). First, we analyze the theoretical behaviour, and afterwards we describe the real behaviour in our case study.

The AEM is set up with an adaptation profile that modifies the game depending on the prior knowledge of the student (figure 4a). When the game is executed, the AEM requests information from the VLE asking the overall grade of the student (figure 4c-step1). Then the CM, which has previously set up the communication channel

Figure 3. The “e-Adventure” editor. The screenshot shows an assessment profile with some assessment rules. a) The area that allows selecting a standard or VLE. b) The area for defining conditions (“gameStates”). c) Area for defining what will be set in VLE (“changeVLE”)



with the VLE accordingly to the communication settings profile, codifies the request using the general model, and sends it to the VLE. After the CM receives the VLE response, it translates that response into adaptation terms and sends them to AEM. The AEM then interprets the abstract response and uses the adaptation profile to decide to which level the student should go, skipping the first levels if appropriate. In this example, the adaptation profile determines that if the student overall grade is greater than 50% and less than 75% the first level is skipped. If the overall grade is greater than 75% the second level is skipped. Finally, if the overall grade could not be retrieved for any reason, or if the overall grade is less than 50%, no levels are skipped (figure 4c-step 5).

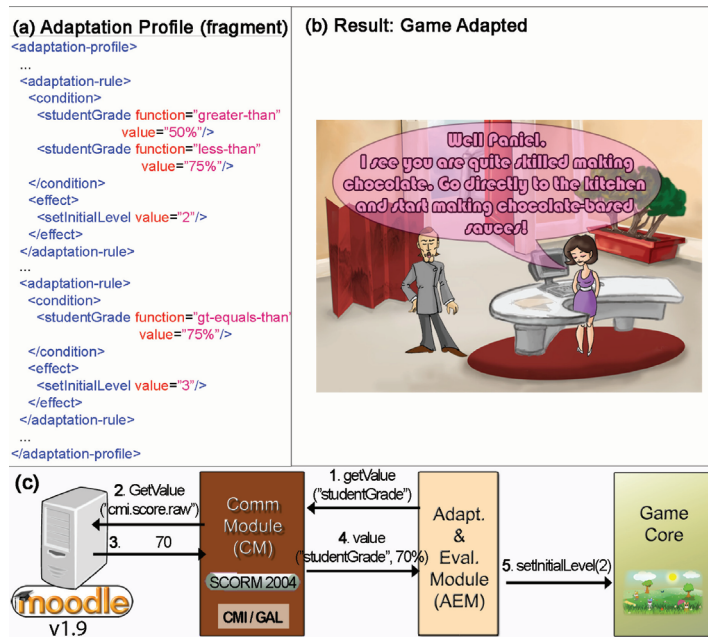
Besides, the game includes an in-game test that produces a final grade. This abstract grade is submitted to the VLE through the middle-ware,

following the same steps (translation of the game concepts into general terms and then translation into VLE-specific constructs). This grade can then be used in future executions of the game to make the initial adaptation decision.

While testing this example in an “e-Adventure” case study, we use the same profiles but in this case we set the architecture to work with SCORM v1.2. to the game was integrated in Moodle™ v1.9 (the VLE) as a SCORM/AICC activity. As we have not implemented the GDMA yet in the case study, the terms related to the game state in the rules are expressed in terms of “e-Adventure” variables and flags. The terms related to the VLE state are expressed as SCORM v1.2 data model elements. The “e-Adventure” editor assists the process to fill this information in the profile.

For this example, the “e-Adventure” game developer must only know the game flow (a

Figure 4. (a): Fragment of the adaptation profile used in the example. (b): Screenshot of the game adapted. (c): Communication sequence between the two modules (CM and AEM), the VLE and the game core. While (a) and (b) are independent of the actual platforms being used, (c) depicts the communication through the platforms and standards that were actually used



task that is well identified in the editor) and the SCORM 1.2 data model. Should the developer want to distribute the game through a different platform, for example, SCORM 2004, the only required task is to modify the communication profile, using elements from the SCORM 2004 data model. The game itself does not need to be changed.

### Experience 2: Using “e-Adventure” and Moodle 2.0 in the Spanish R&D eduWAI Project - “The Big Party”

The game “The big party” aims to foster the develop social skills and personal autonomy for people with intellectual disabilities (e.g. Down Syndrome). The game has been developed in

collaboration with the educators of Prodis<sup>1</sup> foundation for the eduWAI Spanish R&D project, which seeks the inclusion of this collective in the workplace. The game trains students for a social event organized by the company where they work. To complete the game, the student must achieve five objectives related to personal hygiene, clothing, principles of etiquette, principles of good behavior and use of common resources. At the beginning of the game, the user selects him/her gender. This choice will be used to adapt the game to fit the clothes and hygiene items to be shown. Some student’s interactions can modify the flow of the game, but no game adaptation is defined taking into account the student profile. The game includes a detailed assessment definition to track

those players' interactions related to the achievement of the objectives.

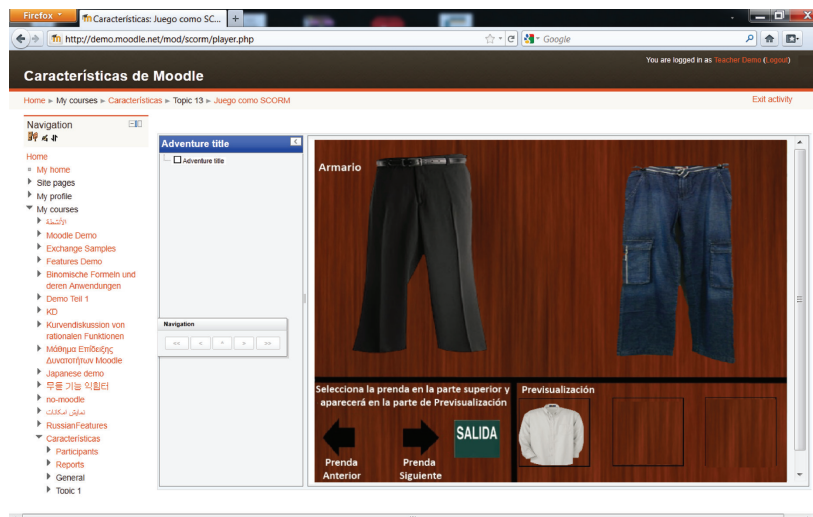
The eduWAI platform includes Moodle 2.0 for managing the educational courses. "The big party" game has been integrated in Moodle 2.0 as a SCORM 2004 activity in the aim of communicating the assessment information generated by the game. We followed the same steps as in the previous experience in terms of setting up the architecture, but for SCORM 2004. Each broad objective was divided in 42 different sub-objectives and each of them was mapped to an assessment rule. Each sub-objective reflects a set of user interactions that are educationally relevant, filtering the assessment data. Besides, the rules append annotations about the achievement of the objectives and sub-objectives onto the assessment report. The evaluation profile has been set to send the assessment report to the CMI data model. As a consequence, educators are provided with different levels of information. They can use the assessment report for a gathering a glance of the

experiences, and if they want more detailed information, they can consult the data sent by each single assessment rule.

### Experience 3: Using "e-Adventure" and LAMS in K-12 Schools - "The Parity" Game

In collaboration with teachers of the first courses of a primary school in Madrid (Ramiro de Maeztu) we created a sequence of activities to teach basic mathematics (Del Blanco, Torrente, Marchiori, Martínez-Ortiz, Moreno-Ger, Fernández-Manjón, 2011). In this process, a game to teach parity was developed using "e-Adventure". The game uses the story about a couple of turtles, called Odd and Even. In the beginning of the story Odd is identified with odd groups and Even with even groups. Later on the pupils must match Even to even groups and Odd to odd groups using a drag&drop mechanism. The difficulty increases through five levels including numbers from one to ninety nine

Figure 5. Example of "The big party" game integrated in eduWAI platform using SCORM 2004 module in Moodle 2.0. The figure depicts the wardrobe where the student has to choose the appropriate cloths for the party



where the students have to identify the parity in groups, single numbers, additions and subtractions (in these two cases they'll also need to make the calculation first). The game includes assessment and a simple adaptation profile. The students begin with one hundred points score. Matching one of the turtles to a wrong element results in a score drop of ten or five points, depending on the current level. This information is sent to a LAMS system, which was used as VLE, and appended as an annotation in the assessment report with a timestamp, the level and whether it was with odd or even groups.

We implemented the lesson as an activity sequence in LAMS, where each step in the educational lesson is represented by an activity. The following activities are identified in the educational lesson and mapped in LAMS as follows. First an explanation about parity is presented to introduce the main concepts. It is done using a power point presentation in an LAMS "Image Gallery" activity. Then, we use an "e-Adventure" Activity (Del Blanco *et al.* 2010) where through a small story the acquisition of the concepts are reinforced and where the pupils must identify a set of odd and even groups. If the student passes the test presented in the game, the sequence is over. If the student does not complete the game, another presentation is showed for odd and even concepts review and he or she will have to play the game again.

LAMS Branching Activity was used to define the flow control of the sequence. The Branching Activity can communicate data with the game, and allows using this data to define the path to be followed. The input and outputs the game accepts are produced by the game editor and enclosed in the game package when the game is exported. LAMS does not provide a specific data model, so game developers are free to define the name of parameters to be sent (using the game editor) and give them the use they consider appropriate. In order to ease this process for developers who are not familiarized with the assessment of

educational video games, we proposed a small predefined data set as a start point. This data set includes the game score, timestamp and if the game was completed, but can be extended when needed without modifying the CM profile for LAMS. We use this data set in this experience so each Branching activity uses the score and the completed values for bifurcating students to the two possible paths.

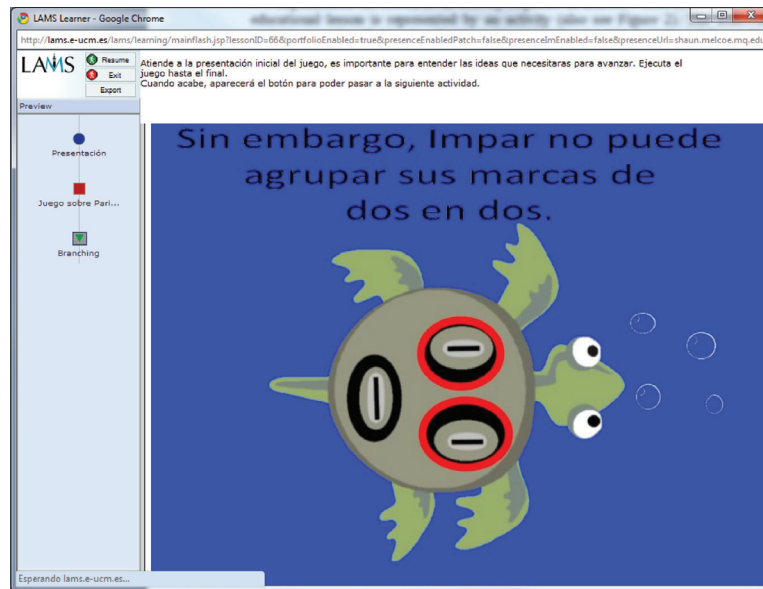
In this experience, educators can define automatic flow modifications over the sequence in LAMS that depends on game assessment. Furthermore, they can review the assessment report and the variables sent to LAMS to get further information about what happened during the game execution. The game does not extract information from LAMS to adapt the content but the assessment data is used to adapt the sequence automatically.

## **CONCLUSION AND FUTURE WORK**

In this chapter we have discussed the benefits that game-based learning can bring to e-Learning in terms of adaptation and assessment. However, bringing both worlds together is a technically challenging task owing to the complexity of both fields. Especially relevant in this concern is the diversity of VLE communication and standards (SCORM, IMS LD, etc.) in e-Learning.

Our contribution is a general architecture for the integration of adaptive games in student-centered VLEs, consisting of a two-module middle-ware which abstracts the existing standards or specific VLE implementations. Using this architecture, the communication between a standards-compliant VLE and an adaptive educational video game is independent of the specific game or standard. This allows game developers to create games without needing to be concerned with the internal details of each possible implementation of the student-centered VLE, focusing in this manner on the design of pedagogically relevant aspects.

Figure 6. Example of “The parity” game integrated in LAMS platform and used in Ramiro de Maeztu School. The figure depicts the initial instructions gave to students



For example, if a teacher were interested in using “The big party” game in a LAMS VLE, only the communication settings profile would need to be changed. In this way teachers can exploit these educational features. However, if the game had been designed directly as a SCORM package, it could only be used in a SCORM-compliant VLE for the specified purposes of adaptation and assessment unless those features were implemented again. This widens the range of teachers that can reuse the educational games as this approach is scalable to other platforms, games and educational settings. The interoperability, maintainability and reuse of the contents are addressed as the architecture is flexible enough to support new standards and revisions thanks to the notion of pluggable adapters.

We have tested this middle-ware in the “e-Adventure” educational game platform, which provides an authoring environment for educational games with special emphasis on the integration

with VLEs, adding support for the APIs provided by the architecture. We use the rules model implemented in “e-Adventure” to implement the concepts exposed in the General Data Model. In the last years we have conducted real experiences in different educational settings in order to test the assessment and adaptation features following instructions and advice by the teachers and educators we collaborated with. In “The big party” game, educators decided to extract accurate information about the students’ performance in different levels of granularity in a standard way. In “The parity game” educators sought a first contact with game usage in education taking advantage of assessment and evaluation features.

The instructors from the Ramiro the Maeztu public school were pleased with the easiness of creating sequences in LAMS and connecting “e-Adventure” games in the sequences. Educators working in the eduWAI project have also left very positive feedback about the possibilities presented

by the use of the SCORM specification to gather information from the game and access it through their own Moodle. They also highlighted the usefulness of this Game-Base Learning approach (Del Blanco *et al.* 2011). Both examples depict how the architecture can be used to implement similar adaptation and assessment models in two different games, and communicate the results to/from two very different VLEs but hiding the technical details of the communication to educators.

The preliminary results are promising, but also indicate some issues that will require further research. On the one hand, adaptation is a very complex issue. To exploit all the potential of adaptive game-based learning the general adaptation model must be extended and refined far beyond its current state. The discussion of how to adapt the content and in what circumstance it should be adapted is still an open research question. Moreover, the automatic detection of in-game situations which require adaptation deserves its own line of research.

On the other hand, the middle-ware must be expanded to include more modules for additional communication standards, including VLE-specific plugins for those environments that do not provide a standardized method for content-to-VLE communication. On the game side, we are also working on the implementation of the architecture for different game engines in different platforms.

## ACKNOWLEDGMENT

The Ministry of Education (grants Movilidad I-D+i PR2010-0070 and TIN2010-21735-C02-02) and the Ministry of Industry (grants TSI-020110-2009-170, TSI-020312-2009-27) have partially supported this work, as well as the Complutense University of Madrid and the Regional Government of Madrid (research group GR35/10-A and project e-Madrid S2009/TIC-1650), the PROACTIVE EU project (505469-2009-LLP-ES-KA3-

KA3MP) and the GALA EU Network of Excellence in serious games (FP7-ICT-2009-5-258169).

Special thanks to Ernie Ghiglione from the Macquarie e-Learning Centre of Excellence for providing us with all the information about LAMS.

## REFERENCES

- ADL. (2006). *Advanced distributed learning sharable content object reference model* (ADL-SCORM). Retrieved from <http://www.adlnet.org/>
- Ahmad, A., Basir, O., & Hassanein, K. (2004). *Adaptive user interfaces for intelligent e-learning: Issues and trends*. Paper presented at the Fourth International Conference on Electronic Business, ICEB2004.
- Aldrich, C. (2005). *Learning by doing: A comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences* (p.400). San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Anido, L., Burgos, D., Caeiro, M., Torrente, J., Fernández, M., González, J., et al. (2011). *Game-Tel: An approach to multi-format and multi-device accessible engineering education*. Paper presented at the Frontiers in Education Conference (FIE 2011), Rapid City, South Dakota, USA.
- Annetta, L. A., Cheng, M., & Holmes, S. Y. (2010). Assessing twenty-first century skills through a teacher created video game for high school biology students. *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 101–114. doi:10.1080/02635141003748358
- Balatsoukas, P., Morris, A., & O'Brien, A. (2008). Learning objects update: Review and critical approach to content aggregation. *Journal of Educational Technology & Society*, 11(2), 119–130.

- Burgos, D., Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B., Specht, M., & Koper, R. (2008). Building adaptive game-based learning resources: The marriage of IMS learning design and “e-adventure”. *Simulation & Gaming, 39*, 414–431. doi:10.1177/1046878108319595
- Charles, D., Kerr, A., McNeill, M., McAlister, M., Black, M., Kcklich, J., et al. (2005). *Player-centred game design: Player modelling and adaptive digital games*. Paper presented at the Digital Games Research Conference, Vancouver, Canada.
- Chen, J.-H., Wang, T.-H., Chang, W.-C., Chao, L. R., & Shih, T. K. (2009). Developing an interactive video game-based learning environment. *Journal of Software, 4*(2), 132–139. doi:10.4304/jsw.4.2.132-139
- Dalziel, J. (2003). *Implementing learning design: The learning activity management system (LAMS)*. Paper presented at the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Adelaide, Australia.
- De Antonio-Jiménez, A., Ramírez-Rodríguez, J., & Madrigal-Alfaro, Z. (2008). *Architecture for integration of simulations with SCORM in e-learning environments*. Paper presented at the Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008), Santander, Spain.
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Marchiori, E. J., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). Easing assessment of game-based learning with “e-adventure” and LAMS. *ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning (MTDL 2010)* (pp. 25-30). Firenze, Italy.
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Marchiori, E. J., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2011). (in press). A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow. *Education Technology & Society*.
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2009). A general architecture for the integration of educational video-games in standards-compliant virtual learning environments. *Paper presented at the Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009)* (pp. 53-55). IEEE. doi: 10.1109/ICALT.2009.151.
- Dougiamas, M., & Taylor, P. (2003). *Moodle: Using learning communities to create an open source course management system*. Paper presented at the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2003, Honolulu, Hawaii, USA.
- Farmer, J., & Dolphin, I. (2005). *Sakai: eLearning and more*. Paper presented at the 11th European University Information Systems (EUNIS 2005), Manchester, UK.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming, 33*(4), 441–467. doi:10.1177/1046878102238607
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Gee, J. P. (2007). *Good video games and good learning: Collected essays on video games, learning and literacy (New literacies and digital epistemologies)*. Peter Lang Publishing.
- Govindasamy, T. (2002). Successful implementation of e-learning pedagogical considerations. *The Internet and Higher Education, 4*, 287–299. doi:10.1016/S1096-7516(01)00071-9
- Graf, S., Lin, T., & Kinshuk. (2005). *Improving student modelling: the relationship between learning styles and cognitive traits*. Paper presented at the Cognition and Exploratory Learning Digital Age (CELDA2005), Porto, Portugal.

- Hauger, D., & Köck, M. (2007). State of the art of adaptivity in e-learning platforms. *15th Workshop on Adaptivity and User Modeling in Interactive Systems* (pp. 355-360). Halle/Saale, Germany.
- Henze, N. (2000). *Adaptive hyperbooks: Adaptation for project-based learning resources*. University of Hannover.
- IEEE. (2002). *IEEE standard for learning object metadata*. Retrieved from <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>
- IMS Global Consortium. (2003). *IMS learning design specification, version 1.0 final specification*. Retrieved from <http://www.imsproject.org/learningdesign/index.html>
- IMS Global Consortium. (2004). *IMS content packaging specification, version 1.1.4 final specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/content/packaging/index.html>
- IMS Global Consortium. (2010). *IMS basic learning tools interoperability version 1.0 final specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/lti/blti/bltiv1p0/ltiBLTIimgv1p0.html>
- IMS Global Consortium. (2011). *IMS common cartridge specification, version 1.1 final specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/cc/index.html>
- Kemp, J., Livingstone, D., & Bloomfield, P. (2009). SLOODLE: Connecting VLE tools with emergent teaching practice in Second Life. *British Journal of Educational Technology*, *40*(3), 551-555. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00938.x>
- Lepper, M. R., & Cordova, D. I. (1992). A desire to be taught: Instructional consequences of intrinsic motivation. *Motivation and Emotion*, *16*, 187-208. doi:10.1007/BF00991651
- Liu, T., & Chu, Y. (2010). Using ubiquitous games in an English listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation. *Computers & Education*, *55*(2), 630-643. doi:10.1016/j.compedu.2010.02.023
- Malone, T. (1981). What makes computer games fun? *Byte*, *6*(12), 258-276. doi: <http://doi.acm.org/10.1145/1015579.810990>
- McDowell, P., Darken, R., Sullivan, J., & Johnson, E. (2005). *Delta3D: A complete open source game and simulation engine for building military training systems*. Paper presented at The Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC).
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, *24*(6), 2530-2540. doi:10.1016/j.chb.2008.03.012
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., & Torrente, J. (2009). Digital games in e-learning environments: current uses and emerging trends. *Simulation & Gaming*, *40*(5), 669-687. doi:10.1177/1046878109340294
- Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2007). A documental approach to adventure game development. *Science of Computer Programming*, *67*(1), 3-31. doi:10.1016/j.scico.2006.07.003
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, *52*(1), 1-12. doi:10.1016/j.compedu.2008.06.004
- Rey-López, M., Díaz-Redondo, R. P., Fernández-Vilas, A., Pazos-Arias, J. J., López-Nores, M., & García-Duque, J. (2008). T-MAESTRO and its authoring tool: Using adaptation to integrate entertainment into personalized t-learning. *Multimedia Tools and Applications*, *40*, 409-451. doi:10.1007/s11042-008-0213-4

- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58. doi:10.1007/BF02300540
- Robin, H. (2005). *The case for dynamic difficulty adjustment in games*. Paper presented at the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Valencia, Spain.
- Sancho, P., Fuentes, R., Gómez-Martín, P. P., & Fernández-Manjón, B. (2009). Applying multi-player role based learning in engineering education: Three case studies to analyze the impact on students' performance. *International Journal of Engineering Education*, 25(4).
- Sancho, P., Torrente, J., & Fernández-Manjón, B. (2009). Do multi-user virtual environments really enhance students motivation in engineering education? *39th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-6). San Antonio, TX: IEEE. doi: 10.1109/FIE.2009.5350863
- Shute, V. J., Rieber, L., & Van Eck, R. (2011). Games... and... learning. In Reiser, R., & Dempsey, J. (Eds.), *Trends and issues in instructional design and technology* (3rd ed., pp. 321–332). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc.
- Shute, V. J., & Spector, J. M. (2008). *SCORM 2.0 white paper: Stealth assessment in virtual worlds*. Unpublished manuscript. Retrieved from [http://www.adlnet.gov/technologies/evaluation/library/additional\\_resources/lets\\_i\\_white\\_papers/shute - stealth assessment in virtual worlds.pdf](http://www.adlnet.gov/technologies/evaluation/library/additional_resources/lets_i_white_papers/shute_-_stealth_assessment_in_virtual_worlds.pdf)
- Squire, K. (2003). Video games in education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming*, 2(1), 49–62.
- Tang, S., Hanneghan, M., & El Rhalibi, A. (2007). *Describing games for learning: Terms, scope and learning approaches*. Paper presented at The Fifth Annual International Conference in Computer Game Design and Technology, Liverpool, UK.
- Van Eck, R. (2007). Building artificially intelligent learning games. In Gibson, D., Aldrich, C., & Prensky, M. (Eds.), *Intelligent Information Technologies: Concepts, tools, methodologies, and applications*. Hershey, PA: Information Science Publishing. doi:10.4018/978-1-59904-941-0.ch048

#### ENDNOTE

- <sup>1</sup> <http://www.fundacionprodis.org/>



## **7.4. Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS**

### **7.4.1. Cita completa**

Ángel del Blanco, Javier Torrente, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2010): Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS. In Proceedings of the 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010), July 5-7 2010, Sousse, Tunisia.

### **7.4.2. Resumen original de la contribución**

In e-Learning the interest on the use of new kinds of highly-interactive content is increasing. In this regard video games are one of the media that is gaining momentum because of their high potential for enhancing both students' motivation and learning outcomes. Nevertheless, the actual adoption of games in the educational system is scarce. In this paper we identify different open issues to be addressed to reach the aforementioned goal. To deal with these issues and broaden the use of educational video games, we propose their integration into the existing e-Learning infrastructure. Moreover, we present the integration of the <e-Adventure> educational game platform into the widespread Learning Activity Management System (LAMS) and discuss how this approach contributes to push forward the generalized adoption of educational video games.

## ***Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS***

Ángel del Blanco<sup>1</sup>, Javier Torrente<sup>1</sup>, Pablo Moreno-Ger<sup>1</sup>, Baltasar Fernández-Manjón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Informática.  
C/ Profesor José García Santesmases s/n. 28040 Madrid, Spain  
{angel.dba,jtorrente,pablom,balta}@fdi.ucm.es

**Abstract**—In e-Learning the interest on the use of new kinds of highly-interactive content is increasing. In this regard video games are one of the media that is gaining momentum because of their high potential for enhancing both students' motivation and learning outcomes. Nevertheless, the actual adoption of games in the educational system is scarce. In this paper we identify different open issues to be addressed to reach the aforementioned goal. To deal with these issues and broaden the use of educational video games, we propose their integration into the existing e-Learning infrastructure. Moreover, we present the integration of the <e-Adventure> educational game platform into the widespread Learning Activity Management System (LAMS) and discuss how this approach contributes to push forward the generalized adoption of educational video games.

**Keywords**—activity sequences, <e-Adventure>, e-Learning, LAMS, LMS-game integration

### I. INTRODUCTION

The e-Learning arena is experiencing an increased interest in the adoption of richer highly-interactive content in general and video games in particular. The potential of video games to enhance the learning process has been discussed thoroughly in the literature [1, 2]. Some of the most cited benefits of educational gaming are their potential to motivate and engage students, to promote self-directed learning, or to present safe test environments that students are free to explore, receiving appropriate feedback in short cycles [3, 4].

So far educational games have been applied in different settings and following a variety of approaches. Although custom developments are growing in acceptance [5], many of the use cases of educational video games are related to the application of COTS (*Commercial-Off-The-Shelf*) video games such as *Civilization*<sup>TM</sup>, *SimCity*<sup>TM</sup> or *Roller Coaster Tycoon 3*<sup>TM</sup> [6]. Some of COTS video games are so rich in content and realism that can provide an extra educational and motivational value. Nevertheless the use of video games in educational settings is still limited due to several issues. First, there are issues concerning the social acceptance of video games within the educational community, as instructors do not always consider video games as real and viable learning tools and they have not received the appropriate training to apply them in their classes. Second, compared to other contents, video games are difficult to distribute and deploy as they are complex software programs that usually demand top-tier computers and complex installation processes. Third, educational video games add an

extra complexity to the process of tracking the students' performance. Last, but not least, it is still unclear how to embed video games into sound educational frameworks, which constrains the educational value of the games.

These issues can be addressed at least partially by integrating video games into the already deployed e-Learning infrastructure. Modern Learning Management Systems (LMS) such as *Moodle*, *Sakai* or *LRN* are now widely used and accepted in educational organizations. In this paper we describe the integration of the <e-Adventure> educational game authoring platform [7] into the widespread *Learning Authoring Management System* (LAMS) [8]. This initiative not only contributes to promote the generalization of video games in educational settings but also allows for using their educational value to improve the creation of pedagogical strategies.

This paper is structured as follows: first, in section 2 we discuss the integration of educational video games, identifying open issues and how e-Learning technologies such as LAMS could help to address them. Then, in section 3 we describe the integration of <e-Adventure> games into LAMS. In section 4 we provide some discussion and finally conclusions and future lines of work are provided in 5.

### II. INTRODUCING GAMES IN THE LEARNING FLOW THROUGH E-LEARNING SYSTEMS

The integration of video games into real educational settings is a complex task as they have their own special requirements. In this regard, one of the most relevant issues that are hindering the general adoption of educational video games is related to the educators' perception of games. Instructors do not usually think of video games as educational tools. In many cases educators are not gamers themselves and do not have the appropriate background to feel confident when using video games. Therefore it is necessary to train instructors in the use of this kind of content and simplify as much as possible the task of dealing with video games to make them accessible for a wider range of educators.

In addition, video games cannot be distributed as traditional content. Many video games demand last-generation computers that students may have neither at home nor in their educational institutions. This implies not only investing in new equipments but also its periodic updating, which is complex and even unaffordable for most of the educational institution budgets.

Another issue that must be considered is that in educational settings the students' interaction and

performance must be tracked. Some authors have identified assessment as a mandatory requisite for educational video games [9] as instructors need to be aware of the students' progress. In typical instructional approaches this is not a problem as teachers can control the process more tightly. Nevertheless in game-based learning approaches tracking students' performance becomes burdensome as students are completely free to explore, turning themselves into the leaders of their own learning. Therefore in most of the game-based learning scenarios that are described in the literature, instructors base the evaluation of the experience on planned pre-game and post-game debriefing sessions that are effective but time-consuming [10].

Finally, it is still uncertain how to embed educational video games into sound pedagogical frameworks. That is, even if we accept that video games have educational potential, how can teachers use them in their classes? How can educational video games be combined with other activities? How can game-based learning experiences where students could interact between them and with the instructor be planned? In this sense reusable and scalable instructional frameworks that provide answers to all these questions are still required.

Some of the issues we have identified could be addressed through current e-Learning infrastructure. Modern LMSs such as Moodle™, Sakai™, LAMS, or .LRN are present in most educational institutions and provide effective solutions for the aforementioned problems.

First, LMSs usually provide various mechanisms for distributing content to all the students almost immediately. The integration of the games in these platforms will simplify the distribution and deployment process and remove the need of last generation hardware, as only a web browser would be needed to run the games. Nevertheless, this assumption imposes some restrictions on the design of the games, in terms of size and complexity, as these should be Web-deployable. In addition, teachers and instructors are increasingly getting used to interacting with LMSs. Therefore, using LMSs to introduce the games in the courses would also reduce adoption barriers from the perspective of the instructors.

Second, LMSs include facilities for tracking the students' performance (e.g. reports of grades, activity within the system, etc.). We could take advantage of these features for gathering data from the interaction of the student with the game, evaluate that interaction and integrate the results into the LMS tracking system, thus making it that information readily available for the instructor.

Finally, although LMSs do not usually bind to any specific pedagogical approach, they supply educators with enough tools to allow the implementation of multiple sound instructional strategies. Furthermore, even some LMSs such as LAMS explicitly support rich pedagogical approaches. Integrating the games in this kind of environments could be beneficial as it could help to design new game-based learning scenarios supported by a solid pedagogical base. However there are multiple issues to take into account when integrating a new tool in mainstream LMSs [11].

### III. INTEGRATION OF <E-ADVENTURE> IN LAMS

In this section we present the <e-Adventure> game authoring tool (section A), the *Learning Activity Management System* (LAMS) (section B) and how both platforms have been integrated (section C). Nevertheless, it is not the purpose of this section to provide a thorough description of <e-Adventure> and LAMS, but to describe those aspects that are necessary to understand how the integration was carried out.

#### A. Assessment Facilities in <E-Adventure>

<e-Adventure> is an authoring platform created to facilitate the development of educational *point-and-click* video games [12]. One of the most remarkable features of <e-Adventure> is that it includes some education-specific features that leisure video games do not present, like the possibility of launching the games through standard-compliant LMSs [13]. Additionally, <e-Adventure> allows the design of explicit assessment profiles for the games [12]. In this manner game authors can identify game situations that are relevant from a pedagogical perspective, and use them to design feedback (for the student) and assessment (for the instructor). The assessment behavior is defined in the games through the *Assessment Profile* which is composed by a set of rules. These rules identify states of the internal variables of the game as the mechanism to identify those states of the game that are relevant. For instance, an assessment rule could wait for the activation of a variable "*goal1 achieved*", and once that happens, write some text to the feedback report and increase in one point the current grade. When the game enters that state, the evaluation rule is triggered and its payload executed (write to the log and increase grade). The feedback report and the calculated values are then gathered in a report that will be submitted to the LMS that launches the game for processing and attachment to the student's profile.

#### B. LAMS

The *Learning Activity Management System* [8] allows the design of collaborative educational experiences through a visual authoring environment by creating sequences of activities [14] based on IMS Learning Design specification [15] and the Educational Modeling Language [16]. In this manner LAMS promotes the reuse and share learning designs. The sequence can be executed and monitored by the instructor at runtime in this system. LAMS also manages the courses, the lessons (which are the activity sequences) and the users. Thus LAMS covers the expected functionalities of a LMS. Nonetheless, LAMS is more tightly bound to a specific underlying pedagogical approach, while other LMSs just give their users the tools to implement their own strategies.

LAMS has three main view modes [17]:

- **Author:** manages the authoring process of the workflow (the LAMS sequence). Using this view instructors decide the contents of the sequence and design the sequence flow by setting branches (alternative paths) and gates.
- **Learner:** is the run environment. This view is how the student sees the sequence of contents when it is running.

- **Monitor:** using this view the instructor can follow all the students' interactions in a sequence at runtime. This view allows the teacher to alter the sequence in real time (e.g. the instructor could decide to provide further guidance to students performing poorly).

LAMS supports the inclusion of different contents (e.g. chat, forum, Q&A, IMS-CP packages) in the activity sequence and the definition of prerequisites between them (e.g. the activity Y cannot be taken until activity X is completed). In these sequences we can also introduce Sequence Management Tools like branches or conditioned paths and stop points in order to create more complex educational designs (Fig. 1.a). There are three ways to do branching in a sequence. The "Teacher allocated" branching mode where the teacher establishes at runtime the branch that each student must follow. The "Group-based branching" allows for defining different paths according to the group each student belongs to. Finally, the last one is "Tool-Output based branching" in which the output(s) of the last activity is taken into account in order to decide which will be the next path. Some conditions can be defined in a subset of LAMS activities devised for evaluating the student's performance. These conditions are used in this branching mode to assign the next path for each student. For instance, sequence authors could define a "Question & Assessment" activity and use the outputs of this element (e.g. the answers of each question) to decide whether the student should go on in the activity (path 1) or chat with peers to reinforce some concepts (path 2).

The gates or stop points in LAMS are similar to branches, but these permit to halt the sequence execution until the conditions set by the instructor are met (e.g. all students reach that sequence point, the output of a previous activity satisfy a specific condition, etc.).

### C. Integration of <e-Adventure> in LAMS

<e-Adventure> has been integrated in LAMS as a new tool that allows running <e-Adventure> games. This new tool implements all the LAMS views (Author, Learner and Monitor), taking into account the *LAMS 2 Tool Contract* [17]. In the Author view it is possible to add a game to the sequence and preview the result. Also in this mode you can define a set of conditions (Fig. 1.b) that can be used to make decisions in branches and gates (Fig. 1.c). The conditions for branching can be defined over the expected game outputs (e.g. the game score is greater than 70%). The outputs which are extracted from <e-Adventure> games can be either *default outputs* (Table 1) or *custom defined outputs* that are specific for each game. While default outputs are provided by all the games, custom outputs are specific variables defined in the <e-Adventure> assessment profiles.

When the sequence reaches an <e-Adventure> activity in the Learner view, the game is launched. In the Monitor view the instructor can see the student interaction with the game and modify the instructions that are attached to each game or check the student's access. The teacher can also view the assessment reports generated by the <e-Adventure> games which are attached to the Monitor view when the game is completed. This opens up a new way of using the game outputs both for branches and stop gates related to the "at

teacher will" mode. For instance, the teacher can stop the execution of the sequence until he or she analyzes the assessment report. Once the teacher verifies the report, he or she may select which branch should be followed by the student next. In case of the stop points, the teacher either can open it or force the student to repeat the game, for example, if the instructor does not consider that the educational goals have been fulfilled.

TABLE I. DEFAULT <E-ADVENTURE> OUTPUTS.

Name	Description
Game-completed	Indicates whether the game has been completed or not
Score	Indicates the numerical assessment of the student's performance.
Game-time	Total time from the beginning until the end of the game.
Real-game-time	Real play time, excluding the periods where the student is not interacting with the game (e.g. is visiting the menu panel)

We also have made modifications in <e-Adventure> to accommodate the platform for the integration with LAMS. We have included the LAMS particularities in our integration architecture [18]. This required adding a LAMS-specific communication module (to enable the exchange of data between <e-Adventure> games and LAMS at runtime) and a new exportation profile (to allow for the packaging of the games as content that LAMS can process). We package our games following the IMS Content Package specification [19], adding an extra file which contains the custom game outputs expected in the LAMS side. Thus LAMS knows which data can be used to formulate conditions when the game is loaded by reading and interpreting this file in the <e-Adventure> activity tool.

## IV. DISCUSSION

The integration of <e-Adventure> in LAMS improves the current state-of-the-art of educational gaming by addressing some of the open issues discussed in section 2. Today more than ninety institutions, universities and colleges in over twenty five countries throughout the world use LAMS as a tool to support their educational and training programs<sup>1</sup>. Moreover, LAMS can be integrated with other popular LMSs such as *Moodle*, *Sakai*, *L2RN* or *Blackboard* [20].

Therefore making <e-Adventure> available as another out-of-the-box LAMS tool will increase the visibility of the <e-Adventure> platform in particular and educational video games in general for a broader range of audiences. In addition, this work supposes the continuation of our previous work in the integration of <e-Adventure> with some of the aforementioned LMSs following the IMS Content Packaging and SCORM specifications.

From an educational point of view, LAMS introduces an easy way to create learning designs that can be bound to many pedagogical strategies [21]. This becomes more interesting when these strategies can be stored, shared, reused and adapted for different contexts and educational situations.

<sup>1</sup><http://wiki.lamsfoundation.org/pages/viewpage.action?pageId=2855>

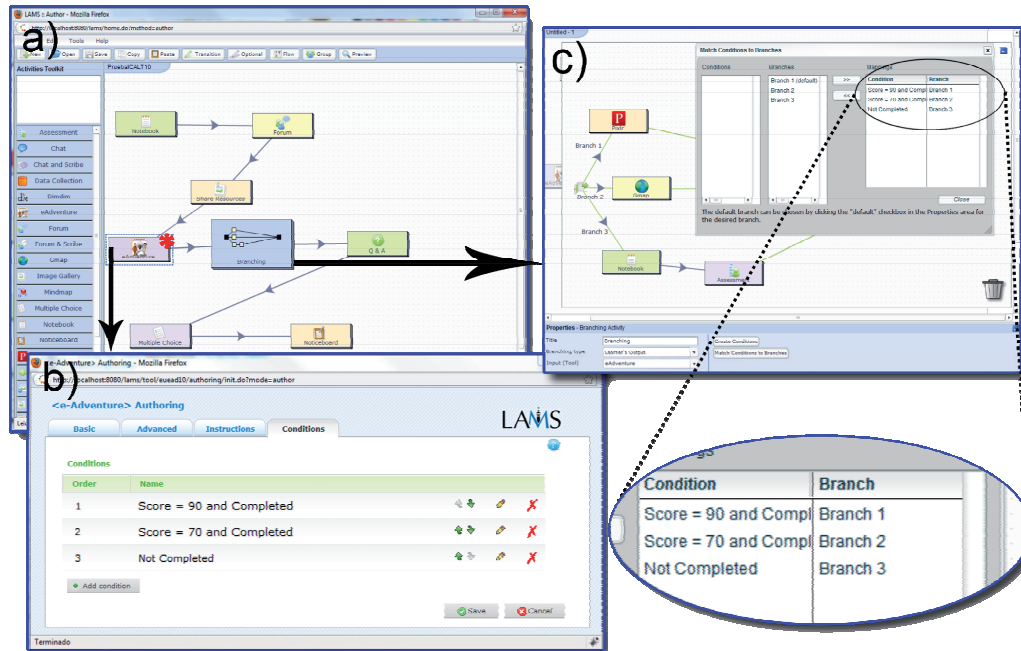


Figure 1. Screenshot (a) shows an activity sequence including an <e-Adventure> game (\*) in the main LAMS authoring window. By clicking on the <e-Adventure> activity the sequence author can open the conditions edition dialog (screenshot (b)). Screenshot (c) depicts how different parts in a branch are linked to conditions over the game outputs.

The notion of modeling complex educational strategies in an interoperable way is an important idea that is also reflected in *IMS Learning Design and SCORM Sequencing & Navigation* but LAMS eases the authoring process allowing teachers to create sequences of contents without demanding detailed knowledge about these specifications. We expect the educational advantages provided by games (e.g. motivation, adoption of learning by-doing approaches) to improve the educational value of these sequences.

Other advantages are related to the use of game and activity outputs. The <e-Adventure> outputs can be used to make more sophisticated conditions for branches and stop gates elements (Fig1.c). A lot of different game situations can be expressed by the combination of outputs. For example teachers can use the default "game-completed" output to express if the student has completed the intended objective of the game and the "score" to indicate the level of accomplishment. In addition the games can communicate lots of different final states by combining conditions over both default outputs. The evaluation of the students' performance could be more fine-grained by gathering and analyzing the default and specific outputs. From the instructor's perspective the system of outputs provided by <e-Adventure> combines ease and flexibility. On the one hand default outputs are available without requiring any additional effort, which promotes the use of the games between the most novice instructors. On the other hand, custom outputs allow the instructors to define their own

assessment strategies in the games; nevertheless in this case instructors will need to modify the design of the game with the <e-Adventure> editor.

Other interesting <e-Adventure> game output is the assessment report. It can be used not only to track information about the students' interaction but also to allow teachers for using that information to modify the sequences flow at runtime. When the Sequence Management Tool used is a branching tool, the teacher has to read the assessment report of each student in order to decide what will be the next activity. If the Sequence Management Tool is a stop point, the teacher has to decide if the student can access to the next activity or if he/she must repeat one or more previous activities to improve him/her results after going on. Therefore the integration of the assessment features provided by <e-Adventure> games with the Monitor view in LAMS facilitates the task of tracking the students' performance in the games.

## V. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Educational video games are gaining momentum within the academic community. While the potential of these new learning tools is generally accepted, the debate about how to appropriately integrate them into the learning process is still ongoing. Among the most relevant open issues on the educational gaming agenda, we identify social issues (e.g. instructors need to be informed and trained in the use and management of game-based learning experiences);

distribution issues (e.g. complexity of deployment); tracking issues (i.e. the need to monitor the students' progress within educational video games) and pedagogical issues (e.g. how to embed educational video games into learning environments with a solid pedagogical base).

In this paper we describe the integration of any educational game produced with the <e-Adventure> platform into the Learning Activity Management System and how this initiative contributes to address the aforementioned issues. Now <e-Adventure> games can be used just as any other learning tool in the design of LAMS activity sequences. Given the wide acceptance of LAMS, and its broad community of educators and developers, the introduction of a tool specifically devised for educational games will enhance the visibility and appeal of game-based learning. In addition, as LAMS is completely web-oriented, <e-Adventure> games embedded in LAMS activity sequences can be easily deployed using just a web browser. The integration of the assessment reports that <e-Adventure> games produce (logs that record the progress of the student in the game and evaluation information) into the LAMS Monitor view facilitates the tracking and evaluation of the game-based learning experiences. Finally, the solid pedagogical principles behind LAMS (e.g. focus on the design of learning activities, promotion of collaboration between students and instructors, alignment with constructivism principles, etc.) allows for an easier integration of the games into sound instructional strategies. For instance, teachers can include a game as a new LAMS task and use the detailed game assessment data obtained at runtime to assign alternative paths in a sequence of contents. This process can be performed either automatically or requiring the intervention of the instructor at runtime. Another interesting feature of the <e-Adventure> platform is that the assessment profile can be easily modified in order to fit different pedagogical strategies. This idea aligns well with the LAMS reuse and share principle. Although we expect that this work will contribute to the generalization of educational gaming, many open issues are still to be faced. Making <e-Adventure> visible through LAMS on its own will not make teachers start creating their own games and using them in their own LAMS activity sequences.

The next step in this project is the evaluation of the integration of <e-Adventure> in LAMS with end users. This includes the evaluation of the final system with experts (i.e. instructors) and the development of online LAMS-supported courses including <e-Adventure> games. Besides, we are planning to develop other ad-hoc integrations of <e-Adventure> in popular LMSs such as Moodle. We expect that the combination of these initiatives with the e-Learning standards and specifications already supported in <e-Adventure> will facilitate the integration of games into the e-Learning infrastructure. We consider that these steps represent an additional push in the roadmap to achieve widespread adoption of game-based learning approaches.

#### ACKNOWLEDGMENT

The Spanish Committee of Science and Technology (TIN2007-68125-C02-01) and the Ministry of Industry (grants TSI-020301-

2009-9, TSI-020110-2009-170, TSI-020312-2009-27) have partially supported this work, as well as the Complutense University of Madrid and the Regional Government of Madrid (research group 921340 and project e-Madrid S2009/TIC-1650), and the PROACTIVE EU project (505469-2009-LLP-ES-KA3-KA3MP). Special thanks to Ernie Ghiglione from the LAMS Foundation for his kind support.

#### REFERENCES

- [1] J. P. Gee, *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York ; Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2003.
- [2] C. Aldrich, *Simulations and the Future of Learning: An Innovative (and Perhaps Revolutionary) Approach to e-Learning*. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2004.
- [3] R. Koster, *Theory of Fun for Game Design*: Paraglyph, 2004.
- [4] T. Malone, "What makes computer games fun?," *Byte*, vol. 6, pp. 258-276, 1981.
- [5] S. Wexler, K. Corti, A. Derryberry, C. Quinn, and A. V. Barneveld, "The eLearning Guild: 360 Report on Immersive Learning Simulations", 2008.
- [6] R. Stanford, Ulicsak, M., Facer, K., Rudd, T., "Teaching with Games: Using commercial off-the-shelf computer games for real education", Futurelab, Bristol 2006.
- [7] J. Torrente, P. Moreno-Ger, B. Fernández-Manjón, and J. L. Sierra, "Instructor-oriented Authoring Tools for Educational Videogames," in *ICALT 2008*, Santander, Spain, 2008, pp. 516-518.
- [8] J. Dalziel, "Implementing Learning Design: The Learning Activity Management System (LAMS)," in *20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, Adelaide, 2003.
- [9] S. De Freitas, "Serious virtual worlds: A Scoping Study," in *Technical Report for the JISC e-Learning Programme*, 2008.
- [10] K. Squire, "Changing the game: What happens when video games enter the classroom," *Innovate, J. of Online Education*, vol. 1, 2005.
- [11] C. Alario-Hoyos, J. I. Asensio-Pérez, M. L. Bote-Lorenzo, E. Gómez-Sánchez, G. Vega-Gorgojo, and A. Ruiz-Calleja, "Integration of external tools in Virtual Learning Environments: main design issues and alternatives," in *ICALT 2010*, Sousse, Tunisia, 2010.
- [12] P. Moreno-Ger, D. Burgos, J. L. Sierra, and B. Fernández-Manjón, "Educational Game Design for Online Education," *Computers in Human Behavior*, vol. 24, pp. 2530-2540, 2008.
- [13] A. Del Blanco, J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, "A General Architecture for the Integration of Educational Videogames in Standards-compliant Virtual Learning Environments," in *ICALT 2009*, Riga, Latvia: IEEE Computer Society, 2009.
- [14] J. Dalziel, "Lessons from LAMS for IMS Learning Design," in *Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, 2006.
- [15] IMS Global Consortium, "IMS Learning Design Specification, Version 1.0 Final Specification," 2003.
- [16] R. Koper and J. Manderveld, "Educational Modelling Language: Modelling Reusable, Interoperable, Rich and Personalised Units of Learning," *British Journal of Educational Technology*, vol. 35, pp. 537-551, 2004.
- [17] E. Ghiglione and J. Dalziel, "Design Principles for LAMS Version 2 and the LAMS "Tools Contract"," in *TenCompetence Conference Workshop 2007*, Barcelona, Spain, 2007.
- [18] A. Del Blanco, J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, "Bridging the Gap: Adaptive Games and Student-Centered VLEs," in *ICWL 2009*, Aachen, Germany, 2009, pp. 130-139.
- [19] IMS Global Consortium, "IMS Content Packaging Specification, Version 1.1.4 Final Specification," 2004.
- [20] J. M. Doderio and E. Ghiglione, "ReST-Based Web Access to Learning Design Services," *IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES*, vol. 1, pp. 190-195, 2008.
- [21] M. Kearney and K. Young, "Pre-service Teachers' Perceptions of LAMS as a Teaching Tool," in *Asclite Singapore 2007*, 2007.

## **7.5. Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS.**

### **7.5.1. Cita completa**

Ángel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Iván Martínez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón (2010): Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS. In proceedings of the ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning (MTDL 2010), pp 25-30. In Conjunction with the ACM International Conference on Multimedia, October 2010, Firenze, Italy.

### **7.5.2. Resumen original de la contribución**

The increasing acceptance of video games as learning tools has promoted new studies on how to include them in the teaching-learning process. An interesting trend is the use of modern web-based Learning Management Systems (LMS) as a delivery platform for games and the integration of the information that can be extracted from the game-play sessions into the already existing tracking and assessment tools of the LMS. However, while LMS are increasingly supporting advanced tracking and assessment features, current LMS and standards are not ready to track the students' activity in highly interactive content such as games. In this paper we present the integration of games created with the <e-Adventure> educational gaming platform into Learning Activity Management System (LAMS). This integration allows teachers to use the information gathered during a game-play session to conduct the student through different activities of the learning plan or simply to collect more information that can be used for further assessment and tracking purposes.

# Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS

Ángel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Iván Martínez-Ortiz,  
Pablo Moreno-Ger, Baltasar Fernández-Manjón

<e-UCM> research group, Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University of Madrid  
C. Profesor José García Santesmases s/n 28040 Madrid, Spain

angel.dba, jtorrente, emarchiori, imartinez, pablom, balta @fdi.ucm.es

## ABSTRACT

The increasing acceptance of video games as learning tools has promoted new studies on how to include them in the teaching-learning process. An interesting trend is the use of modern web-based Learning Management Systems (LMS) as a delivery platform for games and the integration of the information that can be extracted from the game-play sessions into the already existing tracking and assessment tools of the LMS. However, while LMS are increasingly supporting advanced tracking and assessment features, current LMS and standards are not ready to track the students' activity in highly interactive content such as games. In this paper we present the integration of games created with the <e-Adventure> educational gaming platform into Learning Activity Management System (LAMS). This integration allows teachers to use the information gathered during a game-play session to conduct the student through different activities of the learning plan or simply to collect more information that can be used for further assessment and tracking purposes.

## Categories and Subject Descriptors

K.3.1 **Computers and Education:** Computer uses in education – *distance learning, computer-managed instruction;*

K.8.0 **Personal Computing:** General – *games.*

D.2.13 **Software Engineering:** Reusable Software – *domain engineering, reusable libraries, reuse models;*

## General Terms

Design, Economics, Human Factors.

## Keywords

<e-Adventure>, assessment, educational video games, Learning Activity Management System, Learning Management System.

## 1. INTRODUCTION

Educational video games are gaining acceptance as a highly interactive multimedia content for distance education and as a complement to more traditional approaches. Several

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MTDL '10, October 29, 2010, Firenze, Italy.

Copyright 2010 ACM 978-1-4503-0158-9/10/10...\$10.00.

enhancements of the learning processes are attributed to educational video games, such as a considerable improvement of students' motivation and engagement [1, 2] or the potential to provide authentic learning experiences where students face open-ended real problems [3, 4].

Nonetheless, the application of video games in education is not free of barriers [5, 6]. One of the most relevant challenges faced by teachers and instructors is how to evaluate the learning outcomes of the game-play sessions. Instructors need to rely on debriefing sessions, post-tests or debates to determine the achievements of the students [7]. Although the assessment of game-based learning experiences may be facilitated by using the tracking and assessment features present in modern Learning Management Systems (LMS) like *Moodle*<sup>TM</sup> [8], most LMS are not prepared to track the activity of students for highly interactive content such as video games.

In this paper we present our work to integrate the <e-Adventure> educational gaming platform and the Learning Activity Management System (LAMS), and discuss how the combination of both platforms facilitates tracking and assessment of game-based learning experiences. Both <e-Adventure> and LAMS are opensource tools, and they were chosen due to their increasing impact as research platforms for innovative learning solutions (as an educational gaming platform and as an adaptive learning platform respectively). Our solution allows the generation and processing of in-game assessment information to be used by the LMS to modify the learning sequence and provide further feedback for the instructor.

This paper is structured as follows: First in Section 2 we analyze some of the current approaches and open issues related to assessment of the students' performance in game experiences and LMS. Next, we describe <e-Adventure> and LAMS, focusing on their assessment capabilities (Section 3). After that, the integration of both e-Learning tools is described (Section 4). In Section 5 we analyze how game-based learning experiences can be tracked using the LAMS monitoring view. Finally, in Section 6 we discuss the advantages and drawbacks of our approach and outline future lines of work.

## 2. ASSESSMENT IN GAME-BASED LEARNING AND LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS

Current LMS try to cover all aspects of the teaching-learning process from course creation to content management [9]. The assessment of student performance, as one of the key aspect in this process, is very present in these systems with special focus on

tests and questionnaires, as well as in tracking the activity of each individual student within the course. This does not only refer to the evaluation of the *knowledge* gained by the student but also to the evaluation of the whole *learning process*.

For instance, to evaluate the knowledge gain, modern LMS usually include online questionnaires and tests. In this sense, the IMS Question and Test Interoperability allows the definition of test and questionnaires and the storage of data about the assessment of the student in a standard way, fostering reuse [10]. Other standards, such as SCORM [11], allow storing information about the assessment of the students (e.g. score and completed) through their interaction with learning contents. In regard to the evaluation of the learning process, current LMS keep interaction logs that store information about what each student does in the system (e.g. the time spent by the students in each content/activity, the number of accesses, timestamps, etc.) that can be accessed by the instructor. These logs can be used as formative and summative assessment [12]. However, while these data logs can be used to evaluate the learning process [13], their reliability is conditioned by the kind of the content stored. When the LMS is populated with web pages, it is not feasible to know whether the student was really doing something or just went away for coffee. Current LMS and standards (e.g. SCORM) were not developed to track the actual interaction of the students with highly interactive content such as games and simulations (although this has been identified as a future direction for SCORM [14]).

Games are usually sold as closed products that are difficult to adapt and which do not allow extracting information from the user. Therefore when existing games (e.g. Civilization™) are repurposed for education it is difficult for instructors to gather information about what the student is actually doing in the game. As a consequence, the most common approach to evaluate students' performance in games is the organization of post-tests or debriefing sessions where the students fulfill surveys about their game experience and discuss the results with peers and the instructor in an open debate [15]. It also common to use pre- and post-tests where instructors can identify whether students improved their knowledge after the game experience.

Nevertheless, video games and simulations could implement further assessment mechanics that relieve the instructor of most of the tasks above described. Game and simulation technologies allow the implementation of tracking systems that record students' interaction. The interaction log produced could be used to evaluate the performance of the students and produce an assessment report that would be provided to the instructor. For example, some authors work in the direction of extracting user information indirectly to avoid introducing external elements to the game itself and thus maintain the flow [14].

Should future LMS include a mechanism to keep information about the execution of interactive content like video games, the task of assessing the learning process could be facilitated as more accurate information would be available for the instructor.

### 3. THE <E-ADVENTURE> AND LAMS PLATFORMS

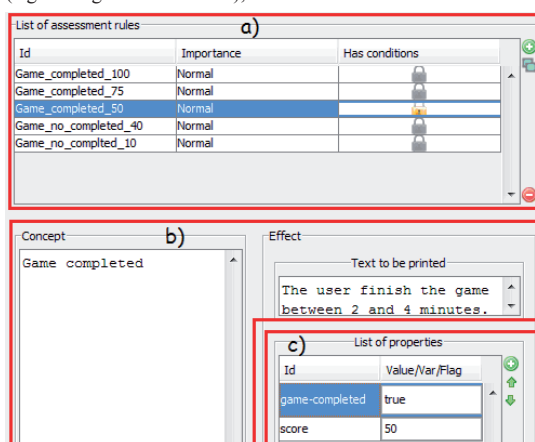
The solution we propose is based on the integration of existing educational gaming tools and adaptive e-Learning platforms. We have chosen LAMS and <e-Adventure> as our reference

platforms due to their opensource nature and their focus on the development of innovative web-based learning scenarios. In this section we describe both tools with special attention to their assessment capabilities.

#### 3.1 About <e-Adventure>

<e-Adventure> [16] is an authoring platform for educational video games and simulations that requires no programming skills. The platform focuses on the *point-and-click* adventure game genre. Using this platform, educators can create their own educational video games from scratch, adapt existing games for their own needs, or edit and revise games to add educational value. In this sense, <e-Adventure> provides educational features that other popular game authoring tools (e.g. *Unity™*, *GameSalad™*, etc.) usually do not provide. We want to point out two of the most important educational features: the assessment reports and the integration with popular LMS through different exportation profiles for the games (e.g. *Moodle™*, *Blackboard™* or *Sakai™*) [8].

The <e-Adventure> platform has a rule-based assessment engine which allows the identification of game states that are relevant from an educational point of view [16]. The assessment engine is configured through the assessment profile (Fig 1) where each relevant game state is mapped with an assessment rule using the <e-Adventure> conditions system (Fig 1.a). When the game reaches a state defined by a condition, the rule triggers an action that can write down a human-readable log line in the assessment report (Fig 1.b), assign values to user-defined variables (Fig 1.c) (e.g. setting "score" to "20"), or both.



**Fig 1. An extract of <e-Adventure> assessment profile edition panel. It allows (a) defining conditions over the game state, (b) adding text to the assessment report (c) and assigning values to variables.**

The assessment data (i.e. the human-readable report and the final value of the variables) extracted during the game experience can be delivered to the teacher in different ways. When the game is deployed in a LMS, the variables can be attached to the student's profile by following the SCORM CMI data model [17] or an ad-hoc solution for the specific LMS. The <e-Adventure> editor hides the technical difficulties related through the use of different exportation profiles, which allow exporting the same game for a

variety of specific systems. In addition, the assessment report can be sent to a specific e-mail account or saved to a local drive. Besides, <e-Adventure> can show this report to the student at the end of game for self-assessment.

### 3.2 About LAMS

The Learning Activity Management System [18] is an advanced LMS that provides three different views: an *Authoring View* (Fig 2), a *Learner View* and a *Monitoring View*. The *Authoring View* allows the design of teaching-learning plans based on the sequencing of different activities. The *Learner View* is in charge of the execution and orchestration of the designed sequences of activities. The *Monitoring View* allows tracking and monitoring of the students' progress through the activities sequences. While the *Authoring* and *Monitoring* views are oriented to the instructor, the *Learner View* is oriented to the student.

The LAMS *Authoring View* includes an intuitive visual authoring tool with an extensive library of activities (e.g. survey, mind maps, Q&A, wiki, etc.). Moreover, there are flow activities which allow modifying the execution order of the included activities. With these special activities educators can define alternatives paths (a.k.a. *Branching Activity*), optional activities, halt the sequencing until a condition is met (a.k.a. *Gates or Stop Point Activity*), group students or define activities outside the main sequence (i.e. activities that are always accessible, without going ahead or back in the sequence to access them). Educators can control automatically the sequence's flow by defining conditions using the student's outcomes of previous activities or using other criteria (e.g. select the time to open a gate, close gate until all students reach it, etc.). Besides, educators can optionally select the flow at runtime for each student at *Monitoring View*.

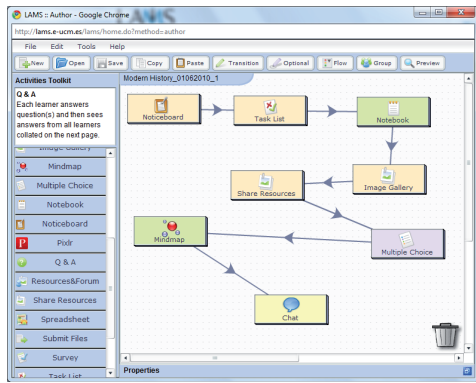


Fig 2. The LAMS *Authoring View*. We can see the sequence of a history lesson extracted from the LAMS sequences repository<sup>1</sup>.

LAMS activities are grouped together taking into account their main characteristics. For example, the *Collaboration* group includes activities that require the joint participation of students and the *Content* group includes activities such as image gallery, content packages and files. There are two groups closely linked with the assessment of the educational gain in LAMS: the

<sup>1</sup> <http://lamscommunity.org>

*Assessment* and *Response* groups. The *Assessment* group contains activities for evaluation and examination (such as a *Multiple Choice* and *Assessment* Activities). The *Response* group has activities to create surveys and questionnaires for the students. All these activities can generate information that can then be tracked by the teacher using the *Monitoring View*.

### 4. INTEGRATION OF <E-ADVENTURE> IN LAMS

The integration of <e-Adventure> in LAMS has required development on both sides. First, a new kind of activity has been implemented in LAMS to introduce <e-Adventure> games in a sequence of activities. We have implemented a *Tool* for managing a game activity within all LAMS views. Second, a new exportation profile has been created to configure games for the specific packaging and communication tasks required by LAMS. The <e-Adventure> Activity is added to the Assessment group due to the high amount of information that can be extracted for evaluation purposes.

Since version 2.0, LAMS adopted a modular architecture. In this new architecture, the core is responsible for managing services for the different LAMS views, controlling the contents and the activity flow and storing the structure of the learning design. The LAMS architecture uses a *LAMS Tool* (i.e. a wrapper) to manage the content of each learning tool present, which communicates with the *LAMS Core* to ask for services and responds to the *Core*'s request about expected behaviors. This architecture allows a separation between the learning design (*Core*) and content management (*Tools*). The main advantage of this design is the possibility of adding new LAMS *Tools* by following a set of requirements known as *LAMS 2 Tool Contract* [19] that has a different API for each LAMS view and one specific for general services.

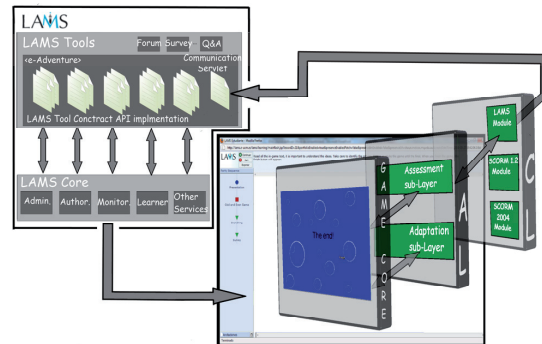


Fig 3. Diagram showing the architecture of the integration of <e-Adventure> in LAMS. The <e-Adventure> integration architecture and its connection with <e-Adventure> Activity in LAMS are showed.

On the other hand, the <e-Adventure> games are built with a flexible architecture that allows the integration with a wide range of LMS without demanding from the game author any kind of knowledge about standards or implementation details of the LMS [17]. This architecture is composed of two layers (Fig 3). The *Communication Layer* (CL) is responsible for managing the game communications from/to LMS. The *Assessment and Adaptation*

*Layer* (AL) is responsible for interpreting the data received from the CL. In addition the AL monitors the student interaction and uses the assessment profile that is embedded in the game to identify game states that are relevant from an educational perspective. When one of these states is reached, the AL notifies the CL to send the appropriate data to the LMS. The architecture allows exporting the same game for different environments by configuring both layers. The AL can be configured with the *Assessment* and *Adaptation* profiles by defining conditions over the game/LMS state and actions when these conditions are met that changes the state of LMS/games respectively. The CL is configured by selecting one specific exportation profile when the game is packaged as a Learning Object.

We had to solve some technical issues to add the new exportation profile in the <e-Adventure> editor which allows deploying the games in LAMS. In this sense, we had to add a communication module implementing the related requirements of the *LAMS 2 Tool Contract*. The LAMS communication module in the *Communication Layer* provides support for RESTful calls. At exportation time the game is packaged following the IMS CP specification, adding an extra file which contains the assessment variables and their types (e.g. Boolean, Numeric) extracted from the assessment profile.

We also have followed the *Tool Contract* for each LAMS View in the development of the <e-Adventure> Activity. The <e-Adventure> *Tool* controls the game at sequence design, when it is executed and when it is monitored. Using the *LAMS Authoring View*, if a game is added in an <e-Adventure> Activity, the file with the game assessment values is parsed. The values extracted from this file are stored in the <e-Adventure> *Tool* to be used in the *Condition Tab* for defining LAMS conditions. The conditions defined can be used for automatic control of *Branching* or *Stop Point* Activities. The author also can select other features related to <e-Adventure> games, such as the name of the activity or the instructions to be shown in *Basic Tab* and *Instructions Tab*. The *Advanced Tab* allows configuring two options: whether the activity can be executed more than once, and whether the activity can be skipped by pressing the “finish button”.

When the sequence execution reaches an <e-Adventure> Activity, the *Learner Module* asks the <e-Adventure> *Tool* for the game that needs to be launched. When the execution starts, the <e-Adventure> *Tool* sends information about the user, the session and the URL base to establish the communication. In our LAMS *Tool* we added a Servlet configured to hear a specific URL pattern (i.e. /eadventure/\*). When an assessment rule is satisfied or the game ends, the *Assessment and Adaptation Layer* sends data to the Servlet through the URL received, adding the user and LAMS session identification received at game start to generate a Representational State Transfer (REST<sup>2</sup>) URL. For example, when the game sends a “completed” signal, the CL generates an URL with the value, such as:

<http://lams.e-ucm.es/learner.do/eadventure/userId/session/id/completed>

The Servlet receives the data and stores the value with the user and session id read from the URL. This way the data are stored

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Representational\\_State\\_Transfer](http://en.wikipedia.org/wiki/Representational_State_Transfer)

uniquely in LAMS databases for the <e-Adventure> Activity in relation to the user who ran the game in a particular session.

Finally when the execution reaches a *Branching* or *Stop Point* with a condition that depends on game variables, the LAMS *Core* asks the <e-Adventure> *Tool* to resolve the value of the variables. The conditions are evaluated on the tool side, returning a boolean value. Similarly, the teacher can check the assessment profile of each student in the *Monitoring View*. When the *Monitoring View* is opened for one <e-Adventure> Activity in a particular sequence, the LAMS core asks the <e-Adventure> *Tool* for the Assessment Report of all students who have started the sequence.

## 5. MONITORING OUTCOMES FOR <E-ADVENTURE> GAMES IN LAMS

The main aim of introducing <e-Adventure> games in LAMS is to provide a holistic learning solution that facilitates the use of games throughout the teaching-learning process, taking advantage of the synergy of both e-Learning platforms. On the one hand, <e-Adventure> allows educators to exploit the possibility of notifying the learning outcomes through an easy to configure assessment engine. On the other hand, LAMS eases the creation and monitoring of learning designs by educators, where the sequence flow and activity presentation can be modified by using the students’ results in previous activities. Merging the assessment and flow control features present in LAMS with the evaluation of the game experience the educator can design sequences where the students’ outcomes at game experience are taking into account as in other LAMS assessment activities.

### 5.1 General View

When educators decide to use a video game in a learning sequence, they can configure some features to enhance the use of video games within LAMS learning designs. The instructors can define complex conditions using the assessment variables defined in the <e-Adventure> assessment profile. On the LAMS side, for a *Branching* Activity, each condition can be mapped to one branch. For a *Stop Point* Activity, the sequence will be halted until the condition is met.

Whether the game has been developed by the educator or taken from a repository and adapted, the educator can use the variables from the <e-Adventure> assessment profile as LAMS conditions or use the <e-Adventure> Activity *Conditions* Tab to combine variables in order to express more complex states and combinations, and connect them into LAMS sequences.

In order to provide explicit support to common patterns, all <e-Adventure> games have four predefined variables: score, game-completed, game-time and real-game-time, although new variables can be defined. However, even with this small set several distinct situations can be expressed. For example, by combining “score” and “completed” the game author can express a set of game states where the main objective is achieved (e.g. completed is true) in different degree (e.g. with score = 100, score = 85, etc.). Also the variable “completed” can be connected with the “block finished button” at the *Advanced* Tab. If this option is selected, the LAMS button which changes to the next activity will be hidden until the <e-Adventure> game returns this special variable called “completed” set to true. This way the sequence can be halted without defining a *Stop Point* Activity.

In LAMS the educator can also control the flow at runtime if the selected flow activity is set to “Teacher Allocated” mode. The <e-Adventure> assessment reports gather as much information as variables do, but present it in a textual way. Given that these reports are available for the instructors at monitoring, they can use them as formative assessment to decide the path manually for each student or to halt their progress until desired. Also, the assessment report can be used as summative assessment to add data about what the students know after the game execution into the collection of assessments gathered throughout all the activities in the sequence both in *Monitoring View* and into a single portfolio. Although the games are not assessment content *per se*, the information extracted from the games can be used to evaluate the accomplishment of the objectives established for the learning design.

## 5.2 Case Study

We have developed a LAMS sequence with an <e-Adventure> game as one of its activities in order to illustrate the ideas exposed in this paper. Following the LAMS philosophy that advocates for the reuse of learning designs, we adapted a preexisting learning design about the social movements in USA during the 50’s and 60’s, targeted at 11 years-old students extracted from the LAMS Community repository. We repurposed the sequence to teach about the historical events occurred in 1492 in Spain. We have followed the initial structure presented in the original sequence but we have changed the educational content to adapt it to the selected curricula. The main change in sequence’s structure was to add a *Multiple Choice* Activity to evaluate the students’ knowledge about the main events of this period in Spanish History: the conquest of Granada by the Catholic Monarchs and the discovery of America.

After these activities, the students play the 1492 game, an <e-Adventure> educational game set in the atmosphere of the Conquest of Granada<sup>3</sup>. The game is structured in three chapters, one for each main concept in the sequence where the students will have the opportunity to experience through an avatar the most important events. The game has an assessment profile which uses the predefined variables and generates an assessment report. The variable “score” depends on the student’s answers in each in-game test. Therefore, the “completed” variable will not change until the student reaches the end of the game and has a basic knowledge of facts that took place in 1492.

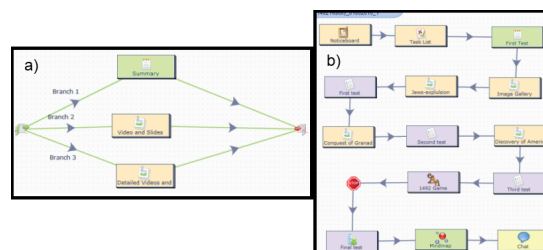
This is precisely the key point of this case study. We want to condition the execution of the learning experience depending on the outcomes of the in-game tests. In order to illustrate the flexibility of the approach, we detail three alternative designs for this part of the sequence combining the <e-Adventure> assessment and LAMS flow control.

**Approach #1:** A first solution is to add a *Branching* Activity after the game with three branches (Fig4a). We have defined three LAMS conditions in the <e-Adventure> Activity using the “completed” and “real-game-time” variables. If the students achieve a high grade (e.g. score>=80) in less than 15 minutes, they will go to a branch with a summary of the main concepts. If the students achieve a medium grade (e.g. score>50 and

score<80) spending between 6 and 20 minutes, they will go to a branch to reinforce the concepts, and with the same information as the first branch. If the students do not meet both conditions, they will go to a third branch with supplementary materials.

**Approach #2:** In the second solution we have added a *Stop Point* after the <e-Adventure> game (Fig 4b). We have mapped the second condition expressed in **Approach #1** with this flow activity, meaning that, while the student does not meet this condition, the *Stop Point* will be closed. This way the student will be forced to repeat the game to achieve the minimum requirements. In this case we have activated the option of showing the <e-Adventure> assessment report at the end of game execution in order to provide information to the student so that he/she can identify the main mistakes.

**Approach #3:** In the third solution we have used the “Teacher Allocated” option for the flow activity. We will analyze this solution for both designs, using the *Stop Point* and the *Branching*. When the students finish the game, the teacher can read the assessment report at *Monitoring View* and decides whether to force the student to repeat the game (*Stop Point*). For *Branching*, the teacher can decide which will be the next branch to follow.



**Fig 4. The learning design used for the case study. The initial design (Fig 2) has been adapted to the selected subject. This figure shows both design strategies: (a) using a *Branching* (detail of the structure of the branching, the design is the same for both alternatives but changing the flow activity) and (b) using a *Stop Point*.**

When the sequence ends, the teacher can gather both the <e-Adventure> reports and the assessment information for each LAMS test in a portfolio.

## 6. DISCUSSION AND FUTURE WORK

Game-based learning is an educational approach with a great potential. However there are some barriers that hinder the adoption of educational games, including the difficulty of evaluating the learning process and the educational gain when video games are used. This issue could be addressed by integrating the games with assessment capabilities in modern LMS that include built-in assessment features. In this manner the back-end LMS that deploys the games could be used to store the results of the game, attach them to the students’ profile just as any other questionnaire or online test, and allow the teacher to track the students using the features provided by the LMS.

In this paper we have presented how we have integrated the <e-Adventure> game platform into the LAMS LMS and how this facilitates the assessment of the educational gain. Besides, the integration of <e-Adventure> in LAMS opens new possibilities in

<sup>3</sup> The first chapter is available [http://e-adventure.u-cm.es/course/view.php?id=18&lang=en\\_en\\_utf8](http://e-adventure.u-cm.es/course/view.php?id=18&lang=en_en_utf8)

the use of video games inside learning designs allowing that game outcomes can be used to modify the sequence flow. As we depicted in the case study, the use of the <e-Adventure> Activity in a design does not force teachers to follow any specific educational strategy so it is enough flexible to adhere to many different ones. One of the strong points of LAMS is the sequences' exportation to add them into a repository. Therefore educators can share and reuse not only a specific learning design for a particular subject, but also the underlying pedagogical design. Thus different examples about how use game into a learning sequence will be shared and discussed in order to improve the integration of video games into learning settings.

The flexibility of the sequences with <e-Adventure> games does not finish in the reuse or the modification of the pedagogical design but also it allows modifying the game itself to adapt to a new educational situation. The educators can modify the <e-Adventure> assessment profile or add a new one in an intuitive way. Thus, different in-game situations can be evaluated without the need of large development investments. This task is even easier if the original game developer used the predefined variables (i.e. score, game-completed, game-time and real-game-time), even if they are less expressive than customized profiles.

We want to emphasize that these games are not assessment elements by themselves and their main aim is neither to measure the students' knowledge nor to substitute other learning tools designed specifically for that purpose. However it is interesting to use their high interactivity in combination with the LAMS assessment and tracking features to modify the flow of the learning sequence, either automatically or through instructor intervention. In this sense, the information extracted from the games can be considered as summative and formative assessment.

Finally, our next research and development efforts will focus on giving support to the adaptation features offered by <e-Adventure> in LAMS. We expect the games to be able to modify their execution to adapt the game experience to each student taking into account the student's performance in previous activities. Other future lines of work are related to the development of specific modules that allow a further integration of <e-Adventure> in other LMS such as Moodle™ or Sakai™ going beyond the actual integration level of <e-Adventure> in these systems which is limited to the IMS-CP and SCORM specifications. Finally we are planning to develop a new exportation profile for IMS Common Cartridge.

## 7. ACKNOWLEDGMENTS

The Spanish Committee of Science and Technology (TIN2007-68125-C02-01) and the Ministry of Industry (grants TSI-020110-2009-170, TSI-020312-2009-27) have partially supported this work, as well as the Complutense University of Madrid and the Regional Government of Madrid (research group 921340 and project e-Madrid S2009/TIC-1650), the PROACTIVE EU project (505469-2009-LLP-ES-KA3-KA3MP), and the GALA EU Network of Excellence in serious games. Special thanks to Ernie Ghiglione from the LAMS Foundation for his kind support during the development process.

## 8. REFERENCES

- [1] T. Malone, "What makes computer games fun?," *Byte*, vol. 6, pp. 258-276, 1981.
- [2] S. De Freitas and S. Jarvis, "Serious games - Engaging Training Solutions: A Research and Development Project for Supporting Training Needs," *British Journal of Educational Technology*, vol. 38, pp. 523-525, 2007.
- [3] C. Aldrich, *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences*. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2005.
- [4] J. P. Gee, *Good videogames and good learning: collected essays on video games*. New York: Peter Lang Publishing, 2007.
- [5] R. T. Hays, "The effectiveness of instructional games: a literature review and discussion," Naval Air Warfare Center, Orlando, FL. 2005.
- [6] J. Kirriemur and A. McFarlane, "Literature review in games and learning.," Bristol 2004.
- [7] K. Squire, "Changing the game: What happens when video games enter the classroom," *Innovate, Journal of Online Education*, vol. 1, 2005.
- [8] J. Torrente, Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., Fernández-Manjón, B., "Integration and Deployment of Educational Games in e-Learning Environments: The Learning Object Model Meets Educational Gaming," *Educational Technology & Society*, vol. 12, p. 359, 2009.
- [9] T. Govindasamy, "Successful implementation of e-Learning pedagogical considerations.," *Internet and Higher Education*, vol. 4, pp. 287-299, 2002.
- [10] IMS Global Consortium, "IMS Question & Test Interoperability Specification, Version 2.0 Final Specification," 2005.
- [11] ADL, "Advanced Distributed Learning Sharable Content Object Reference Model (ADL-SCORM)." vol. 2006, 2006.
- [12] W. Harlen and M. J. James, "Assessment and learning: differences and relationships between formative and summative assessment," *Assessment in Education*, vol. 4, pp. 365-380, 1997.
- [13] H. M. Huang and C. H. Wu, "Applying Data Mining in E-learning Environment," *Learning Technology Newsletter*, vol. 6, pp. 31-32, 2004.
- [14] V. J. Shute and J. M. Spector, "SCORM 2.0 white paper: Stealth assessment in virtual worlds.," *Unpublished manuscript.*, 2008.
- [15] B. Steinwachs, "How to facilitate a debriefing," *Simulation & Gaming*, vol. 23, pp. 186-195, 1992.
- [16] P. Moreno-Ger, D. Burgos, J. L. Sierra, and B. Fernández-Manjón, "Educational Game Design for Online Education," *Computers in Human Behavior*, vol. 24, pp. 2530-2540, 2008.
- [17] A. Del Blanco, J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, "Integrating Adaptive Games in Student-Centered Virtual Learning Environments," *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET), Special Issue: Advances in Web-based Learning*, vol. 8, p. 15, 2010.
- [18] J. Dalziel, "Implementing Learning Design: The Learning Activity Management System (LAMS)," in *20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education.*, Adelaide, 2003.
- [19] E. Ghiglione and J. Dalziel, "Design Principles for LAMS Version 2 and the LAMS Tools Contract," in *TenCompetence Conference Workshop 2007* Barcelona, Spain, 2007.



## Bibliografía

- ADL. (2009). *Advanced Distributed Learning Sharable Content Object Reference Model (ADL-SCORM) 2004 v4* (Vol. 2006). Retrieved from <http://www.adlnet.org/>
- ADL. (2013). *ADL Initiative: Training & Learning Architecture (TLA)*. Retrieved from <http://www.adlnet.gov/tla>
- AENOR. (2010). *UNE 71361:2010: LOM-ES application profile for standardized Digital Learning Objects metadata* (p. 64).
- AICC. (2004). *CMI 001-AICC/CMI Guidelines For Interoperability V4.0*. Retrieved from <http://www.aicc.org/docs/tech/cmi001v4.pdf>
- Aldrich, C. (2005). *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences* (p. 400). San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y., & Cheng, M. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education, 53*, 74–85.
- Aydin, C. C., & Tirkes, G. (2010). Open source learning management systems in e-learning and Moodle. In *IEEE EDUCON 2010 - IEEE Engineering Education 2010* (pp. 593 – 600).
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., & Tuzun, H. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development, 53*(1), 86–108.
- Bizonova, Z., & Ranc, D. (2008). Interoperability and Reuse Between Systems in eLearning. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications* (pp. 1700–1705).
- Blunt, R. (2007). Does Game-Based Learning Work? Results from Three Recent Studies. Orlando, Florida, USA: NTSA. Retrieved from <http://download.microsoft.com/download/a/4/f/a4f37ec6-809d-4098-9238-e2690a6fd8c4/GameBasedLearningStudies.doc>
- Bostan, B. (2009). Player motivations: A psychological perspective. *Computers in Entertainment (CIE), 7*(2), 1–26. doi:<http://doi.acm.org/10.1145/1541895.1541902>
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction, 6*((2-3)), 87–129.
- Brusilovsky, P. (2004). Distributed Architecture for Adaptive E-Learning. In *the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters* (pp. 104–113).

- Brusilovsky, P., & Millan, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems (Vol. 4321, p. 3). Springer.
- Burgos, D., Tattersall, C., & Koper, R. (2007). Re-purposing existing generic games and simulations for e-learning. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 2656–2667. Retrieved from <http://dspace.ou.nl/handle/1820/508>
- CETIS. (2004). *UK Learning Object Metadata Core v0.3*. Retrieved from <http://zope.cetis.ac.uk/profiles/uklomcore>
- Chen, J. (2007). Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM*, 50(4), 31–34. doi:<http://doi.acm.org/10.1145/1232743.1232769>
- Chen, J.-H., Wang, T.-H., Chang, W.-C., Chao, L. R., & Shih, T. K. (2009). Developing an Interactive Video Game-Based Learning Environment. *Journal of Software*, 4(2), 132–139.
- Dalziel, J. (2003). Implementing Learning Design: The Learning Activity Management System (LAMS). In G. Crisp, D. Thiele, I. Scholten, S. Barker, & J. Baron (Eds.), *20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*. (pp. 593 – 596). Adelaide: ASCILITE: [www.ascilite.org.au](http://www.ascilite.org.au).
- Darken, R., McDowell, P., & Johnson, E. (2005). Projects in VR The Delta3D Open Source Game Engine. *IEEE Computer Graphics And Applications*, 25(3), 10–12.
- De Freitas, S., & Jarvis, S. (2007). Serious games - Engaging Training Solutions: A Research and Development Project for Supporting Training Needs. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 523–525.
- De Freitas, S., & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers & Education*, 46(3), 249–264. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.007>
- DeKanter, N. (2005). Gaming Redefines Interactivity for Learning. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, 49(3), 26–31.
- Del Blanco, Á., Marchiori, E. J., Torrente, J., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2013). Using e-Learning standards in educational video games. *Computer Standards & Interfaces*, 36(1), 178–187. doi:10.1016/j.csi.2013.06.002
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Marchiori, E. J., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). Easing Assessment of Game-based Learning with <e-Adventure> and LAMS. In *ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning (MTDL 2010)* (pp. 25–30). Firenze, Italy.
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Marchiori, E. J., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2012). A Framework for Simplifying Educator Tasks Related to the Integration of Games in the Learning Flow. *Education Technology & Society*, 15(4), 305–318. Retrieved from [http://www.ifets.info/journals/15\\_4/26.pdf](http://www.ifets.info/journals/15_4/26.pdf)

- Del Blanco, Á., Torrente, J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). Integrating Adaptive Games in Student-Centered Virtual Learning Environments. *International Journal of Distance Education Technologies*, 8(3), 1–15. doi:10.4018/jdet.2010070101
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). Towards the Generalization of Game-based Learning: Integrating Educational Video Games in LAMS. In *10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010)* (pp. 644–648). Sousse, Tunisia: IEEE. doi:10.1109/ICALT.2010.183
- Despotović-Zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Krčo, S. (2012). Providing adaptivity in Moodle LMS courses. *Educational Technology & Society*, 15(1), 326–338.
- Devedzic, V., Jovanovic, J., & Gasevic, D. (2007). The pragmatics of current e-learning standards. *IEEE Internet Computing*, 11(3), 19–27.
- Dickey, M. D. (2011). World of Warcraft and the impact of game culture and play in an undergraduate game design course. *Computers & Education*, 56(1), 200–209.
- Dodds, P. V. W., & Fletcher, J. D. (2004). Integrating HLA , SCORM , and Instruction : Three Prototypes. In *SISO Euro Simulation Interoperability Workshop*.
- Dougiamas, M., & Taylor, P. (2003). Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System. In P. Kommers & G. Richards (Eds.), (pp. 171–178). Honolulu, Hawaii, USA: AACE.
- Edwards, E., Elliott, J., & Bruckman, A. (2001). AquaMOOSE 3D: Math Learning in a 3D Multi-user Virtual World. In *ACM CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems*. Seattle, Washington, USA. Retrieved from <http://www.cc.gatech.edu/elc/aquamoose/research.html>
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2004). Practical barriers in using educational computer games. *Horizon*, 12(1), 18–21.
- Espinilla, M., Palomares, I., & Bustince, H. (2010). Design and Development of Online Educational Games Based on Questions. In *CSEdu 2010 - 2nd International Conference on Computer Supported Education* (pp. 484–488).
- Farmer, J., & Dolphin, I. (2005). Sakai: eLearning and More (pp. 22–27). Manchester, UK.
- Felder, R. M., & Silverman, L. . (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- Fielding, R. T., & Taylor, R. N. (2002). Principled design of the modern Web architecture. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 2(2), 115–150.
- Fong, G. (2006). Adapting COTS games for military experimentation. *Simulation & Gaming*, 37(4), 452–465.
- Fontenla, J., Pérez, R., & Caeiro, M. (2011). Using IMS Basic LTI to Integrate Games in LMSs. In *2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 299–306).

- Friesen, N., Roberts, A., & Fisher, S. (2002). CanCore: Metadata for Learning Objects. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 28(3).
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, Motivation and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441–467.
- Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment*, 1(1), 20. doi:10.1145/950566.950595
- Gee, J. P. (2007). *Good Video Games and Good Learning: Collected Essays on Video Games, Learning and Literacy (New Literacies and Digital Epistemologies)*. {Peter Lang Publishing}. Retrieved from citeulike-article-id:2521966
- Ghiglione, E., & Dalziel, J. (2007). Design Principles for LAMS Version 2 and the LAMS Tools Contract. Barcelona, Spain.
- Glahn, C. (2013). Using the ADL Experience API for Mobile Learning, Sensing, Informing, Encouraging, Orchestrating. In *7th International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST 2013)* (pp. 268–273).
- Govindasamy, T. (2002). Successful implementation of e-Learning pedagogical considerations. *Internet and Higher Education*, 4, 287–299.
- Hannafin, M. J., Hill, J. R., & Land, S. M. (1997). Student Centered Learning and Interactive Multimedia: Status, Issues, and Implications. *Contemporary Education*, 68(2), 94–99.
- Harlen, W., & James, M. J. (1997). Assessment and learning: differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Education*, 4(3), 365–380.
- Hays, R. T. (2005). *The effectiveness of instructional games: a literature review and discussion*. Orlando, FL.: Naval Air Warfare Center. Retrieved from <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA441935>
- Hodgins, H. W. (2002). The future of learning objects. In *The Instructional Use of Learning Object* (pp. 1–24).
- Holzinger, A., Kleinberger, T., & Müller, P. (2001). Multimedia learning systems based on IEEE learning object metadata (LOM). In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications* (p. 2001).
- IEEE. (2002). IEEE Standard for Learning Object Metadata . Retrieved from <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>
- IEEE. (2003). IEEE 1484.11.2/D2 Draft Standard for Learning Technology—ECMAScript Application Programming Interface for Content to Runtime Services Communication.
- IEEE. (2004). IEEE 1484.11.1, Draft 5 Draft Standard for Learning Technology— Data Model for Content Object Communication.
- IMS Global Consortium. (2002). *IMS Learning Resource Meta-data Specification, Version 1.3, Final Specification*. Retrieved from <http://www.imsproject.org/metadata/>

- IMS Global Consortium. (2003a). IMS Learning Design Specification, Version 1.0 Final Specification. Retrieved from <http://www.imsproject.org/learningdesign/index.html>
- IMS Global Consortium. (2003b). *IMS Simple Sequencing Specification, Version 1.0 Final Specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/simplesequencing/>
- IMS Global Consortium. (2004). *IMS Shareable State Persistence, Version 1.0 Final Specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/ssp/>
- IMS Global Consortium. (2005). IMS Question & Test Interoperability Specification, Version 2.0 Final Specification. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/question/index.html>
- IMS Global Consortium. (2007). *IMS Content Packaging Specification, Version 1.2 Public Draft v2.0*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/content/packaging/index.html>
- IMS Global Consortium. (2010a). *IMS Basic Learning Tools Interoperability, Version 1.0 Final Specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/lti/blti/bltiv1p0/ltiBLTIimgv1p0.html>
- IMS Global Consortium. (2010b). *IMS Learning Information Services Specification - Version 2.0 Public Draft Specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/lis/>
- IMS Global Consortium. (2011). IMS Common Cartridge Specification, Version 1.1 Final Specification. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/cc/index.html>
- IMS Global Consortium. (2012). *IMS Learning Tools Interoperability, Version 1.1 Final Specification*. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/lti/index.html>
- Jiménez, A. D. A., Rodríguez, J. R., & Alfaro, Z. M. (2008). Architecture for Integration of Simulations with SCORM in E-Learning Environments. In *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 217–221). Ieee. doi:10.1109/ICALT.2008.289
- Kemp, J. W., Livingstone, D., & Bloomfield, P. R. (2009). SLOODLE: Connecting VLE tools with Emergent Teaching Practice in Second Life. *British Journal of Educational Technology, 40*(3), 551–555. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00938.x>
- Ketelhut, D. J., Dede, C., Clarke, J., & Nelson, B. (2006). A multi-user virtual environment for building higher order inquiry skills in science. In *American Educational Research Association Conference*. San Francisco, CA, USA.
- Kickmeier-Rust, M. D., Peirce, N., Conlan, O., Schwarz, D., Verpoorten, D., & Albert, D. (2007). Immersive Digital Games: The Interfaces for Next-Generation E-Learning. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services, LNCS 4556*.
- Lederman, L. C. (1984). Debriefing: A critical re-examination of the post-experience analytic process with implications for its effective use. *Simulations & Games, 15*, 415–431.
- Lepper, M. R., & Cordova, D. I. (1992). A desire to be taught: Instructional Consequences of Intrinsic Motivation, *16*, 187–208.

- Livingstone, D. (2009). *Online Learning In Virtual Environments with SLOODLE. Computing and Information Systems Technical Reports. n°50.*
- Malone, T. W. (1981). What makes computer games fun? *Byte*, 6(12), 258–276.  
doi:<http://doi.acm.org/10.1145/1015579.810990>
- Manikonda, V., Maloor, P., Haynes, J., & Marshall, S. (2004). An Architecture for Integrating SCORM-Compliant Instruction with HLA-Compliant Simulation. In *SISO Fall Simulation Interoperability Workshop*.
- Martinez-Ortiz, I. (2011). *Aplicación de técnicas de ingeniería de lenguajes al campo del modelado educativo.*
- Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2006). <e-QTI>: a Reusable Assessment Engine (Vol. 4181, pp. 134–145). Penang, Malaysia: Springer. Lecture Notes in Computer Science .
- Mayes, T., & De Freitas, S. (2004). Review of e-learning theories, frameworks and models. Retrieved from [http://www.jisc.ac.uk/uploaded\\_documents/Stage 2 Learning Models \(Version 1\).pdf](http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/Stage_2_Learning_Models_(Version_1).pdf)
- Mayo, M. (2007). Games for science and engineering education. *Communications of the ACM*, 50(7), 30–35. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1145/1272516.1272536>
- McClelland, M. (2003). Metadata standards for educational resources. *Computer*, 36(11), 107–109.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). Report on the educational use of games. TEEM: Teachers Evaluating Educational Multimedia. Retrieved from [http://www.teem.org.uk/publications/teem\\_gamesined\\_full.pdf](http://www.teem.org.uk/publications/teem_gamesined_full.pdf)
- Milburn, C. (2010). Digital Matters: Video Games and the Cultural Transcoding of Nanotechnology. In *Governing Future Technologies* (pp. 109–127).
- Mohammad, A.-S., Guetl, C., & Helic, D. (2009). Towards a standardized e-assessment system: Motivations, challenges and first findings. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 4, 6–12.
- Moreno-Ger, P. (2007). *Una Aproximación Documental para la Creación e Integración de Juegos Digitales en Entornos Virtuales de Enseñanza.*
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., & Torrente, J. (2009). Digital Games in eLearning Environments: Current Uses and Emerging Trends. *Simulation & Gaming*, 40(5), 669–687. doi:10.1177/1046878109340294
- Moreno-Ger, P., Sancho Thomas, P., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2007). Adaptive Units of Learning and Educational Videogames. *Journal of Interactive Media in Education*, 2007(05). Retrieved from [jime.open.ac.uk/2007/05](http://jime.open.ac.uk/2007/05)

- Nash, S. S. (2005). Learning Objects , Learning Object Repositories , and Learning Theory : Preliminary Best Practices for Online Courses Location of Learning Objects for Use in E-Learning. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 1, 217–228.
- Oblinger, D. G. (2004). The Next Generation of Educational Engagement. *Journal of Interactive Media in Education*, 8, 1–18. Retrieved from <http://jime.open.ac.uk/2004/8/oblinger-2004-8-disc-paper.html>
- Petraneck, C., Corey, S., & Black, R. (1992). Three levels of learning in simulations: Participating, debriefing, and journal writing. *Simulation & Gaming*, 23(174-185).
- Pivec, M., & Dziabenko, O. (2004). Game-Based Learning in Universities and Lifelong Learning: “Unigame: Social Skills and Knowledge Training” Game Concept. *Journal of Universal Computer Science*, 10(1), 4–12.
- Pivec, M., & Pivec, P. (2008). *Games in Schools* (p. 45). ISFE-EUN Partnership. Retrieved from <http://games.eun.org>
- Pivec, P. (2009). *Game-based Learning or Game-based Teaching?* Becta. Retrieved from [http://emergingtechnologies.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page\\_documents/research/emerging\\_technologies/game\\_based\\_learning.pdf](http://emergingtechnologies.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page_documents/research/emerging_technologies/game_based_learning.pdf)
- Polsani, P. R. (2006). Use and Abuse of Reusable Learning Objects. *Journal of Digital Information*, 3(4).
- Poltrack, J., Hruska, N., Johnson, A., & Haag, J. (2012). The next generation of scorm: Innovation for the global force. In *The Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC)*.
- Prendes, M. P. (2009). *Plataformas de campus virtual con herramientas de software libre: Análisis comparativo de la situación actual en las universidades españolas*.
- Rice, J. W. (2007). New Media Resistance: Barriers to Implementation of Computer Video Games in the Classroom. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 16(3), 249–261.
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing Interactive Learning Environments based on the Blending of Microworlds, Simulations and Games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58.
- Robin, H. (2005). The case for dynamic difficulty adjustment in games. In *the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology (ACE '05)* (pp. 429–433). ACM. doi:<http://doi.acm.org/10.1145/1178477.1178573>
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., ... Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*, 40(1), 71–94. Retrieved from citeulike-article-id:2525976

- Sancho, P., Fuentes-Fernández, R., & Fernández-manjón, B. (2007). NUCLEO: An adaptive role game based scenario. *IEEE Learning Technology Newsletter*, 9(3&4).
- Sandford, R., Ulicsak, M., Facer, K., & Rudd, T. (2006). *Teaching with Games: Using commercial off-the-shelf computer games in formal education*. Futurelab.
- Shute, V. J., & Ke, F. (2012). Games, learning, and assessment. In *Assessment in Game-Based Learning* (pp. 43–58).
- Shute, V. J., Rieber, L., & Eck, R. Van. (2011). Games... and... learning. In *Trends and issues in instructional design and technology* (pp. 321–332).
- Shute, V. J., & Spector, J. M. (2008). *SCORM 2.0 white paper: Stealth assessment in virtual worlds*. Unpublished manuscript. Retrieved from [http://www.adlnet.gov/technologies/evaluation/library/additional\\_resources/lets\\_i\\_white\\_papers/shute - stealth assessment in virtual worlds.pdf](http://www.adlnet.gov/technologies/evaluation/library/additional_resources/lets_i_white_papers/shute_-_stealth_assessment_in_virtual_worlds.pdf)
- Shute, V. J., & Torres., R. (2012). Where streams converge: Using evidence-centered design to assess Quest to Learn. In *Technology-based assessments for 21st century skills: Theoretical and practical implications from modern research* (pp. 91–124).
- Shute, V. J., Ventura, M., Bauer, M. I., & Zapata-Rivera, D. (2009). *Melding the Power of Serious Games and Embedded Assessment to Monitor and Foster Learning: Flow and Grow*. (U. Ritterfeld, M. Cody, & P. Vorderer, Eds.). New York/London: Routledge.
- Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *Educause Review*, 46(5), 30–32.
- Smith, B., & McDowell, P. (2006). Integrating the Delta 3D Engine with a SCORM-Managed Learning Environment. *Learning Technology*, 8(1), 11–12.
- Squire, K. (2003). Video Games in Education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming*, 2(1), 49–62. doi:10.1145/950566.950583
- Steinwachs, B. (1992). How to facilitate a debriefing. *Simulation & Gaming*, 23, 186–195.
- Tang Hanneghan, M. and El Rhalibi, A., S. (2007). *Describing Games for Learning: Terms, Scope and Learning Approaches* (pp. 98–102). Liverpool, UK.
- Taras, M. (2002). Using Assessment for Learning and Learning from Assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 27(6), 501–510. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1080/0260293022000020273>
- Tattersall, C., Manderveld, J., Hummel, H., Sloep, P., & Vries, F. De. (2003). *IMS Learning Design Frequently Asked Questions* (pp. 1–10).
- Thiagarajan, S. (1992). Using games for debriefing. *Simulation & Gaming*, 23, 161–173.
- Torrente, J., Del Blanco, Á., Marchiori, E. J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). <e-Adventure>: Introducing Educational Games in the Learning Process. In

*IEEE Education Engineering (EDUCON) 2010 Conference* (pp. 1121–1126). Madrid, Spain: IEEE. doi:10.1109/EDUCON.2010.5493056

Torrente, J., Lavín-Mera, P., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2008). Coordinating Heterogeneous Game-based Learning Approaches in Online Learning Environments (pp. 27–36). Liverpool, UK.

Torrente, J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2008). Learning Models for the Integration of Adaptive Educational Games in Virtual Learning Environments. In *3rd International Conference on E-learning and Games (Edutainment 2008)* (pp. 463–474). Nanjing, China: Springer, LNCS.

Torrente, J., Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2009). Integration and Deployment of Educational Games in e-Learning Environments: The Learning Object Model Meets Educational Gaming. *Educational Technology & Society*, 12(4), 359–371.

Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16–30.

Van Es, R., & Koper, R. (2006). Testing the pedagogical expressiveness of IMS LD. *Educational Technology & Society*, 9(1), 229–249.

Weber, G., & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web based Instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 351–384.

Weibel, S., Kunze, J., Lagoze, C., & Wolf, M. (1998). *Dublin core metadata for resource discovery*. Internet Engineering Task Force RFC.

Wesley, J. (1974). Pioneers: A Simulation of Decision-Making on a Wagon Train. *Interact Simulations*.

Wexler, S., Corti, K., Derryberry, A., Quinn, C., & Barneveld, A. van. (2008). *The eLearning Guild: 360 Report on Immersive Learning Simulations*. Retrieved from <http://www.elearningguild.com/>

Wexler, S., Grey, N., Miller, D., Nguyen, F., & Barneveld, A. (2008). *Learning Management Systems: The good, the bad, the ugly... and the truth*. *E-learning Guild*.