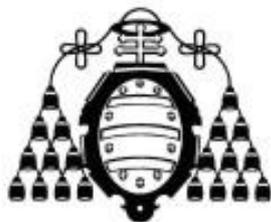


UNIVERSIDAD DE OVIEDO



ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Integrando realidad aumentada basada en móvil en entornos de e-learning”

DIRECTOR: Víctor Manuel Álvarez García

CO-DIRECTORA: María del Puerto Paule Ruíz

AUTOR: Marcos Fermín Lobo



Vº Bº del Director del Proyecto

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias a mi director y co-directora por la guía y el apoyo ofrecidos durante la realización de este trabajo. También, a Ángel Suárez Fernández por su colaboración desde la Open University of The Netherlands así como a José Antonio Hernández García y Alejo Hernández García por su asesoramiento sobre la herramienta de autor ARIANE y su versión para dispositivos móviles.

También, y de forma muy especial, a **mi familia y amigos**.

Resumen

Los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (Learning Management Systems o LMS) se están utilizando cada vez más para complementar la enseñanza y el aprendizaje en el aula y, en algunos casos, para reemplazar las aulas tradicionales con herramientas educativas en línea.

La realidad aumentada en los dispositivos móviles es una nueva tendencia en el e-learning que está creando nuevas oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje.

La hipótesis de investigación consiste en comprobar si es posible la integración de una herramienta de autor de realidad aumentada en una plataforma de enseñanza-aprendizaje. Por un lado, el profesorado podrá diseñar actividades de realidad aumentada desde el sistema de gestión de aprendizaje que utiliza para el desarrollo de las clases, pudiendo también revisar y evaluar el resultado de dichas actividades. Por otro lado, el alumnado podrá realizar las actividades, diseñadas por el profesorado, haciendo uso de dispositivos móviles. Además, podrán acceder a sus resultados personales a través de la misma plataforma de aprendizaje.

Como resultado de la investigación se ha desarrollado un prototipo sobre la plataforma Moodle para verificar la hipótesis de la investigación.

Palabras Clave

Realidad aumentada, e-learning, Moodle, integración, aprendizaje ubicuo, sistemas de gestión del aprendizaje.

Abstract

Learning management systems (LMS) are being used increasingly more to complement the teaching and learning in the classroom and in some cases even replace traditional classroom with online educational tools.

Augmented reality on mobile devices is a new trend in e-learning is creating new opportunities for teaching and learning.

The hypothesis consists to check if it is possible to integrate an augmented reality authoring tool into a teaching and learning platform. On the one hand, teachers can design augmented reality activities from the learning management system used for the development of classes and can also review and evaluate the results of these activities. On the other hand, students may perform the activities designed by teachers using mobile devices. They can also access their personal results through the same learning platform.

As a result of research has developed a prototype on the Moodle platform to verify the research hypotheses.

Keywords

Augmented reality, e-Learning, Moodle, integration, ubiquitous learning, Learning Management Systems.

Índice General

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 2. MOTIVACIÓN	19
CAPÍTULO 3. PLATAFORMAS WEB DE APRENDIZAJE	25
3.1 INTRODUCCIÓN	25
3.2 DOTLRN	28
3.3 SAKAI	31
3.4 BLACKBOARD/WEBCT	33
3.5 DISCUSIÓN	35
CAPÍTULO 4. MOODLE	37
4.1 INTRODUCCIÓN	37
4.2 ARQUITECTURA DE LA INFORMACIÓN	39
4.3 ACTIVIDADES O MÓDULOS EXISTENTES	41
4.3.1 Base de datos	41
4.3.2 Chat	41
4.3.3 Consulta	41
4.3.4 Cuestionario	41
4.3.5 Encuestas predefinidas	41
4.3.6 External Tool	42
4.3.7 Foro	42
4.3.8 Glosario	42
4.3.9 Lección	42
4.3.10 Paquete SCORM	42
4.3.11 Taller	43
4.3.12 Tarea	43
4.3.13 Wiki	43
4.3.14 Blog	43
4.4 DISCUSIÓN	44
CAPÍTULO 5. MOBILE LEARNING	47
5.1 INTRODUCCIÓN	47
5.2 HISTORIA	51
5.3 EL CONTEXTO	52
CAPÍTULO 6. REALIDAD AUMENTADA	53
6.1 INTRODUCCIÓN	53
6.2 HISTORIA	54
6.3 CARACTERÍSTICAS	57
6.4 USOS ACTUALES	59
6.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA REALIDAD AUMENTADA	60
6.6 HERRAMIENTAS DE AUTOR DE REALIDAD AUMENTADA EN EL MERCADO	62
6.6.1 ARtalet	62
6.6.2 ARIANE	62
6.6.3 ARLearn	63
6.6.4 AR storyboard	64

6.7	LA REALIDAD AUMENTADA Y SU USO EN LA EDUCACIÓN ACTUAL	65
CAPÍTULO 7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA		66
7.1	DEFINICIÓN.....	66
7.2	ARQUITECTURA.....	67
7.2.1	<i>System</i>	68
7.2.2	<i>Application</i>	68
7.2.3	<i>Presentation</i>	68
7.3	PROTOTIPO.....	69
7.4	INTERFAZ.....	71
7.4.1	<i>Añadir actividad</i>	71
7.4.2	<i>Asistente actividad</i>	73
7.4.3	<i>Consulta</i>	76
7.4.4	<i>Evaluación</i>	78
7.5	SERVICIOS WEB	79
7.6	INTEGRACIÓN EXTERNA.....	80
CAPÍTULO 8. DIFUSIÓN.....		81
8.1	IADIS INTERNATIONAL CONFERENCE MOBILE LEARNING 2013.....	81
8.2	JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS.....	83
CAPÍTULO 9. METODOLOGÍA.....		85
CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO		87
CAPÍTULO 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		89
CAPÍTULO 12. APÉNDICES		95
12.1	CONTENIDO ENTREGADO EN EL CD-ROM	95
12.2	ARTÍCULO INTEGRATED AUTHORING TOOL FOR MOBILE AUGMENTED REALITY-BASED ELEARNING APPLICATIONS 96	
12.3	ARTÍCULO INTEGRATING MOBILE-BASED AUGMENTED REALITY IN ELEARNING ENVIRONMENTS	97
12.4	EJEMPLO IMPORTACIÓN HACIA HERRAMIENTA ARLEARN.....	98
12.5	ACTAS DE REUNIÓN	99

Índice de Figuras

Ilustración 1 ¿Cómo de necesario es el teléfono móvil?	19
Ilustración 2 ¿Qué dispositivo ha cambiado la sociedad?	20
Ilustración 3 ¿Se conecta habitualmente a Internet desde cualquier sitio con su teléfono móvil o tableta, etc.?.....	20
Ilustración 4 ¿Cómo acceden las personas a la red?	21
Ilustración 5 LMSs utilizados en universidades.....	22
Ilustración 6 Esquema dotLRN.....	28
Ilustración 7 Características de dotLRN	30
Ilustración 8 Pantalla de ejemplo de uso de Sakai	32
Ilustración 9 Pantalla de ejemplo de uso de Blackboard	34
Ilustración 10 Registros de Moodle por país	38
Ilustración 11 Organización de la Información en Moodle.....	39
Ilustración 12 Elementos del Mobile Learning.....	49
Ilustración 13 Reality-Virtuality continuum in according to Milgram, Takemura, Utsumi and Kishino (1994)	53
Ilustración 14 Ivan Sutherland con el primer sistema de realidad aumentada	54
Ilustración 15 Esquema de Caudell y Mizell.....	55
Ilustración 16 Diseño de Azuma para la realidad aumentada	57
Ilustración 17 Arquitectura del sistema desarrollado	67
Ilustración 18 Diagrama de despliegue del prototipo desarrollado	69
Ilustración 19 Interfaz. Añadir actividad 1	72
Ilustración 20 Interfaz. Añadir actividad 2	73
Ilustración 21 Interfaz. Asistente actividad datos.....	74
Ilustración 22 Interfaz. Asistente actividad Mapa 1.....	74
Ilustración 23 Interfaz. Asistente actividad Mapa 2.....	75
Ilustración 24 Interfaz. Asistente actividad Mapa 3.....	75
Ilustración 25 Interfaz. Asistente actividad Confirmación	76
Ilustración 26 Interfaz. Consulta 1	77
Ilustración 27 Interfaz. Consulta 2	78
Ilustración 28 Interfaz. Evaluación	78

Capítulo 1. Introducción

Gracias a los rápidos avances tecnológicos acontecidos durante el último medio siglo, la tecnología se ha convertido en una parte integral de los entornos de enseñanza-aprendizaje, lo cual ha cambiado, en gran medida, la práctica del aprendizaje (Paramythis and Loidl-Reisinger 2003). Los sistemas de gestión de aprendizaje (Learning Management Systems o LMS) se han desarrollado en un intento de mantener el ritmo de la World Wide Web¹, incorporando nuevas tecnologías, así como la inclusión de principios pedagógicos para una amplia variedad de herramientas de software (Álvarez García, Paule Ruiz, and Spetch 2011). En la actualidad, LMSs tales como Moodle y/o Blackboard, tienen mucho éxito en la educación electrónica (Farman Ali et al. 2010).

Las plataformas de e-Learning tradicionales proporcionan entornos holísticos para la gestión y entrega de experiencias educativas (Dagger et al. 2007). Presentan 'suites' o paquetes de herramientas que apoyan la gestión de cursos en línea, la matriculación y gestión del alumnado y los informes sobre el rendimiento estudiantil. Por otra parte, cada vez más, estos sistemas de aprendizaje basados en Internet están incorporando nuevas herramientas, tales como Wikis y/o foros (entre otros), que apoyan y tratan de mejorar los aspectos de colaboración de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Los entornos virtuales, así como los LMS, pueden ser vistos como elementos "vacíos" que son configurados por el profesorado para crear y administrar sus cursos y llenarlos de contenido digital (Graf 2007). La realidad aumentada (RA) es una variación de los entornos virtuales (Azuma 1997) que integra la información virtual con el entorno físico del usuario. La combinación de la tecnología de realidad aumentada con contenidos educativos crea un nuevo tipo de aplicaciones automatizadas y actúa para hacer más eficaz y atractiva la enseñanza y el aprendizaje de cara al alumnado en situaciones de la vida real (Kesim and Ozarslan 2012).

Las tecnologías de los entornos virtuales sumergen completamente al usuario dentro de un entorno sintético. Mientras está sumergido, el usuario no puede ver el mundo real que le rodea. En cambio, la realidad aumentada permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o complementando al mundo real. Por lo tanto, la RA suplementa la realidad en lugar de sustituirla por completo (Azuma 1997). Según algunos estudios publicados recientemente, la RA tiene aplicación en el campo del aprendizaje (Di Serio, Ibáñez, and Kloos 2012). Las nuevas posibilidades que puede proporcionar la realidad aumentada en el campo de la enseñanza están siendo cada vez más reconocidas por los investigadores educativos (Wu et al. 2013) y las investigaciones al respecto han indicado que los sistemas y entornos de RA podrían ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades y conocimientos de una manera más eficaz con respecto a cómo se pueden aprender en otros entornos de aprendizaje potenciados también por la tecnología (El Sayed, Zayed, and Sharawy 2011).

El hecho de añadir actividades de realidad aumentada en el e-Learning requiere de herramientas de autor que permitan al profesorado diseñar las tareas de RA y ponerlas a disposición del alumnado. En estudios previos, nuestro equipo de investigación ha

¹ W3C: <http://www.w3.org/>

desarrollado una herramienta de autor independiente que permite al profesorado crear actividades de RA (Hernández García, A.M., 2011).

La proliferación del uso de los LMS en las universidades españolas (Álvarez García et al. 2012) sugiere que los maestros/as se beneficiarían de una integración de herramientas de autor en los LMS, consiguiendo apoyar y contribuir a la mejora de las metodologías de enseñanza y aprendizaje.

El presente documento continúa con la motivación de la investigación para seguir con un estado del arte de las tecnologías tratadas en la introducción. Se finalizará con el desarrollo del prototipo implementado para este estudio y una discusión sobre los resultados obtenidos.

Capítulo 2. Motivación

La ayuda para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación electrónica, a través de la tecnología de la realidad aumentada, es la principal motivación de esta investigación. En este aspecto tenemos tres elementos fundamentales que intervienen en este estudio y que, en la actualidad, están siendo objeto de numerosas investigaciones. Estos elementos son los dispositivos móviles, los sistemas de gestión del aprendizaje y la realidad aumentada.

Por un lado, los dispositivos móviles están cada vez más presentes en nuestras vidas. Concretamente, los dispositivos móviles inteligentes (smartphones, tablets, etc.) presentan una ascendente trayectoria en lo que al uso cotidiano se refiere. Según el barómetro de Junio 2012 (“CIS Centro de Investigaciones Sociológicas - Barómetro Junio 2012” 2012) relacionado con las Tecnologías de la Comunicación y la Información en España, realizado por el Centro de Investigaciones Sociológicas del gobierno español, se obtiene que el 30% de las personas encuestadas considera muy necesaria la presencia de los teléfonos móviles en su vida cotidiana.

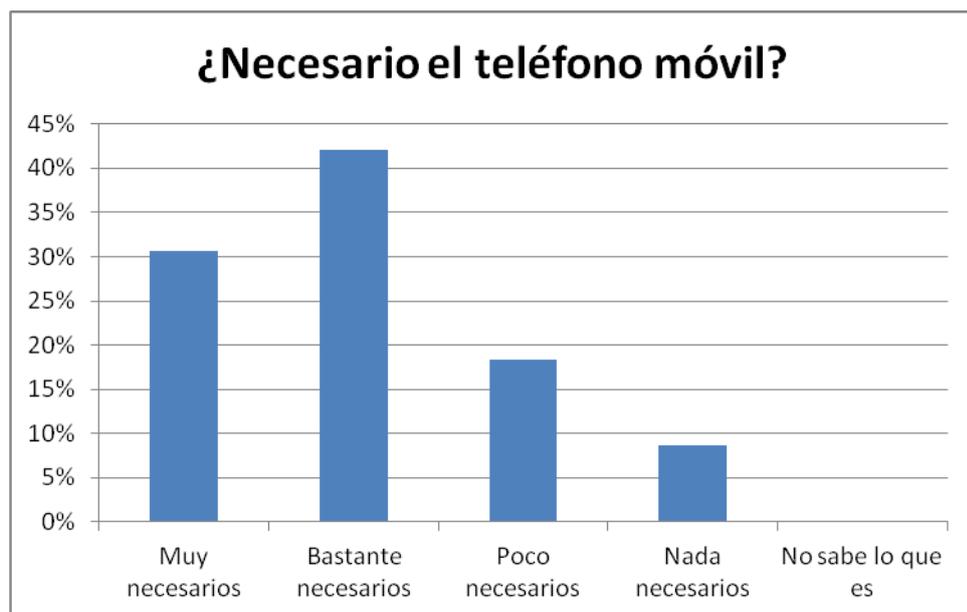


Ilustración 1 ¿Cómo de necesario es el teléfono móvil?

En esta misma encuesta, se refleja el dato de que el 45,4% de los encuestados piensa que el teléfono móvil ha cambiado nuestra sociedad, en mayor o menor medida, en los últimos años, dándose el hecho de que este dispositivo es el que más ha cambiado nuestra sociedad en los últimos años (según la población encuestada) frente a otros dispositivos o tecnologías, como la conexión a Internet con un 22% o el ordenador personal con un 9,1% (ver Ilustración 2). Tal y como se puede deducir de estos datos, los dispositivos móviles están en la actualidad presentes en nuestra vida cotidiana y su utilización es bastante habitual ya que, sobre otro estudio del CIS, a fecha Octubre de 2010, el 66,2% de las personas encuestadas declara que accede todos los días a Internet. En Marzo de 2009 la cifra era del 58,8%.

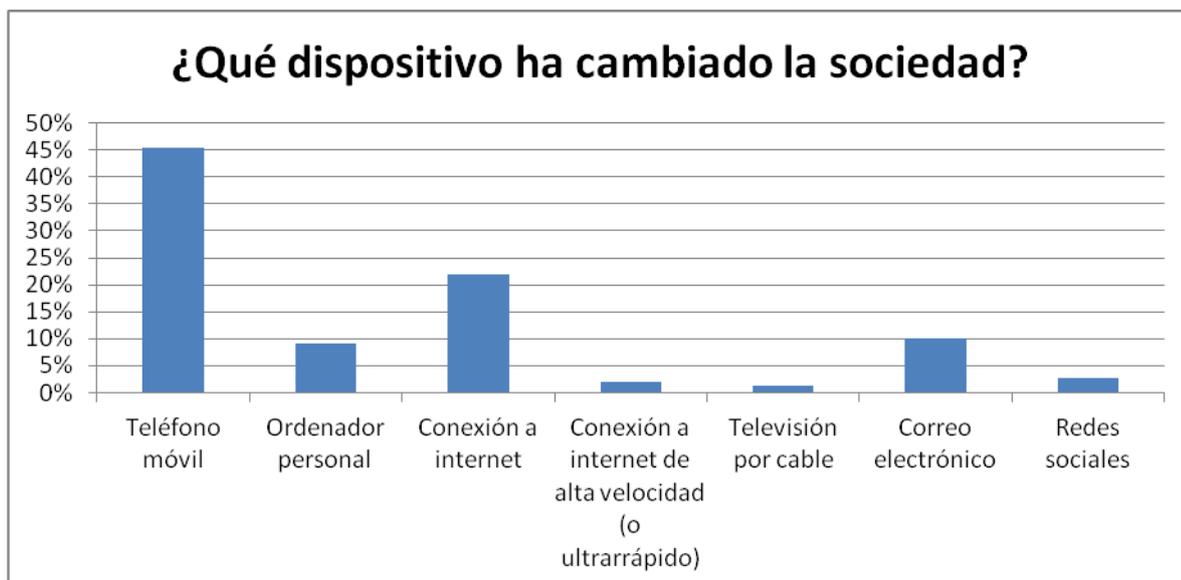


Ilustración 2 ¿Qué dispositivo ha cambiado la sociedad?

Los dispositivos móviles, por su principal característica de “movilidad” y gracias a la proliferación de las conexiones a Internet para estos dispositivos, nos permiten un acceso ubicuo a los contenidos deseados como, por ejemplo, a contenidos relativos a las enseñanzas que se estén recibiendo y/o impartiendo. En el mismo barómetro del CIS mencionado con anterioridad, frente a la pregunta de si se conectan habitualmente a Internet desde cualquier sitio con un dispositivo móvil (teléfono móvil, tableta, etc.), el 31,8% de las personas encuestadas declara que sí (ver Ilustración 3). Asimismo, y en relación al acceso a los contenidos que se ofrecen a través de Internet, nos encontramos con que hay un 36,5% de personas que utiliza habitualmente el teléfono móvil para acceder a la red, siendo un 56,9% a través de ordenadores portátiles y un 3,5% a través de tablets (ver Ilustración 4).

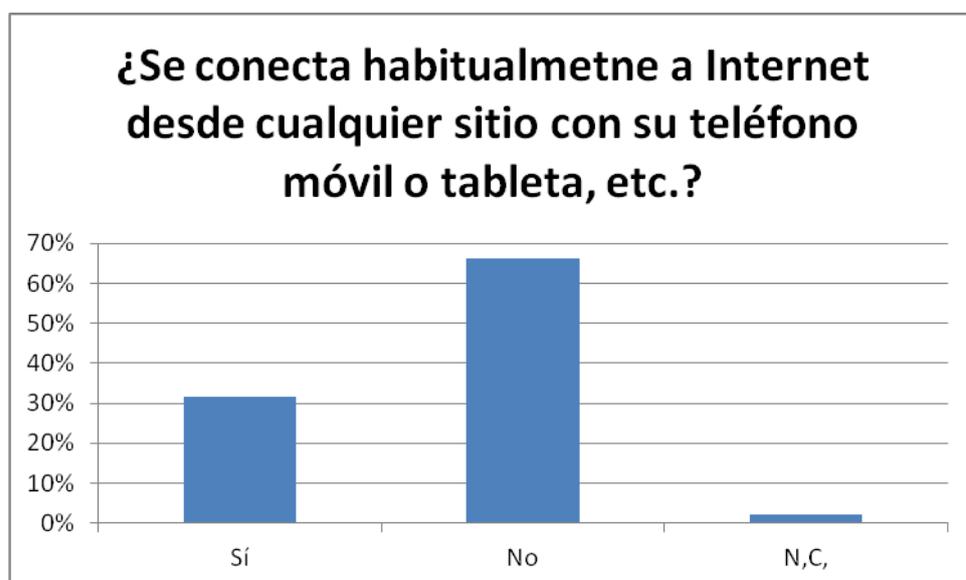


Ilustración 3 ¿Se conecta habitualmente a Internet desde cualquier sitio con su teléfono móvil o tableta, etc.?

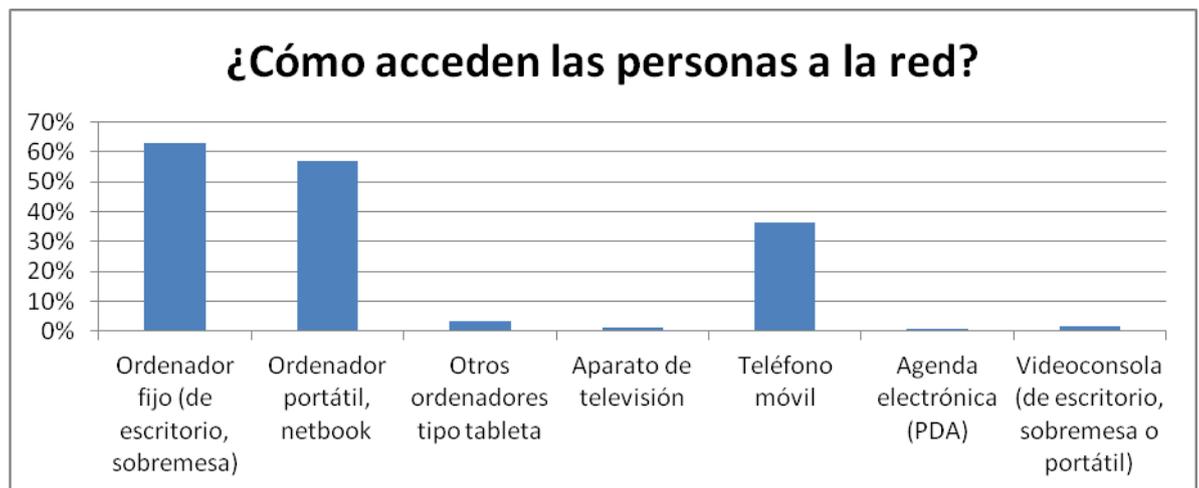


Ilustración 4 ¿Cómo acceden las personas a la red?

Tal y como se puede observar a partir de los datos ofrecidos anteriormente, los dispositivos móviles se utilizan en gran medida para acceder a contenidos a través de Internet en cualquier lugar y momento. Este comportamiento favorece la consulta de información educativa que ofrecen los centros de estudios (universidades, institutos, etc.) a través de sus portales Web, los cuales suelen estar complementados por un sistema de gestión del aprendizaje.

Los sistemas de gestión del aprendizaje o Learning Management Systems (LMS) cada vez se usan más en entornos educativos para ofrecer al alumnado un entorno centralizado a través del cual se puedan disponer los contenidos necesarios para el desarrollo de los cursos académicos y, además, favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este tipo de sistemas, que en próximos apartados se explicarán con mayor detalle, se implantaron inicialmente en las universidades hace más de una década. Por este motivo, la presente investigación se centra en el uso de los LMS en las universidades.

Según la publicación anual “Datos y cifras. Curso escolar 2012-2013” (Ministerio de Educación Cultura y Deporte 2012), elaborada por la Subdirección de Estadística y Estudios del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del gobierno de España, en el curso 2010-2011 el 89% de los centros de enseñanza pública tenía conexión a Internet de banda ancha, frente al 45,4% en el curso 2005-2006. Este incremento en la infraestructura de las telecomunicaciones en los centros públicos, entre los que se encuentran las universidades públicas, incrementa las razones por las que resulta interesante poner a disposición del alumnado (y el resto de miembros del centro de estudios) los contenidos educativos que, de otra forma, sólo se podrían obtener en las clases presenciales. Las herramientas on-line que están destacando en este ámbito son los LMS.

El estudio realizado por Víctor Álvarez (Álvarez García et al. 2010) durante el primer trimestre del año 2008, que recoge el uso de los distintos LMS existentes en el mercado en 48 universidades de todo el mundo, indica que el 45% de estas universidades utilizan la plataforma Moodle frente a otras plataformas o desarrollos (ver Ilustración 5).

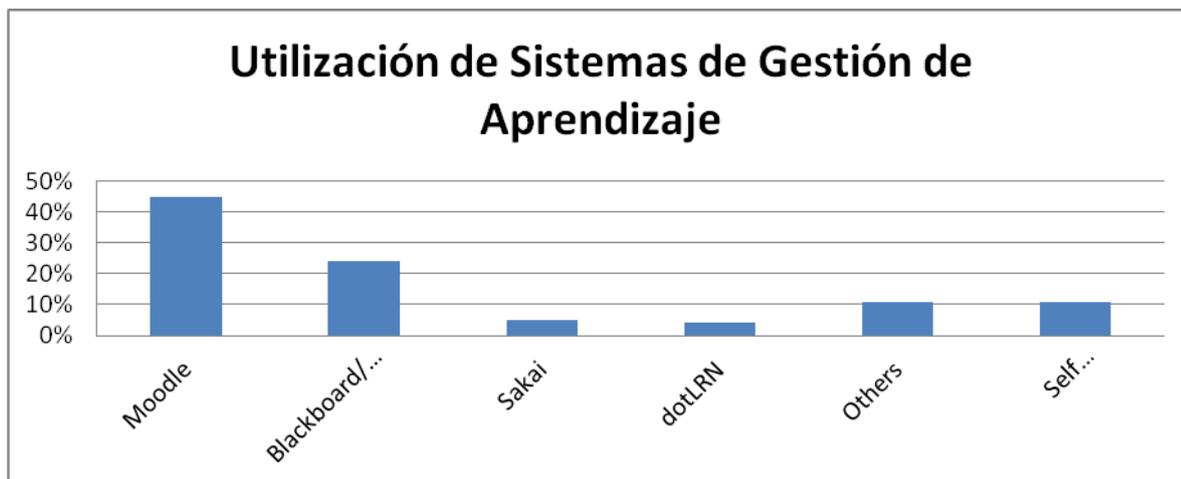


Ilustración 5 LMSs utilizados en universidades

Sin embargo, la utilización de los sistemas de gestión de aprendizaje en los procesos de enseñanza puede llegar a impedir la consecución de su objetivo principal: conseguir una mejora en estos mismos procesos. Estudios recientes (Kember et al. 2010) han investigado la eficacia de las plataformas de enseñanza en términos de mejorar los resultados del aprendizaje. En el apartado 3.4 del presente documento se abre una discusión para entrar más en detalle sobre este aspecto.

La educación no está exenta de la potente influencia de las nuevas tecnologías, las cuales tienen un impacto en la forma en la que aprendemos y enseñamos. Por ejemplo, los nuevos dispositivos móviles (smartphones, tablets, etc.) aumentan la participación del alumnado en las actividades de interior y al aire libre con aplicaciones de realidad aumentada (Martin et al. 2011).

La realidad aumentada (RA) es una variación de los entornos virtuales (Di Serio, Ibáñez, and Kloos 2012) que integra la información virtual con el entorno físico del usuario, permitiéndole ver el mundo real con objetos superpuestos y/o complementándolo (Azuma 1997). La realidad aumentada para los dispositivos móviles inteligentes o smartphones es una tendencia innovadora en el e-Learning y está creando nuevas oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje. Actualmente, ya existen herramientas de autor de realidad aumentada (Jee et al. 2011; Klopfer, Squire, and Jenkins 2002) para crear contenidos digitales. No obstante, estas herramientas están enfocadas al proceso propio de creación de contenidos (Ha et al. 2010; Shin, Kim, and Park 2005) más que al diseño de actividades de aprendizaje. Durante sucesivos apartados del presente documento se explorarán algunas de estas herramientas con el objetivo de hacer un estado del arte de las mismas.

La combinación de la tecnología de realidad aumentada con contenidos educativos crea un nuevo tipo de aplicaciones automatizadas y actúa para mejorar la eficacia de la enseñanza y hacer más atractivo el aprendizaje para el alumnado (Kesim and Ozarslan 2012). Si a esta combinación le añadimos la capacidad de movilidad que ofrecen los dispositivos móviles, conseguimos un acceso ubicuo a unos contenidos digitales más atractivos para los estudiantes. En los últimos tiempos, diversos investigadores están localizando las nuevas posibilidades que la realidad aumentada, también a través de dispositivos móviles, puede aportar al campo de la educación y el aprendizaje. Estas investigaciones concluyen que los sistemas, entornos y

herramientas de autor de realidad aumentada (Jee et al. 2011; Klopfer, Squire, and Jenkins 2002) podrían ayudar a los estudiantes a mejorar sus habilidades y potenciar la forma en la que aprenden (Wu et al. 2013; El Sayed, Zayed, and Sharawy 2011).

El objetivo principal de este estudio es el de integrar una herramienta de autor de realidad aumentada para dispositivos móviles en un sistema de gestión del aprendizaje de tal forma que, además, permita ayudar a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Si conseguimos realizar esta integración, obtendremos los beneficios de los dos tipos de herramientas software bajo un mismo entorno ya conocido tanto por el alumnado como por el profesorado.

La integración que se acaba de definir consigue el beneficio de la unificación de entornos, es decir, se utiliza una única herramienta software para realizar distintas acciones que antes se tendrían que hacer de forma separada. Sobre la misma plataforma de aprendizaje se llevarán a cabo las tareas tradicionales de gestión de la enseñanza y, además, se podrán crear actividades de realidad aumentada para que puedan ser realizadas por el alumnado como una tarea más dentro del LMS. De este modo, se consigue que tanto el profesorado como el alumnado utilicen una plataforma que ya es conocida por ellos, como es el LMS que utilizan en su centro de estudios, con lo que no es necesario un nuevo proceso de adaptación a la utilización de una herramienta nueva, tal y como ocurriría en el caso de que no se hiciera la integración mencionada en este artículo.

Otro de los beneficios que aporta la integración propuesta en esta investigación es el abanico de escenarios de enseñanza-aprendizaje que se abre para profesorado y alumnado. Uno de esos escenarios es el desarrollo de clases en exteriores, es decir, fuera del aula. Si bien es cierto que en la enseñanza tradicional ya se realizan clases en escenarios distintos de las aulas, mediante el uso de la realidad aumentada en escenarios de exteriores se consigue mostrar los contenidos del aprendizaje de una forma que resulta más atractiva (Kesim and Ozarslan 2012) para el alumnado y que permite mejorar la forma en la que asimila la materia (El Sayed, Zayed, and Sharawy 2011). Como ejemplo, cabría señalar una clase de Geología en el campo, concretamente sobre el estudio de los volcanes. Gracias a la realidad aumentada, el alumnado podría visualizar en sus dispositivos móviles un modelo 3D del volcán en vivo y en directo en su excursión de campo. A continuación, el profesor/a realizaría una explicación sobre las partes de un volcán y, seguidamente, y haciendo uso de los dispositivos móviles y sobre el modelo en 3D, el alumnado podría etiquetar todas las partes de un volcán.

Capítulo 3. Plataformas Web de Aprendizaje

3.1 Introducción

Hoy en día no es posible pensar en el proceso de enseñanza y aprendizaje sin asociarlo con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Actualmente, las TIC están presentes en todos los procesos que involucran actividades de recopilación de datos, procesamiento de información y creación de conocimiento, siendo estas muy comunes en la enseñanza y el aprendizaje (Costa, Alvelos, and Teixeira 2012).

Las TIC desempeñan un papel importante en la educación, teniendo una especial relevancia en las instituciones educativas con el apoyo de los sistemas de gestión del aprendizaje o Learning Management Systems (LMS), tales como la plataforma Moodle. La interacción, la retroalimentación y la conversación son algunas de las acciones que pueden ofrecer estas plataformas. Además, ofrecen una gran cantidad de oportunidades para explorar nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje.

Existen diferentes expresiones utilizadas para describir estos sistemas tales como “sistemas de e-learning”, “sistemas de gestión de aprendizaje” (LMS), “sistema de gestión de cursos” (CMS) o incluso entornos virtuales de aprendizaje (VLE). Se puede definir a las plataformas Web de aprendizaje como infraestructuras de e-learning con las funciones para el desarrollo de cursos, el apoyo a la colaboración, evaluación del rendimiento del alumnado, el registro de datos de los mismos y la generación de informes para maximizar la eficacia de toda la organización educativa.

Desde un punto de vista técnico, hay diferentes tipos de LMS, algunos de ellos en representación de soluciones comerciales (como Blackboard/WebCT) y otras soluciones de código abierto (como Moodle). Independientemente del tipo, varios estudios revelaron la existencia de grandes ventajas en el uso de plataformas de e-learning (Mahmoud 2008; Moura and Carvalho 2009). En cuanto a las soluciones de código abierto, hay algunos estudios que identifican a Moodle como la plataforma más utilizada en la educación superior (Álvarez García, del Puerto Paule Ruiz, and Pérez Pérez 2010), así como la más fácil de usar (Paulsen 2003).

Para entender las decisiones tomadas en esta investigación en el momento de diseñar la arquitectura para la integración de una herramienta de autor de realidad aumentada en los LMS, es necesario explorar la arquitectura que poseen las plataformas Web de aprendizaje. Los primeros sistemas de e-learning poseían un diseño arquitectónico monolítico, lo que les impedía mantener una flexibilidad que permitiera a los desarrolladores externos implementar nuevas funcionalidades (Dagger et al. 2007). Estas arquitecturas consistían en una caja negra a

la que sólo se le podía añadir elementos por medio de “toolkits²” proporcionados por los propios desarrolladores de las plataformas.

A medida que fue aumentando la demanda de plataformas de e-learning más modularizables y personalizables, las arquitecturas se fueron modificando a un diseño más modular. De esta forma, la ampliación de las plataformas se hacía más sencilla que en el modelo monolítico. En la actualidad, los frameworks de desarrollo de plataformas Web de aprendizaje definen una serie de patrones y principios para que el diseño de las arquitecturas de estas soluciones software estén orientadas a servicios, dando un paso más hacia diseños que permitan el desarrollo de sistemas de e-learning más flexibles, interoperables y reutilizables (Álvarez García, Paule Ruiz, and Spetch 2011).

Las plataformas de e-learning, que en un principio se utilizaban únicamente como almacén de información, están cambiando su orientación a sistemas más flexibles y dinámicos gracias a los cambios en sus arquitecturas. La utilización de unos principios en el desarrollo de las plataformas Web de aprendizaje y la utilización de frameworks, definidos concretamente para los entornos de e-learning (Álvarez García, Paule Ruiz, and Spetch 2011), favorecen la estandarización de las arquitecturas de los diferentes LMSs. Dichos frameworks comparten la idea de promover la adopción de enfoques orientados a servicios que ayudan a facilitar la interoperabilidad técnica de los sistemas de aprendizaje heterogéneos. Todo esto ha permitido a los propios LMS evolucionar de tal forma que los desarrolladores de software puedan añadir nuevas capacidades a estos sistemas, consiguiendo así que puedan ser utilizados en más escenarios de e-learning. Esta capacidad es la que permite la posibilidad de integrar una herramienta de autor de realidad aumentada en los LMS.

Otro aspecto que conviene tener muy en cuenta en el momento de evaluar una plataforma Web para su integración con otras herramientas es la usabilidad que ofrece. Respecto a este punto, hay que tener en cuenta las pautas del investigador Jakob Nielsen en esta materia (Nielsen and Molich 1990), que considera la usabilidad como el principal aspecto que influye en la aceptación de los productos. Nielsen presenta criterios operativos y define la usabilidad mediante cinco atributos:

- **Facilidad de aprendizaje:** Se refiere a lo fácil que resulta aprender a utilizar el sistema.
- **Eficiencia:** Se refiere a la forma en que el sistema es compatible con los usuarios en la realización de sus tareas.
- **Memorable:** Se refiere a la facilidad para recordar cómo se utiliza el sistema.
- **Prevención de errores:** Se refiere a una baja tasa de error en el sistema.
- **Satisfacción:** Se refiere a la satisfacción de los usuarios en el uso del sistema.

Teniendo en cuenta lo descrito hasta el momento, se hará una introducción a las plataformas de e-learning más populares identificadas en el estudio de Víctor Álvarez (Álvarez García, del Puerto Paule Ruiz, and Pérez Pérez 2010) y se desarrollará una discusión sobre los problemas

² Conjunto de herramientas personalizadas para el desarrollo software

que tienen este tipo de plataformas en lo que a los procesos de enseñanza-aprendizaje se refiere.

3.2 DotLRN

DotLRN es una plataforma Web de aprendizaje que consiste en un sistema de portales que integra herramientas para la gestión de cursos y contenidos, así como un conjunto de herramientas para la colaboración entre los usuarios (Huerva et al. 2008).



Esta plataforma está respaldada por el "dotLRN Consortium", una organización sin ánimo de lucro dedicada a promover la innovación en la tecnología educativa a través de los principios de código abierto. Las instituciones miembros del consorcio trabajan juntas para apoyar las implementaciones de las demás y para acelerar y ampliar la adopción y desarrollo de dotLRN. El consorcio garantiza la calidad del software, la certificación de elementos como "dotLRN-compliant", coordina los planes de desarrollo de software y mantiene vínculos con OpenACS (el conjunto de herramientas de código abierto que sirve de base para dotLRN).

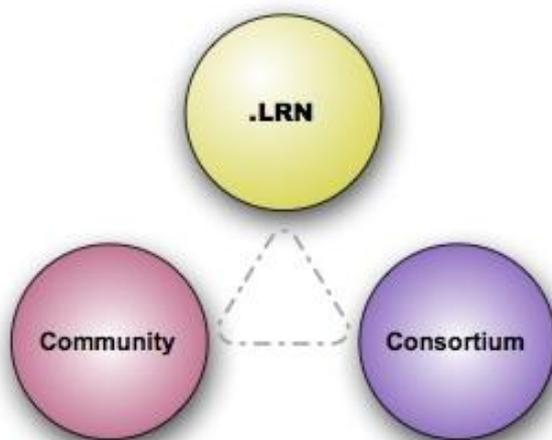


Ilustración 6 Esquema dotLRN

DotLRN se basa en OpenACS (Open Architecture Community System), un framework empresarial avanzado para la creación de aplicaciones web escalables y orientadas a la comunidad. La arquitectura de OpenACS se compone de un conjunto de paquetes individuales, entre los que están el núcleo del sistema, el repositorio de contenido, el usuario y el paquete de gestión de grupos, el procesador de solicitudes y los mecanismos para la autenticación de usuarios.

Además de las características comunes a todos los LMS, podemos destacar las siguientes características importantes de dotLRN:

- El profesorado puede administrar "clases" o "comunidades", personalizando el diseño, la elección de la lengua, y la zona horaria de su clase, además de añadir portlets³ personalizados si se desea.

³ Componentes modulares de las interfaces de usuario gestionadas y visualizadas en un portal web

- Las clases y las comunidades pueden ser creadas por los administradores, quienes pueden seleccionar si la política a unirse a ellos es cerrada, abierta o requiere aprobación.
- En las clases de dotLRN están soportados diferentes roles, como alumnado, profesorado y personal administrativo.
- También, están soportados diferentes roles en las comunidades de dotLRN, como los administradores y miembros.
- Los usuarios individuales pueden personalizar su propio diseño de portal, escoger su idioma preferido y cambiar su zona horaria actual según deseo.
- Ofrece una gran variedad de aplicaciones por defecto que se pueden utilizar en las clases y las comunidades, tales como archivos adjuntos, correo, calendario, FAQ, almacenamiento de archivos, foros, comentarios y noticias.
- Se distribuye bajo licencia GNU⁴ (General Public License).

⁴ <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>

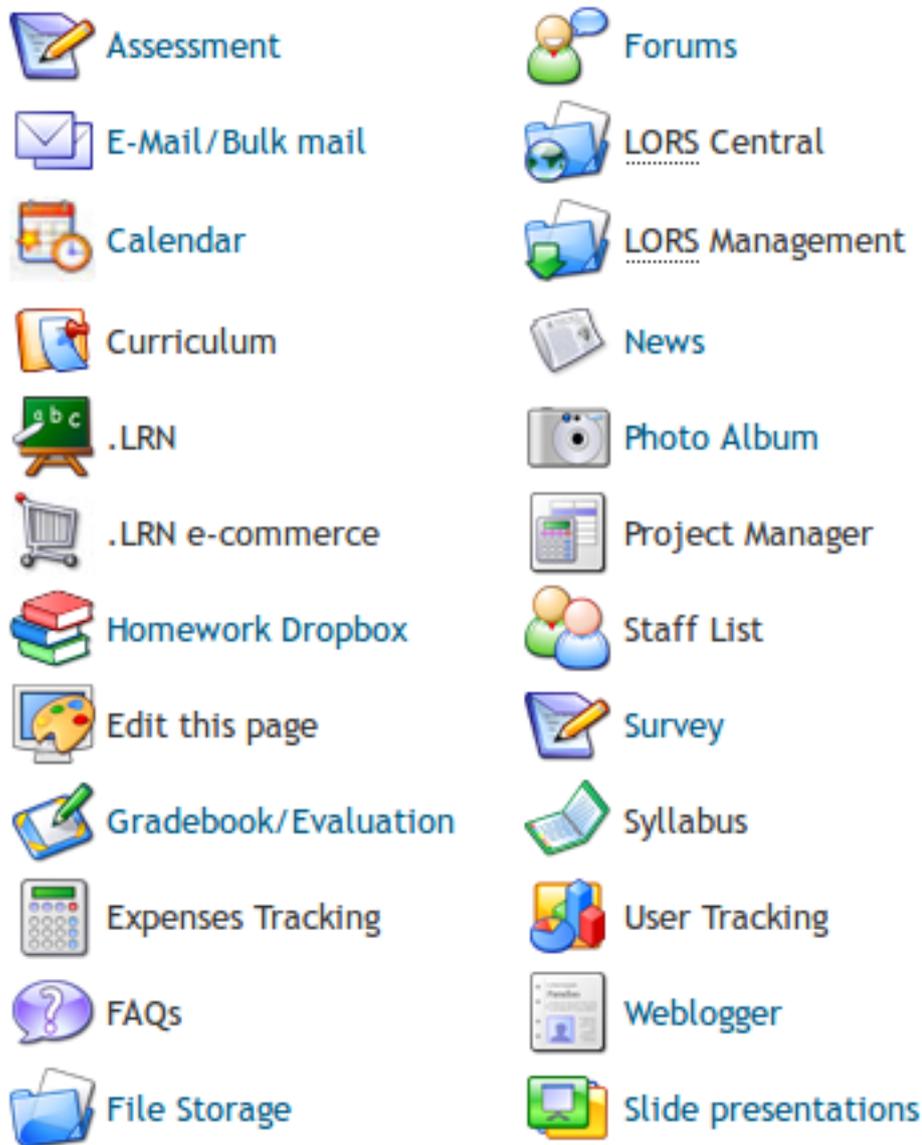


Ilustración 7 Características de dotLRN

En el estudio realizado por Víctor Álvarez en 2010, dotLRN se sitúa en el último lugar en el ranking de las plataformas Web de enseñanza, con un 4% de uso, en las universidades españolas, entre las que se puede mencionar la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

3.3 Sakai

El proyecto Sakai⁵ empezó en el año 2004 cuando las universidades de Stanford, Michigan, Indiana, el MIT y Berkeley comenzaron la construcción de un sistema de gestión de cursos común, en lugar de continuar con sus sistemas hechos a medida o software con licencia comercial. La Fundación Mellon proporcionó los fondos iniciales para el proyecto. El objetivo del proyecto Sakai es desarrollar un conjunto de recursos abiertos, cooperación y entorno de aprendizaje, de modo que pueda ser adecuado para su uso en instituciones educativas (Li, Liu, and Wang 2009) y ofreciéndose como alternativa a otras plataformas comerciales como Blackboard/WebCT y que mejore otras iniciativas como Moodle.



El software Sakai incluye muchas de las características comunes a los sistemas de gestión de cursos, incluyendo distribución de documentos, un libro de calificaciones, debates, chat en vivo, gestión de archivos y tests en línea. Además de las funciones de gestión de los cursos, Sakai pretende ser una herramienta colaborativa para proyectos y grupos de investigación.

Algunas de las características por las que destaca Sakai son:

- Capacidad de cambiar los ajustes de todas las herramientas basadas en las funciones.
- Personalización de las herramientas a nivel de usuario.
- Incluye otras herramientas comunes tales como wikis, lista de distribución de correo y lector de RSS.
- Se distribuye bajo licencia Educational Community License⁶, una variante de licencia Open Source.

⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Sakai_Project

⁶ <http://opensource.org/licenses/ecl2.php>

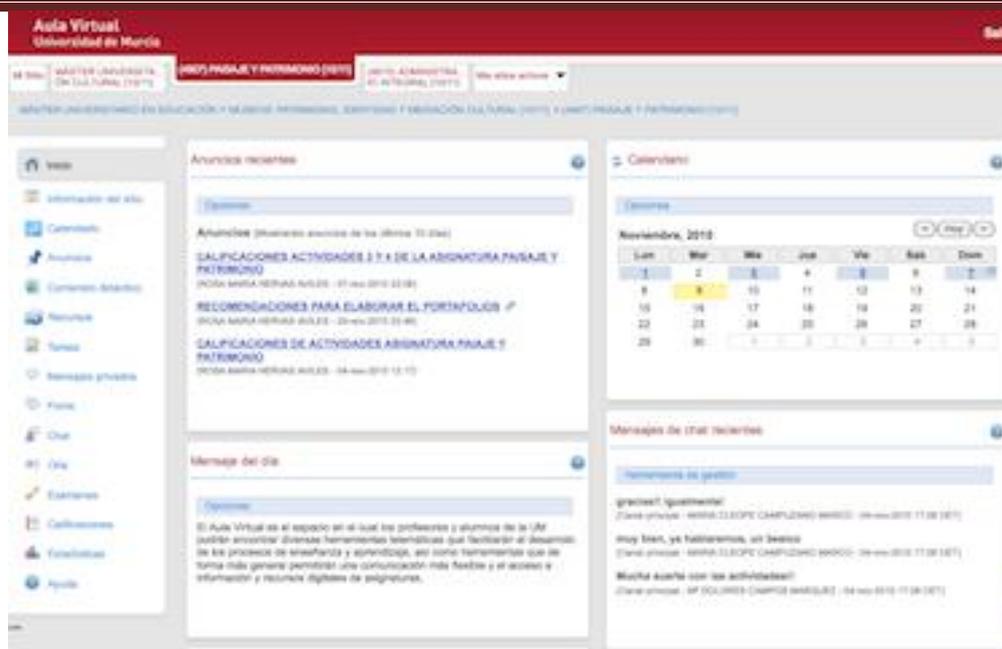


Ilustración 8 Pantalla de ejemplo de uso de Sakai

Las herramientas básicas se pueden aumentar con herramientas diseñadas para una aplicación particular de Sakai.

La plataforma Sakai ocupa el penúltimo puesto, con un 5% de uso, en el estudio realizado por Víctor Álvarez. Cabe mencionar el hecho de que algunas de las instituciones que hacen uso de este sistema son la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Murcia.

3.4 Blackboard/WebCT

El sistema de gestión de aprendizaje Blackboard, también definido como un entorno virtual de aprendizaje, ha sido desarrollado por la empresa Blackboard Inc (“Blackboard Learning System” 2013). Se trata de un producto de software que permite a las instituciones educativas crear programas de aprendizaje a través de Internet. Cuenta con una arquitectura abierta, personalizable y un diseño escalable que permite la integración con otros sistemas de información del alumnado. Esta plataforma conecta a profesores, estudiantes, tutores y administradores a través de la Web, lo que favorece la colaboración en línea. Asimismo, este software ayuda al profesorado con la administración de los cursos e incluye un sistema de gestión de contenidos para la creación y gestión de los mismos. Las notas tomadas en clase, materiales adicionales, las tareas de lectura y materiales de la biblioteca se distribuyen a través de Blackboard. Además, este sistema se utiliza para administrar y realizar exámenes, llevar a cabo la evaluación del curso y presentar los cursos al alumnado, entre muchas otras posibilidades (“Blackboard Official Web Page”).



Aparte de las características propias de un LMS, Blackboard destaca por las siguientes (Pishva, Nishantha, and Dang 2010):

- Integración con Facebook⁷, que permite al usuario acceder a la información del curso y recibir avisos en su cuenta de Facebook.
- SafeAssign, un sistema informático para la detección y prevención del plagio.
- Interfaz de usuario al estilo iGoogle⁸, que utiliza la tecnología AJAX⁹ para organizar componentes de acuerdo con los intereses del usuario.

⁷ Facebook (NASDAQ: FB) es una empresa creada por Mark Zuckerberg y fundada junto a Eduardo Saverin, Chris Hughes y Dustin Moskovitz consistente en un sitio web de redes sociales.

⁸ iGoogle es una página principal personalizable de la empresa Google Inc.

⁹ Acrónimo de Asynchronous JavaScript And XML es una técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas.

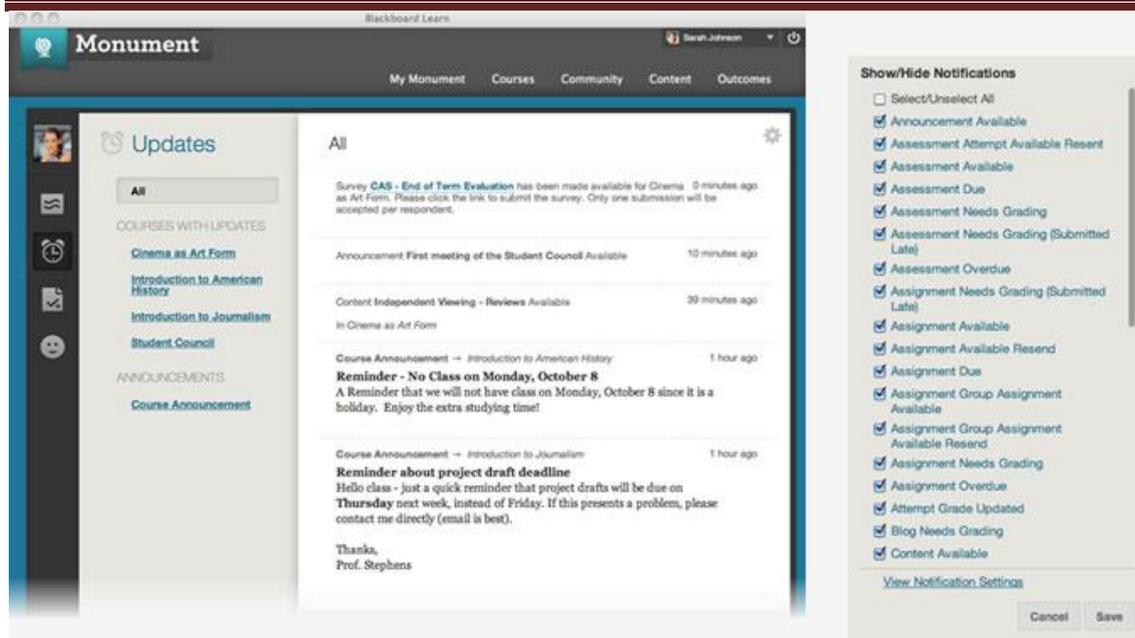


Ilustración 9 Pantalla de ejemplo de uso de Blackboard

Además, la última versión de Blackboard está especialmente orientada a dispositivos móviles, ofreciendo ciertas características extras que lo hacen destacar:

- Integración con Dropbox¹⁰: Los estudiantes y profesores pueden gestionar fácilmente los contenidos digitales de cursos en sus dispositivos móviles, vinculando una cuenta de Dropbox a la cuenta de Blackboard.
- Alertas de notificaciones: Los estudiantes pueden optar por recibir notificaciones personalizadas, de forma automática, directamente a sus dispositivos móviles para ayudarles a mantenerse informados.

Para finalizar con la descripción de esta plataforma cabe indicar que, en el estudio realizado por Víctor Álvarez, usado en el presente documento como referencia para el grado de utilización de las plataformas de enseñanza-aprendizaje, Blackboard se sitúa en la segunda posición, con un 24%, sólo por detrás de la plataforma Moodle, con un 45%.

¹⁰ Dropbox es un servicio de alojamiento de archivos multiplataforma en la nube.

3.5 Discusión

Tal y como se ha expuesto al inicio de esta sección, las tecnologías basadas en la Web se han integrado en los sistemas educativos de todo el mundo. Sistemas como Blackboard o Moodle, son los sistemas basados en la Web que más rápidamente están siendo adoptadas por un gran número de colegios y universidades. Estos sistemas proporcionan una gran variedad de herramientas para ayudar a los estudiantes y profesores en los procesos de enseñanza-aprendizaje, con el fin de conseguir que sean más eficaces y flexibles. Sin embargo, estudios recientes (Kember et al. 2010) han investigado la eficacia de un sistema de gestión de aprendizaje en términos de mejorar los resultados del aprendizaje. Dicho estudio se realizó en 21 cursos y 595 alumnos/as que los realizaron. Los resultados mostraron que la utilización de Internet para presentar la información en un entorno mixto de aprendizaje no parece ayudar al alumnado a obtener resultados eficaces (A.K. Alhazmi and Rahman 2012).

De acuerdo con el estudio (Abdulsalam K. Alhazmi and AbdulRahman 2012), los aspectos en los que más problemas y fallos tienen los LMS se pueden resumir de la siguiente forma:

- Gestión del contenido: El sistema está siendo usado, solamente, como contenedor de elementos digitales y transmisor de archivos entre profesorado y alumnado.
- Utilización de características: Las características que suponen interacción no se usan.
- Métodos de enseñanza y aprendizaje: Existe una única dirección en la entrega de la información y el conocimiento, aprendizaje pasivo, etc.
- Compromiso del alumnado: Bajo nivel de participación del alumnado en las actividades de los cursos.
- Evaluación de la gestión. Inflexible y difícil de utilizar.

Estos aspectos están relacionados con las partes principales de gestión de cursos que incluyen la gestión del contenido del curso, las actividades y la evaluación respectivamente. Algunos de estos aspectos están asociados a causas de tipo tecnológico, más concretamente, asociados al diseño de las tecnologías usadas. La mayoría de las características de los LMS no se utilizan debido al problema de base de diseño, al análisis de las necesidades de los usuarios y el cambio dinámico en el entorno de aprendizaje. El estudio realizado por Alhazmi (A.K. Alhazmi and Rahman 2012) entra en mayor profundidad, pues no sólo aborda las causas tecnológicas de los problemas aquí expuestos, sino también las causas teóricas y pedagógicas.

La investigación propuesta en el presente documento pretende ayudar a combatir algunos de los problemas descritos cuando se utilizan las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Capítulo 4. Moodle

4.1 Introducción

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) surge en la comunidad de educación superior de Australia en 1999 a partir del trabajo de doctorado de Martin Dougiamas (“Martin Dougiamas” 2013), que en aquel entonces era administrador de la plataforma WebCT.

Moodle representa una de las plataformas de e-learning de código abierto más utilizadas que permite la creación de cursos en Web, asegurando su acceso sólo a los estudiantes matriculados (Cole 2008). Esta plataforma permite el intercambio de información entre usuarios dispersos geográficamente a través de mecanismos síncronos (como chats) y asíncronos (como foros de discusión). Desde una perspectiva funcional, sus características son fácilmente configurables, lo que permite la creación de procesos de evaluación de los estudiantes (como pruebas, exámenes y encuestas en línea), así como la gestión de sus tareas con horarios (Rekimoto 1998), además de ofrecer una amplia variedad de herramientas complementarias para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La parte principal de Moodle son los cursos, que pueden contener actividades y recursos. Hay alrededor de 20 tipos diferentes de actividades disponibles (foros, glosarios, wikis, tareas, cuestionarios, elecciones, paquetes SCORM, bases de datos, etc.) y cada una de ellas puede ser personalizada. El poder principal de este modelo basado en actividades viene en la combinación de las actividades en secuencias y grupos, que pueden ayudar a guiar a los participantes a través de rutas de aprendizaje. La existencia de una serie de herramientas complementarias, tales como blogs, mensajería, listas de participantes, informes e integración con otros sistemas, hacen más fácil la construcción de comunidades de estudiantes.

La filosofía planteada por Moodle incluye una aproximación basada en el constructivismo social de la educación, enfatizando que el alumnado, y no sólo el profesorado, pueden contribuir a la experiencia educativa de muchas formas. Las características de Moodle reflejan este hecho en varios aspectos, tales como el de hacer posible que los estudiantes puedan realizar comentarios en entradas de bases de datos (inclusive contribuir con entradas ellos mismos) o trabajar colaborativamente en un wiki (“Moodle - Philosophy” 2013).

Tal y como ya se ha mencionado en el apartado de Motivación, Moodle está presente en el 45% de las universidades encuestadas, frente a otras plataformas o desarrollos (Álvarez García et al. 2010). Por otro lado, en la siguiente tabla se pueden ver las estadísticas de uso que ofrece Moodle en su sitio Web¹¹.

¹¹ <https://moodle.org/stats>

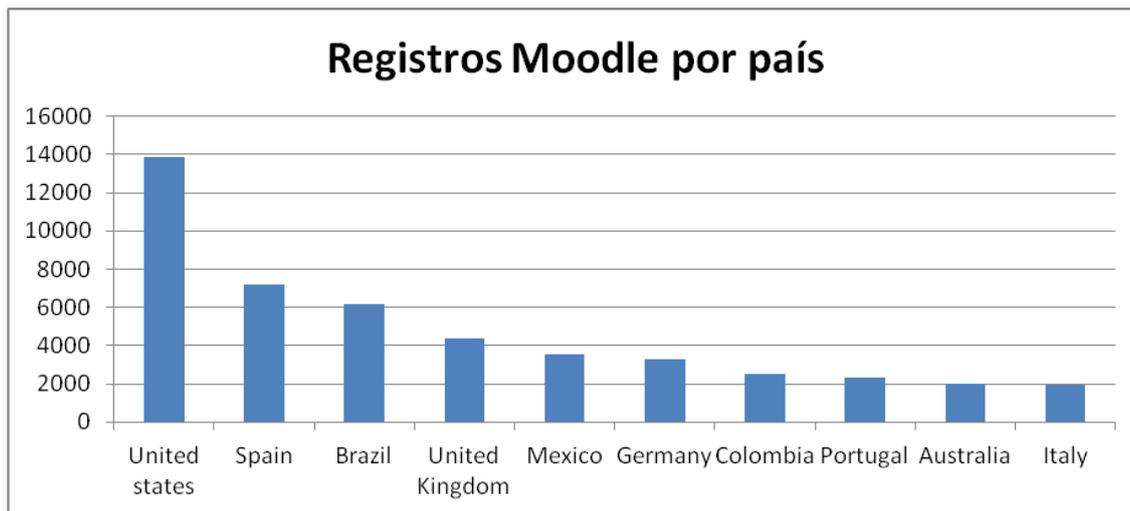


Ilustración 10 Registros de Moodle por país

Aparte de lo que ya se ha expuesto en el apartado de Motivación y de lo que se ha descrito en el presente apartado, a partir de la versión 2.0 Moodle da un paso adelante en la carrera por su mejora continua con el desarrollo de una capa de conectividad con sistemas externos: los servicios Web¹². Además, trae otras funciones, sirviendo como ejemplo la integración de aplicaciones externas dentro de Moodle a través del protocolo IMS LTI¹³.

Estas nuevas capacidades abren el camino para el desarrollo de nuevas actividades para Moodle, tales como herramientas para el diseño de actividades de realidad aumentada.

En los siguientes apartados se entrará en mayor detalle sobre cada una de las actividades que la plataforma Moodle trae instaladas de serie y se desarrollará una discusión acerca de si alguna de ellas sirve para integrar una herramienta de autor de realidad aumentada. También se expondrán estudios encontrados en la literatura científica sobre el uso de esta plataforma en el ámbito de la educación superior.

¹² Definición Servicio Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_web

¹³ Protocolo IMS-LTI: <http://www.imsglobal.org/toolsinteroperability2.cfm>

4.2 Arquitectura de la Información

Cuando se trabaja con la plataforma Moodle, uno de los principales elementos que se pueden percibir son los tipos de contenidos que se pueden añadir a los cursos, siendo dos: Actividades y Recursos. Todos ellos irán situados en la página principal del curso que se divide en Temas. Además contamos con distintos Bloques que permiten organizar, administrar y gestionar distintas opciones en el curso (González de Felipe; González de Felipe; Universidad de Oviedo 2011).

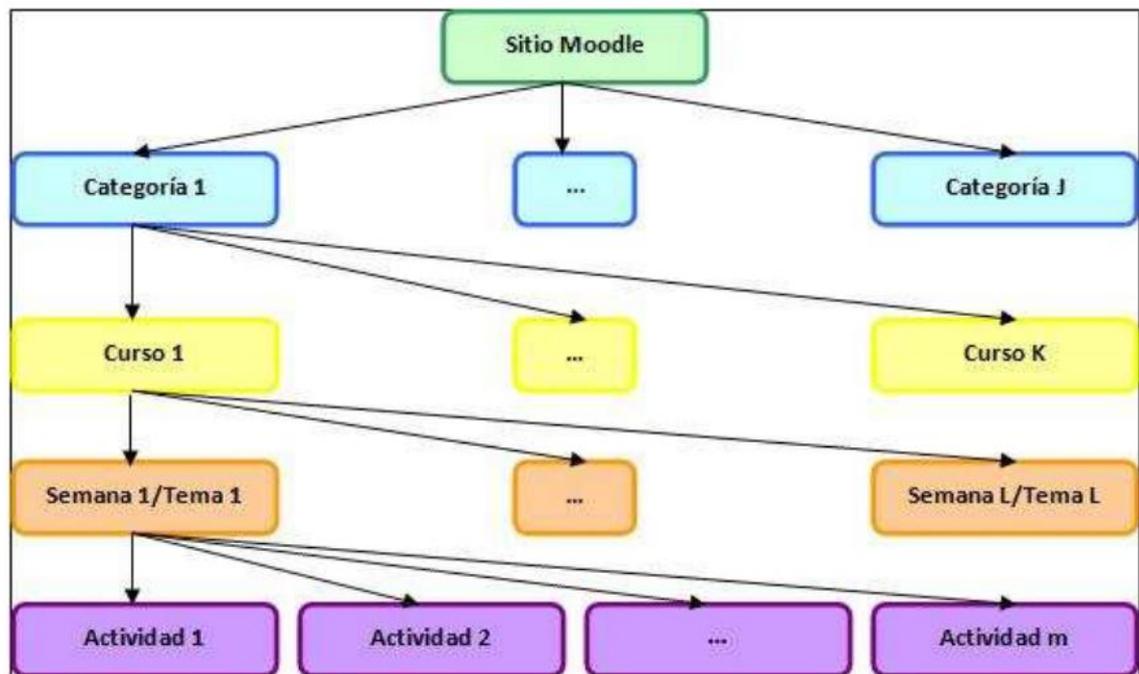


Ilustración 11 Organización de la Información en Moodle

Las categorías son los contenedores de información de más alto nivel, las cuales están formadas por cursos y sirven para organizarlos de manera que sean más fácilmente localizables por el alumnado en la pantalla inicial de la aplicación.

Los cursos son la parte más importante de la estructura de información en Moodle. Son creados por los administradores del sitio y dirigidos por los usuarios que se establezcan como profesores del curso. Para que un alumno dado de alta en el sistema pueda acceder a un curso, deberá estar matriculado en él. Una vez que un curso es creado, la matriculación la puede llevar a cabo cada usuario de forma independiente o bien el propio administrador, de forma masiva, sobre un grupo de usuarios del sistema, definiendo qué usuarios serán profesores y cuáles alumnos.

Los cursos, a su vez, están organizados en temas. Todos ellos están numerados, a excepción del primero de ellos cuya finalidad es mostrar información general en relación a nuestro curso. Es en estos temas donde se colocan los contenidos de los cursos, entendiendo por contenidos no sólo el material didáctico o apuntes, sino también las actividades, cuestionarios, foros, etc.

En Moodle, los contenidos o material didáctico de los cursos son elaborarlos con distintas herramientas que se engloban bajo el nombre de Recursos. El tipo de recurso elegido determina cómo se verá y lo que los estudiantes podrán hacer con él. Obviamente, no es lo mismo enlazar un texto que se puede visualizar y leer en el propio navegador, que enlazar un programa ejecutable.

Por otro lado, las Actividades engloban distintas herramientas que permiten la comunicación, el envío de trabajo y la colaboración, como pueden ser el foro, chat, cuestionarios, glosario, tareas, etc. Ambos, Recursos y Actividades, se colocan en la página principal del curso que está organizada en temas.

Finalmente, los Bloques se encuentran en las columnas derecha e izquierda de los cursos, a ambos lados del contenido. Permiten añadir distintas funcionalidades a los cursos para la administración, información, control, organización temporal del curso, etc.

El análisis de la arquitectura de información en la plataforma Moodle es necesario para poder determinar en qué parte de esa arquitectura hay que intervenir para poder integrar una herramienta de autor de realidad aumentada.

En la arquitectura de información de Moodle podemos descartar, directamente, la intervención a nivel de curso o tema, ya que no son entidades destinadas a interactuar directamente con el alumnado. Por otro lado, una actividad de realidad aumentada no puede considerarse un recurso, ya que un recurso sólo ofrece contenido, no interacción sobre el mismo. Finalmente, la entidad Actividad, por sus características ya descritas, puede ofrecer la posibilidad de integrar una herramienta de autor de realidad aumentada. Por este motivo, en el siguiente subapartado, se entrará en detalle sobre las diferentes actividades que ofrece la plataforma Moodle en la instalación básica, con el fin de analizar si alguna de ellas permite la integración de una herramienta de autor.

4.3 Actividades o módulos existentes

A continuación, se explican cada una de las actividades o módulos que la plataforma Moodle trae pre-instaladas en el paquete básico (Moodle 2013).

4.3.1 Base de datos

Esta actividad permite que los usuarios incorporen datos en un formulario diseñado por el profesor del curso. Permite a los profesores y/o estudiantes construir, mostrar y buscar un repositorio de entradas con registros sobre cualquier tema concebible.

4.3.2 Chat

El módulo de Chat permite que los participantes mantengan una conversación en tiempo real (síncrono) a través de Internet.

4.3.3 Consulta

La consulta es una actividad muy sencilla, consistente en que el profesor hace una pregunta y especifica una serie de respuestas entre las cuales deben elegir los alumnos y alumnas. Puede ser muy útil para realizar encuestas rápidas para estimular la reflexión sobre un asunto.

4.3.4 Cuestionario

Este módulo permite al profesor y profesora diseñar y aplicar cuestionarios. Las preguntas pueden crearse en HTML y con imágenes. Existe una amplia variedad de Tipos de preguntas (opción múltiple, verdadero/falso, respuestas cortas,...). Las preguntas se organizan por categorías en un Banco de Preguntas y pueden utilizarse en el mismo curso o en otros cursos.

Los cuestionarios pueden permitir múltiples intentos. Cada intento es registrado y calificado. El profesor o profesora puede decidir si muestra algún mensaje o las respuestas correctas al finalizar el examen. Este módulo tiene capacidad de calificación.

4.3.5 Encuestas predefinidas

El módulo de Encuestas proporciona un conjunto de instrumentos verificados que se han mostrado útiles para evaluar y estimular el aprendizaje en contextos de aprendizaje en línea. Los profesores pueden usarlas para recopilar datos de sus alumnos que les ayuden a aprender tanto sobre su clase como sobre su propia enseñanza.

4.3.6 External Tool

La External Tool permite a los usuarios de Moodle interactuar con actividades y recursos de aprendizaje compatibles con IMS LTI en otros sitios web. Por ejemplo, una herramienta externa podría proporcionar acceso a un nuevo tipo de actividad o material de aprendizaje de algún editor.

A priori puede parecer que este tipo de actividad es la candidata ideal para poder realizar la integración de una herramienta de autor de realidad aumentada.

4.3.7 Foro

Es a través de los foros donde se dan la mayor parte de los debates y discusión de los temas del curso. Se dice que esta actividad es asincrónica ya que los participantes no tienen que acceder al sistema al mismo tiempo.

Los foros pueden estructurarse de diferentes maneras, y cada mensaje puede ser evaluado por los compañeros/as. Los mensajes también se pueden ver de varias maneras, incluir mensajes adjuntos e imágenes incrustadas. Al suscribirse a un foro los participantes recibirán copias de cada mensaje en su buzón personal de correo electrónico. El profesor puede forzar la suscripción a todos los integrantes del curso si así lo desea.

4.3.8 Glosario

Esta actividad permite a los participantes crear y mantener una lista de definiciones, como un diccionario. El glosario también permite a los profesores exportar las entradas de un glosario a otro (el principal) dentro del mismo curso. Además, es posible crear automáticamente enlaces a estas entradas en todo el curso.

4.3.9 Lección

Consiste en una serie de páginas, cada una de las cuales suele terminar con una pregunta y un número de respuestas posibles. Dependiendo de cuál sea la elección del estudiante, progresará a la próxima página o volverá a una página anterior. La navegación a través de la lección puede ser simple o compleja, dependiendo en gran medida de la estructura del material que se está presentando.

Se utiliza una lección cuando es necesario ofrecer a los estudiantes cierta información sobre el tema que se enseña. El contenido será fraccionado en pequeñas partes y se mostrará al estudiante parte a parte.

4.3.10 Paquete SCORM

Un paquete SCORM (Sharable Content Object Reference Model) es un bloque de material web empaquetado de una manera que sigue el estándar SCORM de objetos de aprendizaje.

Estos paquetes pueden incluir páginas web, gráficos, programas Javascript, presentaciones Flash y cualquier otro elemento que funcione en un navegador web.

4.3.11 Taller

El Taller es una actividad para el trabajo en grupo con un vasto número de opciones. Permite a los participantes diversas formas de evaluar los proyectos de los demás, así como proyectos-prototipo. También coordina la recopilación y distribución de esas evaluaciones de varias formas.

4.3.12 Tarea

Es una actividad para que el alumnado suba archivos al sistema para que el profesorado pueda comentarlo y evaluarlo.

4.3.13 Wiki

Sistema de Wikis para la interacción y colaboración entre el alumnado.

4.3.14 Blog

Blogs permite tener un diario personal público, en formato Web, a los estudiantes, profesores y administradores. Este diario en línea tiene varios ajustes para controlar quién puede leerlo.

4.4 Discusión

En cuanto a las plataformas de enseñanza y aprendizaje basadas en Web de código abierto, hay algunos estudios que identifican a Moodle como la plataforma más utilizada en la educación superior, así como la más fácil de usar (Paulsen 2003; Alexander 2006).

En el año 2009, el estudio realizado por Jing Liu (J. Liu, Men, and Han 2009) describe una serie de ventajas e inconvenientes que se han deducido, referidas a la utilización de la plataforma Moodle.

Ventajas

- El seguimiento de los estudiantes está más perfeccionado, por lo que el profesorado puede hacer los ajustes oportunos.
- Las funciones del chat son buenas, los usuarios pueden comunicarse fácilmente a través de él.
- La herramienta de RSS es muy buena, permite un fácil acceso a los recursos desde fuera de la plataforma.
- Soporte para varios idiomas.
- Se ha promovido eficazmente por el mundo, pues hay muchos países que lo utilizan en las instituciones educativas.

Inconvenientes

- Para consultar diferentes cursos se necesita diferentes identificadores de cuenta para una misma persona, lo cual no favorece la usabilidad.
- Los recursos curriculares no son ricos.
- La función del profesor no se muestra muy bien.
- La carga de formularios de usuario en lote es una tarea ardua.

Existe otra investigación (Costa, Alvelos, and Teixeira 2012) en la que se describe un estudio realizado en la Universidad de Aveiro (UA), Portugal, que analiza las funcionalidades y herramientas de la plataforma Moodle y su utilización por parte de los estudiantes. Los datos fueron obtenidos a partir del análisis de contenidos, una entrevista no estructurada con el responsable del Moodle en UA y de un cuestionario aplicado a 278 estudiantes. Los resultados muestran que, a pesar de que Moodle tiene un gran potencial, se utiliza principalmente como un repositorio de materiales. Sin embargo, los estudiantes reconocen la importancia de la utilización de otras funcionalidades de esta plataforma, a fin de promover el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Profundizando más en la búsqueda de la mejor forma para conseguir una integración satisfactoria de una herramienta de autor en Moodle, se han analizado cada una de las actividades que ofrece esta plataforma, en la instalación básica, y que se han descrito en el

apartado anterior. Prácticamente todas las actividades están diseñadas para unas tareas muy concretas y no ofrecen posibilidades de ser extendidas para su uso en algo que no sea su cometido original. Se ha llegado a la conclusión de que, de entre el conjunto de actividades pre-instaladas, la única que puede permitir el objetivo buscado en esta investigación es el tipo de actividad llamada External Tool.

Después de diversas pruebas, la utilización del módulo "External Tool" fue descartada. Las principales razones fueron la usabilidad, grado de integración y mantenimiento. La usabilidad era un problema, debido a que la herramienta ARIANE posee un interfaz de navegación propio, muy distinto del interfaz de navegación de Moodle. En este aspecto, y teniendo en cuenta las pautas establecidas por Nielsen para definir la usabilidad, el usuario podría sentirse confundido en el momento de gestionar la herramienta integrada. Por otro lado, la integración a nivel de funcionalidad está limitada al protocolo IMS-LTI que ofrece Moodle para transmitir información entre una herramienta externa y el propio Moodle, y viceversa. Finalmente, las tareas para el mantenimiento de la integración realizada se multiplicaban, ya que dichas tareas deberían ser realizadas tanto en Moodle como en ARIANE.

Capítulo 5. Mobile Learning

5.1 Introducción

Los teléfonos móviles y/o los teléfonos inteligentes (smartphones) se están convirtiendo rápidamente en un dispositivo de comunicación básico en la vida de las personas. Con la disminución de los precios, la demanda ha aumentado. La Unión Internacional de Comunicaciones indicó que, en el año 2010, el 86% de la población mundial usaba teléfonos móviles (Ozdamli and Cavus 2011).

Canales de distribución de aplicaciones, tales como el Apple AppStore o el Google Play están transformando los teléfonos móviles en “teléfonos de aplicaciones”, capaces de descargar una gran variedad de aplicaciones en un instante. Es importante destacar el hecho de que los teléfonos inteligentes de hoy en día son programables y vienen con un conjunto de poderosos sensores ya integrados, tales como acelerómetro, brújula digital, giroscopio, GPS, micrófono y cámara.

No se han encontrado muchas definiciones concretas sobre los smartphones en la literatura científica. Joshep R. Corbell, en su artículo titulado “Are you Ready for Mobile Learning” (Valdes-Corbeil and Rene Corbeil 2007), define un smartphone como un dispositivo móvil que combina la capacidad de teléfono con PDA, cámara, vídeo, almacenamiento masivo, reproductor de MP3, acceso a Internet y funciones de red en un sistema compacto. Existen otras definiciones, tales como la que podemos encontrar en la Wikipedia, que habla de un smartphone como un teléfono móvil con un sistema operativo para móviles, con capacidad de computación y conectividad más avanzadas que un teléfono móvil convencional.

Según el pronóstico de la International Data Corporation (IDC), el mercado de las aplicaciones móviles continuará acelerándose a medida que se espera que el número de aplicaciones descargadas aumente, a nivel mundial, desde los 10,9 millones en 2010 hasta los 76,9 millones en 2014 (“IDC Forecasts Worldwide Mobile Applications Revenues to Experience More Than 60% Compound Annual Growth Through 2014”).

Los dispositivos móviles son la base del Mobile Learning, ya que permiten acceder a los contenidos disponibles en Internet en cualquier momento y en cualquier lugar. Además, los teléfonos inteligentes permiten a los usuarios acceder a la información a nivel mundial, permitiendo así apoyar el aprendizaje interactivo. Desde un punto de vista didáctico, los estudiantes pueden utilizar estos dispositivos para descargar las conferencias y podcasts de audio y vídeo en sus teléfonos inteligentes, ya que permiten reproducir audio, vídeo y películas Flash. Además, permiten visualizar y editar documentos de texto, correo electrónico, acceso a contenido Web, enviar mensajes instantáneos y mensajes de texto, y el uso del teléfono para el almacenamiento masivo (Valdes-Corbeil and Rene Corbeil 2007).

Fezile Ozdamli, en su artículo titulado “Basic elements and characteristics of mobile learning” (Ozdamli and Cavus 2011), define el Mobile Learning (m-learning) como una especie de modelo de aprendizaje que permite a los estudiantes obtener materiales de aprendizaje, en

cualquier lugar y en cualquier momento, gracias al uso de las tecnologías móviles e Internet. Existen otras definiciones para Mobile Learning, tales como la de Clark Quinn (Quinn 2004), profesor, autor y experto en educación por ordenador, que define el aprendizaje móvil como la intersección de la computación móvil (la aplicación de dispositivos de cómputo y comunicación pequeños, portátiles e inalámbricos) y el e-learning (aprendizaje facilitado y apoyado a través del uso de tecnologías de información y comunicaciones). Este autor predijo que el Mobile Learning podría llegar a proporcionar aprendizaje que fuera realmente independiente del tiempo y lugar y facilitado por equipos portátiles capaces de proporcionar interactividad, conectividad total y procesamiento de gran alcance.

Ambas definiciones coinciden en que la característica clave del Mobile Learning es el acceso ubicuo a la información disponible a través de un canal de comunicación, como puede ser Internet. Esta capacidad es posible gracias a los avances en las tecnologías de la información, que han conseguido dispositivos móviles capaces de acceder a información en cualquier momento y lugar.

Cuando se habla de Mobile Learning es importante hablar de los elementos que lo componen. Analizando la literatura científica, podemos encontrar varios elementos distintos (Ozdamli and Cavus 2011; Jin 2009), pero todas las publicaciones coinciden en algunos de ellos. En esta investigación mencionaremos los tres elementos más importantes del Mobile Learning, por ser los tres comúnmente encontrados en la literatura científica para este estudio.

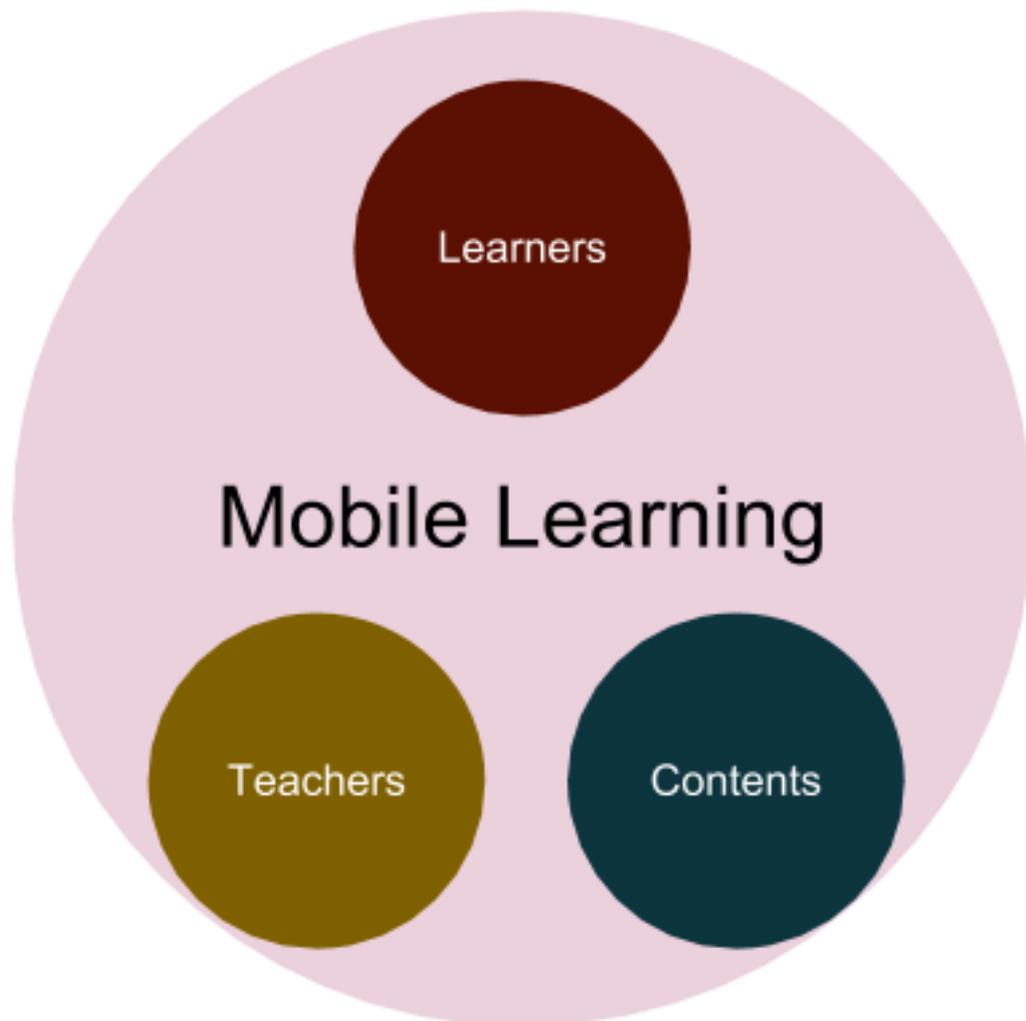


Ilustración 12 Elementos del Mobile Learning

a) Learners. Se refiere a los estudiantes que participan en las actividades de enseñanza-aprendizaje de acuerdo a los nuevos enfoques de la educación. Todos los demás elementos están a disposición de éstos. El aprendizaje móvil se basa en los intereses, experiencias y necesidades del alumno/a. Makoe (Makoe 2010) afirma que el concepto de aprendizaje móvil implica que el enfoque pedagógico sitúe al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje. El alumnado tiene un papel activo en la determinación de los objetivos hasta la etapa de evaluación.

b) Teachers. En el aprendizaje tradicional, el profesorado es el encargado de proporcionar información, como libros o documentación, al alumnado para los procesos de enseñanza-aprendizaje. Actualmente, con el uso de las nuevas tecnologías para almacenar y acceder a la información, esa misma información pueda estar a disposición del alumnado en cualquier momento y lugar.

c) Contents. Se refiere a los temas que debe aprender el alumnado. El contenido puede ser presentado con juegos interactivos o concursos y debe estar apoyado con gráficos, vídeos y otros elementos multimedia.

En otras investigaciones que forman parte de la bibliografía de este documento, en las que se trata el tema de Mobile Learning con más profundidad, se definen otros elementos que aquí no se han mencionado, tales como el entorno, la evaluación o los métodos de aprendizaje.

Por otro lado, el Mobile Learning posee una serie de características que forman parte de su definición. A partir de la literatura científica consultada para este estudio, se han sintetizado en las siguientes:

- **Movilidad/ubicuidad:** se refiere a la capacidad que tiene el alumnado para estudiar o acceder a los contenidos, en cualquier momento y lugar. De la misma manera, el profesorado puede ofrecer sus contenidos de enseñanza, así como revisar y renovar la base de datos de recursos de enseñanza de la misma forma.
- **Información en tiempo real:** utilizando un dispositivo móvil se puede acceder a la información con relativa inmediatez. Los contenidos de aprendizaje deben ofrecer este requisito para permitir al alumnado acceder rápidamente a la información.
- **Individualidad:** se refiere al hecho de que m-learning puede proporcionar los servicios de forma individual según las necesidades y características de aprendizaje del alumnado.
- **Virtualización:** las relaciones entre el profesorado y el alumnado son dinámicas y virtuales.

En los siguientes apartados se hablará sobre la historia del Mobile Learning, se realizará un análisis del contexto y se explicará la relación de los dispositivos móviles con la realidad aumentada.

5.2 Historia

La historia del Mobile Learning nace en las década de los 70 y 80, cuando Alan Kay y sus colegas en el Grupo de Investigación de Aprendizaje en el Xerox Palo Alto Research Center (PARC) proponen la Dynabook como un ordenador del tamaño de un libro para ejecutar simulaciones dinámicas para el aprendizaje (“M-learning” 2013). El Dynabook podrá llevar una enciclopedia de información dentro de sus circuitos y se conectará a las redes disponibles que contienen la suma del conocimiento humano. No hay razón por la que no pudiera ser un reloj de pulsera o tejido en una camiseta, en lugar de un libro. (Rose 1987).

En mayo de 1991, Apple Classrooms of Tomorrow (ACOT), en colaboración con Orange Grove Middle School de Tucson, Arizona, usaron equipos móviles conectados por redes inalámbricas para el proyecto “Coyote Wireless”. Universidades de Europa y Asia desarrollaron y evaluaron el aprendizaje móvil para los estudiantes. La empresa Palm ofreció subvenciones a las universidades y las empresas que crearon y probaron el uso de Mobile Learning en la plataforma PalmOS. Knowledgegility creó los primeros módulos de aprendizaje móvil para CCNA, A+ y la certificación MCSE usando las herramientas básicas que luego se convirtieron en LMA.

A principios del siglo XXI, la Comisión Europea empezó a financiar proyectos de m-Learning. Se formaron empresas especializadas en tres áreas básicas de aprendizaje móvil: Autoría y Publicación, Entrega y Seguimiento, y Desarrollo de Contenidos.

Conferencias y exposiciones comerciales fueron creadas específicamente para ocuparse del aprendizaje móvil, entre las que podemos destacar: mLearn, WMUTE, IADIS Mobile Learning international conference series, ICML en Jordania, Mobile Learning en Malaysia, Handheld Learning en Londres y SALT Mobile en EE.UU.

En la actualidad, la proliferación de nuevos modelos y tipos de dispositivos móviles más portables, con más capacidad y nuevos sensores, está creando nuevas posibilidades y retos para el Mobile Learning.

5.3 El contexto

En este apartado se describe el contexto del Mobile Learning y los agentes involucrados. Para ello, se toma como referencia el estudio realizado por Laura Crane (Crane and Benachour 2013), en el que describe una serie de aspectos o dimensiones del contexto y apoya su investigación con unos resultados obtenidos a partir de su estudio relacionado con la forma en la que el alumnado interacciona con el contexto del Mobile Learning.

El contexto debe estar diseñado correctamente para conseguir experiencias de aprendizaje positivas. Los estudiantes deben tener acceso a todo el contenido de las unidades de aprendizaje, incluyendo las calificaciones y los recursos pertinentes, de forma ubicua. Herramientas como Wikis, redes sociales o blogs pueden ser utilizadas para aumentar la interacción social entre alumnado-alumnado y/o alumnado-profesorado y así conseguir adaptar el contexto a sus necesidades. Además, el contexto también debe estar diseñado para su disponibilidad a través de teléfonos móviles, ordenadores portátiles y otros instrumentos móviles consiguiendo así la capacidad de la ubicuidad. A fin de proporcionar un entorno de información ubicua, la comprensión del contexto del usuario debe ser de suma importancia para la recuperación y entrega de información adecuada.

El contexto del aprendizaje ha sido definido en el trabajo de Basaeed (Basaeed et al. 2007) como "las circunstancias o condiciones que rodean el aprendizaje". La clasificación de contexto ha generado mucha discusión e investigación. Revisando la literatura científica (Yau and Joy 2010; Moore et al. 2009), la mayoría coinciden en que la ubicación del alumnado es una pieza clave para el contexto en el Mobile Learning. Por esto, es necesario que los dispositivos portátiles del alumnado estén equipados con sensores, como receptores GPS, WiFi y analizadores de registro web. Estos sensores pueden detectar información tal como la ubicación, conectividad de red y la actividad del alumno/a.

Laura Crane realiza su estudio del contexto basándose en tres de las cinco dimensiones definidas por Zimmerman (Zimmermann, Lorenz, and Oppermann 2007): el tiempo, la ubicación y la actividad. A continuación, se define cada una de ellas.

- **Tiempo.** Este aspecto del contexto se refiere a información del tiempo como la zona horaria del cliente, la hora actual o cualquier momento virtual.
- **Ubicación.** La ubicación puede ser descrita como ubicación absoluta, es decir, la ubicación exacta de algo, o como una ubicación relativa, es decir, la ubicación de algo relativo a otro aspecto.
- **Actividad.** Esta dimensión del contexto abarca las actividades en las que la entidad está actualmente involucrada o estará en un futuro. Se describe por medio de metas explícitas, tareas y acciones.

Cada uno de estos aspectos del contexto está relacionado con diferentes sensores existentes en los dispositivos móviles. Por ejemplo, el tiempo se relaciona con el reloj del dispositivo, la ubicación con el sensor GPS y la actividad con el sensor de luz ambiental o el acelerómetro.

Capítulo 6. Realidad aumentada

6.1 Introducción

Una de las primeras y más importantes definiciones del término “realidad aumentada” (RA) la encontramos en “Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum” (Milgram and Kishino 1994). Aquí se define la realidad aumentada a través de dos enfoques: un enfoque amplio y un enfoque restringido. En el sentido más amplio, la realidad aumentada se refiere a "aumentar el feedback natural para el operador con señales simuladas". Por otro lado, el enfoque restringido hace hincapié en el aspecto de la tecnología y define la realidad aumentada como “una forma de realidad virtual en la que la pantalla montada en la cabeza (Head-Mounted Display o HMD) del participante es transparente, lo que permite una visión clara del mundo real”.

Otra definición importante la realiza Azuma en el artículo titulado “A survey of augmented reality” (Azuma 1997). En este artículo, Azuma define la realidad aumentada como una variación de los entornos virtuales (EV) o, más comúnmente llamada, la realidad virtual. A diferencia de los entornos virtuales, que sumergen completamente al usuario en el interior de un entorno sintético, la realidad aumentada permite al usuario visualizar el mundo real con objetos virtuales superpuestos sobre la realidad o componiéndola, nunca sustituyéndola. Según Milgram y Kishino (Milgram et al. 1995) la realidad aumentada puede ser considerada como el "término medio" entre los entornos virtuales (completamente sintético) y la telepresencia (totalmente real).

Las definiciones de RA de Milgram, Takemura, Utsumi, and Kishino y de Azuma coinciden en que la realidad aumentada es una forma de mezclar el mundo real con elementos virtuales.

La definición de RA, en un sentido amplio, es interesante para educadores y diseñadores, ya que sugiere que puede ser implementada en distintas tecnologías como, por ejemplo, dispositivos móviles u ordenadores de sobremesa (Broll et al. 2008; J. Liu, Men, and Han 2009).

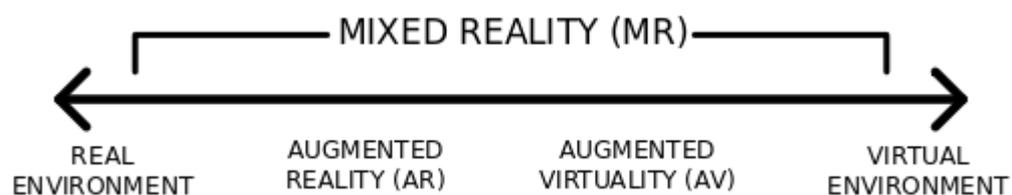


Ilustración 13 Reality-Virtuality continuum in according to Milgram, Takemura, Utsumi and Kishino (1994)

En el estudio realizado por Parhizkar (Parhizcar et al. 2011), se clasifican las aplicaciones de realidad aumentada en tres grupos: de escritorio, para móviles y en Web. En el presente estudio nos interesa la destinada a dispositivos móviles.

6.2 Historia

El concepto de mejorar la percepción de la realidad por parte de las personas se remonta al siglo XIII, cuando Roger Bacon hizo el primer comentario escrito acerca del uso de gafas con propósitos ópticos. A lo largo de los sucesivos siglos, diferentes investigadores han hecho referencia, de una u otra manera, a la idea de la realidad aumentada. No obstante, este estudio se centrará en la historia de la realidad aumentada desde del siglo XX (Doppler 2009).

En 1966, Ivan Sutherland (Sutherland 1968) crea el primer sistema de realidad aumentada que, además, es el primer sistema de realidad virtual y consiste en el uso de un casco que incluye una pantalla a través de la cual se puede ver. Esta pantalla es seguida por uno de dos rastreadores diferentes 6DOF: un rastreador mecánico y un rastreador de ultrasonidos. Debido a la limitada potencia de procesamiento de los ordenadores en esa época, sólo se podían mostrar en tiempo real imágenes muy simples.



Ilustración 14 Ivan Sutherland con el primer sistema de realidad aumentada

En 1992, Tom Caudell y David Mizell (Caudell and Mizell 1992) acuñan el término "realidad aumentada" para referirse a la superposición de materiales generados por ordenador sobre el mundo real. Caudell y Mizell discuten las ventajas de la "realidad aumentada" frente a la "realidad virtual" como, por ejemplo, la ventaja de requerir menos potencia de procesamiento, ya que la cantidad de píxeles a mostrar es menor.

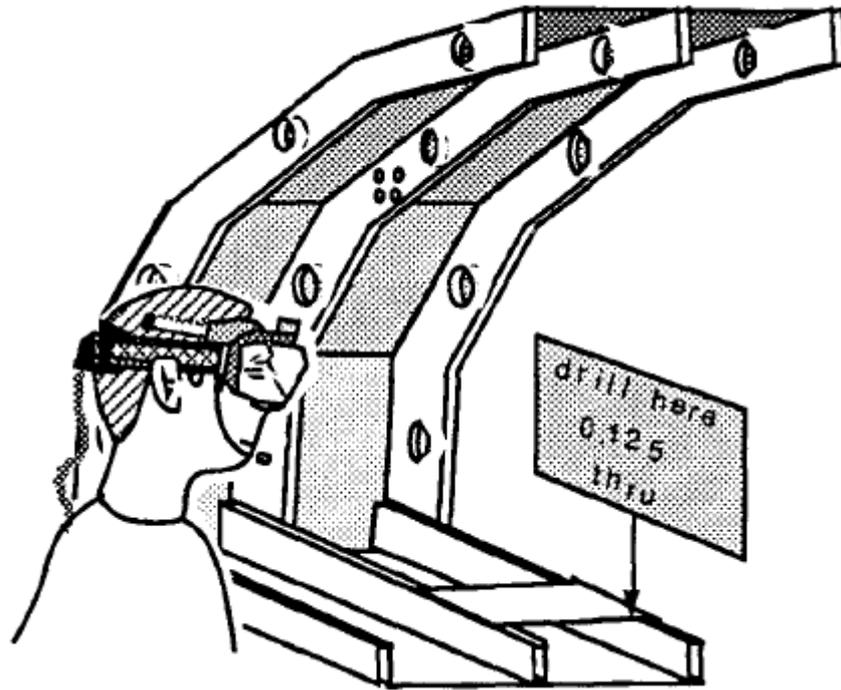


Ilustración 15 Esquema de Caudell y Mizell

Un año más tarde, en 1993, Loomis y compañía (Loomis, Golledge, and Klatzky 1993) desarrollan un prototipo que consiste en un sistema de navegación al aire libre para deficientes visuales. Combinan un ordenador portátil con un receptor GPS diferencial y una brújula electrónica. La aplicación utiliza los datos de una base de datos GIS (Geographic Information System) y proporciona ayuda a la navegación mediante una "pantalla virtual acústica". Las etiquetas son "habladas" utilizando un sintetizador de voz y se reproducen en los lugares correctos, en el espacio auditivo del usuario.

Cabe destacar dos acontecimientos más en el mismo año. Por un lado, Fitzmaurice (Fitzmaurice 1993) crea "Chameleon", un ejemplo clave de visualización de la información espacial en un dispositivo móvil. El dispositivo de salida se compone de una pantalla de 4" y está conectado a una cámara de vídeo a través de un cable. La movilidad de Chameleon estaba fuertemente limitada debido al cableado. Por otro lado, en diciembre de 1993, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS o "NAVSTAR-GPS") logra una capacidad operativa inicial. Aunque el GPS fue lanzado originalmente como un servicio militar, hoy en día millones de personas lo utilizan para la navegación y otras tareas como el geo-posicionamiento en dispositivos móviles o para la realidad aumentada. La precisión de los receptores GPS civiles está típicamente en el rango de 15 metros. Se puede obtener más precisión mediante el uso de GPS diferencial (DGPS), que utiliza señales de corrección de las estaciones instaladas en tierra.

Un año más tarde, en 1994, Paul Milgram y Fumio Kishino escriben el artículo titulado "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays" (Milgram and Kishino 1994) en el que definen el "Reality-Virtuality Continuum". Milgram y Kishino describen un continuo que se extiende desde el entorno real hasta el entorno virtual. En el medio, está la realidad aumentada (ver Ilustración 13). A día de hoy, el Continuum de Milgram y la definición de Azuma (Azuma 1997) son comúnmente aceptados como definición de realidad aumentada.

En 1996, Jun Rekimoto (Rekimoto 1998) presenta los “marcadores de matriz 2D” (códigos de barras de forma cuadrada), uno de los primeros sistemas de marcadores que permite el seguimiento de la cámara con seis grados de libertad.

En 1997, Ronald T. Azuma (Azuma 1997) presenta el primer estudio sobre la realidad aumentada. En su publicación, Azuma proporciona una definición de realidad aumentada ampliamente reconocida, identificada por tres características: combina mundo real y mundo virtual, es interactivo en tiempo real y ha sido registrado en 3D.

En este mismo año, Steve Feiner (Feiner et al. 1997) presenta la máquina de Turing, el primer sistema de realidad aumentada móvil (MARS). Utiliza una pantalla para la cabeza de tipo diadema, con un rastreador de orientación integrado, una mochila con un ordenador, GPS diferencial y radio digital para el acceso inalámbrico a la Web, además de un ordenador portátil con interfaz de pantalla táctil.

En 1999, Irokazu Kato y Mark Billinghurst (Kato and Billinghurst 1999) presentan ARToolKit, una biblioteca de seguimiento con seis grados de libertad usando fiduciales cuadrados y un enfoque basado en plantillas para su reconocimiento. ARToolKit está disponible como código abierto bajo la licencia GPL, y sigue siendo muy popular en la comunidad de RA.

En el año 2006, Reitmayr (Reitmayr and Drummond 2006) presenta un sistema de seguimiento híbrido basado en el modelo de la realidad aumentada al aire libre en los entornos urbanos, permitiendo superposiciones precisas en tiempo real en un dispositivo móvil.

En los últimos años han surgido diferentes compañías que han lanzado aplicaciones y frameworks para el desarrollo de la realidad aumentada en los dispositivos móviles. En el año 2008, METAIO lanza una guía de museos de realidad aumentada para dispositivos móviles (Miyashita et al. 2008). También se lanzan aplicaciones como Wikitude¹⁴, Layar¹⁵ y ARhrrrr!¹⁶ en los años 2008 y 2009.

Recientemente, Google lanza una beta de sus gafas de realidad aumentada, el Project Glass¹⁷ (Starner 2013). La idea de este dispositivo está basada en los primeros sistemas montados sobre la cabeza, pero más refinado gracias a los nuevos avances tecnológicos.

¹⁴ Wikitude: <http://www.mobilizy.com/wikitude.php?lang=en>

¹⁵ Layar: <http://www.layar.com/>

¹⁶ ARhrrrr!: <http://ael.gatech.edu/lab/research/handheld-ar/arhrrrr/>

¹⁷ Project Glass: <http://www.google.com/glass/start/>

6.3 Características

En este apartado se describirán las principales características de la realidad aumentada. Debido a la variedad de aplicaciones que puede llegar a tener la realidad aumentada, se describirán características desde varios enfoques según algunos de los autores que se pueden encontrar en la literatura referenciada. Describiremos el enfoque tecnológico de Azuma, las características a nivel de uso de aplicaciones de realidad aumentada descritas por Parhizkar (Parhizkar et al. 2011) y las características que son relevantes para el campo de la enseñanza y el aprendizaje que describe Wu (Wu et al. 2013).

En 1997, Azuma describe los rasgos de la realidad aumentada enfocándose en aspectos propios de la tecnología y los dispositivos. Así, enumera los rasgos en: aumento, visores ópticos, enfoque y contraste, y la portabilidad.

Cuando habla de aumento, se refiere a las posibilidades que ofrecen los dispositivos usados para aumentar la información acerca de los objetos del mundo real que visualizamos. No sólo se refiere a información visual, como puede ser visualizar un objeto 3D sobre un objeto real, sino también información auditiva o relacionada con cualquiera del resto de sentidos del ser humano.

La mayoría de los sistemas de realidad aumentada de hoy en día utilizan algún tipo de visor para conseguir combinar la información virtual con el mundo real. Según Azuma, existen dos opciones: la tecnología óptica o la tecnología de vídeo. Para la tecnología óptica, el sistema más utilizado es lo que se conoce como un Head Mounted Display o HMD, que consiste en un dispositivo en forma de casco que posee un visor a la altura de los ojos sobre el que aparece la información virtual. En la siguiente figura se puede ver un esquema del dispositivo.

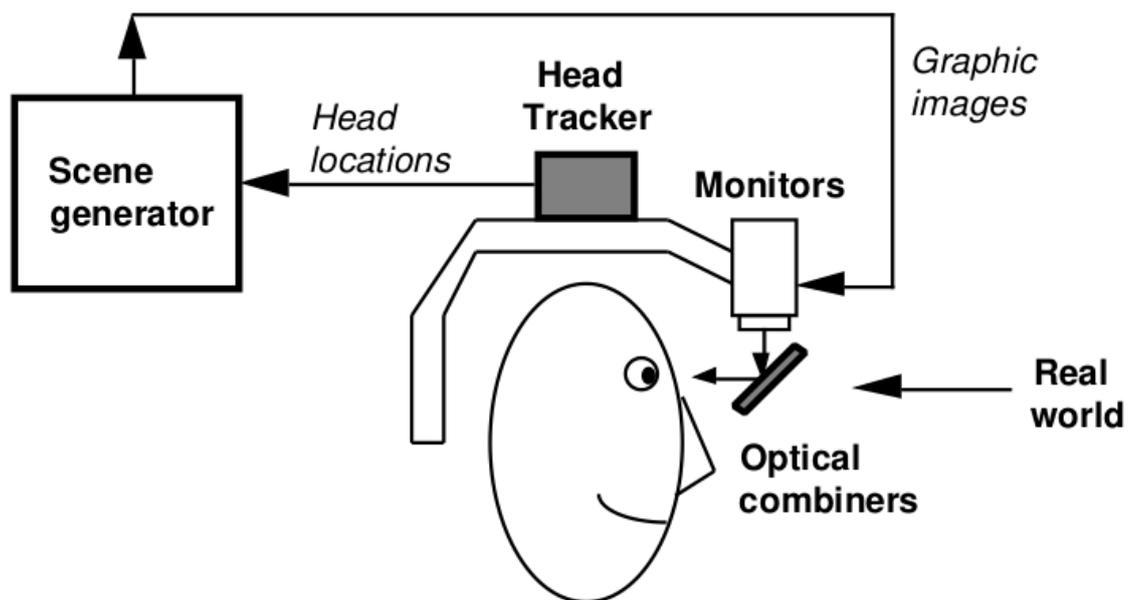


Ilustración 16 Diseño de Azuma para la realidad aumentada

En el estudio titulado “A Survey on Web-based AR Applications” (Parhizkar et al. 2011), las características que se describen están orientadas a las aplicaciones de realidad aumentada,

tanto para la educación como para otros propósitos. Según esta investigación, las aplicaciones de realidad aumentada se pueden comparar siguiendo las siguientes características:

- **Calidad.** La calidad de una aplicación mide qué tan bien está diseñada la aplicación y lo bien que el desarrollo se ajusta al diseño.
- **Simplicidad.** Se trata de una propiedad, condición o cualidad por la que las cosas pueden ser juzgadas a tener. Algo que es fácil de entender o explicar es simple, en contraste con algo complicado.
- **Usabilidad.** Human-Computer-Interaction (HCI) es el área donde surgió la usabilidad. Varios libros o artículos sobre HCI presentan una definición o caracterización de la usabilidad. Por ejemplo, Hix y Hartson (Hix and Hartson 1993) consideran que la facilidad de uso está relacionado con la eficacia y eficiencia de la interfaz y para la reacción del usuario hacia la interfaz.
- **Eficiencia.** Es la relación de la salida a la entrada de cualquier sistema. También se refiere a la habilidad para evitar el tiempo y esfuerzo desperdiciado.
- **Disponibilidad.** Es el grado en que un sistema, subsistema o equipo es operable.

Finalmente, Wu (Wu et al. 2013) describe una serie de características de la realidad aumentada orientadas al aprendizaje. De acuerdo con esta investigación, la RA podría permitir:

1. Contenidos de aprendizaje en perspectivas 3D.
2. Ubicuidad y aprendizaje colaborativo.
3. Que el alumnado tenga la sensación de presencia, la inmediatez y la inmersión.
4. Visualizar lo invisible.
5. Establecer un puente entre el aprendizaje formal e informal.

Después de analizar todas las características y rasgos de la realidad aumentada encontrados en la literatura científica, podemos deducir una serie de elementos comunes que aparecen en diferentes aspectos, tales como la ubicuidad y la información 3D, que forman parte de las diferentes definiciones de realidad aumentada.

6.4 Usos actuales

Debido al incremento del interés por la realidad aumentada, los usos potenciales de esta tecnología también se están incrementando. Usuarios de varios campos como la educación, negocios, medicina y otros pueden ser beneficiados por la realidad aumentada a través de diferentes entornos de utilización.

La realidad aumentada tiene cabida en el sector de los ordenadores de escritorio. La mayoría de los usos para este entorno tienen que ver con la utilización de una cámara conectada para la visualización de contenidos digitales 3D superpuestos con la realidad. En ocasiones, y dependiendo de la tecnología utilizada, estos sistemas pueden permitir un nivel de interacción con el usuario que los utiliza. Por ejemplo, una aplicación de realidad aumentada para el escritorio puede reconocer el instante horario en el que se encuentra el usuario para así conocer si es de noche o no y, por lo tanto, interactuar de diferente forma. También existen otros usos de la realidad aumentada en el escritorio que tienen que ver con otros sensores, tales como el micrófono para la interacción por voz.

Además, los ordenadores de escritorio han sufrido algunas transformaciones y adaptaciones para conseguir hacerlos más portátiles y, así, lograr entornos de realidad aumentada que puedan ser transportados como, por ejemplo, en mochilas y/o cascos montados sobre la cabeza.

Otra de las alternativas para el uso de la realidad aumentada, y que más en auge está en la actualidad, son los dispositivos móviles. Anders Henrysson (Henrysson, Billinghurst, and Ollila 2005) describe cómo los teléfonos móviles son una plataforma ideal para la realidad aumentada. Por medio del desarrollo de frameworks en distintos lenguajes de programación, se desarrollan aplicaciones de realidad aumentada para los diferentes campos de aplicación indicados al principio de este apartado. En este mismo estudio, se desarrolló un juego colaborativo de realidad aumentada para dispositivos móviles y concluyeron que la utilización de este tipo de dispositivos no conseguía la colaboración cara a cara entre los individuos que participaban en el juego, sino que sólo colaboraban utilizando el móvil.

Finalmente, otro de los usos de la realidad aumentada es a través de aplicaciones basadas en Web, entre las que se encuentran las herramientas de autor de realidad aumentada, siendo destacable el hecho de que la mayoría de estas aplicaciones están enfocadas al desarrollo de contenidos de realidad aumentada. A través de una serie de herramientas, se trabaja en un escenario sobre el que se colocan los elementos virtuales en 3D y se programan sus interacciones con el mundo real o con el usuario final. Existen otro tipo de herramientas de autor que están orientadas al diseño de tareas o actividades de realidad aumentada, siendo en este punto donde encaja parte de la investigación que se está describiendo a lo largo del presente documento, ya que se parte de una herramienta de autor de realidad aumentada externa que se utiliza en la actualidad para el diseño de actividades enfocadas al alumnado.

6.5 Ventajas e inconvenientes de la realidad aumentada

La realidad aumentada sigue siendo una tecnología de futuro que aún necesita ser más investigada y desarrollada para poder desgranar todos los retos y oportunidades que puede ofrecer. En la literatura científica consultada se han hallado un conjunto de ventajas e inconvenientes a nivel tecnológico relacionados con esta tecnología, siendo los que se describen a continuación.

La principal ventaja que puede ofrecer la realidad aumentada es la obtención de información extra sobre un determinado aspecto de una forma ubicua. Gracias a los avances de las tecnologías de la información, y haciendo uso de un dispositivo portátil, se puede obtener información que suplemente la realidad en cualquier lugar y momento.

La forma en la que la información es mostrada a través de la realidad aumentada es otra de sus ventajas. La utilización de elementos 3D para suplementar el mundo real contribuye al hecho de que la realidad aumentada sea una tecnología muy atractiva para el usuario final. Sólo la realidad virtual había ofrecido algo similar, pero todo ello en un entorno cerrado. Además, la posibilidad de interactuar en tiempo real con la información en 3D ofrece a los usuarios la oportunidad de romper la barrera espacio-tiempo impuesta por otras tecnologías actuales, tales como la propia realidad virtual.

No obstante, a pesar de que ha habido muchos avances en las tecnologías básicas, aún no están lo suficientemente maduras para el despliegue de muchas aplicaciones de RA según las conclusiones de Azuma (Azuma et al. 2001). Visores, rastreadores y sistemas de RA en general deben ser más precisos, más ligeros, más baratos y consumir menos energía.

Necesitamos una mejor comprensión de cómo mostrar los datos a los usuarios y cómo los usuarios deben interactuar con los datos. Actualmente, Google Inc., en combinación con su Project Glass, utilizan un sistema de comandos por voz para interactuar de una manera sencilla con la realidad aumentada que ofrecen. Sin embargo, la RA también presenta muchas tareas de alto nivel, tales como la necesidad de determinar qué tipo de información se debe mostrar, cuál es la representación adecuada de los datos y la forma en que el usuario debe realizar consultas, etc. Por ejemplo, un usuario podría querer caminar por una calle, mirar un escaparate y consultar el inventario de la tienda. En estos últimos años algunas investigaciones se han centrado en estos temas gracias a las mejoras en las tecnologías vinculadas a la realidad aumentada.

Finalmente, cabe mencionar la aceptación social. Dado un sistema con hardware ideal y una interfaz intuitiva, ¿cómo puede la RA convertirse en un sistema utilizado de forma cotidiana, como un teléfono móvil? A través de las películas y de la televisión, muchas personas están familiarizadas con imágenes simuladas de RA. Sin embargo, convencer a un usuario para usar un sistema significa abordar una serie de cuestiones, las cuales abarcan desde la moda hasta los problemas de privacidad.

Tanto las ventajas como los inconvenientes aquí expuestos han de ser abordados para conseguir que la tecnología de la realidad aumentada pueda aportar a la sociedad lo que se espera de ella y lo que los primeros estudios indican.

6.6 Herramientas de autor de realidad aumentada en el mercado

En este apartado se presenta un estado del arte de las herramientas de autor existentes actualmente en el mercado, algunas de ellas orientadas a la educación y otras más generalistas. El criterio de elección se ha basado en las búsquedas realizadas en repositorios de revistas científicas, siguiendo el criterio de “authoring tool augmented reality” y el orden de relevancia y citación ofrecido por los repositorios. Aparte de esta búsqueda, se seleccionó la herramienta ARIANE por consistir en un proyecto desarrollado en la Universidad de Oviedo y por ser un claro candidato para su integración en un LMS.

6.6.1 ARtalet

Digilog Book es un libro de papel con la capacidad de aumentar contenidos multimedia adicionales y estimular los cinco sentidos de los lectores utilizando la realidad aumentada (RA) (Ha et al. 2010). En el trabajo realizado por Ha y compañía, lo que se hace es mejorar la herramienta de edición de libro Digilog, obteniendo el sistema ARtalet.

ARtalet consiste en una interfaz de usuario concreta basada en una herramienta de autor de RA inmersiva que proporciona métodos intuitivos de creación, no basados en la programación, utilizando una interfaz de usuario 3D en un entorno de RA. El ARtalet puede ser utilizado para otras aplicaciones de edición distintas a Digilog, como por ejemplo fotografías, periódicos y carteles señalizadores.

6.6.2 ARIANE

El proyecto ARIANE (Augmented Reality in Academic Networking Enviroments) nace con la intención de explorar y explotar las nuevas posibilidades que ofrecen los dispositivos móviles Android actuales en el ámbito de la educación, principalmente en el entorno universitario.

Actualmente, este proyecto tiene a disposición del público una herramienta Web¹⁸ para el diseño de tareas de realidad aumentada destinadas al alumnado de un determinado curso. Las tareas que se han diseñado en la plataforma ARIANE son posteriormente consumidas por una aplicación para dispositivos móviles inteligentes. Cada tarea o actividad puede tener varias pruebas y de distintos tipos. A continuación, se describen dichos tipos de actividades.

- **Cuestionario.** Esta prueba permitirá a los usuarios contestar a una pregunta con cuatro posibles respuestas, debiéndose escoger solamente una de ellas como posible solución. Para la creación de esta prueba se debe introducir la pregunta, las posibles respuestas y la solución de la misma, la cual no será vista por el usuario que realice la prueba.

¹⁸ Página Web de ARIANE: <http://www.pulso.uniovi.es/mobilelearning/ariane/>

- **Pintura.** Esta prueba permitirá a los usuarios realizar representaciones a modo de dibujo sobre la pantalla a partir de una pregunta o pista. Para ello, simplemente deslizarán sus dedos sobre la pantalla táctil del dispositivo para dibujar.
- **Marcador.** Esta prueba permite al usuario visualizar objetos en 3D a través de realidad aumentada para, posteriormente, obtener como respuesta una descripción. Para la creación de esta prueba sólo se designará una pregunta o pista que pueda servir como guía adicional.
- **Marco Polo.** Esta prueba permite guiar al usuario hasta la siguiente prueba, proporcionando una capa que cambiará de intensidad según el usuario se vaya acercando a la posición objetivo. Para la creación de la prueba se podrá establecer una pregunta o pista adicional que sirva de guía.
- **Imagen.** Esta prueba permite tomar una instantánea al usuario, además de poder configurar una pregunta o pista en su creación.

Actualmente, existen aplicaciones para dispositivos móviles, con sistema operativo Android y iPhone, que son capaces de obtener las tareas diseñadas en la herramienta ARIANE y ponerlas a disposición del alumnado para su realización.

6.6.3 ARLearn

ARLearn¹⁹ (Ternier, Tabuenca, and Specht 2013) es una suite de herramientas destinada a educadores y estudiantes para el apoyo en diferentes fases y actividades durante una excursión. Los estudiantes pueden utilizar la aplicación ARLearn para explorar y realizar anotaciones en el mundo real, en tanto que el profesor puede monitorear el progreso del alumnado en tiempo real.

La plataforma (Web y Móvil) ARLearn está destinada a los profesores que organizan una excursión, pero puede apoyar también otros escenarios de “juegos serios” (también llamados Serious Games). Por ejemplo, se puede utilizar la aplicación durante la inspección de un sitio para tomar notas que se sincronizan con su ubicación actual.

La suite de herramientas ARLearn presenta una arquitectura cliente/servidor. En el lado del cliente, el entorno de edición ARLearn permite la creación y gestión de juegos (diseño instruccional reutilizable) y carreras (instancias de juego con comunicación en tiempo real). Con el cliente para Android, una carrera se puede jugar con los usuarios móviles. En el lado del servidor la arquitectura se basa en el Google App Engine (GAE), un stack que ofrece un servicio web escalable para la gestión de contenidos y notificación, así como la persistencia del estado del juego.

¹⁹ ARLearn: learning activities and interaction in augmented reality

6.6.4 AR storyboard

El objetivo de la investigación para AR storyboard fue el desarrollo de una herramienta de autor de storyboard²⁰ que proporcionase una interfaz intuitiva para la composición de la escena y la cámara pose/control de movimiento. Esta herramienta se basa en tecnologías de marcas de realidad aumentada.

AR Storyboard (Shin, Kim, and Park 2005) se compone de un sistema de computación, una cámara para PC y un conjunto de "bloques de elementos". Un "bloque de elemento" representa a un personaje u otro objeto de la historia. Puesto que los bloques de elementos se colocan dentro de la vista de la cámara, la escena compuesta por los modelos 3D se representa en vista de realidad aumentada, de modo que el autor puede capturar, almacenar y editar las imágenes de la escena para crear un guión gráfico. Como el espacio en el escritorio del usuario es reemplazado por el escenario, y los bloques de elementos reemplazan a los personajes y características de la etapa, AR Storyboard puede ser usado para crear storyboards en un entorno de pantalla de filmación simulada.

Un "bloque de elemento" es un bloque de papel grueso sobre el que se imprime la información visual. Se distinguen cinco tipos de bloques de elementos: los personajes, los fondos, las características de la etapa, las acciones y las expresiones faciales. Estos bloques se clasifican en dos grupos principales: los bloques estáticos (personajes, fondos, y características de la etapa) y bloques dinámicos (acciones y expresiones faciales). Mientras los bloques estáticos se utilizan para la colocación de personajes, edificios y propiedades en el escenario, los bloques dinámicos proporcionan información adicional para la animación de los personajes.

Una escena se compone, en primer lugar, mediante la colocación de bloques a modo de componentes en la escena. Después se determinan los componentes de la escena, los bloques de partida correspondientes se colocan en el escritorio del usuario dentro de la vista de la cámara. La posición y la orientación de los bloques estáticos determinan la pose de los modelos 3D en la escena. Sin embargo, los bloques dinámicos se pueden colocar en cualquier lugar dentro de la visión de la cámara. Los bloques de acción y los bloques de expresión se elaboran por separado para cada personaje: hay 64 combinaciones de personajes-acción-expresión.

Este sistema es otro ejemplo de herramienta de autor de realidad aumentada destinada a la creación de contenidos digitales y no de creación de actividades que un usuario puede llevar a cabo.

²⁰ Storyboard es un conjunto de ilustraciones mostradas en secuencia con el objetivo de servir de guía para entender una historia.

6.7 La realidad aumentada y su uso en la educación actual

Los valores educativos de la realidad aumentada no se basan únicamente en el uso de las tecnologías (Wu et al. 2013). Según el artículo escrito por Wu y compañía, el hecho de ver la realidad aumentada como un concepto y no como una tecnología, podría ser más fructífero tanto para los educadores como para los investigadores y diseñadores de este ámbito.

Investigaciones como la de El Sayed (El Sayed, Zayed, and Sharawy 2011) han indicado que los sistemas y entornos de realidad aumentada podrían ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades y conocimientos que se pueden aprender en otros entornos de aprendizaje potenciados por la tecnología, pero de una manera más eficaz. Los entornos de RA podrían aumentar la motivación y el interés de los estudiantes que, a su vez, pueden contribuir a desarrollar mejores habilidades de investigación y obtener un conocimiento más preciso sobre los temas (Sotiriou and Bogner 2008). Otro nuevo conjunto de habilidades que probablemente podrían promoverse gracias a la RA son habilidades psicomotoras-cognitivas debido a que se podría hacer uso de claves visuales (Zhou, Duh, and Billinghamurst 2008).

Las posibilidades que el concepto y/o la tecnología de la realidad aumentada ofrecen a la educación pueden ser múltiples. Por ejemplo, los avances de la informática portátil abren nuevas oportunidades para la realidad aumentada (Martin et al. 2011; Klopfer and Squire 2008) y crean un subgrupo llamado "mobile-AR". La movilidad que ofrecen los dispositivos portátiles podría permitir la obtención de la autenticidad de un entorno de aprendizaje y aumentar las interacciones con el resto del alumnado.

Las tecnologías de RA ayudan a los alumnos y alumnas a participar en la exploración auténtica del mundo real y de objetos virtuales, tales como textos, vídeos y fotos, que son elementos complementarios para los estudiantes y que permiten llevar a cabo investigaciones sobre el entorno de la vida real (Dede 2009). Tal y como Klopfer y Squire (Klopfer and Squire 2008) mostraron, el uso de la RA permite a los estudiantes experimentar los fenómenos científicos que no son posibles en el mundo real (por ejemplo, las reacciones químicas). Liu y compañía (W. Liu et al. 2007) introdujeron varios sistemas de RA que se incluyen en este propósito y que constataron que mediante exploraciones realizadas con RA los estudiantes fueron capaces de ver el sistema solar virtual en el aula o visualizar el proceso de la fotosíntesis.

No obstante, la investigación sobre las aplicaciones de RA en la educación se encuentra aún en una etapa temprana y las evidencias de los efectos de la RA en la enseñanza y el aprendizaje pueden parecer poco profundas.

Capítulo 7. Descripción del sistema

Tal y como se ha descrito en los apartados previos de este trabajo, el objetivo de esta investigación es integrar una herramienta de autor de realidad aumentada en una plataforma de enseñanza-aprendizaje, con el objetivo de evaluar los posibles beneficios. Para poder poner a prueba las hipótesis de esta investigación, se ha desarrollado un prototipo resultado de la integración de la herramienta de autor de realidad aumentada llamada ARIANE en la plataforma Moodle. En este apartado se hará una descripción del prototipo desarrollado.

7.1 Definición

A partir del modelo de datos, ya definido en ARIANE, se ha desarrollado un prototipo para conseguir la integración de esta herramienta de autor de realidad aumentada en la plataforma de enseñanza Moodle.

Tal y como se ha explicado en capítulos anteriores, la plataforma Moodle habilita un sistema de módulos para que los programadores puedan desarrollar nuevas capacidades para la plataforma. De este modo, se ha desarrollado un módulo que integra toda funcionalidad de la herramienta de autor ARIANE.

Durante la fase de análisis, a la hora de buscar la mejor integración de una nueva funcionalidad en Moodle, se pensó en utilizar el módulo llamado “External Tool”. Tal y como se ha explicado en el capítulo 4, este módulo viene pre-instalado en Moodle 2.2 y permite mostrar, en un iframe, una aplicación Web externa, es decir, una aplicación Web que no esté bajo el sistema de archivos de la instalación de Moodle. De esta forma, se podría conseguir mostrar en Moodle la herramienta de autor ARIANE. En el apartado titulado Discusión del capítulo 4, se explican las razones por las que esta actividad o módulo no constituye la mejor solución para la consecución de los objetivos de esta investigación y para poder verificar sus hipótesis.

La vía elegida para conseguir integrar la herramienta de autor de realidad aumentada, ARIANE, en la plataforma Moodle, fue el desarrollo de un nuevo módulo. Cuando se desarrolla un nuevo módulo, se pone a disposición de los cursos una nueva actividad correspondiente a dicho módulo. En este caso, el prototipo es un módulo llamado ARIANE y, en consecuencia, es posible añadir una actividad ARIANE a cualquiera de los cursos gestionados en Moodle.

De aquí en adelante se distinguirá entre la “herramienta ARIANE”, que es la herramienta de autor de realidad aumentada externa a Moodle, y el “módulo o actividad ARIANE”, que se trata del prototipo desarrollado con el fin de probar las hipótesis de la investigación. En los siguientes subapartados se describe en mayor medida este prototipo.

7.2 Arquitectura

En este apartado se describe la arquitectura del prototipo desarrollado para la investigación. Además de conseguir la integración de ARIANE en la plataforma Moodle, se pretende obtener una arquitectura que sea válida para su utilización en otras plataformas Web de aprendizaje, tales como las mencionadas en capítulos anteriores. El requisito es que dichos LMS posean una arquitectura interna modular y/o orientada a servicios. Cada una de las capas mostradas en la siguiente figura serán descritas.

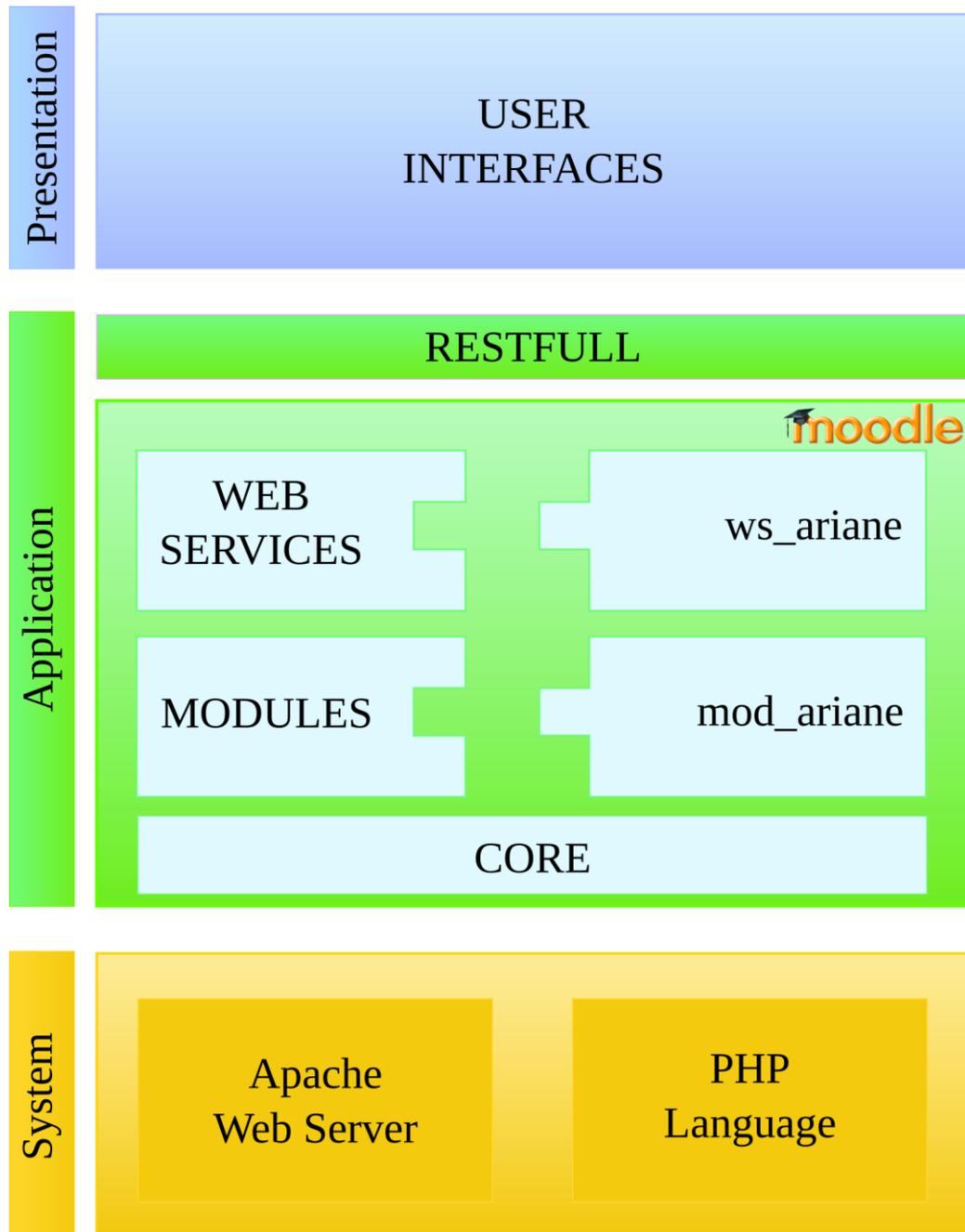


Ilustración 17 Arquitectura del sistema desarrollado

7.2.1 System

Esta es la capa más baja de toda la arquitectura. Está definida por un servidor Web Apache, el cual posee las extensiones para soportar el lenguaje de programación PHP. Además, se utiliza el sistema de gestión de bases de datos MySQL.

Esta configuración está condicionada por el uso de la plataforma Moodle para el desarrollo del prototipo. En las especificaciones de requerimientos a nivel de software de Moodle (“Installing Moodle - MoodleDocs” 2013), se explica que el servidor Web puede ser Apache o IIS, siempre y cuando tenga instaladas las extensiones para el lenguaje PHP en su versión 5.3.2 o superior. La elección de Apache frente a IIS, como servidor Web, fue debida a que Apache ofrece una licencia de uso gratuita, al contrario que IIS.

7.2.2 Application

Se trata de la capa que contiene el software del prototipo. Aquí se encuentra la plataforma Moodle, la cual pone a disposición de los programadores una arquitectura que permite la extensión del sistema, ofreciendo la posibilidad de añadirle nuevas funcionalidades.

El núcleo de la plataforma ofrece un sistema de módulos para permitir vincular las nuevas capacidades, en este caso, una herramienta de autor de realidad aumentada. Además, Moodle ofrece un sistema de servicios Web para permitir el intercambio de información con clientes externos a la plataforma. De esta forma, conseguimos que la información que gestiona el nuevo módulo pueda ser utilizada por clientes externos como, por ejemplo, una aplicación para dispositivos móviles.

Tal y como se ha indicado anteriormente, a pesar de que la arquitectura diseñada está orientada a su implantación en el LMS Moodle, ésta puede ser incorporada a otros LMS realizando una adaptación de la capa Application, ya que se trata de la capa más concreta respecto a las tecnologías propias de cada LMS

7.2.3 Presentation

Es la parte más alta de la arquitectura. La capa Presentation hace referencia tanto al interfaz Web desarrollada para el nuevo módulo de Moodle, como a las posibles aplicaciones móviles que puedan utilizar los datos que son accesibles desde los servicios Web habilitados.

7.3 Prototipo

Tal y como se ha introducido en los apartados anteriores, se ha desarrollado un módulo que pone a disposición de los cursos un nuevo tipo de actividad. Dicho módulo permite añadir una actividad de tipo ARIANE a los cursos definidos en Moodle.

Una instancia de este nuevo tipo de actividad ofrece al profesorado que lo gestiona un asistente para definir las distintas tareas o pruebas de realidad aumentada que deberá realizar el alumnado. Este asistente se asemeja al ya utilizado en la herramienta de autor ARIANE, ya que maneja la misma arquitectura de información y los mismos tipos de tareas.

Una vez instanciada la nueva actividad, la información queda a disposición de la aplicación instalada en los dispositivos móviles del alumnado para la realización de la misma. La información de las tareas de la actividad, tal y como se indicó en el apartado de Arquitectura, está disponible por medio de servicios Web.

A medida que el alumnado realiza las diferentes tareas, diseñadas en la actividad ARIANE correspondiente, sus respuestas quedan almacenadas para que puedan ser consultadas y evaluadas por el profesorado correspondiente desde la plataforma Web Moodle. La interfaz para asignar las evaluaciones de este nuevo tipo de actividad es idéntica a la de otros tipos de actividades ya disponibles y conocidas en Moodle. De esta forma, se consigue evitar que el profesorado y alumnado deban aprender nuevas formas de interactuar con el sistema Moodle.

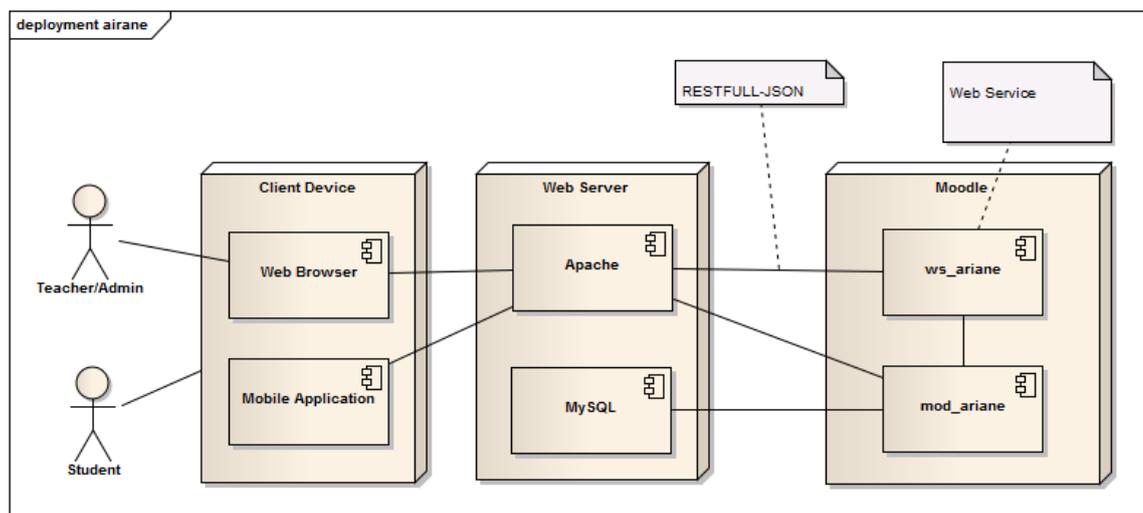


Ilustración 18 Diagrama de despliegue del prototipo desarrollado

Además de poder utilizar los mismos tipos de tareas que tiene la herramienta externa ARIANE, a este módulo se le ha añadido un nuevo tipo llamado “Geolocución”. Esta nueva tarea permite que, cuando se llegue al punto geo-localizado y antes de ofrecer la pista o pregunta correspondiente, el usuario de la aplicación móvil escuche una locución. A nivel de gestión, desde Moodle, para las tareas de Geolocución, se habilita un campo de texto que será reproducido sonoramente en los dispositivos móviles.

La tarea de Geolocución nace a partir de la investigación realizada en busca de nuevas tareas para complementar las ya existentes en la herramienta de autor ARIANE. Una vez definida la

tarea Geolocución, se desarrolló una simulación para poder mostrar al profesorado involucrado en esta investigación la nueva tarea y, así, poder valorar el grado de importancia y satisfacción que pudiera tener. Por otro lado, la misma simulación fue mostrada a alumnos de la Universidad de Oviedo con el mismo fin que en el caso del profesorado. Tras la discusión y evaluación satisfactoria, tanto por parte del profesorado como por parte del alumnado, se procedió a su incorporación en el prototipo de la investigación.

Con la adición de este tipo de tarea se incluye un nuevo elemento de interacción con los usuarios: el audio. Los elementos audibles aún no existían en el sistema ARIANE y aporta una alternativa para el alumnado cuya capacidad de aprendizaje mejora cuando escucha lo que quiere aprender.

7.4 Interfaz

A continuación, se hará una descripción de la interfaz diseñada para el prototipo de esta investigación. Para ello, se empezará por la instalación de una nueva instancia del módulo ARIANE, se continuará con la configuración de las tareas de la actividad y se terminará con la interfaz de consulta y evaluación de la actividad realizada.

7.4.1 Añadir actividad

Como cualquier otra actividad de Moodle, el módulo de ARIANE puede ser añadido a los cursos existentes. La siguiente imagen permite comprobar que en la pantalla de selección de actividad a añadir se muestra la actividad de tipo ARIANE.

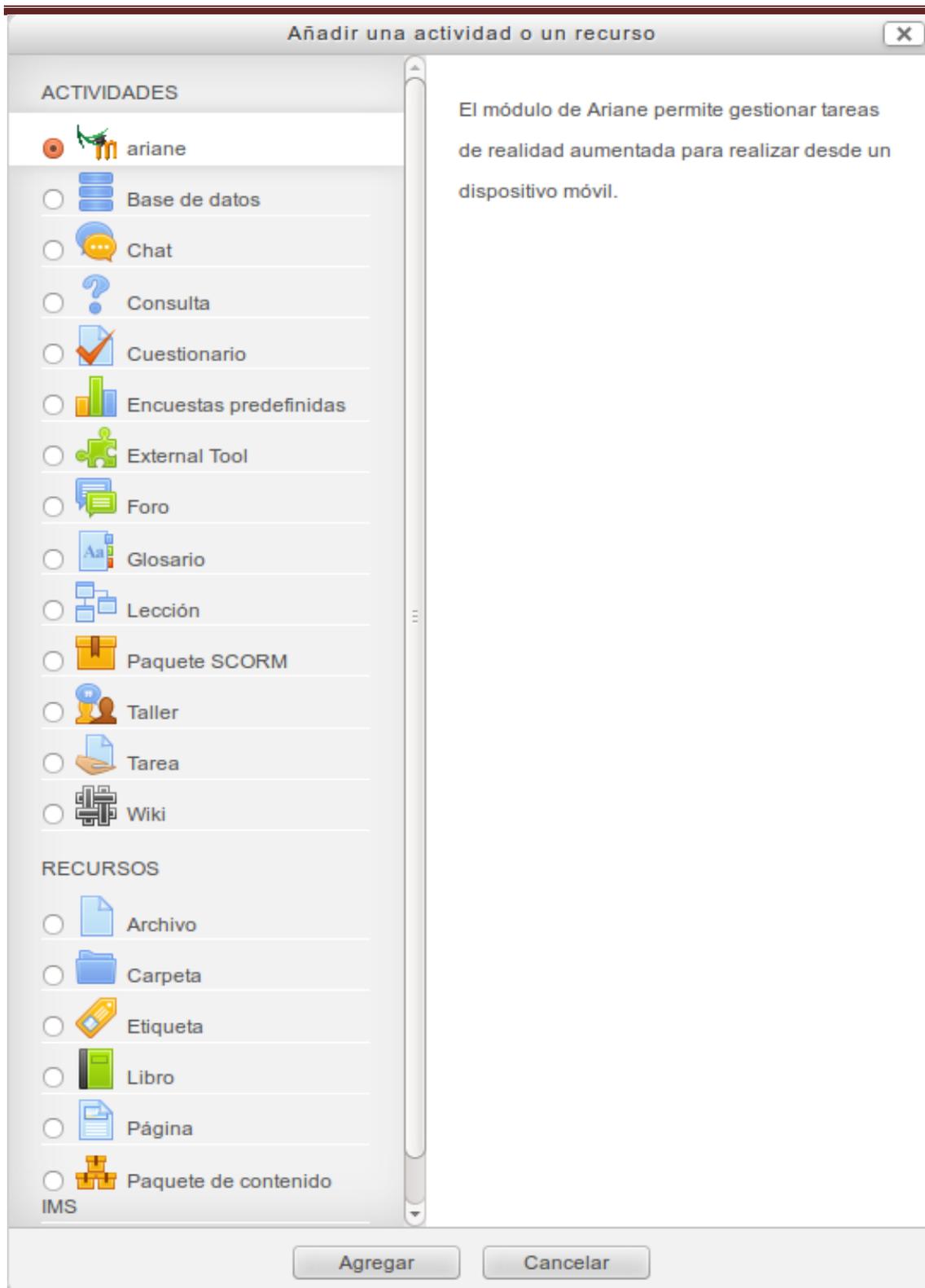


Ilustración 19 Interfaz. Añadir actividad 1

Al hacer clic sobre el botón de añadir, pasaremos al formulario correspondiente para completar la información básica para esta actividad.

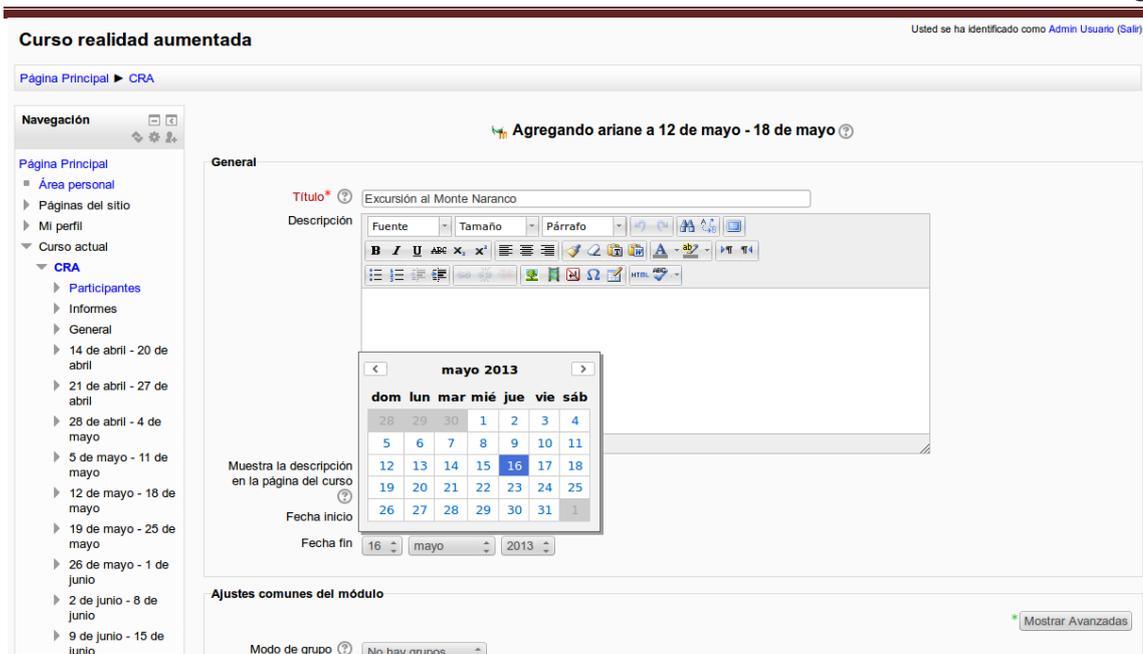


Ilustración 20 Interfaz. Añadir actividad 2

Una vez rellenado el formulario y pulsado el botón “Guardar cambios” se accede al asistente de gestión de actividades.

7.4.2 Asistente actividad

La interfaz del asistente del módulo ARIANE se compone de dos zonas (ver Ilustración 21). El lateral derecho sitúa al usuario en la etapa del asistente en la que se encuentra, además de dar indicaciones de qué información se debe añadir y cómo. En la zona más central se sitúan los sucesivos formularios que el usuario deberá completar. Finalmente, en la parte inferior se disponen botones para cancelar el asistente y moverse adelante y atrás por el asistente hasta llegar a la finalización.

En total, el asistente se compone de 3 pasos:

1. Datos
2. Mapa
3. Confirmación

En los siguientes subapartados se describe con más detalle cada uno de los pasos.

7.4.2.1 Datos

En esta primera etapa del asistente tenemos a nuestra disposición un formulario con los mismos datos que habíamos configurado cuando creamos esta actividad. Estos datos pueden ser modificados en este paso.

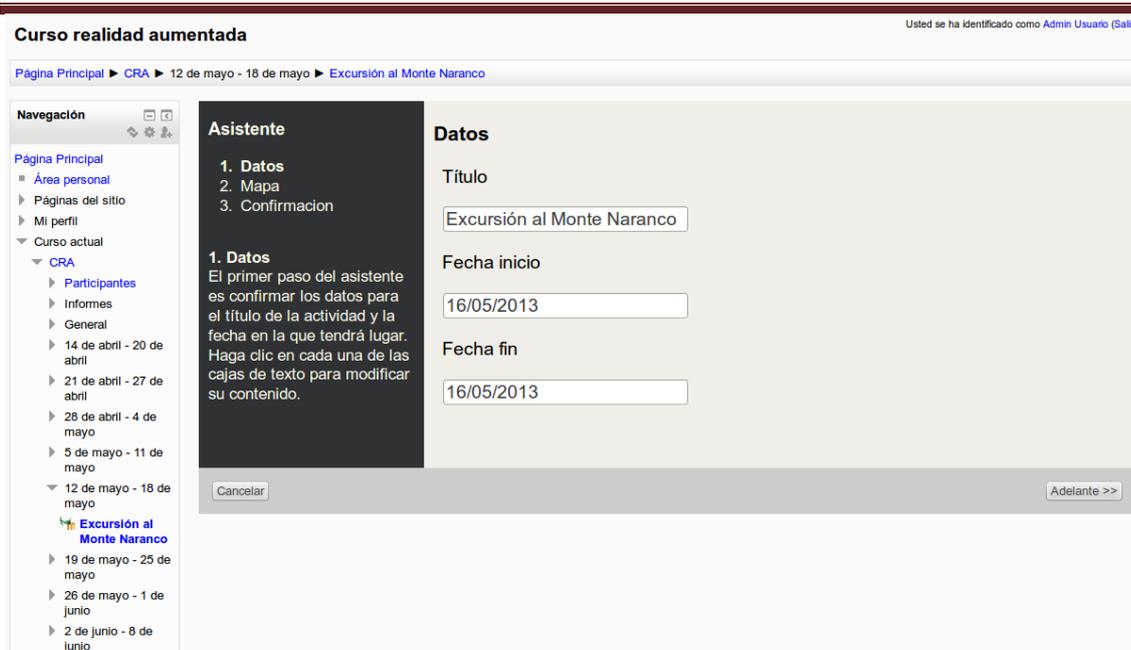


Ilustración 21 Interfaz. Asistente actividad datos

7.4.2.2 Mapa

En este paso del asistente añadiremos las tareas que el alumnado deberá realizar para la actividad de realidad aumentada.

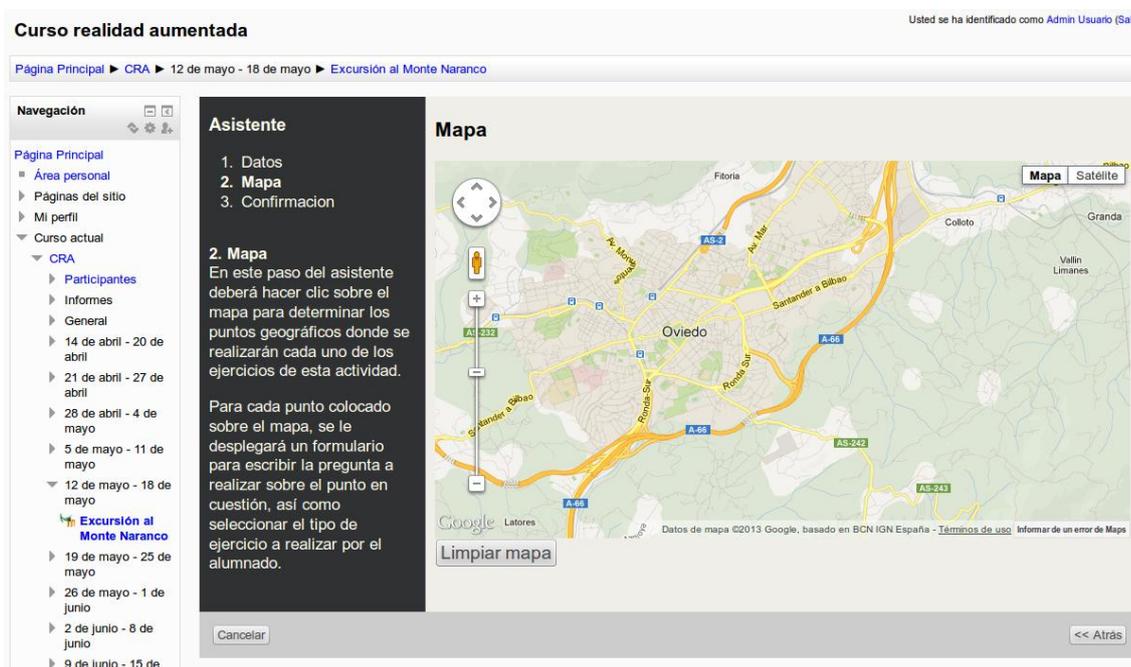


Ilustración 22 Interfaz. Asistente actividad Mapa 1

Haciendo clic sobre el mapa que aparece en pantalla, se pueden añadir los puntos geolocalizados que compondrán la actividad. Para cada punto colocado, debajo del mapa, se añadirá a la lista la información del punto junto a un formulario para gestionar dicho punto.

Por ejemplo, en la figura N podemos ver que se ha añadido una tarea en el mapa que consiste en dibujar el monumento.

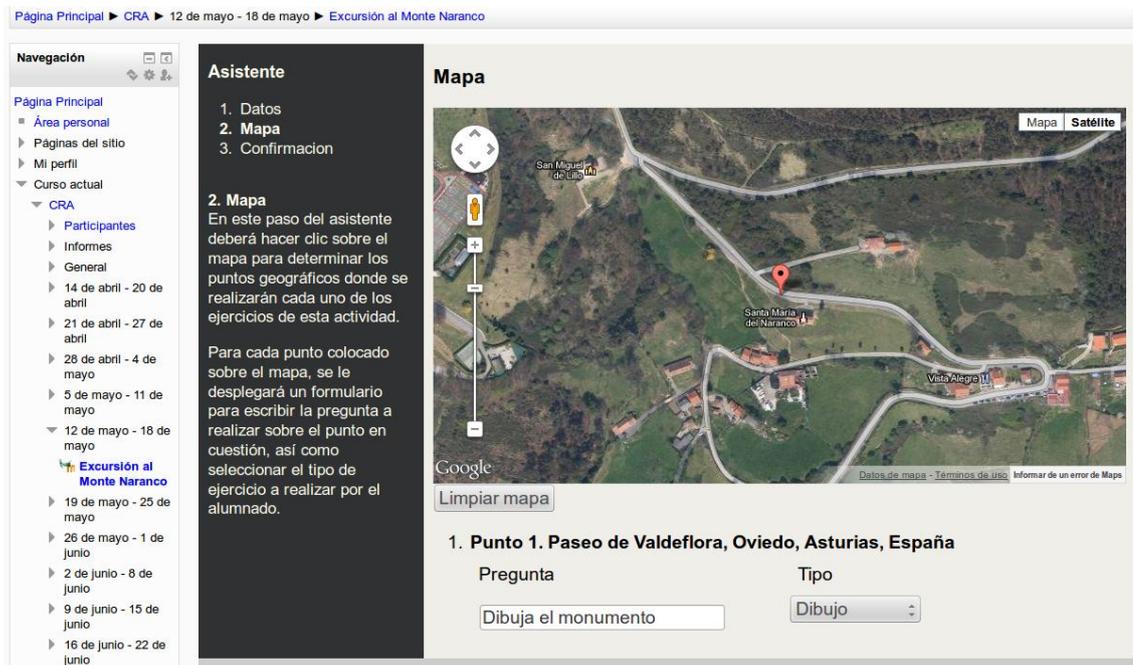


Ilustración 23 Interfaz. Asistente actividad Mapa 2

Otros tipos de tareas, como el caso de los cuestionarios, despliegan un formulario adicional, tal y como se puede ver en la siguiente figura.

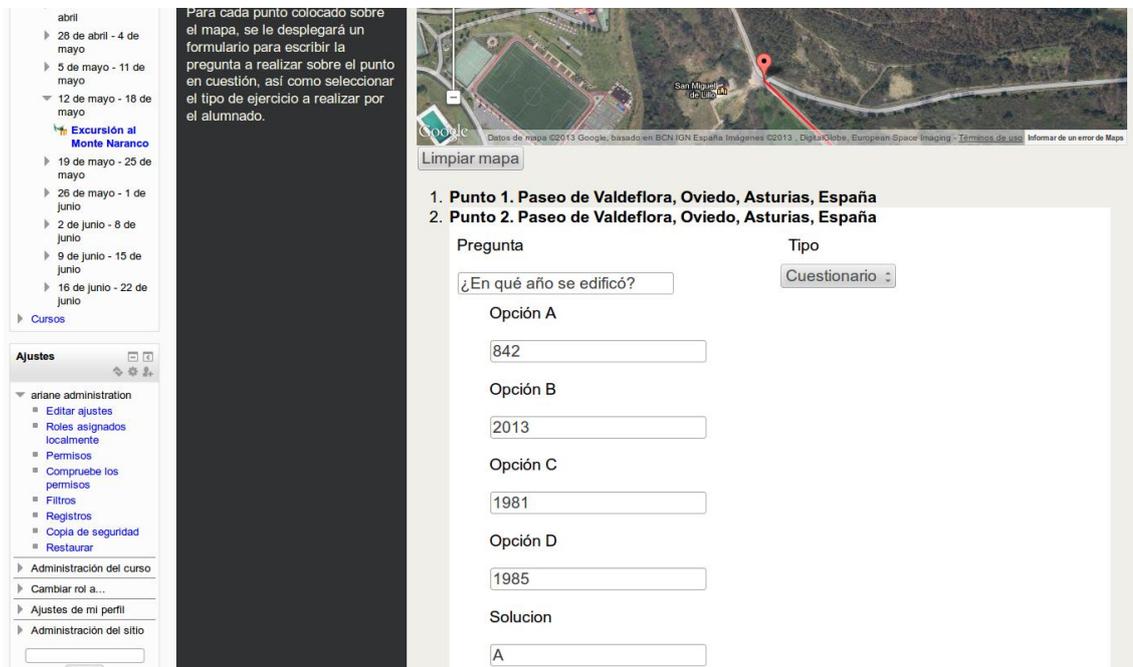


Ilustración 24 Interfaz. Asistente actividad Mapa 3

Una vez se haya completado la actividad con todas las tareas deseadas, se puede avanzar al siguiente paso del asistente para confirmar la configuración de la actividad.

7.4.2.3 Confirmación

Este es el último paso del asistente, siendo donde se muestra el resumen de la configuración para la actividad de realidad aumentada que deberá realizar el alumnado desde sus dispositivos móviles.



Ilustración 25 Interfaz. Asistente actividad Confirmación

Pulsando el botón finalizar se completa la configuración de la actividad de ARIANE.

7.4.3 Consulta

Esta interfaz está disponible tanto para el profesorado como para el alumnado, aunque hay ciertas capacidades que el alumnado no tiene disponible, como por ejemplo la capacidad de evaluación o el acceso a las respuestas de otros alumnos/as. En la siguiente figura podemos ver la interfaz para el profesorado.

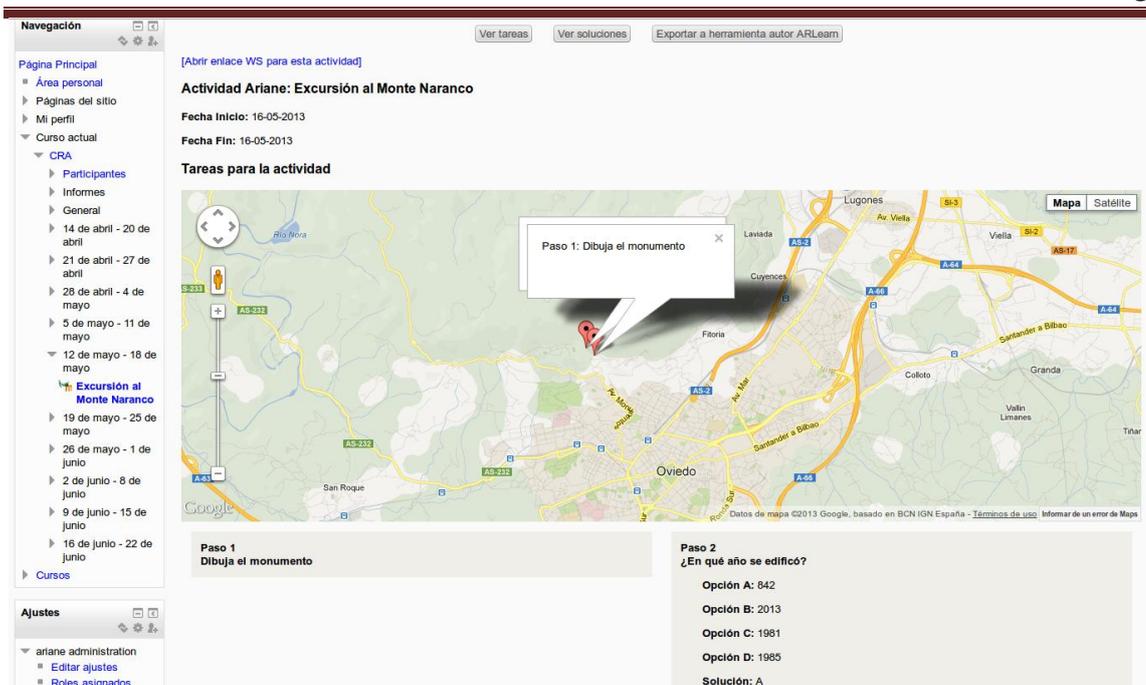


Ilustración 26 Interfaz. Consulta 1

Tal y como se puede apreciar, se ofrece la información propia de la actividad (título y fecha de realización), así como un mapa sobre el que aparecen geo-localizadas las tareas. Debajo del mapa se describen cada una de las tareas.

En la parte superior de la figura anterior aparece una botonera (sólo disponible para el profesorado) para realizar diferentes acciones. El botón “Ver tareas” muestra la pantalla que se acaba de describir. El botón “Ver soluciones” muestra la información del alumnado vinculado a esta actividad junto con enlaces a sus soluciones para cada tarea (ver Ilustración 27). Finalmente, el botón “Exportar a herramienta autor ARLearn” lanza la descarga de un archivo, con toda la información de la actividad, que puede ser importado en la herramienta de autor ARLearn de la Open University of the Netherlands (en el subapartado Integración Externa se profundiza sobre este aspecto).

Curso realidad aumentada Usted se ha identificado como Admin Usuario (Salir)

Página Principal ► CRA ► 12 de mayo - 18 de mayo ► Excursión al Monte Naranco

Navegación

- Página Principal
- Área personal
- Páginas del sitio
- Mi perfil
- Curso actual
 - CRA
 - Participantes
 - Informes
 - General
 - 14 de abril - 20 de abril
 - 21 de abril - 27 de abril
 - 28 de abril - 4 de mayo
 - 5 de mayo - 11 de mayo
 - 12 de mayo - 18 de mayo
 - Excursión al Monte Naranco**
 - 19 de mayo - 25 de mayo
 - 26 de mayo - 1 de junio
 - 2 de junio - 8 de junio
 - 9 de junio - 15 de junio

[Ver tareas] [Ver soluciones] [Exportar a herramienta autor ARLearn]

[Abrir enlace WS para esta actividad]

Actividad Ariane: Excursión al Monte Naranco

Fecha Inicio: 16-05-2013
Fecha Fin: 16-05-2013

Soluciones alumnado

Alumnado

Alumno/a	Nota	
Fermín, María	-	Ver soluciones
Suárez Fernández, Ángel	-	Ver soluciones

Soluciones a tareas

Nº	Pregunta	Respuesta	Fecha/hora
1	Dibuja el monumento	Sin respuesta	
2	¿En qué año se edificó?	Sin respuesta	

Ilustración 27 Interfaz. Consulta 2

7.4.4 Evaluación

Como para cualquier otra actividad, accediendo al calificador del curso que provee la plataforma Moodle, se pueden gestionar las calificaciones del alumnado para cualquiera de las actividades de ARIANE que haya instanciadas.

Curso realidad aumentada: Vista: Calificador Usted se ha identificado como Admin Usuario (Salir)

Página Principal ► CRA ► Administración de calificaciones ► Calificador [Activar edición]

Navegación

- Página Principal
- Área personal
- Páginas del sitio
- Mi perfil
- Curso actual
 - CRA
 - Participantes
 - Informes
 - General
 - 14 de abril - 20 de abril
 - 21 de abril - 27 de abril
 - 28 de abril - 4 de mayo
 - 5 de mayo - 11 de mayo
 - 12 de mayo - 18 de mayo
 - 19 de mayo - 25 de mayo
 - 26 de mayo - 1 de junio
 - 2 de junio - 8 de junio
 - 9 de junio - 15 de junio
 - 16 de junio - 22 de junio
 - Cursos

Calificador

Nombre	Dirección de correo	Herramienta de autor de ...	Prueba de cuestionario	Una actividad de realidad ...	Villablino	Excursión al Monte Naranco
María Fermín	asdas@assa.com	-	6,00	-	-	-
Angel Suarez Fernández	ttogelo@gmail.com	-	-	-	-	-
Promedio general		-	6,00	-	-	-

Ajustes

Ilustración 28 Interfaz. Evaluación

7.5 Servicios Web

Con el fin de que las tareas de realidad aumentada, diseñadas en este nuevo módulo, puedan estar disponibles para su realización en dispositivos móviles, se ha desarrollado un servicio Web en la plataforma Moodle.

El núcleo de Moodle ofrece diferentes protocolos para el intercambio de información vía servicios Web, entre los que destacan XMLRPC, REST, AMF y SOAP. El protocolo utilizado para el intercambio de datos a través de los servicios Web ha sido REST y el formato de codificación de los datos ha sido JSON.

La Transferencia de Estado Representacional (Representational State Transfer) o REST es una técnica de arquitectura software para sistemas hipermedia distribuidos, tales como la World Wide Web. REST fue definido por Roy Fielding en su tesis (Roy Thomas Fielding 2000).

JSON es un formato ligero de intercambio de datos, en formato amigable, fácil de leer y escribir y, lo más importante, a diferencia de XML, es más fácil de manejar para la generación y el análisis. Se basa en un subconjunto de JavaScript (Lenguaje de Programación, estándar ECMA-262 3ª edición de diciembre de 1999), utilizando un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje de programación, pero al mismo tiempo puede utilizar los hábitos de la familia C (incluyendo C, C++, C#, Perl, Python, etc.). Estas propiedades han hecho que JSON se haya convertido rápidamente en un formato popular de intercambio de datos (Lin et al. 2012).

Tal y como se ha descrito en secciones anteriores en relación a los servicios Web en Moodle, para acceder a los servicios Web desarrollados para este prototipo es necesario disponer de un TOKEN, el cual debe pertenecer a un usuario autorizado en Moodle y vinculado a las funcionalidades deseadas. Usando ese TOKEN y el nombre de la función a la que se quiere acceder, se pueden consumir los datos existentes en la plataforma Moodle.

Para el servicio Web que devuelve la información de una instancia de actividad de tipo ARIANE, la función a llamar es "local_wsariane_getjsonariane".

La aplicación móvil que desee consumir estos servicios Web ha de tener la capacidad (por otros cauces) de acceder a la información de los cursos y actividades disponibles para el usuario (un alumno/a) que esté manejando la aplicación. Así, se satisface el requisito principal de estos servicios Web, que es el de poseer un identificador válido de instancia de actividad de ARIANE.

La información que ofrece este servicio Web, en formato JSON, es la misma que ofrece la herramienta ARIANE, lo que permite la reutilización de las aplicaciones ya desarrolladas para dispositivos móviles. Esta posibilidad de integración con otras aplicaciones ya existentes ha sido otro de los motivos por los que se ha utilizado el formato JSON. En el siguiente apartado, se tratarán con mayor detalle las posibilidades de integración externa del prototipo con otros sistemas existentes.

7.6 Integración externa

Tal y como se ha explicado en el anterior subapartado, la información que se gestiona en el prototipo desarrollado para esta investigación podría ser utilizada, por ejemplo, desde las aplicaciones para dispositivos móviles creadas para la herramienta externa ARIANE. Esto es posible debido a que se ha respetado el mismo modelo de datos que utiliza originalmente ARIANE.

Como parte del prototipo para la investigación, se ha modificado una aplicación móvil con sistema Android, ya existente, y utilizada para consumir los datos de la herramienta externa ARIANE. Esta modificación ha consistido en conseguir ampliar las fuentes de datos que ofrecen actividades de realidad aumentada de tal modo que, además de utilizar esta aplicación para realizar las tareas diseñadas en la herramienta externa ARIANE, se pueden realizar tareas diseñadas desde el módulo desarrollado para Moodle y que ya se ha descrito anteriormente en el presente documento.

Gracias a esto, la realización de las pruebas se hace menos costosa, ya que no implica el desarrollo de una nueva aplicación para dispositivos móviles (sólo una adaptación), para poder probar las hipótesis aquí definidas. Además, de esta forma, se consigue una perspectiva más global de las ventajas que puede ofrecer una integración como la que se propone en el presente documento.

Por otro lado, se han realizado contactos con la Open University of the Netherlands con el objetivo de conseguir una forma de que el prototipo desarrollado en esta investigación pueda ser utilizado, de alguna manera, en la herramienta de autor de realidad aumentada ARLearn. El objetivo de la colaboración era conseguir que las tareas diseñadas en el prototipo desarrollado para Moodle pudieran ser importadas en la herramienta Web ARLearn. Tras los contactos mencionados, se descubrió que el modelo de datos usado por ARLearn era muy similar al utilizado por el prototipo aquí descrito. Finalmente, y de forma paralela al objetivo principal del prototipo, se consiguió desarrollar un método de exportación de tareas de las actividades de ARIANE, en Moodle, para que se pudieran importar en ARLearn. En el apéndice 13.4 del presente documento se puede ver un código de ejemplo de una exportación de tareas, realizada desde el módulo desarrollado para Moodle, para poder ser importadas en la herramienta Web ARLearn.

Esta forma de colaboración entre el prototipo aquí desarrollado y ARLearn puede permitir al profesorado, tanto de la Universidad de Oviedo como de la Open University of the Netherlands, el intercambio de actividades de realidad aumentada y así ampliar el catálogo de actividades a ofrecer a su alumnado.

Capítulo 8. Difusión

Como resultado de la investigación realizada para este Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Web, se han redactado dos artículos, uno enviado a un congreso internacional y otro a una revista de investigación.

8.1 IADIS International Conference Mobile Learning 2013

El primer documento se trata de un artículo para la sección del “Doctoral Paper” de la Conferencia Internacional Mobile Learning 2013²¹, organizada por la International Association for Development of the Information Society (IADIS) en Lisboa, Portugal, del 14 al 16 de Marzo de 2013. Dicho artículo fue revisado, corregido y posteriormente aceptado por parte de dos revisores designados para la conferencia. Además, acudí a la conferencia a exponer el trabajo inicial de mi investigación. A continuación, se muestran las correcciones sugeridas por los revisores:

REVISOR 1

- **Originality:** 7 - Excellent
- **Significance:** 7 – Excellent
- **Technical:** 4 – Neutral
- **Relevance:** 7 – Excellent
- **Classification:** 4 – Neutral
- **Comments:** The work proposes a promising idea for an authoring tool for mobile AR - yet, it misses a thorough discussing of the research question(s), research objectives, and planned research methodology.
- **Positive Points:** - very relevant and promising approach.
- **Negative Points:** - misses a thorough discussing of the research question(s), research objectives, and planned research methodology.

REVISOR 2

- **Originality:** 4 – Neutral
- **Significance:** 5 – Average
- **Technical:** 4 – Neutral

²¹IADIS Modible Learning 2013 <http://mlearning-conf.org/>

- **Relevance:** 5 – Average
- **Classification:** 4 – Neutral
- **Comments:** I think you have an idea, but its description should be improved. Especially I'd like to see how would you collect the data (the methodology).
- **Positive Points:** Idea of connecting new tools with existing ones is good.
- **Negative Points:** I didn't quite get if this is done for one or more environments, that is, if the goal is to really make some intermediate software or just figure out what it should do. Pay more attention to the methodology description and the language.

Finalmente, la organización IADIS seleccionó este paper para ofrecer la opción de redactar una versión extendida del mismo y optar a ser publicado en la revista “**International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)**”²²”

El contenido íntegro de este artículo se puede encontrar en la sección de apéndices.

²² International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL): <http://www.igi-global.com/journal/international-journal-mobile-blended-learning/1115>

8.2 Journal of Network and Computer Applications

El segundo artículo ha sido enviado en el mes de Julio de 2013 a la revista “Journal of Network and Computer Applications” cuyo índice de impacto a fecha de redacción de este trabajo es de 1.065.

Actualmente, el estado del artículo es de “enviado”.

El contenido íntegro de este artículo se puede encontrar en la sección de apéndices.

Capítulo 9. Metodología

La metodología de investigación sigue, principalmente, un enfoque de investigación constructiva. Las actividades de investigación relacionadas con esta metodología incluyen tareas tales como construir, evaluar, teorizar y justificar. No obstante, algunas de las etapas de esta investigación tienen un enfoque más exploratorio y, por lo tanto, requieren de una revisión cuidadosa de la literatura científica sobre herramientas de RA, actividades de RA, herramientas de autor y sus implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El proceso de investigación empezó con la búsqueda de documentos indexados, revistas y actas de congresos sobre la realidad aumentada en la educación y entornos de enseñanza-aprendizaje. Utilizando criterios de búsqueda tales como “authoring tool augmented reality”, “learning management systems” y “mobile learning” se ha obtenido un estado del arte sobre las tecnologías que intervienen de forma más directa en esta investigación.

En base al estado del arte obtenido, se analizaron las arquitecturas, tanto de las herramientas de autor de realidad aumentada, como de las plataformas de enseñanza-aprendizaje encontradas, siendo un paso que se considera fundamental para poder averiguar la mejor forma de realizar la integración propuesta en esta investigación. Un total de 4 herramientas de autor de realidad aumentada y hasta 3 plataformas Web de aprendizaje fueron estudiadas. Una vez analizados estos entornos y valorando las motivaciones expuestas en los apartados previos de este documento, se optó por integrar la herramienta de autor ARIANE en la plataforma de enseñanza-aprendizaje Moodle.

A partir de aquí comienza una fase exploratoria consistente en determinar qué actividades deben ser gestionadas por las herramientas de creación de realidad aumentada y, en consecuencia, decidir las actividades que se integran en el LMS. A través de entrevistas personales a profesorado (2 profesores) y alumnado (4 alumnos) de la Universidad de Oviedo, se evalúan las actividades de realidad aumentada que define la herramienta ARIANE y se deciden cuáles son interesantes para incluir en la futura integración en Moodle. Además, a partir de estas entrevistas se diseña una nueva actividad no contemplada en ARIANE llamada “Geolocalización”. Los criterios de selección y diseño de las actividades de realidad aumentada han estado centrados en las posibilidades de aplicación final en los procesos educativos actuales.

Una vez determinadas las actividades y su valor, se exploraron los diferentes módulos y servicios que actualmente prestan los LMS y el mejor enfoque para permitir la integración de la herramienta de autor de realidad aumentada en el LMS. El desarrollo de prototipos también se trata en la fase constructiva de la metodología de la investigación, que incluye la evaluación y recopilación de los resultados para validar o refutar las hipótesis de investigación. Los conocimientos adquiridos en esta fase nos determinará la arquitectura de la solución y la integración de las nuevas características educativas de realidad aumentada.

Finalmente, se ha desarrollado un prototipo con el objetivo de validar o refutar la propuesta. El prototipo integra la herramienta de autor ARIANE en la plataforma Moodle, cumpliéndose así uno de los objetivos de esta investigación. Paralelamente, la evaluación de los resultados

obtenidos con el profesorado y el alumnado que participó en el estudio, nos permitirá determinar el éxito del enfoque propuesto.

Capítulo 10. Conclusiones y trabajo futuro

Los sistemas y entornos de RA podrían ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades y conocimientos que se pueden aprender en otros entornos de aprendizaje potenciados por la tecnología, pero de una manera más eficaz y atractiva, permitiendo la exploración en el espacio físico. Sin embargo, las herramientas de autor para la creación de actividades de realidad aumentada son escasas y se centran más en la creación de contenido digital en lugar de hacerlo en el diseño de actividades.

En este trabajo se ha expuesto la creación de un prototipo como resultado de integrar una herramienta de autor de realidad aumentada para dispositivos móviles en un LMS. El nivel de integración conseguido permite que la gestión de las tareas de realidad aumentada, propuestas al alumnado desde el LMS, pueda ser llevada a cabo de igual forma que otro tipo de actividades ya disponibles y conocidas por el profesorado. Así, se ha conseguido la no necesidad de un proceso de adaptación, que sería requerido para la utilización de una herramienta externa al LMS, por parte tanto del profesorado como del alumnado.

La integración propuesta en el presente documento está diseñada para poder ser realizada en otros sistemas de gestión del aprendizaje descritos en capítulos anteriores. La dificultad de la integración dependerá del grado de evolución, hacia una arquitectura orientada a servicios, que tenga el LMS en cuestión.

Por otro lado, se ha probado que el prototipo desarrollado permite su gestión desde dispositivos móviles, ya que se consiguió adaptar una aplicación para dispositivos Android, ya existente en el mercado para que, además de gestionar actividades de la herramienta ARIANE, se pudieran realizar tareas diseñadas desde el prototipo para Moodle.

El trabajo futuro consistirá en llevar a cabo más pruebas, de distintos tipos en función de los objetivos de las mismas y ampliando la muestra de sujetos a participar, tanto de profesorado como de alumnado. Se deberá corregir el prototipo desarrollado para este trabajo en función de las conclusiones obtenidas en el capítulo anterior del presente documento. De esta forma, y después de repetir las mismas pruebas, se podrá verificar si ha habido una evolución satisfactoria. Así mismo, se deberá aumentar la variedad de tareas de realidad aumentada que puedan ser diseñadas desde el prototipo.

Otro de los aspectos a tener en cuenta para el trabajo futuro es la mejora de la interfaz de usuario de la aplicación móvil usada para este trabajo, además de su desarrollo en otras plataformas móviles como Apple y Windows Phone.

Mientras la RA ofrece nuevas y emocionantes oportunidades, también plantea nuevos retos tecnológicos y pedagógicos que requieren a investigadores de diferentes orígenes y disciplinas para que colaboren de forma interactiva. Está claro que la evaluación de los sistemas de RA debe incluir, además de un enfoque técnico, un enfoque pedagógico. Esto determinará el

grado de integridad de los objetivos, es decir, en qué medida mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Capítulo 11. Referencias Bibliográficas

- Alexander, Bryan. 2006. "A New Wave of Innovation for Teaching and Learning." *EDUCAUSE*, April.
- Alhazmi, A.K., and A.A. Rahman. 2012. "Why LMS Failed to Support Student Learning in Higher Education Institutions." In *2012 IEEE Symposium on E-Learning, E-Management and E-Services (IS3e)*, 1–5. doi:10.1109/IS3e.2012.6414943.
- Alhazmi, Abdulsalam K., and Azizah AbdulRahman. 2012. "Learning Management Systems from Popularity to Decline Success Failure and the Future Use." *Journal of Computing* 4 (3) (March). <http://www.scribd.com/doc/89731090>. <http://www.journalofcomputing.org/volume-4-issue-3-march-2012>.
- Álvarez García, Víctor Manuel, María del Puerto Paule Ruiz, and Juan Ramón Pérez Pérez. 2010. "Voice Interactive Classroom, a Service-oriented Software Architecture for Speech-enabled Learning." *Journal of Network and Computer Applications* 33 (5) (September): 603–610. doi:10.1016/j.jnca.2010.03.005.
- Álvarez García, Víctor Manuel, María del Puerto Paule Ruiz, Juan Ramón Pérez Pérez, and Ignacio Gutierrez Menéndez. 2010. "Presente y Futuro Del Desarrollo de Plataformas Web de Elearning En Educación Superior." http://www.web.upsa.es/spdece08/contribuciones/118_SPEDECE08Revisado.pdf.
- Álvarez García, Víctor Manuel, María del Puerto Paule Ruiz, and Marcus Spetch. 2011. "Voice Interactive Classroom, a Service-oriented Software Architecture to Enable Cross-platform Multi-channel Access to Internet-based Learning". Universidad de Oviedo. https://dl-web.dropbox.com/get/TFM%20-%20Marcos_David/Tesis%20Victor/PhDThesis-VictorAlvarez.pdf?w=845ac24b.
- Álvarez García, Víctor Manuel, M. Puerto Paule Ruiz, Moisés Riestra González, and Juan Ramón Pérez Pérez. 2012. "Voice Interactive Classroom: Best Practices and Design Strategies." *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 24 (16): 1963–1973. doi:10.1002/cpe.2814.
- Azuma, R. T. 1997. "A Survey of Augmented Reality." *Presence-Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4): 355–385.
- Azuma, R.T., Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre. 2001. "Recent Advances in Augmented Reality." *IEEE Computer Graphics and Applications* 21 (6) (December): 34–47. doi:10.1109/38.963459.
- Basaeed, Eisa, Jawad Berri, Jamal Zemerly, and Rachid Benlamri. 2007. "Web-based Context-Aware m-Learning Architecture." *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)* 1 (1) (October 11). doi:10.3991/ijim.v1i1.167. <http://online-journals.org/i-jim/article/view/167>.
- "Blackboard Learning System." 2013. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Blackboard_Learning_System&oldid=557469017.
- "Blackboard Official Web Page." <http://www.blackboard.com/>.
- Broll, W., I. Lindt, I. Herbst, J. Ohlenburg, A.-K. Braun, and R. Wetzel. 2008. "Toward Next-Gen Mobile AR Games." *IEEE Computer Graphics and Applications* 28 (4) (August): 40–48. doi:10.1109/MCG.2008.85.
- Caudell, T.P., and D.W. Mizell. 1992. "Augmented Reality: An Application of Heads-up Display Technology to Manual Manufacturing Processes." In *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 1992*, ii:659–669 vol.2. doi:10.1109/HICSS.1992.183317.

- "CIS Centro de Investigaciones Sociológicas - Barómetro Junio 2012." 2012. June 1. http://www.cis.es/cis/opencm/ES/1_encuestas/estudios/ver.jsp?estudio=12884.
- Cole, Jason. 2008. "Using Moodle: Teaching with the Popular Open Source Course Management System | Red Graduada." <http://gradnet.uprrp.edu/content/using-moodle-teaching-popular-open-source-course-management-system>.
- Costa, Carolina, Helena Avelos, and Leonor Teixeira. 2012. "The Use of Moodle E-learning Platform: A Study in a Portuguese University." *Procedia Technology* 5: 334–343. doi:10.1016/j.protcy.2012.09.037.
- Crane, Laura, and Philip Benachour. 2013. "WHAT DO CONTEXT AWARE ELECTRONIC ALERTS FROM VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS TELL US ABOUT USER TIME & LOCATION?" In , 76–82. Lisbon, Portugal: IADIS.
- Dagger, D., A. O'Connor, S. Lawless, E. Walsh, and V.P. Wade. 2007. "Service-Oriented E-Learning Platforms: From Monolithic Systems to Flexible Services." *IEEE Internet Computing* 11 (3) (June): 28–35. doi:10.1109/MIC.2007.70.
- Dede, Chris. 2009. "Immersive Interfaces for Engagement and Learning." *Science* 323 (5910) (January): 66–69. <http://www.sciencemag.org/content/323/5910/66.full>. doi:10.1126/science.1167311.
- Di Serio, Ángela, María Blanca Ibáñez, and Carlos Delgado Kloos. 2012. "Impact of an Augmented Reality System on Students' Motivation for a Visual Art Course." *Computers & Education*. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.002. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131512000590>.
- Doppler, Christian. 2009. "History of Mobile Augmented Reality." *History of Mobile Augmented Reality*. <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>.
- El Sayed, Neven A.M., Hala H. Zayed, and Mohamed I. Sharawy. 2011. "ARSC: Augmented Reality Student Card." *Computers & Education* 56 (4) (May): 1045–1061. doi:10.1016/j.compedu.2010.10.019.
- Farman Ali, Khan, Sabine Graf, Edgar R. Weippl, and A Min Tjoa. 2010. "Identifying and Incorporating Affective States and Learning Styles in Web-based Learning Management Systems." *Interaction Design and Architecture(s) Journal*: 85–103.
- Feiner, S., Blair MacIntyre, T. Hollerer, and A. Webster. 1997. "A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment." In , *First International Symposium on Wearable Computers, 1997. Digest of Papers*, 74–81. doi:10.1109/ISWC.1997.629922.
- Fitzmaurice, George W. 1993. "Situated Information Spaces and Spatially Aware Palmtop Computers." *Commun. ACM* 36 (7) (July): 39–49. doi:10.1145/159544.159566.
- González de Felipe, Teresa. "GUÍA DE APOYO PARA EL USO DE 1.9.4 Usuario Administrador."
- Graf, Sabine. 2007. "Adaptivity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles". Canada: Athabasca University. http://sgraf.athabascau.ca/publications/PhDthesis_SabineGraf.pdf.
- Ha, Taejin, Woontack Woo, Youngho Lee, Junhun Lee, Jaha Ryu, Hankyun Choi, and Kwanheng Lee. 2010. "ARtalet: Tangible User Interface Based Immersive Augmented Reality Authoring Tool for Digilog Book." In *2010 International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR)*, 40–43. doi:10.1109/ISUVR.2010.20.
- Henrysson, A., M. Billinghurst, and M. Ollila. 2005. "Face to Face Collaborative AR on Mobile Phones." In *Fourth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2005. Proceedings*, 80–89. doi:10.1109/ISMAR.2005.32.
- Hix, Deborah, and H. Rex Hartson. 1993. *Developing User Interfaces: Ensuring Usability through Product & Process*. J. Wiley. <http://www.getcited.org/pub/103006374>.
- Huerta, D., J. Velez, S. Baldiris, R. Fabregat, and D. Merida. 2008. "Adaption of Courses and Learning Environment to the User Context in dotLRN." In *2008 International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control Automation*, 1264–1267. doi:10.1109/CIMCA.2008.140.

- "IDC Forecasts Worldwide Mobile Applications Revenues to Experience More Than 60% Compound Annual Growth Through 2014." <http://www.idc.com/about/viewpressrelease.jsp?containerId=prUS22617910§ionId=null&elementId=null&pageType=SYNOPSIS>.
- "Installing Moodle - MoodleDocs." 2013. Accessed May 27. http://docs.moodle.org/23/en/Installing_Moodle#Software.
- Jee, Hyung-Keun, Sukhyun Lim, JinYoung Youn, and Junsuk Lee. 2011. "An Immersive Authoring Tool for Augmented Reality-Based E-Learning Applications." In *2011 International Conference on Information Science and Applications (ICISA)*, 1–5. doi:10.1109/ICISA.2011.5772399.
- Jin, Yi. 2009. "Research of One Mobile Learning System." In *International Conference on Wireless Networks and Information Systems, 2009. WNIS '09*, 162–165. doi:10.1109/WNIS.2009.84.
- Kato, H., and M. Billinghurst. 1999. "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System." In *2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, 1999. (IWAR '99) Proceedings*, 85–94. doi:10.1109/IWAR.1999.803809.
- Kember, David, Carmel McNaught, Fanny C.Y. Chong, Paul Lam, and K.F. Cheng. 2010. "Understanding the Ways in Which Design Features of Educational Websites Impact Upon Student Learning Outcomes in Blended Learning Environments." *Computers & Education* 55 (3) (November): 1183–1192. doi:10.1016/j.compedu.2010.05.015.
- Kesim, Mehmet, and Yasin Ozarslan. 2012. "Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 47: 297–302. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.654.
- Klopfer, E., and K. Squire. 2008. "Environmental Detectives-the Development of an Augmented Reality Platform for Environmental Simulations." *Educational Technology Research and Development* 56 (2): 203–228. doi:10.1007/s11423-007-9037-6.
- Klopfer, E., K. Squire, and H. Jenkins. 2002. "Environmental Detectives: PDAs as a Window into a Virtual Simulated World." In *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, 2002. Proceedings*, 95 – 98. doi:10.1109/WMTE.2002.1039227.
- Li, Hao, Qingtang Liu, and Qiao Wang. 2009. "The Research on Permission Management of the Open-source Sakai Platform." In *International Conference on Industrial and Information Systems, 2009. IIS '09*, 66–69. doi:10.1109/IIS.2009.37.
- Lin, Boci, Yan Chen, Xu Chen, and Yingying Yu. 2012. "Comparison Between JSON and XML in Applications Based on AJAX." In *2012 International Conference on Computer Science Service System (CSSS)*, 1174–1177. doi:10.1109/CSSS.2012.297.
- Liu, Jing, Hailong Men, and Jun Han. 2009. "Comparative Study of Open-Source E-Learning Management Platform." In *International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, 2009. CISE 2009*, 1–4. doi:10.1109/CISE.2009.5365185.
- Liu, W., A.D. Cheok, C.L. Mei-Ling, and Y.-L. Theng. 2007. "Mixed Reality Classroom - Learning from Entertainment." In *ACM International Conference Proceeding Series*, 274:65–72. doi:10.1145/1306813.1306830.
- Loomis, Jack M., Reginald G. Golledge, and Roberta L. Klatzky. 1993. "Personal Guidance System for the Visually Impaired Using GPS, GIS, and VR Technologies." In . <http://www.csun.edu/cod/conf/1993/proceedings/Gsvi.htm>.
- Mahmoud, Saffa S. 2008. "A Proposed Model for Distributing e-Courses Content through Mobile Technology Architectures. in Word Academy of Science, Engineering and Technology." In Vol. 17. https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.114.9740%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&ei=UGOjUYKYNY_whQe01oDYBQ&usg

- =AFQjCNHVkCHRhEGrMs5-hh8q2B_vMmXICA&sig2=1SmIZBAh6kHNQoCrRCsudQ&bvm=bv.47008514,d.ZG4.
- Makoe, Mpine. 2010. "Linking Mobile Learning to the Student-Centered Approach" (May). <http://www.checkpoint-elearning.com/article/8044.html>.
- "Martin Dougiamas." 2013. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Martin_Dougiamas&oldid=557205235.
- Martin, Sergio, Gabriel Diaz, Elio Sancristobal, Rosario Gil, Manuel Castro, and Juan Peire. 2011. "New Technology Trends in Education: Seven Years of Forecasts and Convergence." *Computers & Education* 57 (3) (November): 1893–1906. doi:10.1016/j.compedu.2011.04.003.
- Milgram, Paul, and Fumio Kishino. 1994. "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays." *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* E77-D (12) (December 20): 1321–1329.
- Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi, and Fumio Kishino. 1995. "Augmented Reality: a Class of Displays on the Reality-virtuality Continuum." In *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2351:282–292.
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte. 2012. "Datos y Cifras. Curso Escolar 2012-2013 - Educación". Ministerio de Educación Cultura y Deporte. 30. <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/horizontales/estadisticas/indicadores-publicaciones/datos-cifras/datos-y-cifras-2012-2013-web.pdf?documentId=0901e72b81416daf>. <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/horizontales/estadisticas/indicadores-publicaciones/datos-cifras/datos-y-cifras-2012-2013-web.pdf?documentId=0901e72b81416daf>.
- Miyashita, T., P. Meier, T. Tachikawa, S. Orlic, T. Eble, V. Scholz, A. Gapel, O. Gerl, S. Arnaudov, and S. Lieberknecht. 2008. "An Augmented Reality Museum Guide." In *7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008*, 103–106. doi:10.1109/ISMAR.2008.4637334.
- "M-learning." 2013. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=M-learning&oldid=558004338>.
- Moodle. 2013. "Moodle Official Web Site." <http://www.moodle.org>.
- "Moodle - Philosophy." 2013. <http://docs.moodle.org/23/en/Philosophy>.
- Moore, P., Bin Hu, M. Jackson, and Jizheng Wan. 2009. "Intelligent Context for Personalised M-Learning." In *International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, 2009. CISIS '09*, 247–254. doi:10.1109/CISIS.2009.97.
- Moura, Adelina, and Amélia Carvalho. 2009. "Mobile Learning: Two Experiments on Teaching and Learning with Mobile Phone", January 1. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10079/1/Mobile%20learning%20-%20%20experiments-Moura%20%20Carvalho%202009.pdf>.
- Nielsen, Jakob, and Rolf Molich. 1990. "Heuristic Evaluation of User Interfaces." In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 249–256. CHI '90. New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/97243.97281. <http://doi.acm.org/10.1145/97243.97281>.
- Ozdamli, Fezile, and Nadire Cavus. 2011. "Basic Elements and Characteristics of Mobile Learning." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 28: 937–942. doi:10.1016/j.sbspro.2011.11.173.
- Paramythis, A., and S. Loidl-Reisinger. 2003. "Adaptive Learning Environments and Elearning Standards." In *Second European Conference on e-Learning*, 369–379. <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nthPcVjs2b0C&oi=fnd&pg=PA369&dq=Adaptive+Learning+Environments+and+e-Learning+Standards&ots=A8Xw-jZNVs&sig=TzgqKbjLmjclde8xHHUbs0AlwXs>.
- Parhizcar, BEHRANG, ASHRAF ABBAS M. AL-MODWAHI, ARASH HABIBI LASHKARI, MOHAMMAD MEHDI BARTARIPOU, and HOSSEIN REZA BABAE. 2011. "A Survey on

- Web-based AR Applications." *IJCSI International Journal of Computer Science Issues* 8. 4 (July 1).
- Paulsen, Morten Flate. 2003. "Experiences with Learning Management Systems in 113 European Institutions." *Educational Technology & Society* 6 (4): 134–148.
- Pishva, D., G. D Nishantha, and H. A. Dang. 2010. "A Survey on How Blackboard Is Assisting Educational Institutions Around the World and the Future Trends." In *2010 The 12th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2:1539–1543.
- Quinn, Clark. 2004. "LiNE Zine - mLearning: Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning." January 1. <http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm>.
- Reitmayr, Gerhard, and T.W. Drummond. 2006. "Going Out: Robust Model-based Tracking for Outdoor Augmented Reality." In *IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2006. ISMAR 2006*, 109–118. doi:10.1109/ISMAR.2006.297801.
- Rekimoto, J. 1998. "Matrix: a Realtime Object Identification and Registration Method for Augmented Reality." In *Computer Human Interaction, 1998. Proceedings. 3rd Asia Pacific*, 63–68. doi:10.1109/APCHI.1998.704151.
- Rose, Frank. 1987. "PIED PIPER ON THE COMPUTER." *The New York Times*, November. <http://www.nytimes.com/1987/11/08/magazine/pied-piper-on-the-computer.html?pagewanted=all&src=pm>.
- Roy Thomas Fielding. 2000. "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures". UNIVERSITY OF CALIFORNIA, IRVINE. <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>.
- Shin, Midieum, Byung-Soo Kim, and Jun Park. 2005. "AR Storyboard: An Augmented Reality Based Interactive Storyboard Authoring Tool." In *Fourth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2005. Proceedings*, 198 – 199. doi:10.1109/ISMAR.2005.12.
- Sotiriou, Sofoklis, and Franz X. Bogner. 2008. "Visualizing the Invisible: Augmented Reality as an Innovative Science Education Scheme." *Advanced Science Letters* 1 (1) (June): 114–122(9). <http://www.ingentaconnect.com/content/asp/asl/2008/00000001/00000001/art00009>.
- Starner, Thad. 2013. "Project Glass: An Extension of the Self." *IEEE Pervasive Computing* 12 (2): 14–16. doi:10.1109/MPRV.2013.35.
- Sutherland, Ivan E. 1968. "A Head-mounted Three Dimensional Display." In *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I*, 757–764. AFIPS '68 (Fall, Part I). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/1476589.1476686. <http://doi.acm.org/10.1145/1476589.1476686>.
- Ternier, Stefaan, Bernardo Tabuenca, and Marcus Specht. 2013. "ARLearn: Learning Activities and Interaction in Augmented Reality" (January 31). <http://dspace.ou.nl/handle/1820/4798>.
- Universidad de Oviedo. 2011. "MANUAL DE AYUDA PARA PROFESORES de Uniovi Virtual."
- Valdes-Corbeil, Maria Elena, and Joseph Rene Corbeil. 2007. "Are You Ready for Mobile Learning?" *EDUCAUSE Review*. <http://www.educause.edu/ir/library/pdf/EQM0726.pdf>. <http://www.educause.edu/ero/article/are-you-ready-mobile-learning>.
- Wu, Hsin-Kai, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, and Jyh-Chong Liang. 2013. "Current Status, Opportunities and Challenges of Augmented Reality in Education." *Computers & Education* 62 (March): 41–49. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.024.
- Yau, J.Y.-K., and M. Joy. 2010. "A Context-Aware Personalized M-learning Application Based on M-learning Preferences." In *2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE)*, 11–18. doi:10.1109/WMUTE.2010.15.

- Zhou, Feng, H.B.-L. Duh, and M. Billinghurst. 2008. "Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR." In *7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008*, 193 – 202. doi:10.1109/ISMAR.2008.4637362.
- Zimmermann, Andreas, Andreas Lorenz, and Reinhard Oppermann. 2007. "An Operational Definition of Context." In *Proceedings of the 6th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*, 558–571. CONTEXT'07. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1770806.1770848>.

Capítulo 12. Apéndices

12.1 Contenido Entregado en el CD-ROM

El CD entregado para este trabajo fin de Máster posee toda la documentación generada, así como el prototipo desarrollado para la plataforma Web Moodle. La estructura del CD es la que se muestra en la siguiente tabla.

Directorio	Contenido
<i>./ Directorio raíz del CD</i>	Contiene un fichero leeme.txt donde se explica la estructura, el informe de la revista JCR así como el presente documento donde se describe todo el trabajo fin de Máster.
<i>./artículos</i>	Contiene los 2 artículos de investigación redactados durante el proceso del trabajo fin de Máster. Además, se incluye la presentación expuesta en el congreso de IADIS.
<i>./prototipo</i>	Contiene el prototipo desarrollado para este trabajo.
<i>./prototipo/ariane</i>	Contiene los ficheros del módulo desarrollado para Moodle a modo de prototipo para este trabajo. Para instalar este módulo hay que copiarlo en el directorio /mod de la instalación de Moodle.
<i>./prototipo/wsariane</i>	Contiene los ficheros del servicio Web desarrollado para Moodle para poder comunicarse con herramientas externas. Para instalarlo, hay que copiarlo al directorio /local de la instalación de Moodle.
<i>./prototipo/modificación_prototipo_android</i>	Contiene los proyectos necesarios para la modificación realizada de la aplicación para dispositivos Android. Así mismo, existe un archivo "TFMApplication.apk", que es el programa ya compilado y firmado para poder instalarlo en dispositivos Android.
<i>./actas reuniones</i>	Contiene los documentos de las actas de reuniones realizadas durante este trabajo.
<i>./ejemplos</i>	Apéndices con ejemplos de código.

12.2 Artículo Integrated Authoring Tool for Mobile Augmented Reality-Based eLearning Applications

Este artículo se encuentra en el CD entregado, en el directorio “**artículos**”, con el nombre “**Integrated Authoring Tool for Mobile Augmented Reality-Based eLearning Applications.pdf**”.

12.3 Artículo Integrating Mobile-based augmented reality in eLearning environments

Este artículo se encuentra en el CD entregado, en el directorio “**artículos**”, con el nombre “**Integrating Mobile-based augmented reality in eLearning environments.pdf**”.

12.4 Ejemplo importación hacia herramienta ARLearn

Este archivo se encuentra en el CD entregado, en el directorio “**ejemplos**”. El archivo contiene el código de ejemplo de datos exportados, desde el prototipo desarrollado, para su importación en la herramienta ARLearn se llama “**json_importado-moodle_para_arlearn.txt**”

12.5 Actas de reunión

En el directorio “**actas reuniones**” del CD entregado se encuentran los documentos de las actas de reuniones efectuadas durante el desarrollo de este Trabajo Fin de Máster.