



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

Departamento de Informática y Automática

**Personalización del aprendizaje:
Framework de servicios para la
integración de aplicaciones *online* en
los sistemas de gestión del aprendizaje**

TESIS DOCTORAL

Doctorando
MIGUEL ÁNGEL CONDE GONZÁLEZ

Directores
DR. D. FRANCISCO JOSÉ GARCÍA PEÑALVO
Y
DR. D. MARC ALIER FORMENT

Abril, 2012



D. Francisco José García Peñalvo, profesor Titular de Universidad del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca y **D. Marc Alier Forment** profesor Agregado del Departamento de Ingeniería de Servicios y Sistemas de Información de la Universidad Politécnica de Cataluña, en calidad de directores del trabajo de tesis doctoral titulado “**Personalización del aprendizaje: *Framework* de servicios para la integración de aplicaciones *online* en los sistemas de gestión del aprendizaje**” y realizado por Miguel Ángel Conde González

HACEN CONSTAR

Que dicho trabajo tiene suficientes méritos teóricos contrastados adecuadamente mediante las validaciones oportunas, publicaciones relacionadas y aportaciones novedosas. Por todo ello consideran que procede su defensa pública.

En Salamanca, a 20 de Abril de 2012.

Francisco José García Peñalvo
Universidad de Salamanca

Marc Alier Forment
Universidad Politécnica de Cataluña



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

Departamento de Informática y Automática

**Personalización del aprendizaje:
Framework de servicios para la
integración de aplicaciones *online* en
los sistemas de gestión del aprendizaje**

TESIS DOCTORAL

Directores

Dr. D. Francisco José García
Peñalvo

Dr. D. Marc Alier Forment

Doctorando

D. Miguel Ángel Conde González

Abril, 2012

Agradecimientos

A lo largo de la realización de esta tesis ha habido mucha gente que me ha apoyado y soportado me gustaría de todo corazón darles las gracias por ello, el trabajo ha sido largo y no exento de complicaciones pero al final se ha completado, muchas gracias.

A mis directores, Francisco J. García Peñalvo y Marc Alier Forment, por vuestra paciencia, guía, ayuda y dedicación; por todo lo que he aprendido de vosotros estos años y espero aprender en los venideros.

Tampoco quiero olvidar a los miembros de los Grupos GRIAL y SUSHITOS por su apoyo. En especial a María José Rodríguez Conde que descubrió para mi el mundo de la experimentación y a Alberto del Pozo y Jordi Piguillem con su ayuda en la implementación.

Por otro lado también debo agradecer a Ángel Hernández su apoyo en los momentos difíciles y su ayuda para redescubrir el mundo anglosajón.

Quiero además darle las gracias a todos aquellos que han tenido que dejar de usar el *MSN*, *Facebook*, *GTalk*, etc. por mi culpa, prometo compensároslo.

Para el final he dejado a los más importantes. Agradezco de todo corazón mi familia, por estar ahí, por aguantarme, por no tenerme nada en cuenta y por ayudarme a levantar. A ti Inés, gracias por ser el faro que ilumina mi vida y darme fuerzas en los momentos malos para poder acabar este trabajo. Alejandro, tú sin haber nacido todavía has sido el acicate final para poder terminar la tesis, ahora espero dedicarte todo el tiempo que mereces.

Resumen

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) aplicadas a los procesos educativos (*eLearning*) inducen transformaciones que afectan tanto al modo en que se aprende como a las competencias digitales e informacionales que docentes y discentes tienen que adquirir. Aparecen diferentes herramientas *software* para la gestión y el desarrollo de actividades de aprendizaje. La denominada Web 2.0 introduce un conjunto de prácticas que suponen un giro hacia el usuario, que deja de ser un mero consumidor de contenidos y pasa a participar en la creación de la propia Web mediante la colaboración con sus pares. Esta tendencia aplicada al *eLearning* permite llevar a la práctica el paradigma de aprendizaje centrado en el estudiante, donde el discente pasa a tener un rol más central y protagonista en su formación. Se capacita al estudiante para guiar su aprendizaje y facilitar el aprendizaje de otros, lo que le confiere un rol más activo y protagonista.

Gracias a la aplicación de las TIC y las herramientas web 2.0, los canales de comunicación e intercambio de información se potencian, lo que facilita que se haga visible el aprendizaje informal. Este tipo de aprendizaje puede utilizarse como complemento a experiencias educativas más propias de la formación reglada y el aprendizaje no formal, asociado tradicionalmente a la formación continuada en el ámbito laboral, de forma que se enfatiza el aprendizaje a lo largo de la vida.

En esta situación se plantean varios problemas: la diversidad de tecnologías y herramientas que se utilizan en los contextos formativos supone que el estudiante tenga que utilizar muchas de ellas durante su formación, lo que puede desorientarle; debe considerarse que el aprendizaje no se limita únicamente a ámbitos educativos formales, el estudiante también aprende a lo largo de su vida en diversas situaciones; los docentes están condicionados por los contextos institucionales respecto a las herramientas con las que llevar a cabo actividades educativas; y, a pesar de la existencia de nuevas soluciones, su incorporación a los ámbitos institucionales es compleja, ya que dichos ámbitos evolucionan lentamente.

Buena parte de estos problemas quedan reflejados en las soluciones tecnológicas por excelencia que son las plataformas de aprendizaje (*Learning Management Systems* o LMS), entornos que: 1) Satisfacen los requisitos de gestión del aprendizaje de las instituciones; 2) Proporcionan a los profesores un conjunto de herramientas para gestionar los cursos, estudiantes, recursos, actividades, etc.; y 3) Suponen para los estudiantes un punto de encuentro y soporte para el seguimiento de la clase, y (en mayor o menor medida) de interacción y colaboración con otros discentes y docentes.

Estos LMS se centran en el curso, con lo que encajan con un modelo educativo basado en la clase en la que el profesor imparte unos contenidos, establecidos por un plan de estudios, a un conjunto de estudiantes, con un nivel y un ritmo de aprendizaje artificialmente uniformes. Pese a que muchos profesores sacan provecho de las posibilidades que ofrecen los LMS para ir más allá de dicho modelo, el esquema curso–profesor-clase siempre está presente en el LMS. Ante esta situación, los estudiantes necesitan otro tipo de entorno de aprendizaje que realmente satisfaga sus necesidades, les permita emplear las herramientas y servicios de aprendizaje que consideren oportunos para su formación, refleje lo que aprenden en su día a día y en el que ellos sean los últimos responsables de su formación. Este espectro tecnológico lo cubren los entornos personalizados de aprendizaje (*Personal Learning Environments*, o PLE). Los PLE no pretenden reemplazar a los LMS porque: 1) Ambos entornos dan soporte a concepciones diferentes del aprendizaje (los LMS al aprendizaje formal mientras que los PLE están más orientados a contextos informales); y 2) Los LMS tienen una gran aceptación, especialmente en el ámbito institucional, han sido utilizados durante varios años y están bien probados, tanto profesores como estudiantes están acostumbrados a su uso y las instituciones han realizado grandes inversiones en ellos. Esto supone que ambos entornos deben coexistir.

Dado este contexto, es un requisito necesario que los entornos que soportan el aprendizaje formal (LMS) y aquellos que se orientan más hacia un contexto de aprendizaje informal (PLE) tengan un cierto grado, cuanto más alto mejor, de integración e interoperabilidad. Así, sería deseable que los entornos formales pudieran exportar funcionalidades a entornos informales y, en contrapartida, la actividad que ocurre en los entornos informales pudiera reflejarse en las plataformas de gestión del aprendizaje propias de las instituciones.

Para intentar aportar una solución a este problema de interconexión e interoperabilidad de dos mundos tan diferentes, pero a la vez tan relacionados, este trabajo de tesis doctoral propone un *framework* de servicios de interoperabilidad entre los contextos institucionales y los entornos personalizados de aprendizaje o PLE. Dicho *framework* tiene una estructura básica, formada por una serie de componentes, servicios e interfaces, que facilita el intercambio de interacción e información entre estos dos contextos educativos con dos formas muy diferentes de entender las actividades de aprendizaje. Por esta razón, el *framework* se completa con un conjunto básico de escenarios de interoperabilidad entre ambos mundos. Se modelan así los patrones más comunes de interacción entre ellos. En concreto, es necesario tener en

cuenta: 1) La posibilidad de exportar información y funcionalidad de los entornos institucionales a los PLE; y 2) La posibilidad de integrar en la gestión institucional del aprendizaje (y, por tanto, del conocimiento) la actividad educativa de los discentes desarrollada en herramientas *online* externas a estas plataformas institucionales y, por ende, orientadas hacia un enfoque educativo formalizado. La aproximación tecnológica que soporta esta propuesta se basa en el uso de especificaciones de interoperabilidad y de servicios web, lo que redundará en una solución abierta a la incorporación de cualquier herramienta, flexible para soportar los cambios tecnológicos y portable para su uso en otros dispositivos. El *framework* se implementa mediante una prueba de concepto que ha servido para su validación en contextos reales.

Las experiencias piloto que se han desarrollado para validar la solución propuesta permiten afirmar, como conclusión más general, que la interoperabilidad entre los entornos tecnológicos que soportan el aprendizaje formal e informal es posible. Interoperabilidad que puede facilitar el aprendizaje del estudiante (que no necesita acceder a diferentes contextos), aporta a la institución información adicional de qué hace el estudiante en los entornos informales, amplía el conjunto de herramientas de las que dispone el profesor para realizar actividades formativas y permite que los entornos formales puedan utilizarse desde otros canales y dispositivos. En definitiva, la interoperabilidad provoca una apertura de las plataformas tecnológicas de gestión del aprendizaje y, por tanto, su evolución necesaria y consecuente con el avance tecnológico, la demanda y uso social de la tecnología aplicada en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Palabras clave: *Framework*, Servicios, Interoperabilidad, Plataforma de Aprendizaje, LMS, Entorno Personalizado de Aprendizaje, PLE, Aprendizaje Formal, Aprendizaje Informal.

Abstract

eLearning, Information and Communication Technologies (ICT) applied to education, causes changes that affect the way in which people learn and the (digital) skills set learners (and teachers) should achieve. Nowadays there are different kinds of software (online) tools for managing and developing learning activities, these tools have achieved a considerable level of maturity and adoption.

The Web 2.0 introduces a set of practices involving a shift to the user, who is no longer a content consumer and has the chance to participate in the creation of the Web, in collaboration with peers. This 2.0 trend applied to eLearning enables an online implementation of the student-centred learning paradigm, where the learner happens to have a more central role in her training. It enables the student to control her learning and help other students to learn.

In addition, through the application of ICT and web 2.0 tools, communication and channels for the exchange of information are enhanced, making it easier for informal learning to become patent. This kind of learning experiences can be used to supplement formal learning (related with the educational institutions) and non-formal learning (traditionally associated to workplace training), favouring lifelong learning.

In this situation, several problems arise: in the first place, the diversity of technologies and tools used in learning contexts force students to use many different of them during their training, and this may cause disorientation in students; secondly, we should not regard at learning as limited to formal learning environments, since people also learn throughout their life in different informal contexts (lifelong learning); third, teachers and instructors are usually constrained by their institution when it comes to the use of specific set of tools for learning activities; and finally, despite the emergence of new solutions designed for learning, their inclusion in institutional learning environments is something complex due to the slow evolution of such environments.

Many of these problems are reflected in technological solutions such as Learning Management Systems (LMS). These are systems that: 1) fulfil institutional learning management requirements; 2) provide teachers and academic staff with tools for the management of courses, students, resources, activities, etc.; and 3) they create specific areas for students in which they may perform their academic activities, supplement their lectures and (to a greater or lesser extent) collaborate with other students and teachers. These systems are focused on the course and provide with tools which not only support but also extend the traditional concept of classroom, where the teacher gives a lecture and presents some contents (which are previously

set out in a study plan) to the students, with a level and pace of learning artificially uniform. Although many teachers take advantage of the possibilities offered by the LMS to go beyond this pattern, the teacher-class-course model is always present in the LMS. In such situation students have need of other type of learning environments, which may completely fulfil their needs and allow them to use learning tools and services of their choice, show what they really learn in their daily lives, and in which they are fully responsible for their learning processes. Personal Learning Environments (PLE) address all these requirements; PLE are not a replacement for LMS because: 1) both environments support different kind of learning (LMS support formal learning while the PLE are more oriented to informal contexts); and 2) LMS have a high acceptance (especially in institutional environments), have been used during several years and are strongly tested, both teachers and students are used to using them, and institutions have made a great investment for their implementation, improvement and adaptation. All this means leads that both environments should coexist. Given this context, it is necessary that the environments which support formal learning (LMS) and those related with informal learning (PLE), have a certain degree, the higher the better, of integration and interoperability. In this way formal environments can export functionalities to the informal ones and the activity that is carried out in informal environments can be taken into account into the institutional learning platforms.

Given this context, it is necessary that the environments which support formal learning (LMS) and those related with informal learning (PLE), have a certain degree (the higher the better) of integration and interoperability. Thus, formal environments may export functionalities to the informal systems, and the activities, which take place in informal environments, may be accounted for in the institutional learning platforms.

In order to provide a solution to the interconnection and interoperability between so different (yet related) worlds, this PhD work proposes a service-based framework to enable and facilitate interoperability between institutional and personal learning environments. Such framework consists of a set of components, services and interfaces which facilitate the interaction and exchange of information between these two educational contexts. Since both perspectives should be considered, the framework is completed by a basic set of interoperability scenarios between these two worlds. With this course of action it will possible to describe the most common interaction patterns. More specifically, it is necessary to consider: 1) the possibility to export information and functionalities from the institutional environments to the PLEs; 2) the possibility to integrate the learners' activity which takes place in the external online tools with the institutional learning management systems. The technological

approach to support this proposal is based on the use of specifications for interoperability and web services, resulting in an open solution able to incorporate any tool, flexible enough to adapt to technological changes and portable for use on other devices. The framework is implemented as a proof of concept in order to validate it in real contexts.

Through the pilot experiences conducted to validate the solution it is possible to conclude that the achievement of full interoperability between the informal and formal learning environments is possible. Such interoperability helps students in their learning process (because they do not need to access to different contexts), provides additional information to the institution about what the student does in informal environments, expands the set of tools available for the teacher to design learning activities and allows using formal environments in other channels and devices. In short, interoperability leads to opening the learning management systems, and therefore their evolution, something necessary and consistent with the technological advances, users' demands and social use of the technology involved in teaching and learning processes.

Keywords: Framework, Services, Interoperability, Learning Platform, LMS, Personal Learning Environment, PLE, Formal Learning, Informal Learning.

Índice de Contenidos

CAPÍTULO 1. - INTRODUCCIÓN	17
1.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	22
1.3. METODOLOGÍA	24
1.3.1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN	27
1.3.2. METODOLOGÍAS CONCRETAS UTILIZADAS	34
1.3.2.1. Metodología Systematic Literature Review (SLR)	34
1.3.2.2. Scrum	35
1.3.2.3. Diseño cuasi-experimental	38
1.4. MARCO DE TRABAJO	39
1.5. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	44
CAPÍTULO 2. - LA APLICACIÓN DE LAS TIC AL APRENDIZAJE	47
2.1. INTRODUCCIÓN	49
2.2. ELEARNING	52
2.2.1. MODALIDADES	55
2.2.2. HISTORIA DEL ELEARNING	56
2.2.3. DEFINICIÓN	58
2.2.4. CARACTERÍSTICAS	60
2.3. EL MLEARNING	62
2.3.1. DEFINICIONES	65
2.3.2. CARACTERÍSTICAS	66
2.3.3. MODALIDADES	67
2.4. CLEARNING	69
2.4.1. DEFINICIONES	70
2.4.2. CARACTERÍSTICAS	71
2.4.3. MODALIDADES	72
2.4.3.1. CSCL	72
2.4.3.2. Las herramientas colaborativas de los LMS	74
2.4.3.3. Las redes sociales y comunidades virtuales de aprendizaje aplicadas a la educación	75
2.4.3.4. Herramientas aplicadas al aprendizaje colaborativo	77
2.5. GLEARNING	78
2.5.1. DEFINICIONES	79
2.5.2. CARACTERÍSTICAS	80
2.5.3. MODALIDADES	81
2.6. ULEARNING	82
2.6.1. DEFINICIONES	83
2.6.2. CARACTERÍSTICAS	87
2.6.3. MODALIDADES	88
2.7. OTRAS TENDENCIAS	90
2.7.1. TLEARNING	90
2.7.2. ARLEARNING	92
2.7.3. GBLEARNING	96
2.8. EL ELEARNING 2.0	97
2.8.1 WEB 2.0	99
2.8.2 USO EN LA EDUCACIÓN	101
2.9. CONCLUSIONES	103
CAPÍTULO 3. - HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL αLEARNING	107

3.1. INTRODUCCIÓN	109
3.2. LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS	110
3.2.1. EVOLUCIÓN DE LOS LMS	111
3.2.2. DEFINICIÓN DE PLATAFORMA DE APRENDIZAJE	112
3.2.2.1. LMS	112
3.2.2.2. LCMS	114
3.2.2.3. Diferencias entre LMS y LCMS	115
3.2.2.4. Hacia los ecosistemas de aprendizaje	116
3.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS LMS	118
3.2.3.1. Funcionalidades de los LMS	118
3.2.3.2. Herramientas de los LMS	120
3.2.3.3. Arquitectura	123
3.2.4. TAXONOMÍA DE LOS LMS	125
3.2.5. VENTAJAS DE LAS PLATAFORMAS DE APRENDIZAJE	127
3.2.6. PROBLEMAS O DESVENTAJAS DE LAS PLATAFORMAS DE APRENDIZAJE	129
3.3. SOA	130
3.3.1. QUÉ ES SOA	131
3.3.1.1. Historia de SOA	131
3.3.1.2. Definición	132
3.3.1.3. Características de SOA	135
3.3.1.4. Componentes fundamentales de SOA	136
3.3.1.5. Ventajas de SOA	140
3.3.2. CÓMO SE IMPLEMENTA SOA	142
3.3.2.1. Servicios Web	142
3.3.2.2. REST	145
3.3.2.3. Comparación entre REST y SOAP	149
3.3.2.4. Otras formas de implementación	149
3.3.3. MODELADO DE SOA	151
3.3.4. SOA EN EL ELEARNING	153
3.4. ESPECIFICACIONES DE INTEROPERABILIDAD	155
3.4.1. QUÉ SON LAS ESPECIFICACIONES Y LOS ESTÁNDARES	156
3.4.1.1. Organismos involucrados en la definición de un estándar	157
3.4.1.2. Tipos estándares y especificaciones	158
3.4.2. LAS ESPECIFICACIONES Y ESTÁNDARES EN EL ELEARNING	159
3.4.2.1. Algunas de las especificaciones y estándares más comunes en el eLearning	161
3.4.2.2. Ventajas del uso de estándares y especificaciones	162
3.4.2.3. Problemas que presentan los estándares y especificaciones	164
3.4.3. ESPECIFICACIONES DE INTEROPERABILIDAD	165
3.4.4. OTRAS ESPECIFICACIONES	171
3.5. PLE	173
3.5.1. RAZONES PARA LA APARICIÓN DE LOS PLE	173
3.5.2. DEFINICIÓN DE PLE	176
3.5.3. CARACTERÍSTICAS	181
3.5.4. QUÉ HERRAMIENTAS UTILIZAR PARA IMPLEMENTAR LOS PLE	184
3.5.5. QUÉ HERRAMIENTAS SE PUEDEN INCLUIR EN UN PLE	185
3.6. CONCLUSIONES	186
CAPÍTULO 4. – INTEROPERABILIDAD ENTRE LMS Y PLE: ESTADO DEL ARTE	189
4.1. INTRODUCCIÓN	191
4.2. PLANIFICACIÓN DE LA REVISIÓN	192
4.2.1. PROTOCOLO DE REVISIÓN	193
4.2.1.1. Preguntas de Investigación	193
4.2.1.2. Estrategia de búsqueda	194
4.2.1.3. Criterios de inclusión y exclusión de documentos de investigación	196
4.2.1.4. Criterios para la evaluación de la calidad de la documentación recopilada	197
4.2.1.5. Información a extraer y forma cómo se realiza la síntesis de dicha información	197

4.3. RESULTADOS DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	197
4.3.1. INTEGRACIÓN ENTRE PLE Y LMS	199
4.3.2. USO DE ESPECIFICACIONES DE INTEROPERABILIDAD EN EL CONTEXTO PLE – LMS	212
4.3.3. REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LOS PLE	222
4.3.4. ACCESO A LA INFORMACIÓN DE LOS PLE DESDE OTROS CONTEXTOS	229
4.3.5. SECURIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN INTERCAMBIADA ENTRE LMS Y PLE	234
4.4. CONCLUSIONES	238

CAPÍTULO 5. – FRAMEWORK DE SERVICIOS PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS LMS Y LOS PLE

5.1. INTRODUCCIÓN	243
5.2. PROPUESTA DE REFERENCIA	244
5.2.1. COMPONENTES DEL FRAMEWORK ARQUITECTÓNICO	247
5.2.2. ESCENARIOS DE INTEROPERABILIDAD	252
5.3. PRUEBA DE CONCEPTO	259
5.3.1. COMPONENTES DE <i>FRAMEWORK</i> ARQUITECTÓNICO PARA LA PRUEBA DE CONCEPTO	261
5.3.2. MEDIOS DE COMUNICACIÓN	269
5.3.2.1. <i>Los servicios web de Moodle</i>	269
5.3.2.2. <i>Basic LTI</i>	273
5.3.2.3. <i>IMS LTI</i>	278
5.3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE INTEROPERABILIDAD	279
5.3.3.1. <i>Escenario 1 – Exportación de una funcionalidad del LMS fuera del entorno institucional</i>	279
5.3.3.2. <i>Escenario 2 - Uso de herramientas externas en el entorno personalizado y su consideración en el entorno institucional</i>	285
5.3.3.3. <i>Escenario 3 - Adaptación de herramientas online educativas externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS</i>	288
5.3.3.4. <i>Escenario 4 - Adaptación de herramientas online externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS mediante el uso de mediador como interfaz de evaluación</i>	297
5.4. CONCLUSIONES	301

CAPÍTULO 6. – EXPERIMENTACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN	307
6.2. PILOTOS	308
6.2.1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	308
6.2.2. PILOTO 1	314
6.2.2.1. <i>Planteamiento</i>	314
6.2.2.2. <i>Resultados</i>	320
6.2.2.3. <i>Conclusiones</i>	334
6.2.3. PILOTO 2	336
6.2.3.1. <i>Planteamiento</i>	337
6.2.3.2. <i>Resultados</i>	340
6.2.3.3. <i>Conclusiones</i>	348
6.2.4. PILOTO 3	349
6.2.4.1. <i>Planteamiento</i>	349
6.2.4.2. <i>Resultados</i>	354
6.2.4.3. <i>Conclusiones</i>	365
6.2.5. CONSULTA A EXPERTOS	368
6.2.5.1. <i>Resultados de la información recopilada a partir de los expertos</i>	368
6.2.5.2. <i>Conclusiones</i>	370
6.3. CONCLUSIONES	376

CAPÍTULO 7. – CONCLUSIONS

7.1. SUMMARY	381
7.2. MAIN CONTRIBUTIONS	383
7.3. FUTURE RESEARCH LINES	389

7.4. CONTRAST OF RESULTS	391
APÉNDICES	403
APÉNDICE A. – HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LOS PLE	405
1. HERRAMIENTAS QUE SE PUEDEN UTILIZAR PARA DEFINIR UN PLE	407
2. HERRAMIENTAS A INCLUIR EN UN PLE	415
APÉNDICE B. – DIAGRAMAS DE SOPORTE A FRAMEWORK DE SERVICIOS	423
1. SERVICIOS WEB DE MOODLE	425
1.1. CONTRATOS DE SERVICIOS WEB	425
1.2. DIAGRAMAS DE MENSAJES DEL SERVICIO FORO.	433
2. ESCENARIOS	437
2.1. ESCENARIO 1	437
2.2. ESCENARIO 2	440
2.3. ESCENARIO 3	443
2.4. ESCENARIO 4	444
APÉNDICE C. – DOCUMENTOS DE SOPORTE A LA EXPERIMENTACIÓN	447
1. CUESTIONARIO EMPLEADO EN LAS EXPERIENCIAS PILOTO CON LOS ESTUDIANTES	449
2. RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS PRE Y POST TEST PARA LOS ESTUDIANTES	453
2.1. RESULTADOS DEL PRETEST	453
2.2. RESULTADOS DEL POSTEST	462
2.3. CUESTIONARIO DE PROFESORES	467
APÉNDICE D. – SIGLAS Y ACRÓNIMOS	471
APÉNDICE E. – GLOSARIO DE TÉRMINOS	477
EXTENDED ENGLISH SUMMARY	481
1. INTRODUCTION	483
1.1. RESEARCH CONTEXT	483
1.2. HYPOTHESIS AND OBJECTIVES	485
1.3. THE METHODOLOGY	486
1.3.1. <i>General Methodological Framework – Action-Research</i>	486
1.3.2. <i>Other specific methodologies used</i>	490
2. STATE OF THE ART IN INTEGRATION BETWEEN PLE AND LMS	491
2.1. METHODOLOGY APPLICATION	492
2.2. RESULTS OF THE REVIEW	493
2.2.1. <i>Is there any interaction between the PLE and the LMS? If so, how it is performed?</i>	493
2.2.2. <i>How are interoperability specifications being used in the communication between the PLE and LMS?</i>	496
2.2.3. <i>How the information exchanged is going to be represented?</i>	499
2.2.4. <i>How can access to the functionality and information of the PLE from other contexts be guaranteed?</i>	501
2.2.5. <i>How to guarantee the security of transactions between the LMS and the PLE?</i>	503
3. SERVICE-BASED FRAMEWORK TO INTEGRATE LMSS AND PLES	504
3.1. REFERENCE APPROACH	505
3.2. PROOF OF CONCEPT	510
4. PILOT EXPERIENCES	513
4.1. PILOT 1 – SCENARIO 1	514
4.2. PILOT 1 – SCENARIO 2	517
4.3. PILOT 2 – SCENARIO 3	519

4.4. PILOT 3 – SCENARIO 4	521
4.5. PILOT 3 – MOBILE SCENARIO	523
5. CONCLUSSIONS	524
5.1. MAIN CONTRIBUTIONS	527
5.2 FUTURE RESEARCH LINES	533
<u>REFERENCIAS</u>	<u>535</u>

Índice de Figuras

Figura 1. – Fases y secuencias de la Investigación-Acción (Colás & Buendía, 1992).....	26
Figura 2. – Descripción de las etapas de la metodología Investigación-Acción y su descomposición en ciclos por cada perspectiva del usuario	33
Figura 3. – Representación de Scrum para la tesis. Adaptado de (Schwaber & Beedle, 2008).....	37
Figura 4. – Representación simbólica del diseño cuasi experimental, adaptado de (Campbell & Stanley, 1963).....	39
Figura 5. – Estadísticas de penetración de Internet en la sociedad actual.....	51
Figura 6. – Representación del porcentaje de individuos por países europeos que realizan cursos online sobre el total de la población de cada país. Extraído de http://epp.eurostat.ec.europa.eu/	53
Figura 7. – Porcentaje de participación en cursos online por países en Europa. Extraído de http://epp.eurostat.ec.europa.eu/	54
Figura 8. – Comparación del porcentaje de personas que llevan a cabo cursos online en España entre 2007 a 2011. Extraído de http://epp.eurostat.ec.europa.eu/	54
Figura 9. – Modalidades de formación en función de la presencialidad y niveles de uso de Internet en función de ellas. Fuente: adaptado de (Duart & Gil, 2008).....	56
Figura 10. – Penetración de tecnología móvil desde el año 2001, incluye el número de suscripciones. Fuente http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/	64
Figura 11. – Porcentaje de suscripciones de banda ancha en el móvil del 2000 a 2011, se diferencia entre los países desarrollados, en desarrollo y la media mundial. Fuente http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/	64
Figura 12. – Dimensiones del mLearning (Sharples et al., 2007; Taylor et al., 2006).....	68
Figura 13. – Uso de las tecnologías de la información en el mundo en el período 2009-2010 y porcentaje de penetración. Fuente: (Fundación-Orange, 2011).....	70
Figura 14. – Clasificación de los sitios de redes sociales en función de la finalidad del software. Fuente: (Castañeda, González, & Serrano, 2011)	77
Figura 15. – Evolución del eLearning hacia los contextos ubicuos de aprendizaje (Liu & Hwang, 2010).....	84
Figura 16. – Concepto de uLearning (Busca, 2007).....	86
Figura 17. – Análisis comparativo de la Web 1.0 y la Web 2.0 (O'Reilly, 2007).....	98
Figura 18. Uso de las aplicaciones y servicios de Internet en España. Fuente (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011c).....	99
Figura 19. – Esquema general de un LMS.....	114
Figura 20. – Esquema básico de un LCMS (García-Peñalvo, 2008a).....	115
Figura 21. – Integración entre un LMS y un LCMS (García-Peñalvo, 2008a)	117
Figura 22. – Arquitectura básica de un LMS.....	124
Figura 23. – Elementos de una arquitectura SOA. Fuente (Endrei et al., 2004).....	137
Figura 24. – Colaboración entre los elementos de una arquitectura SOA (Endrei et al., 2004).....	138
Figura 25. – Componentes de una arquitectura SOA desde una perspectiva de integración (Rosen et al., 2008).....	139
Figura 26. – Estructura de los servicios web (Gottschalk et al., 2002).....	144
Figura 27. – Origen de la arquitectura REST a través de ciertos estilos arquitectónicos y un conjunto de principios o restricciones (Fielding, 2000)	146
Figura 28. – Ejemplo de diagrama de arquitectura con un conjunto de servicios modelado mediante SOAml.....	152
Figura 29. – Ejemplo de descripción de servicio modelado mediante SOAml.....	153
Figura 30. – Pasos para la definición de un estándar (Fuente: ADL – Advanced and Distributed Learning – http://www.adlnet.org)	157
Figura 31. – Funcionamiento básico de WSRP (Castle, 2005)	167
Figura 32. – Funcionamiento de IMS TI (IMS-GLC, 2006b).....	168
Figura 33. – Funcionamiento básico de IMS –LTI (IMS-GLC, 2007b).....	169
Figura 34. – Funcionamiento de BLTI (IMS-GLC, 2010b)	169
Figura 35. – Estructura de OSID. Fuente (OKI, 2002).....	170
Figura 36. – Distribución de los artículos que incluyen los términos de búsqueda distribuidos por categorías	198
Figura 37. – Distribución de los artículos que cumplen con las condiciones de búsqueda según su valoración.....	198
Figura 38. – Elementos constituyentes del Framework de servicios.....	246

Figura 39. – Diagrama de despliegue del framework propuesto	247
Figura 40. – Diagrama de componentes del LMS	248
Figura 41. – Diagrama de componentes de herramienta que hace uso de los servicios web del LMS..	249
Figura 42. – Diagrama de componentes de la herramienta que soporta las especificaciones de interoperabilidad	250
Figura 43. – Diagrama de componentes de un elemento mediador.....	251
Figura 44. – Descripción de la conexión entre los componentes del escenario 1	253
Figura 45. – Diagrama BPMN del escenario 1	253
Figura 46. – Descripción de la conexión entre componentes del escenario 3	254
Figura 47. – Diagrama BPMN para el lanzamiento de una instancia de una aplicación educativa por parte del profesor	255
Figura 48. – Diagrama BPMN para la recuperación de los resultados de una herramienta educativa externa.....	256
Figura 49. – Descripción de la conexión entre componentes del escenario 4	257
Figura 50. – Diagrama BPMN para lanzamiento de una actividad por parte del profesor en una herramienta externa mediante el uso del mediador	258
Figura 51. – Diagrama BPMN para recuperar los resultados de una actividad realizada en una herramienta externa.....	259
Figura 52. – Configuración del framework propuesto según las restricciones de diseño de la prueba de concepto.....	261
Figura 53. – Diagrama de despliegue del sistema para la prueba de concepto.....	262
Figura 54. – Diagrama de componentes de Moodle	265
Figura 55. – Diagrama de clases del componente Mediador.....	266
Figura 56. – Diagrama de clases del componente WidgetW3C.....	267
Figura 57. – Estructura de archivos de un widget W3C.....	268
Figura 58. – Diagrama de clases correspondiente al componente ExternalTool.....	269
Figura 59. – Arquitectura de servicios de Moodle	270
Figura 60. – Diagrama de contrato del ServicioForo (Forum Service).....	271
Figura 61. – Tipos de Mensajes en los servicios web de Moodle.....	272
Figura 62. – Diagrama de mensajes para el servicio foro.....	272
Figura 63. – Arquitectura de servicios de BLTI.....	274
Figura 64. – Diagrama de contrato de servicio para Launch	275
Figura 65. – Descripción de los tipos de mensajes en BLTI	275
Figura 66. – Diagrama de mensajes para el contrato Launch de BLTI	276
Figura 67. – Contrato de servicio BLTI Outcomes	276
Figura 68. – Diagrama de Mensajes de BLTI Outcomes.....	277
Figura 69. Diagrama de Contrato de servicio Memberships	278
Figura 70. – Diagrama de Mensajes del servicio Memberships.....	278
Figura 71. – Diagrama navegacional e imagen del widget de Foro y captura del mismo.....	280
Figura 72. – Diagrama de procesos de negocio para la actividad de listar discusiones.....	281
Figura 73. – Diagrama de arquitectura para Listar Discusiones.....	281
Figura 74. – Arquitectura para Listar Discusiones desde la perspectiva de Moodle.....	282
Figura 75. – Diagrama de contrato para el servicio de procesar petición (ProcessRequest).....	282
Figura 76. – Mensajes intercambiados durante el procesamiento de peticiones.....	283
Figura 77. – Diagrama de participantes para el listado de Discusiones (ListDiscussions).....	283
Figura 78. – Diagrama de secuencia de los mensajes intercambiados entre los componentes del sistema para devolver el listado de discusiones (ListDiscussions)	284
Figura 79. – Imagen de la versión de la aplicación para el foro accesible desde el dispositivo móvil..	285
Figura 80. – Creación de una actividad no en línea en Moodle.....	287
Figura 81. – Calificación de una actividad no en línea.....	287
Figura 82. – Diagrama navegacional del widget de Flickr e imagen del mismo.....	288
Figura 83. – Diagrama navegacional del widget de Wordpress e imagen del mismo	288
Figura 84. – Diagrama de navegación del widget y representación del mismo en el PLE.....	290
Figura 85. – Comparación entre BLTI y la propuesta del presente escenario.....	291
Figura 86. – Creación de la instancia de una actividad de la herramienta educativa en Moodle.....	291
Figura 87. – Diagrama BPMN para describir el lanzamiento de una aplicación desde Moodle.....	292
Figura 88. – Diagrama de secuencia correspondiente al lanzamiento de la actividad por primera vez	294
Figura 89. – Vista del profesor de la actividad.....	295

Figura 90. – Diagrama BPMN para describir la solicitud de notas.....	296
Figura 91. – Diagrama de navegación e imágenes del widget para Google Docs.....	298
Figura 92. – Instanciación de la actividad de tipo Google Docs.....	298
Figura 93. – Configuración de la actividad Google Docs.....	299
Figura 94. – Diagrama BPMN para el lanzamiento de la actividad por parte del profesor.....	300
Figura 95. – Listado de documentos y acceso a la visualización y a evaluación.....	300
Figura 96. – Interfaz para la evaluación de la actividad del estudiante.....	301
Figura 97. – Diagrama BPMN de lanzamiento de la actividad externa por el estudiante.....	302
Figura 98. – Descripción de la distribución de escenarios en pilotos.....	308
Figura 99. – Regiones de aceptación y rechazo en el contraste de hipótesis.....	311
Figura 100. – Cuestionario en GoogleDocs accesible via web.....	312
Figura 101. – Excel de resultados generada automáticamente a partir de los intentos de los estudiantes.....	313
Figura 102. – Datos en el SPSS.....	314
Figura 103. – Imagen del foro de Moodle como widget.....	316
Figura 104. – Reflejo de la actividad en de los estudiantes en el foro observada desde el contexto institucional.....	317
Figura 105. – Widget de Wordpress dentro de Wookie.....	319
Figura 106. – Gráfico de comparación de valores medios de los resultados de cada ítem entre el grupo de control y el experimental.....	329
Figura 107. – Diferencia de medias de los resultados del posttest para el escenario 2.....	334
Figura 108. – Resultado a la afirmación de opinión 1 para el escenario 1.....	335
Figura 109. – Resultado de la afirmación de opinión 2 para el escenario 1.....	336
Figura 110. – Resultado de la opinión de los estudiantes que prueban el sistema respecto a la afirmación planteada para el escenario 2.....	336
Figura 111. – Imagen del widget de cuestionario online desplegado en un contenedor de widgets....	339
Figura 112. – Comparación de medias de los ítems del posttest para el grupo de control y experimental del escenario 3.....	348
Figura 113. – Resultado a la afirmación de opinión para el escenario 3.....	349
Figura 114. – Imagen del widget de Google Docs desplegado en un contenedor de widgets.....	351
Figura 115. – Imagen de la versión de la aplicación HTML5 para el foro accesible desde el dispositivo móvil.....	353
Figura 116. – Resultado a la afirmación de opinión para el escenario 4.....	366
Figura 117. – Resultado a la afirmación de opinión para el escenario móvil.....	367
Figura 118. – Distribución de la muestra de expertos respecto al sexo.....	368
Figura 119. – Distribución de la muestra de expertos respecto al tipo de profesorado.....	368
Figura 120. – Pregunta 1 sobre el escenario 1 a expertos.....	371
Figura 121. – Pregunta 2 sobre el escenario 1 a expertos.....	371
Figura 122. – Pregunta 3 sobre el escenario 1 a expertos.....	371
Figura 123. – Pregunta 1 sobre el escenario 2 a expertos.....	372
Figura 124. – Pregunta 2 sobre el escenario 2 a expertos.....	372
Figura 125. – Pregunta 1 sobre el escenario 3 a expertos.....	373
Figura 126. – Pregunta 2 sobre el escenario 3 a expertos.....	374
Figura 127. – Pregunta 1 sobre el escenario 4 a expertos.....	374
Figura 128. – Pregunta 2 sobre el escenario 4 a expertos.....	375
Figura 129. – Pregunta 1 sobre el escenario móvil a expertos.....	375
Figura 130. – Posible ejemplo de un PLE por Scott Wilson. http://zope.cetis.ac.uk/members/scott/blogview?entry=20050125170206	421
Figura 131. – Diagrama de contrato del Servicio Autenticación (Authentication).....	425
Figura 132. – Diagrama de contrato para el Servicio de Blog.....	426
Figura 133. – Diagrama de contrato del Servicio de Calendario (Calendar).....	426
Figura 134. – Diagrama de contrato para el Servicio de Curso (Course).....	427
Figura 135. – Diagrama de contrato del Servicio de Notas (Grade).....	428
Figura 136. – Diagrama de contrato del Servicio Grupos (Groups).....	429
Figura 137. – Diagrama de contrato para el Servicio de Idioma (Lang).....	429
Figura 138. – Diagrama de contrato para el Servicio de Logging.....	430
Figura 139. – Diagrama de contrato del Servicio de Mensajería (Message).....	430
Figura 140. – Diagrama de contrato del Servicio de Glosario (Glossary).....	431
Figura 141. – Diagrama de contrato para el Servicio Lección (Lesson).....	431

Figura 142. – Diagrama de contrato de Servicio Recurso (Resource)	432
Figura 143. – Diagrama de contrato del Servicio de Roles	433
Figura 144. – Diagrama de mensajes para el servicio foro 2	434
Figura 145. – Diagrama de mensajes para el servicio foro 3	435
Figura 146. – Diagrama de mensajes para el servicio foro 4	436
Figura 147. – Diagrama de contexto foros (Forums)	437
Figura 148. – Diagrama de contexto discusiones (Discussions).....	438
Figura 149. – Diagrama de contexto Posts.....	438
Figura 150. – Diagrama de contrato del servicio listar discusiones (ListDiscussions).....	439
Figura 151. – Diagrama de mensajes para el servicio listar discusiones (ListDiscussions)	439
Figura 152. – Diagrama de contrato del servicio de verificación de usuario (VerifyUser).....	440
Figura 153. – Diagrama de mensajes del servicio verificación de usuario (VerifyUser).....	440
Figura 154. – Diagrama de contexto Home del widget de Flickr	441
Figura 155. – Diagrama de contexto grupos (Groups) del widget de Flickr	441
Figura 156. – Diagrama de contexto colección de fotos (Photosets) del widget de Flickr.....	442
Figura 157. – Diagrama de contexto subida (Upload) de fotos del widget de Flickr	442
Figura 158. – Diagrama de contexto listado de post (PostList) del widget de Flickr.....	443
Figura 159. – Diagrama de contexto Post del widget de Flickr.....	443
Figura 160. – Diagrama de contexto para el listado de actividades (ActivityList) del widget correspondiente a la actividad educativa externa.....	444
Figura 161. – Diagrama de contexto para el cuestionario (Quizz) del widget correspondiente a la actividad educativa externa.....	444
Figura 162. – Diagrama de contexto para el listado de documentos (DocumentList) del widget Google Docs.....	445
Figura 163. – Diagrama de contexto para el contexto vista de documento (DocumentView) del widget de Google Docs.....	445
Figura 164. – Diagrama de secuencia para el lanzamiento de la actividad por parte del profesor	446
Figura 165. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 1 del pretest dentro del grupo de control..	453
Figura 166. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 1 del pretest dentro del grupo experimental 1	454
Figura 167. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 1 del pretest dentro del grupo experimental 2	454
Figura 168. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 2 del pretest dentro del grupo de control..	454
Figura 169. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del pretest dentro del grupo experimental 1	454
Figura 170. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del pretest dentro del grupo experimental 2	455
Figura 171. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del pretest dentro del grupo de control.....	455
Figura 172. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del pretest dentro del grupo experimental 1	455
Figura 173. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del pretest dentro del grupo experimental 2	455
Figura 174. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del pretest dentro del grupo de control.....	456
Figura 175. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del pretest dentro del grupo experimental 1	456
Figura 176. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del pretest dentro del grupo experimental 2	456
Figura 177. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del pretest dentro del grupo de control.....	456
Figura 178. – Porcentaje de repuestas de la pregunta 5 del pretest dentro del grupo experimental ..	457
Figura 179. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del pretest dentro del grupo de control.....	457
Figura 180. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del pretest dentro del grupo experimental.	457
Figura 181. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del pretest dentro del grupo de control.....	457
Figura 182. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del pretest dentro del grupo experimental.	458
Figura 183. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del pretest dentro del grupo de control.....	458
Figura 184. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del pretest dentro del grupo experimental.	458
Figura 185. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del pretest dentro del grupo de control.....	458
Figura 186. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del pretest dentro del grupo experimental.	459
Figura 187. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 10 del pretest dentro del grupo de control	459

<i>Figura 188. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 10 del pretest dentro del grupo experimental</i>	459
<i>Figura 189. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 11 del pretest dentro del grupo de control</i>	459
<i>Figura 190. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 11 del pretest dentro del grupo experimental</i>	460
<i>Figura 191. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 12 del pretest dentro del grupo de control</i>	460
<i>Figura 192. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 12 del pretest dentro del grupo experimental</i>	460
<i>Figura 193. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 13 del pretest dentro del grupo de control</i>	460
<i>Figura 194. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 13 del pretest dentro del grupo experimental</i>	461
<i>Figura 195. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 14 del pretest dentro del grupo de control</i>	461
<i>Figura 196. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 14 del pretest dentro del grupo experimental</i>	461
<i>Figura 197. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 15 del pretest dentro del grupo de control</i>	461
<i>Figura 198. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 15 del pretest dentro del grupo experimental</i>	462
<i>Figura 199. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 16 del pretest dentro del grupo de control</i>	462
<i>Figura 200. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 16 del pretest dentro del grupo experimental</i>	462
<i>Figura 201. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 1 del postest dentro del grupo de control.....</i>	463
<i>Figura 202. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 1 del postest dentro del grupo experimental</i>	463
<i>Figura 203. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del postest dentro del grupo de control.....</i>	463
<i>Figura 204. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del postest dentro del grupo experimental</i>	463
<i>Figura 205. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del postest dentro del grupo de control.....</i>	464
<i>Figura 206. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del postest dentro del grupo experimental</i>	464
<i>Figura 207. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del postest dentro del grupo de control.....</i>	464
<i>Figura 208. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del postest dentro del grupo experimental</i>	464
<i>Figura 209. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del postest dentro del grupo experimental</i>	465
<i>Figura 210. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del postest dentro del grupo experimental</i>	465
<i>Figura 211. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del postest dentro del grupo de control.....</i>	465
<i>Figura 212. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del postest dentro del grupo experimental</i>	465
<i>Figura 213. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del postest dentro del grupo de control.....</i>	466
<i>Figura 214. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del postest dentro del grupo experimental</i>	466
<i>Figura 215. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del postest dentro del grupo de control.....</i>	466
<i>Figura 216. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del postest dentro del grupo experimental</i>	466
<i>Figura 217. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del postest dentro del grupo experimental</i>	467
<i>Figura 218. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del postest dentro del grupo experimental</i>	467
<i>Figure 219. – Description of the phases of the Action-Research methodology and the subcycles depending on the different perspectives of the user</i>	490
<i>Figure 220. – Distribution of the papers by search terms categories (part A) and by rating (part B).</i>	493
<i>Figure 221. – Components of the service-based framework.....</i>	506
<i>Figure 222. – Reference approach deployment diagram.....</i>	507
<i>Figure 223. – Framework set-up including proof of concept restrictions</i>	511
<i>Figure 224. – Deployment diagram of the system for the proof of concept.....</i>	512

Índice de Tablas

Tabla 1. – Posible evolución del eLearning.....	62
Tabla 2. – Diferencias entre el eLearning, mLearning y uLearning en función de variables prácticas y teóricas. Traducido y adaptado de (Liu & Hwang, 2010).....	85
Tabla 3. – Siglas para describir los LMS ordenadas por popularidad. Fuente extraída y adaptada de (SCOPEO, 2011a).....	111
Tabla 4. – Comparación entre LMS y LCMS (Boneu, 2007).....	116
Tabla 5. – Correspondencia características-funcionalidades-herramientas.....	122
Tabla 6. – Resumen REST y SOAP adaptado de Navarro (Navarro, 2007).....	149
Tabla 7. – Algunas especificaciones y estándares utilizados en el eLearning. Se describe la categoría en que se pueden incluir, su grado de madurez/adopción y una descripción.....	161
Tabla 8. – Listado-resumen de las características de los PLE según diferentes autores	182
Tabla 9. – Algunas de las fuentes documentales consultadas.....	195
Tabla 10. – Muestra de alguno de los artículos utilizados con su referencia, descripción y evaluación.....	199
Tabla 11. – Distribución de trabajos en función de los escenarios de Wilson y otros (2007) y de las características de las propuestas consideradas.....	211
Tabla 12. – Características y ejemplos de algunas especificaciones de interoperabilidad utilizadas en el ámbito de LMS-PLE para la integración de herramientas.....	221
Tabla 13. – Ejemplos de representación de información entre el LMS y el PLE.....	227
Tabla 14. – Formas de representar estos mash-ups	229
Tabla 15. – Iniciativas de representación de los PLE en otros contextos.....	233
Tabla 16. – Medios para posibilitar la seguridad de la información en el intercambio entre LMS y PLE.....	237
Tabla 17. – Descripción de la experiencia piloto 1.....	315
Tabla 18. – Distribución de la muestra entre los grupos experimentales y de control.....	320
Tabla 19. – Resultados de las cuestiones de control para el grupo experimental.....	322
Tabla 20. – Resultado de las cuestiones de control para el grupo de control.....	322
Tabla 21. – Resultados de la prueba T de Student para muestras independientes para comparar los valores de los ítems de control.....	323
Tabla 22. – Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para compara los valores de los ítems de control.....	324
Tabla 23. – Resultados del pretest para el grupo experimental y escenario 1	324
Tabla 24. – Resultados del posttest para el grupo experimental y escenario 1	325
Tabla 25. – Resultados del pretest para el grupo de control y escenario 1.....	326
Tabla 26. – Resultados de posttest para el grupo de control y escenario 1.....	326
Tabla 27. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes comparando los resultados de pretest.....	327
Tabla 28. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el Pretest en el escenario 1.....	327
Tabla 29. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes comparando los resultados del posttest para el escenario 1	328
Tabla 30. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el posttest	328
Tabla 31. – Resultados del pretest en el grupo experimental para el escenario 2.....	330
Tabla 32. – Resultados del posttest en el grupo experimental para el escenario 2.....	330
Tabla 33. – Resultados pretest del grupo de control para el escenario 2	331
Tabla 34. – Resultados del posttest del grupo de control para el escenario 2.....	331
Tabla 35. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes para los resultados del pretest del escenario 2	332
Tabla 36. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para los datos del pretest del escenario 2..	332
Tabla 37. – Resultado de la prueba T para muestras independientes comparando los resultados del posttest para el escenario 2.....	333
Tabla 38. – Resultados de la prueba U de Mann Whitney para los datos del posttest en el escenario 2	333
Tabla 39. – Tabla resumen de la información del piloto 2	337
Tabla 40. – Distribución de la muestra del experimento en función del sexo y grupo de individuos	340
Tabla 41. – Resultados de las cuestiones de control para el grupo experimental para piloto 2 y el escenario 3.....	341

Tabla 42. – Resultados de la prueba T de Student para muestras independientes para comparar los valores de los ítems de control.....	342
Tabla 43. – Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para compara los valores de los ítems de control	342
Tabla 44. – Resultados del pretest para el grupo experimental en el escenario 3.....	343
Tabla 45. – Resultados del postest para el grupo experimental en el escenario 3.....	344
Tabla 46. – Resultados del pretest para el grupo de control en el escenario 3	345
Tabla 47. – Resultados del postest para el grupo de control en el escenario 3	345
Tabla 48. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes, se comparan los resultados del pretest para el escenario 3.....	346
Tabla 49. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el pretest en el escenario 3.....	346
Tabla 50. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes, se comparan los resultados del postest para el escenario 3	347
Tabla 51. – Resultados de la prueba U de Mann Whitney para los datos del postest en el escenario 3	347
Tabla 52. – Tabla resumen de la información del piloto 3	350
Tabla 53. – Resultados del pretest para el grupo experimental en el escenario 4.....	355
Tabla 54. – Resultados del postest para el grupo experimental en el escenario 4.....	355
Tabla 55. – Resultados del pretest para el grupo de control en el escenario 4	356
Tabla 56. – Resultados del postest para el grupo de control en el escenario 4	356
Tabla 57. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes al comparar los resultados del pretest para el escenario 4.....	357
Tabla 58. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el pretest en el escenario 4.....	357
Tabla 59. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes al comparar los resultados del postest para el escenario 4	358
Tabla 60. – Resultados de la prueba U de Mann Whitney para los datos del postest en el escenario 4	358
Tabla 61. – Distribución de la muestra del experimento en función de la posesión de una tablet o un smartphone.....	359
Tabla 62. – Resultados respecto a los ítem de control para el grupo experimental en el escenario móvil	360
Tabla 63. – Resultados respecto a los ítem de control para el grupo de control en el escenario móvil.....	360
Tabla 64. – Resultados de la prueba T de Student para el ítem de control del escenario móvil	361
Tabla 65. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el ítem de control del escenario móvil	361
Tabla 66. – Resultados del pretest para el grupo experimental en el escenario móvil.....	362
Tabla 67. – Resultados del postest para el grupo experimental en el escenario móvil.....	362
Tabla 68. – Resultados del pretest para el grupo de control en el escenario móvil	363
Tabla 69. – Resultados del postest para el grupo de control en el escenario móvil	363
Tabla 70. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes que compara los resultados del pretest para el escenario móvil.....	364
Tabla 71. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el postest en el escenario móvil.....	364
Tabla 72. – Resultado de la prueba T para muestras independientes para comparar los resultados del postest para el escenario móvil.....	364
Tabla 73. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para los datos del postest en el escenario móvil.....	365
Tabla 74. – Resultados de expertos para los escenarios 1, 2 y 3	369
Tabla 75. – Resultados de expertos para los escenarios 4 y escenario móvil.....	370
Tabla 76. – Distribución de las preguntas del cuestionario pretest para estudiantes en pilotos y escenarios.....	451
Tabla 77. – Distribución de las preguntas del cuestionario postest para estudiantes en pilotos y escenarios.....	453
Tabla 78. – Distribución de las preguntas del cuestionario para los profesores en escenarios.....	469
Table 79. – Results of the Student's T-test for scenario 1	515
Table 80. – The results fo the Mann-Whitney U test for the scenario 2	516
Table 81. – Results of the Student's T-test for scenario 2.....	518
Table 82. – The results of the Mann-Whitney U test for the scenario 2	518
Tabla 83. – Results of the Student's T-test for scenario 3.....	520
Table 84. – The results of the Mann-Whitney U test for the scenario 3	520

<i>Table 85. – Results of the Student's T-test for scenario 4.....</i>	<i>522</i>
<i>Table 86. – The results of the Mann-Whitney U test for the scenario 4.....</i>	<i>522</i>
<i>Table 87. – Results of the Student's T-test for the mobile scenario</i>	<i>523</i>
<i>Table 88. – The results of the Mann-Whitney U test for the mobile scenario.....</i>	<i>524</i>

CAPÍTULO 1. - Introducción

Con el presente capítulo se pretende describir el problema y dar a conocer las ideas que dan origen a la presente tesis. Esto supone describir el contexto inicial en el que se enmarca la investigación, en el que toman especial importancia la aplicación de las TIC a los procesos de enseñanza/aprendizaje, las ventajas potenciales que tiene esa aplicación y sobre todo sus inconvenientes. Se profundiza en las herramientas existentes más utilizadas y se determinan los problemas que estas presentan desde el punto de vista de sus actores principales. Dados esos problemas y, teniendo especialmente en cuenta la necesidad de una interacción entre los entornos formales e informales de aprendizaje, se propone una hipótesis de partida, un objetivo principal para poder demostrar esa hipótesis y una serie de objetivos parciales que facilitan el cumplimiento del primero.

Una vez establecido el contexto es necesario determinar el marco metodológico a utilizar para poder abordar el trabajo de investigación, en concreto se va a emplear la metodología Investigación-Acción, que facilita la evolución del trabajo desarrollado a través de diferentes iteraciones y tiene en cuenta la retroalimentación de los actores involucrados. Dicha metodología se complementa por otras herramientas en las diferentes etapas de que consta la tesis.

Dado ese marco metodológico debe conocerse también el marco de trabajo de la tesis, es decir el contexto en que se desarrolla. Esto implica la descripción de los grupos de investigación involucrados en la misma, GRIAL de la Universidad de Salamanca y SUSHITOS de la Universidad Politécnica de Cataluña, sus líneas de investigación y proyectos relacionados.

Finalmente, de cara a facilitar la lectura de este documento, se describe la estructura del mismo en capítulos y apéndices

1.1. Contexto de la investigación

A lo largo del tiempo los procesos de aprendizaje, al igual que otros ámbitos, se ven influenciados por el contexto que los rodea, es decir, por las tendencias pedagógicas, sociológicas, tecnológicas, políticas, etc. En este sentido cabe destacar la aparición de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (García-Peñalvo, 2005).

El empleo de las TIC, y especialmente de Internet, en el ámbito de la educación supone una revolución en la forma en que se enseña y se aprende, con mención especial a la aparición del concepto de *eLearning* y a la proliferación de plataformas de aprendizaje y de contenidos para estos nuevos contextos (García-Peñalvo, 2005; García-Peñalvo, 2008b). Sin embargo, esa aplicación de las TIC al aprendizaje, no tiene asociadas las ventajas que se esperaban de ella, como sí se han obtenido en otras áreas (Trucano, 2005; Webb, 2009). Debido principalmente a: 1) La resistencia al cambio por parte de la institución y los docentes a la hora de introducir “nuevas” tecnologías en los entornos formales de aprendizaje (Mott & Wiley, 2009; Piscitelli, Adaime, & Binder, 2010); 2) La aplicación innecesaria de la tecnología por seguir modas o tendencias (Chadwick, 2001); 3) La necesidad de alfabetización digital para reducir la brecha entre nativos e inmigrantes digitales (estudiantes y profesores respectivamente) (Bennett, Maton, & Kervin, 2008; Prensky, 2001c); 4) La falta de integración entre los entornos formales, informales y no formales de aprendizaje (Piscitelli et al., 2010); 5) Y, por último, y no por ello menos importante, la gran cantidad de aplicaciones educativas creadas sin tener en cuenta al discente.

A partir de estos problemas, puede observarse una divergencia en cuanto a las tecnologías que utilizan los discentes para aprender en entornos no formales y aquellas propuestas por las instituciones. Desde las instituciones se plantea el aprendizaje en entornos controlados con un conjunto predeterminado de herramientas y recursos (que en ocasiones pueden evolucionar). Sin embargo, los discentes no solo aprenden en esos entornos, sino que aprenden a lo largo de su vida usando distintas tecnologías (Downes, 2010). Dado este contexto, se deberían considerar los dos tipos de entornos de aprendizaje.

Por un lado se tienen las plataformas de aprendizaje (*Learning Management Systems*, o LMS). Los LMS, que aparecen a mediados de los noventa, proporcionan herramientas que extienden y dan soporte al concepto tradicional de clase, ya que se centran básicamente en ayudar a los profesores, gracias a que ponen un especial énfasis en facilitar las tareas administrativas y de gestión relativas al aprendizaje (lo que incluye herramientas de gestión documental, automatización de la corrección de

cuestionarios, espacios de discusión, etc.) (Avgeriou, Papasalouros, Retalis, & Skordalakis, 2003). Para los estudiantes los LMS suponen espacios concretos en los que poder llevar a cabo sus actividades lectivas o con los que se complementan sus clases. Estas plataformas de aprendizaje han tenido una gran aceptación, algo demostrado por el alto índice de adopción por parte de las instituciones educativas (Arroway, Davenport, Guangning, & Updegrove, 2010; Browne et al., 2010; Prendes, 2009), así como en la realización de actividades formativas dentro de las empresas (Wexler et al., 2008). No obstante, estas herramientas no resuelven problemas como los mencionadas anteriormente (Brown & Adler, 2008; Cuban, 2001) ya que: 1) no están centrados en el usuario sino en la institución y en el curso (Attwell, 2007b); 2) no ofrecen soporte al aprendizaje a lo largo de la vida (*lifelong learning*) (Attwell, 2007a; Weigel, 2001); 3) no dan soporte a la incorporación de nuevas tendencias tecnológicas (como pueden ser las herramientas 2.0, el uso otros contextos que no sean web, etc.) (Ajjan & Hartshorne, 2008; Casquero, Portillo, Ovelar, Benito, & Romo, 2010) así como a la posibilidad de evolucionar (Mott & Wiley, 2009).

Por estas razones los estudiantes no utilizan solamente este tipo de plataformas. Se hacen necesarios entornos más adaptados a sus necesidades, abiertos a la inclusión de todo tipo de tecnologías innovadoras y de las herramientas que ellos utilizan para aprender. Además en estos contextos se debe considerar un cambio de enfoque, las herramientas no van a estar tan focalizadas en el curso o la institución sino que se centran en los gustos y necesidades específicas del estudiante. Es necesario personalizar el aprendizaje, dotar al discente con espacios y herramientas que pueda configurar según sus necesidades educativas, y no solo dentro de la institución sino en cualquier momento de su día a día (Attwell, 2007b).

Estas nuevas plataformas son los Entornos Personalizados de Aprendizaje (*Personal Learning Environments*, PLE) (Wilson et al., 2007). Espacios que buscan facilitar el aprendizaje al usuario, al permitir que este utilice aquellas herramientas que considere oportunas para aprender (normalmente con las que están familiarizados), sin estar vinculados a un entorno institucional concreto o a un período de tiempo específico (Adell & Castañeda, 2010). Con los PLE el discente pasa a ser el responsable de su propio aprendizaje, al poder determinar qué herramientas va a usar para aprender, al pasar de ser consumidor a proveedor de aprendizaje, y al aprender al relacionarse con los demás, pero según sus necesidades específicas, etc. (Adell & Castañeda, 2010; Schaffert & Hilzensauer, 2008).

Sin embargo, la introducción de los PLE no supone sustituir necesariamente con ellos a los LMS (Adell & Castañeda, 2010). Como ya se ha comentado, los LMS han tenido

mucho éxito tanto para instituciones como para estudiantes, están suficientemente probados, los usuarios saben utilizarlos, las instituciones han realizado inversiones para que funcionen adecuadamente, etc. (Sclater, 2008). Además, el hecho de que la responsabilidad del aprendizaje pueda recaer sobre el estudiante no quiere decir que no deba haber cierto control por parte de las entidades educativas (especialmente en actividades de formación reglada). Esto supone que los LMS se utilicen como entornos formales de formación, mientras que los PLE constituyen ecosistemas informales de aprendizaje.

El hecho de que existan dos entornos supone que el estudiante tenga que acceder a dos contextos diferentes. Por un lado, el entorno institucional, donde se requiere mantener un seguimiento de la actividad del estudiante y al que este accede para completar programas de aprendizaje formal, por otro lado el PLE, que le permite el uso de las herramientas educativas más allá de las propuestas definidas por la institución. Esto significa que al discente pueda descontextualizarse y, por tanto, también se corre el riesgo de una desmotivación.

Para evitarlo debe tenerse especialmente en cuenta cómo ambos entornos interoperan, es decir, cómo se intercambia información, interacción, funcionalidades, acceso, etc., lo que convierte a estos servicios de interoperabilidad en indispensables, ya que de esta forma se facilita: 1) el seguimiento y control de la actividad del estudiante en su entorno personalizado desde el LMS, lo que posibilita la consideración de lo que ocurre a lo largo de la vida del discente en entornos informales y no formales desde dentro de la institución; 2) el enriquecimiento del entorno personalizado al introducir funcionalidades propias del entorno institucional y al facilitar su combinación con las herramientas que el estudiante usa para aprender; 3) el enriquecimiento y apertura de los LMS, al poder considerar otras herramientas y funcionalidades no incluidas inicialmente; 4) la portabilidad de las funcionalidades institucionales, no solo a contextos personales sino también a otros dispositivos; 5) el acceso del discente a las herramientas de aprendizaje, que no tendría, necesariamente, que acceder a dos entornos diferentes.

¿Pero es posible conseguir que espacios como los PLE y LMS, con diferentes funcionalidades y herramientas, implementados en diferentes lenguajes y que plantean el aprendizaje desde diferentes perspectivas, “hablen” entre sí? Este trabajo lo que pretende es definir un *framework* que facilite este tipo de interoperabilidad. Es decir, considerar la actividad en las herramientas informales que constituyen el PLE desde el LMS y, además, posibilitar la extracción de información e interacción de las plataformas de aprendizaje hacia los PLE, lo que facilita la accesibilidad de esta

información y funcionalidad desde diferentes contextos. De esta forma, el entorno formal podría enriquecerse con actividades informales y el discente podría llevar a cabo su aprendizaje sin necesidad de acceder a entornos institucionalizados. O lo que es lo mismo, se busca una aproximación que facilite la difuminación de las barreras entre lo formal e informal, al posibilitar la integración e interoperabilidad de LMS y PLE. En ningún caso se va tratar de definir un nuevo modelo de PLE o ampliar un LMS para incorporar nuevas herramientas, sino de definir un *framework* de servicios que facilite la interoperabilidad entre los entornos de aprendizajes más tradicionales y los que se centran en las necesidades específicas de los usuarios.

1.2. Hipótesis y objetivos

Una vez que se ha presentado el contexto del problema que origina este trabajo doctoral, se enuncia la siguiente hipótesis:

Es posible definir aproximaciones que faciliten la interoperabilidad entre los PLE y las plataformas educativas tradicionales, con el objetivo de facilitar el aprendizaje del discente y garantizar el reflejo de la actividad informal dentro del entorno institucional. Estas aproximaciones deben proporcionar canales para el intercambio de información e interacción entre ambos entornos. De manera que se posibilite tanto la exportación de funcionalidades de las plataformas de aprendizaje institucionales a entornos personalizados en diferentes contextos; como la integración dentro del entorno institucional, de la actividad desarrollada en las herramientas *online* que componen los entornos personalizados de aprendizaje.

Consecuentemente, el objetivo principal de este trabajo de investigación es:

La definición de un *framework* que, al hacer uso de las arquitecturas orientadas a servicios, las especificaciones de interoperabilidad y estrategias de representación de información, permita que los LMS puedan integrarse con los PLE (accesibles tanto desde contextos tradicionales, como la Web, como desde otros contextos que favorezcan diferentes características, como por ejemplo la movilidad) y la actividad desempeñada en estos últimos quede reflejada dentro del entorno institucional para su consideración de cara a la evaluación y certificación del aprendizaje del discente.

Para la consecución de este objetivo principal se consideran los siguientes objetivos parciales:

- Estudiar la aplicación de las tecnologías en el aprendizaje para establecer el contexto en que se desarrolla la tesis, para distinguir las diferentes modalidades de formación en función del soporte tecnológico utilizado. De manera que se pueda analizar como ha evolucionado y sigue evolucionando el *eLearning* y como el *framework* a definir va a ser capaz de aprovechar esa evolución.
- Analizar las principales herramientas utilizadas en el *eLearning* así como aquellas que facilitan que evolucione. De esta forma es posible tener una idea clara de qué herramientas existen, con especial énfasis en su escalabilidad y sus posibilidades de evolución.
- Conocer las limitaciones y características de los elementos que facilitan la comunicación entre herramientas de aprendizaje, con especial hincapié en las especificaciones de interoperabilidad existentes en el momento de llevar a cabo esta investigación, de cara a facilitar la definición de una propuesta arquitectónica. Se pretende tener el conocimiento suficiente de las iniciativas existentes en este sentido para salvar sus inconvenientes y a la vez posibilitar la evolución del *framework* a definir sin comprometer la explotación del sistema.
- Estudiar y analizar la investigación previa desarrollada en cuanto a la comunicación entre los PLE y los LMS, para: determinar si utilizar alguna de las opciones existentes o partir de cero, considerar las posibles formas en que representar la información en los entornos de aprendizaje, investigar cómo garantizar la seguridad de las transacciones, etc.
- Desarrollar *framework* de servicios que facilite el acceso a las actividades formativas definidas dentro de un LMS, desde un entorno externo, para posibilitar el seguimiento de esas y otras actividades formativas ajenas al mismo. Esto supone definir, diseñar e implementar un conjunto de escenarios de interoperabilidad que contemplan la exportación de funcionalidades del LMS otros entornos y contextos; así como la posibilidad de recuperar no solo la información de qué hace el estudiante en las funcionalidades exportadas, sino también en otro tipo de actividades que pueden haber sido concebidas como herramientas educativas o no.
- Garantizar flujos de información seguros entre los LMS y los PLE. El *framework* de servicios a realizar debe facilitar canales que permitan la interacción y el intercambio de información basados en arquitecturas orientadas a servicios y especificaciones de interoperabilidad. De forma que sea posible una comunicación independiente de las implementaciones de las plataformas de aprendizaje y fácilmente escalable, requisito imprescindible en el sistema.

- Desarrollar un piloto del sistema PLE, que posibilite la validación del mismo y de su comunicación con uno o varios LMS en contextos de aprendizaje reales. De esta manera no solo se valida el sistema, sino también va a ser posible mejorarlo a partir de las opiniones de estudiantes y profesores.

1.3. Metodología

Esta propuesta pretende, como ya se ha comentado, definir un *framework* basado en servicios que facilite la comunicación entre entornos formales e informales como son los LMS y PLE respectivamente. Esto supone que se facilite una comunicación bidireccional entre ambos entornos de manera que sea posible por un lado exportar la funcionalidad de la plataforma al entorno personalizado y, por otro, que desde el entorno institucional pueda tenerse en cuenta lo que el estudiante hace en el PLE, sin que este tenga que acceder a la plataforma de aprendizaje de la entidad educativa.

Dicho *framework* involucra tres actores principales: 1) la institución, que gracias a esta propuesta va a ser capaz de adecuarse a las necesidades de los usuarios y de evolucionar con mayor facilidad; 2) los estudiantes, que no necesitan acceder a otros entornos que no sean sus PLE, desde los que pueden aprender a través de herramientas exportadas del entorno institucional y de otras que ellos utilicen; 3) los profesores, que van a disponer de un conjunto más amplio de herramientas para plantear actividades formativas y tener un mayor conocimiento de lo que hace el estudiante fuera del entorno institucional, lo que les permite una evaluación más completa.

Durante la investigación es necesario tener en cuenta a estos actores, sus opiniones, cómo se ven afectados, cómo cambian su forma de trabajar, etc. Como consecuencia de ello, el tipo de metodología a aplicar debe facilitar una continua evolución derivada de acciones, experimentaciones y cambios, algo acorde con lo que promueve la metodología Investigación-Acción (Lewin, 1946).

El término Investigación-Acción es utilizado por primera vez por Kurt Lewin en 1944. Describe una forma de investigación que liga el enfoque experimental de las ciencias sociales con programas de acción social para resolver problemas existentes en un contexto de aplicación. Mediante la Investigación-Acción, Lewin argumentaba que se podían lograr en forma simultánea avances teóricos y cambios sociales. La Investigación-Acción para Lewin consiste en análisis, recolección de información, conceptualización, planificación, ejecución y evaluación, pasos que luego se repiten (Lewin, 1946).

Según Baskerville (1999) la Investigación-Acción no se refiere a un método de investigación concreto, sino a una clase de métodos que tienen en común las siguientes características:

- Orientación a la acción y al cambio.
- Focalización en un problema.
- Un modelo de proceso orgánico que engloba etapas sistemáticas y algunas veces iterativas.
- Colaboración entre los participantes.

Estas características se adecuan a las necesidades del trabajo de investigación ya que se focaliza en permitir la interoperabilidad entre entornos de aprendizaje como los PLE y los LMS, se basa en la investigación, la experimentación, la evaluación y el cambio y van a considerar la participación en el proceso de los actores cuya retroalimentación (obtenida a partir de la realización de experiencias piloto) sirve para la mejora del *framework* y permite cambiar la forma en la que se utilizan estos entornos de aprendizaje.

Según Kemmis & Mc Taggart (1988) las características de la Investigación-Acción son las siguientes:

- Se plantea para cambiar y mejorar las prácticas existentes, bien sean educativas, sociales y/o personales.
- Se desarrolla de forma participativa, es decir, en grupos que plantean la mejora de sus prácticas sociales o vivenciales.
- Metodológicamente se desarrolla mediante un proceso en espiral que incluye cuatro fases: Planificación, Acción, Observación y Reflexión.
- Se convierte en un proceso sistemático de aprendizaje ya que implica que las personas realicen análisis críticos de las situaciones (clases, centros o sistemas) en las que están inmersos, induce a que las personas teorizen acerca de sus prácticas y exige que las acciones y teorías se sometan a prueba.

De acuerdo a estas características, según Colás y Buendía (1992) la metodología de Investigación-Acción está compuesta de fases y secuencias (Figura 1).

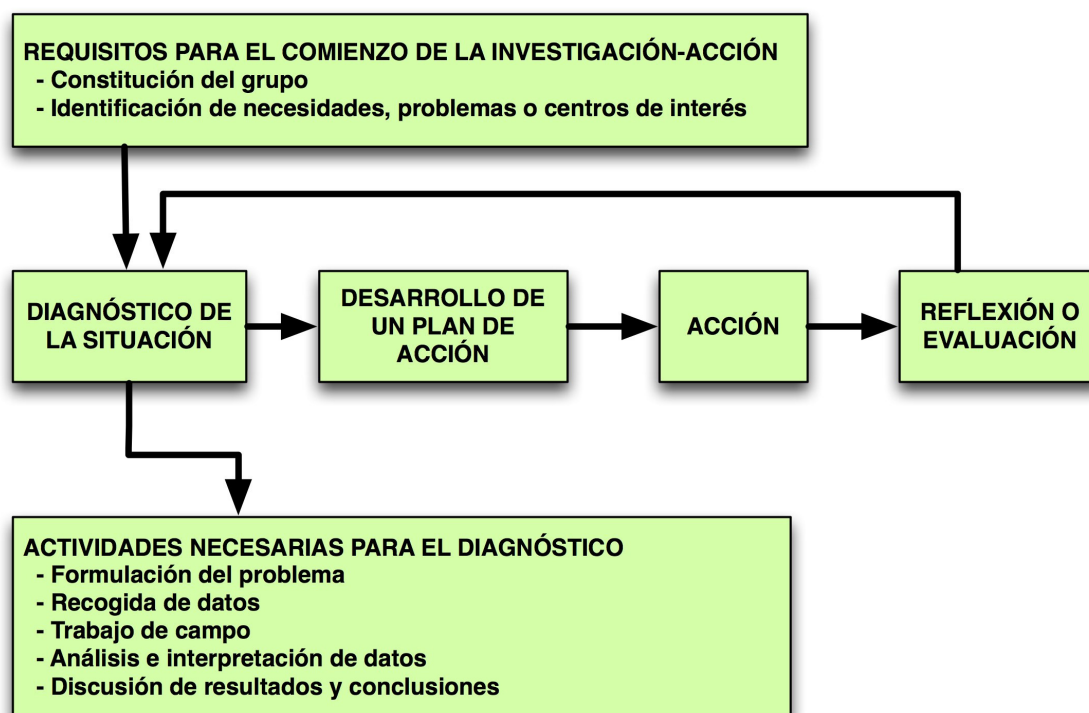


Figura 1. – Fases y secuencias de la Investigación-Acción (Colás & Buendía, 1992)

En primer lugar se realiza la identificación de las necesidades, problemas o centros de interés, punto de partida por otra parte esencial en cualquier investigación. A partir de esta información se realiza un diagnóstico, para lo que es necesario formular un problema concreto, realizar un trabajo, recoger datos para luego analizarlos, etc. Posteriormente, y en función de los datos anteriores, se realiza un plan de acción que ayude a mejorar la situación. El plan de acción se puede llevar a cabo según una serie de etapas descritas por Padak y Padak (1994) de la siguiente forma:

- **Planificación.** Identificar las cuestiones relevantes que han de guiar la investigación, las cuales deben estar directamente relacionadas con el objeto que se está investigando y ser susceptibles de encontrarles repuestas. En esta actividad se buscan caminos alternativos, líneas a seguir o reforzar algo existente. El resultado es que se definen claramente otros problemas o situaciones a tratar. Algunos autores distinguen entre diagnóstico (identificar los problemas iniciales) y planificación (especificar acciones para resolver dichos problemas).
- **Acción.** Variación de la práctica, cuidadosa, deliberada y controlada. Es cuando el investigador interviene sobre la realidad.
- **Observación.** Recoger información, tomar datos, documentar lo que ocurre. También se conoce como evaluación.

- **Reflexión.** También se conoce como especificación del aprendizaje. Significa compartir y analizar los resultados con el resto de interesados, de tal manera que se invite al planteamiento de nuevas cuestiones relevantes y como añade Wadsworth (1998) a profundizar en la materia que se está investigando para proporcionar conocimientos nuevos que puedan mejorar las prácticas, para modificarlas como parte del propio proceso investigador, para luego volver a investigar sobre estas prácticas una vez modificadas. En algunas variantes de Investigación-Acción no es un etapa realmente, sino un proceso continuo que ocurre durante todo el tiempo.

Debido a estas características, el proceso de Investigación-Acción es iterativo, de forma que se avanza en soluciones cada vez más refinadas mediante la compleción de ciclos, en cada uno de los cuales se ponen en marcha nuevas ideas, que son puestas en práctica y comprobadas en el ciclo siguiente, tal como se muestra en la Figura 1. Este ciclo caracteriza al método de Investigación-Acción como un proceso reflexivo de aprendizaje y búsqueda de soluciones. El carácter cíclico supone volver a evaluar o plantear las acciones o caminos a seguir, mediante la ponderación de diagnóstico y reflexión.

En el próximo apartado se comenta cómo se aplica la metodología dentro de este trabajo de tesis doctoral.

1.3.1. Aplicación de la metodología Investigación-Acción

Durante la realización de esta tesis se sigue Investigación-Acción como marco metodológico general, que determina la forma en que se va a abordar este trabajo de investigación, aunque no es la única metodología que se ha utilizado. Algunas de las tareas que se llevan a cabo dentro de ese marco Investigación-Acción siguen metodologías específicas. Estas metodologías se mencionan en las etapas de la Investigación-Acción y se describen en el apartado 1.3.2.

La metodología Investigación-Acción requiere de una serie de etapas como ya se ha comentado. Estas podrían plantearse de forma secuencial y sería posible una realimentación de cara a mejorar las acciones llevadas a cabo. En este caso, dada la magnitud del problema y para facilitar su comprensión, se va a tener un ciclo de etapas generales complementados con “mini-ciclos” correspondientes a las diferentes perspectivas en que se ha dividido el problema. Por cada etapa de Investigación-Acción hay unos aspectos generales y otros específicos de estas subdivisiones (esta distribución puede observarse en la Figura 2).

Las etapas de la metodología Investigación-Acción durante esta tesis son:

- Diagnóstico del problema. Gracias a la observación y participación en entornos relativos a la gestión del aprendizaje, y sobre la base de las experiencias de aprendizaje derivadas de la aplicación de las TIC a la educación, se percibe una dicotomía entre los instrumentos utilizados para el aprendizaje que propone la institución y los que utilizan los estudiantes. Las instituciones utilizan las plataformas de aprendizaje como elemento canalizador del mismo (desde ellas se gestionan los cursos, los estudiantes, se proporcionan herramientas a los profesores, etc.). Sin embargo, esta forma de gestionar el aprendizaje no ha proporcionado los resultados esperados y, como en otros ámbitos (Web 2.0, redes sociales), se da un giro hacia el usuario. El estudiante utiliza otras herramientas y servicios en sus procesos formativos, que no son exclusivamente los institucionales y, además, no aprende solo en el ámbito de asignaturas regladas y cursos académicos, sino en cualquier momento y lugar (algo fomentado además por la proliferación de los dispositivos móviles y de la posibilidad de utilizar tarifas de datos desde ellos). Estas herramientas y servicios forman parte de los Entornos Personalizados de Aprendizaje.

Es, por tanto, evidente que existen dos contextos diferentes según la perspectiva de los actores involucrados en el proceso de aprendizaje y que, en la mayoría de los casos, estos contextos no se comunican entre sí. Esto supone que el estudiante tenga que acceder a su entorno institucional y a su entorno personalizado por separado, lo que puede hacerle perder el contexto en el que se encuentra estudiando; que la actividad que el estudiante desempeña en el entorno no tenga reflejo en el ámbito formal; y que en muchos casos las plataformas institucionales no puedan crecer y abrirse mediante la incorporación de funcionalidades de interés para los usuarios como aquellas presentes en los PLE o abrirse a su uso desde otros contextos como los dispositivos móviles.

Ante esta situación, se observa la necesidad de definir formas de comunicación entre estos tipos de entornos y no solo en los contextos tradicionales. De ahí que se plantee la definición de un *framework* que permita la integración de herramientas. Este *framework* debe basarse en servicios y especificaciones de interoperabilidad de cara a garantizar la escalabilidad y portabilidad de la propuesta.

Es por tanto evidente que el problema que se presenta es relativo a la comunicación e integración de sistemas de aprendizaje, que se debe plantear una propuesta de comunicación y evaluarse desde varias perspectivas (que consideren todos los actores presentes en los procesos de aprendizaje). La complejidad apreciada en el problema y todas las perspectivas a considerar supone que el problema se vaya descomponer en una serie de subproblemas que siguen las mismas etapas investigación-acción. En concreto dentro del diagnóstico del problema se tiene en cuenta:

- Subproblema 1. Exportación de la funcionalidad de los LMS a otros entornos de aprendizaje y otros contextos. En este caso se debe considerar cómo conseguir que herramientas o funcionalidades propias de las plataformas de aprendizaje puedan llevarse a los entornos personalizados en diferentes contextos (PCs, teléfonos móviles, *tablets*, etc.). Esto debe hacerse independientemente de la implementación de ambos contextos y la actividad que se realice en el elemento funcional exportado debe quedar reflejada en el LMS.
- Subproblema 2. Consideración de las actividades externas llevadas a cabo fuera del LMS, sin interactuar con la plataforma. La mayor parte de las plataformas facilitan el uso de herramientas externas u *offline*, lo que supone que el profesor deba acceder a varios entornos para evaluar la actividad del estudiante.
- Subproblema 3. Integración de la actividad del usuario en herramientas *online* externas de carácter educativo. Existen gran cantidad de herramientas educativas que el discente podría utilizar como simuladores, herramientas CASE (*Computer Aided Software Engineering*), herramientas para gestionar y compartir contenidos, etc. Estas herramientas pueden formar parte del PLE del estudiante y es interesante que la actividad que se realice en ellas tenga reflejo en el entorno institucional.
- Subproblema 4. Integración de la actividad del usuario en herramientas *online* externas independiente de su cometido. Al igual que con las herramientas educativas, existe otra gran variedad de herramientas que pueden utilizarse en actividades formativas sin estar definidas para tal fin. Estas herramientas también pueden incluirse en los entornos personalizados y es necesario recuperar la actividad que en ellas realizan los estudiantes para su reconocimiento en el entorno formal.

- Desarrollo de un plan de acción. Para poder llevar a cabo la investigación desde cualquiera de las perspectivas, en primer lugar se analiza el contexto tecnológico de la misma, para lo que se lleva a cabo una revisión bibliográfica que permita acotar, por un lado, como afecta la aplicación de las TIC al aprendizaje y, por otro, cuáles son las principales herramientas involucradas en estos procesos. Esto permite comprobar la gran cantidad de posibilidades que aportan las TIC, que permiten pasar del mero concepto de *eLearning* a otros que involucran muy diferentes tecnologías, en lo que va a denominarse como *aLearning*. Poder aprovechar estas tecnologías requiere del uso eficiente de un conjunto de herramientas, entre las que se pueden encontrar los LMS y los PLE, para lo que existen diferentes formas de implementación, algunas de las cuales facilitan la apertura y escalabilidad de estos sistemas, como las especificaciones de interoperabilidad y las arquitecturas orientadas a servicios. Una vez establecido el contexto de la investigación es necesario evaluar las aportaciones que los diferentes autores han llevado a cabo en torno a la interacción entre los LMS y los PLE. Para ello se realiza una revisión del estado del arte según la metodología SLR (*Systematic Literature Review*) (Kitchenham & Charters, 2007). De esta forma, gracias a una serie de preguntas de investigación relacionadas con el problema a solventar (o en este caso las diferentes perspectivas), se consideran las posibilidades existentes, sus ventajas y sus problemas .

A partir de esta información se lleva a cabo un *framework* de servicios que incluye un conjunto de escenarios de interoperabilidad, que tratan de solventar el problema planteado según las perspectivas descritas durante el diagnóstico del problema. Es decir, se define un contexto tecnológico común para todas las perspectivas y se realiza un estado del arte que las va a tener en cuenta al considerar el problema (hay que tener en cuenta cómo exportar e importar funcionalidad entre LMS y PLE, cómo se consideran las herramientas externas que se usan en el PLE, el uso de especificaciones y estándares para la comunicación entre ambos contextos, así como otros aspectos referentes a estas interacciones, los contextos en que se realizan y su seguridad). A partir de este contexto tecnológico se hacen propuestas de escenarios de interoperabilidad que se corresponden con esas perspectivas:

- Escenario 1. Escenario de exportación de la funcionalidad del LMS. En concreto se plantea un escenario para la exportación de la funcionalidad del LMS al PLE y también del LMS a un entorno personalizado en un dispositivo móvil.

- Escenario 2. Escenario de uso de herramientas externas en el PLE y su consideración en el LMS sin interacción entre ambos.
- Escenario 3. Integración en el LMS de la actividad realizada por el usuario en herramientas educativas *online* incluidas en su PLE.
- Escenario 4. Integración en el LMS de la actividad realizada por el usuario en herramientas *online* incluidas en su PLE.
- Acción y Observación. Para poder validar la adecuación del *framework* de servicios se realiza una implementación dirigida por la metodología Scrum (Schwaber, 2004). En concreto para cada uno de los escenarios anteriormente planteados se lleva a cabo una implementación que tiene como elementos comunes el uso de *Moodle* (<http://www.moodle.org>) como LMS, *widgets* W3C (W3C, 2008b) para la representación de las aplicaciones y *Apache Wookie (Incubating)* (Wookie, 2009) como contenedor de *widgets* y entorno personalizado. Además, por cada escenario se hacen implementaciones concretas que utilizan la capa de servicios web de *Moodle*, para garantizar la portabilidad de funcionalidades y especificaciones de interoperabilidad, para recuperar la información de la actividad realizada por los estudiantes en otros entornos de aprendizaje.

Una vez implementada la arquitectura se va a tratar de validar desde un punto de vista cualitativo los escenarios de interoperabilidad propuestos. Para ello se han diseñado tres experimentos piloto mediante un diseño cuasi-experimental. Estos experimentos se han realizado con los estudiantes de diferentes grupos de la asignatura Gestión de Proyectos correspondiente al Curso de Adaptación al Grado (equivalente a último año de carrera) y con estudiantes de Administración de Proyectos Informáticos de quinto curso de Ingeniería en Informática de la Universidad de Salamanca. Estas experiencias piloto permiten evaluar cada uno de los escenarios y, por tanto, cada una de las partes del problema que se presenta. En concreto la distribución entre escenarios y pilotos sería:

- Piloto 1. Escenario 1 con la exportación del foro de *Moodle* y escenario 2 con el uso en el PLE de la representación de la aplicación *Flickr* (<http://www.flickr.com>) y *Wordpress* (<http://wordpress.org>).
- Piloto 2. Escenario 3 con la integración de la actividad del usuario en herramientas educativas externas dentro de *Moodle*.

- Piloto 3. Escenario 4 con la integración de la actividad del usuario en *Google Docs* (<http://docs.google.com>) y la variación del escenario 1 que contempla la exportación de funcionalidades a contextos diferentes (en este caso el foro de *Moodle* en dispositivos móviles como *smartphones* y *tablets*).

Los estudiantes interactúan con las herramientas y realizan una serie de cuestionarios para evaluar estos escenarios.

Estos tres experimentos se completan con una serie de entrevistas a expertos involucrados en estos procesos, los profesores. Para ello a cada experto se le ha realizado una entrevista semi-estructurada, en la que se le ha mostrado la implementación realizada, se le ha permitido interactuar con ella y se les ha realizado un cuestionario.

- Reflexión o evaluación. Los resultados de los cuestionarios se evalúan de cara a determinar la adecuación de los escenarios de interoperabilidad. El hecho de utilizar un diseño cuasi-experimental para los experimentos supone (como se explica en el próximo apartado) establecer unas hipótesis para cada escenario y comprobar su cumplimiento mediante un estudio estadístico de la variación de resultados, antes y después del experimento, entre los estudiantes que utilizan las herramientas y los que no lo van a hacer. De esta forma se puede evaluar el cambio significativo, desde la perspectiva de los discentes, al respecto de la aplicación de cada uno de esos escenarios.

Por otro lado, también se dispone de información de los profesores. Se han considerado profesores de distintos ámbitos (universitarios, primaria y secundaria, formación continua), cuyos estudiantes están en diferentes niveles y rangos de edad. Esta información se tiene en cuenta a la hora de poder mejorar las herramientas y formas de recuperar la información incluidas en la propuesta.

Además, ambos resultados se cruzan y comparan para elaborar conclusiones acerca de cada uno de los escenarios de interoperabilidad propuestos. Esto permite adaptar los escenarios planteados para que realmente puedan mejorar el aprendizaje del estudiante y las posibilidades formativas del profesor. Permiten detectar cuáles son los puntos fuertes del sistema definido, así como los elementos que podrían considerarse para mejorar, lo cual permitiría realizar cambios para obtener una solución más adecuada. También de estas experiencias es posible comenzar a considerar otros posibles escenarios de

interoperabilidad que el *framework* podría soportar y no se han tenido en cuenta inicialmente.

En la Figura 2 se observan las diferentes etapas junto con la división en sub-etapas para cada una de las perspectivas del problema.

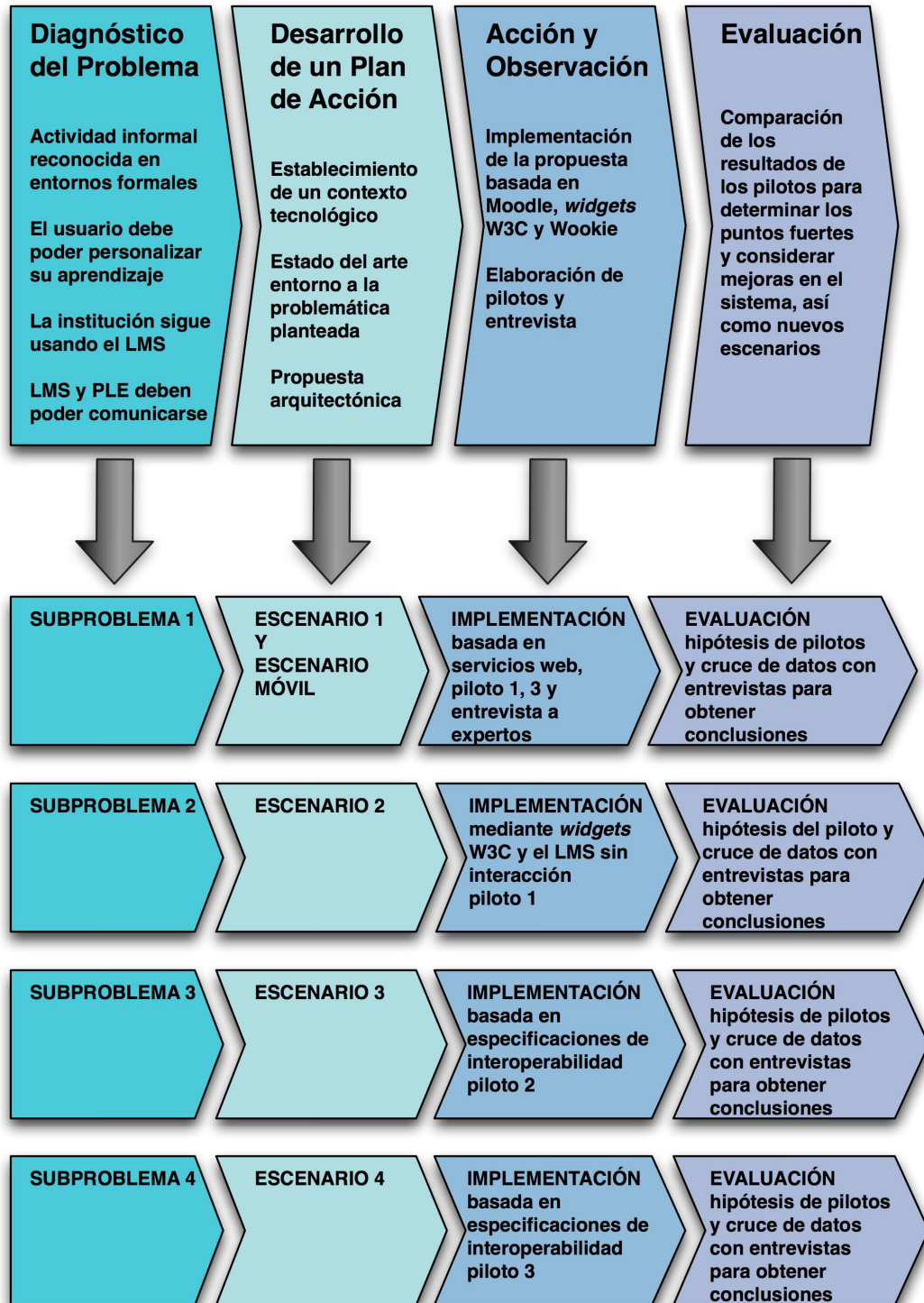


Figura 2. – Descripción de las etapas de la metodología Investigación-Acción y su descomposición en ciclos por cada perspectiva del usuario

1.3.2. Metodologías concretas utilizadas

Como ya se ha comentado, aunque se utiliza la metodología Investigación-Acción como marco metodológico general de la tesis, se aplican otras metodologías para algunas de las acciones individuales que se llevan a cabo. A continuación se describe cada una de ellas en el orden en que se van a aplicar.

1.3.2.1. Metodología *Systematic Literature Review (SLR)*

Esta metodología se ha utilizado para la elaboración del estado del arte. Se trata de una metodología descrita por Kitchenham y Charters (2007) y redefinida en Kitchenham et al. (2009). En concreto esta metodología proviene de una adaptación de guías para la investigación en el ámbito médico y se ha adaptado a su uso en el ámbito de la Ingeniería del *Software*. Es especialmente útil:

- Para resumir las evidencias relativas a un procedimiento o tecnología.
- Para investigar posibles agujeros en las teorías de cara a definir áreas de investigación.
- Para definir un *framework* o un contexto que permita plantear nuevas actividades de investigación.
- Para ver como las evidencias respaldan o contradicen la teoría.

Esto supone que, en esta tesis, tenga especial cabida debido a que facilita el descubrimiento de temas sin abordar o problemas sin resolver en el estado del arte.

En concreto esta metodología supone la aplicación de un conjunto de fases que son las siguientes:

- Planificación de la revisión. Esto supone identificar la idoneidad de llevar a cabo una revisión de la bibliografía concreta y establecer un protocolo para hacerla efectiva. Para evaluar la idoneidad se debe considerar si existe algún SLR sobre el tema y si aborda ya el tema contemplado sobre la misma perspectiva, así como otros estudios existentes al respecto y su disponibilidad. En cuanto a la definición de un protocolo de revisión va a ser necesario:
 - Definir unas preguntas de investigación a las que se está tratando de responder con el SLR.
 - Definir la estrategia a utilizar para buscar artículos representativos que incluyan los términos de búsqueda y los tipos de recursos a buscar, bases de datos, revistas y *proceedings*, capítulos de libros y otras fuentes.

- Definir criterios de selección para incluir o excluir un artículo, cómo se va a evaluar, cómo los asesores ayudan a determinar la validez del artículo y cómo se van a resolver las diferencias de opinión.
- Evaluar la calidad de los estudios a considerar. Se deben elaborar un *checklist* para determinar la validez de los estudios.
- Definir cómo se extraen y validan los datos de los estudios y si es necesario algún tipo de manipulación.
- Especificar la forma en que se sintetizan los datos extraídos.
- Establecer un calendario de proyecto. Esto supone un plan de revisión.
- Conducir la revisión. Consiste en aplicar el protocolo previamente definido sobre los contenidos a los que se tiene acceso. Es decir, hacer un estudio de otras revisiones, buscar información según diferentes criterios de búsqueda, analizar las publicaciones recopiladas según los diferentes tipos de literatura (no es lo mismo un informe técnico, que un artículo en un congreso, que una entrada de un *blog*), documentar y la búsqueda realizada y recopilar referencias bibliográficas, seleccionar los estudios según los criterios establecidos en el protocolo, chequear con expertos la fiabilidad de los criterios de inclusión y exclusión, medir la calidad de la documentación obtenida a través de elementos de medición, diseño de procedimientos para la extracción de los datos, elaborar un resumen de la información obtenida y revisar de forma cruzada con expertos y autores.
- Realizar un informe de la revisión. Por último, se debe realizar un informe de la información obtenida con atención a ciertos criterios de calidad y la revisión realizada por autores y expertos. Este informe permite recoger la información que se requiere respecto a las preguntas de investigación y detectar los problemas no resueltos por otras publicaciones.

La forma en que se ha aplicado esta metodología está descrita en el Capítulo 4 de la presente tesis.

1.3.2.2. Scrum

De cara a la implementación de la propuesta arquitectónica y del *framework* propuesto definido en esta tesis, que posteriormente va a probarse por actores reales del proceso formativo, es necesario seguir algún tipo de metodología. Dada la naturaleza del proyecto, en el que el equipo de desarrollo es pequeño y los requisitos pueden variar, se considera óptimo el uso de los denominados procesos ágiles y, en concreto, se ha optado por usar Scrum.

Scrum no es una metodología de análisis, ni de diseño, como es por ejemplo, el Proceso Unificado (Jacobson, Booch, & Rumbaugh, 1999). Es una metodología de gestión del trabajo. Se trata de un *framework* de desarrollo ágil que dispone el proceso, las reglas, las prácticas, los roles y los artefactos necesarios para aumentar la productividad de un equipo de desarrollo que está basado en un ciclo de creación de *software* iterativo e incremental (Schwaber & Beedle, 2008).

La aplicación de Scrum implica un proceso continuo de prueba y aprendizaje, donde las reglas y las prácticas se deben ajustar hasta encontrar la configuración más conveniente del *framework* para la realidad del grupo de trabajo y de sus condiciones. Esto resulta muy adecuado para las implementaciones de esta propuesta ya que al tratarse de una prueba de concepto y al existir varios experimentos, los resultados de unos pueden suponer cambios en la implementación de los otros.

Los elementos básicos de Scrum son los siguientes:

- El *Product Backlog*. Es el elemento más importante de Scrum, en torno al que se realiza todo el proceso de desarrollo. Básicamente, es una lista compuesta por las características, requisitos, necesidades técnicas, *bugs* o cualquier elemento relacionado con el desarrollo del producto. Existe un único *Product Backlog* por cada proyecto.
- *Sprint*. Cada una de las iteraciones de que se componen la realización del proyecto.
- *Sprint Planning*. Es una reunión previa al desarrollo de un *Sprint* y en ella se clarifican y ponen de acuerdo la mayoría de puntos relevantes relacionados con el *sprint* siguiente. Es uno de los eventos más importantes de Scrum, junto con la *Sprint Review* que se realiza al final del *Sprint*.
- *Sprint Backlog*. Una vez que se ha terminado el *Sprint Planning* y se tienen correctamente clarificados los ítems que van a construirse durante el *Sprint* siguiente, es momento de construir el *Sprint Backlog*. Esta segunda lista sirve al equipo para mantenerse centrado en qué tiene que hacer durante el actual *Sprint* en el que se ve inmerso.
- *Daily Scrum*. Es una reunión diaria que permite realizar un seguimiento exhaustivo del estado del *Sprint*. En ella, los miembros del equipo aclaran, cada uno, tres puntos de lo que hicieron ayer, qué van a hacer hoy y qué problemas se están encontrando.

- *Sprint Review*. Es la oportunidad de echar la vista atrás y comprobar las evoluciones del *Sprint* y qué problemas se encontraron.
- *Demo*. Permite observar los avances alcanzados durante el *Sprint*.

Durante el proceso de desarrollo implicado en este proyecto de investigación, como ya se ha comentado, se utiliza Scrum. Para ello, al principio de este proyecto, en el *Product Backlog* se establecen las tareas fundamentales de implementación e integración para que el proyecto se lleve a cabo exitosamente, como pueden ser definir la capa de comunicación, integrar el entorno personalizado a través del contenedor de *widgets*, implementar los *widgets* para cada escenario (foro, *Flickr*, *Wordpress*, herramienta educativa y *Google Docs*), los mensajes BLTI a intercambiar, etc. En total se identifican hasta nueve tareas que se van a priorizar. Cada una de ellas se descompone por parte del equipo de trabajo en elementos abordables desde un punto de vista de implementación, y estos elementos son los que se implementan en cada *Sprint*. Estos *Sprints* se estiman en 21 días, y por cada uno de ellos se obtiene un incremento *software*. En total, durante la tesis, se realizan 12 *Sprints*, lo que supone que varias tareas se descomponen en más de un *Sprint*. Un ejemplo de este proceso puede observarse en la Figura 3.

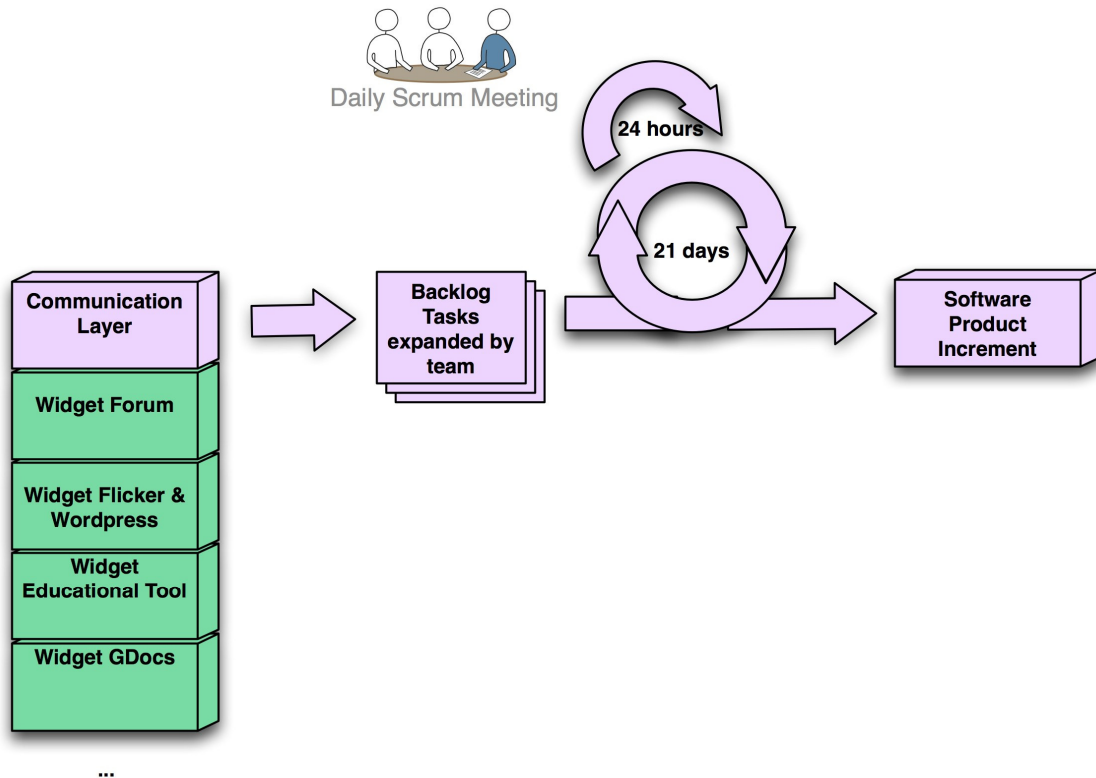


Figura 3. – Representación de Scrum para la tesis. Adaptado de (Schwaber & Beedle, 2008)

1.3.2.3. Diseño cuasi-experimental

Durante la fase de experimentación de esta tesis se debe aplicar algún tipo de metodología para la validación cualitativa de los escenarios de interoperabilidad planteados. En este caso se va a utilizar una metodología denominada Diseño cuasi-experimental (Campbell & Stanley, 1963).

El Diseño cuasi-experimental es una metodología de experimentación aplicable en contextos en los que falta algo para satisfacer las necesidades de los verdaderos experimentos. Dicha metodología, al igual que la de otros experimentos, se basa en relaciones de causalidad entre variables dependientes e independientes. La principal carencia, que normalmente se les achaca, es la no asignación de sujetos de forma aleatoria a las distintas condiciones experimentales. Es decir, se da la manipulación de la variable independiente y se da también algún control de la situación experimental y de las variables secundarias; pero no hay aleatoriedad en la asignación de los sujetos a los grupos experimentales y de control (Campbell & Stanley, 1963). En el caso de la presente tesis no se asignan sujetos aleatoriamente a grupos de experimentación, sino que se utilizan los grupos previamente establecidos de estudiantes en la titulación escogida para desarrollar los pilotos.

Dentro de los diseños cuasi-experimentales pueden distinguirse tres tipos de pruebas (Dendaluze, 1994; Nieto & Necamán, 2010): diseño entre grupos no equivalentes, diseño intragrupo de series temporales interrumpidas y diseño intrasujeto o sujeto único.

Durante la presente tesis, y puesto que se dispone de grupos de estudiantes preestablecidos, se utiliza el “diseño entre grupos con grupo de control no equivalente”. En este caso se trata de dos grupos de sujetos en los que se mide un conjunto de variables en un momento inicial, se realiza un experimento con uno de los grupos (grupo experimental), mientras que el otro sigue trabajando de la forma habitual (grupo de control) y, finalmente, se evalúa el rendimiento de ambos grupos y se comprueba si el grupo experimental presenta mejores resultados que el grupo de control.

La representación de este tipo de experimentos es la que se muestra en la Figura 4, de forma que el grupo experimental y de control se observan en un primer momento (representado por la O), se aplica el experimento en el grupo experimental (X) y se vuelve a observar los resultados en ambos (O).

Grupo Experimental	O	X	O
Grupo de Control	O		O

Figura 4. – Representación simbólica del diseño cuasi experimental, adaptado de (Campbell & Stanley, 1963).

Durante la experimentación se dividen los sujetos en dos grupos (los grupos de la asignatura Gestión de Proyectos antes mencionada), se formulan una serie de hipótesis por cada escenario de interoperabilidad a validar, se realiza un cuestionario inicial aplicado a ambos grupos, se realiza el experimento con el grupo experimental y se les pasa un nuevo cuestionario de nuevo a ambos grupos. Después se comparan y evalúan los resultados y se elaboran una serie de conclusiones. Si hay una diferencia significativa entre el grupo de control y el experimental las hipótesis planteadas se consideran válidas. Para más información acerca de la aplicación concreta de esta metodología puede consultarse el Capítulo 6.

1.4. Marco de trabajo

La presente tesis surge como fruto de la colaboración entre el grupo de investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca y el grupo de investigación GESSI de la Universidad Politécnica de Cataluña (y en concreto el subgrupo SUSHITOS).

GRIAL (GRupo de Investigación en InterAcción y *eLearning* – <http://grial.usal.es>) es un *Grupo de Investigación Reconocido* de la Universidad de Salamanca y *Grupo de Excelencia* de la Junta de Castilla y León. Está compuesto por un nutrido grupo de investigadores de diferentes ámbitos de conocimiento, en el que predominan los perfiles técnicos y pedagógicos, pero cuenta también con expertos en gestión de proyectos de *eLearning* procedentes del ámbito de las Humanidades, Ciencias Experimentales, etc. Las principales líneas de investigación del grupo se refieren a aspectos como: Sistemas interactivos para el aprendizaje, Tecnologías para el aprendizaje, Ingeniería Web y Arquitectura del *Software*, Metodología del aprendizaje *online*, Calidad y evaluación en educación, Teoría de la comunicación y Gestión estratégica del conocimiento y de la tecnología.

SUSHITOS (*Services for Ubiquitous Social and Humanistic Information Technologies and Open Source* - <http://sushitos.essi.upc.edu/>) es un grupo de investigación dentro del grupo GESSI (*Grupo de investigación en Ingeniería del Software para los Sistemas de Información*) de la Universidad Politécnica de Cataluña. Entre otros campos, el grupo SUSHITOS se centra en la Educación (*eLearning*, *mLearning*, elaboración de contenidos digitales, estándares de interoperabilidad para el aprendizaje, etc.), los

sistemas de información aplicados a ciencias humanísticas (genealogía y búsqueda de documentos históricos), *software* como servicios y desarrollo sostenible.

Es evidente que existen similitudes en los ámbitos que abarcan ambos grupos, lo que lleva a una trayectoria de investigación conjunta. Esta colaboración se concreta en artículos y proyectos de investigación.

En cuanto a los artículos en función de las áreas de investigación contempladas se tiene:

- *mLearning* y arquitecturas orientadas a servicios. Se explora este campo en 2008 y se presentan varios artículos al respecto (Casany, Alier, Conde, & García, 2009a; Casany, Conde, Alier, & García, 2009b; Conde, García, Casany, & Alier, 2009a; Conde, García-Peñalvo, Casany, & Alier, 2008a, 2009b).
- Iniciativas de interoperabilidad en contextos de *eLearning*. Entre el 2009 y 2012 se exploran estas tendencias así como el uso de los servicios web para facilitar su aplicación. También en este caso se obtienen varios resultados (Alier, Casany, Conde, García, & Severance, 2010a; Alier et al., In press; Alier et al., 2012; Conde, García-Peñalvo, Casany, & Alier, 2010b).
- Integración de LMS y PLEs. Fruto de los trabajos anteriores, durante el 2011 y aún en el 2012 se incide en esta tendencia, y fruto de ello es la publicación de varios artículos (Alier et al., In press; Conde, García-Peñalvo, Casañ, & Alier, 2011a; Conde, García-Peñalvo, & Alier, 2011b; Conde, García-Peñalvo, Alier, & Casany, 2011c; García-Peñalvo, Conde, Alier, & Casany, 2011a).

Respecto a los proyectos de investigación financiados obtenidos de la cooperación de ambos grupos se tienen:

- oiPLE: Entorno abierto, integrado y personalizado para el aprendizaje. Hacia una nueva concepción de los procesos de aprendizaje basados en tecnología - TIN2010-21695-C02. Proyecto coordinado de Investigación Fundamental No Orientada, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Se centra concretamente en la posibilidad de exportar funcionalidades del LMS a otros contextos, así como facilitar la integración de otras aplicaciones dentro de él para personalizar el aprendizaje, dicho proyecto se puede considerar como uno de los pilares fundamentales en que se asienta la presente tesis.
- TRAILER (*Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences*) - 519141-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KA3MP. Proyecto financiado por la Unión Europea, dentro del *Lifelong Learning Programme* y el

subprograma *ICT (KA 3) Multilateral Projects*. Busca la definición de una metodología para la identificación, publicación y reconocimiento de las competencias adquiridas por los usuarios en entornos informales de aprendizaje dentro de entornos institucionales.

- Learning Apps - IPT-430000-2010-0012. Proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, dentro del subprograma INNPACTO. Tiene como objetivo crear un espacio donde profesores e instituciones educativas puedan encontrar fácilmente herramientas de aprendizaje y puedan construir con un solo clic entornos de formación en Internet.
- Layers4Moodle – TSI-020302-2009-35. Financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio dentro del subprograma I+D. Pretende el desarrollo de un entorno de ejecución de aplicaciones, así como estas aplicaciones, para permitir crear capas de información generadas por los usuarios y superponerlas sobre los contenidos generados por un sistema *software* de gestión del aprendizaje como *Moodle*.

Dado este contexto de colaboración entre ambos grupos, es necesario tener en cuenta las líneas de investigación relacionadas con la presente tesis que en ellos se desarrollan.

Desde el grupo GRIAL se han llevado a cabo varias líneas de trabajo relacionadas con *eLearning*:

- En el área de gestión del conocimiento se desarrolla una propuesta de investigación encaminada a evaluar la calidad de los Objetos de Aprendizaje (OA) desde una perspectiva pedagógica y tecnológica. Para ello propone instrumentos que permiten la evaluación de los objetos de aprendizaje al recopilar información cuantitativa y cualitativa de la calidad de los objetos. Dentro de estos instrumentos tienen especial relevancia la herramienta *HEODAR* (Herramienta para la Evaluación de Objetos Didácticos de Aprendizaje Reutilizables) como herramienta para medir la calidad de los objetos de aprendizaje integrada en *Moodle* (Morales-Morgado, Muñoz, Conde, & García-Peñalvo, 2009). Estos mecanismos facilitan la selección de objetos relacionados con unos objetivos educativos concretos que pueden reutilizarse (Morales, 2008).
- Propuesta basada en herramientas para la definición y empaquetamiento de pruebas de evaluación que siguen especificaciones como IMS QTI (IMS-GLC, 2006a) e IMS CP (IMS-GLC, 2007a). De esta forma se establecen mecanismos

de evaluación para Sistemas Adaptativos e Hipermediales de Aprendizaje (Barbosa, 2010).

- Propuesta para la definición de diseños instruccionales adaptativos, soportados por una herramienta de autor para la realización de Diseños Instructivos Adaptativos denominada *Hyco-LD* y que se basa en la especificación IMS-LD (Berlanga, 2006).
- METHADIS (METodología para diseñar un sistema Hipermedia ADaptativo para el aprendizaje basados en eStilos de aprendizaje y estilos cognitivos) (Prieto, 2006). Con el fin de sistematizar la tarea de diseño de sistemas hipermedia adaptativos se define una metodología, que en función de un objetivo de aprendizaje y mediante una secuencia de etapas, determina las estrategias instruccionales más adecuadas al contexto de aprendizaje y a las particularidades de los diferentes usuarios.
- *AHKME (Adaptive Hypermedia Knowledge Management Elearning System)*, sistema de gestión del conocimiento basado en web que combina conceptos de la Web 2.0 y Web 3.0 relativos a la colaboración avanzada, redes sociales, interoperabilidad, estandarización y adaptación. El objetivo de este sistema es preparar a los usuarios para el nuevo paradigma relativo a la Web 3.0 y dotarles de herramientas para la reutilización y para flexibilizar y personalizar el aprendizaje (Rego, 2012; Rego, Moreira, & García-Peñalvo, 2011).
- Definición de una metodología de tutoría *online* en el ámbito de la formación, que recogería las competencias, métodos y elementos cualitativos relativos a la formación, necesarios para garantizar cursos de aprendizaje de calidad (Seoane, García, Bosom, Fernández, & Hernández, 2007; Seoane-Pardo & García-Peñalvo, 2006).
- Investigación en el ámbito de la Ingeniería Ontológica y la visualización de la información para facilitar la conceptualización de ontologías de gran tamaño. Para llevar a cabo esta labor se define la herramienta *OWL-VisMod* (García, García-Peñalvo, Therón, & Ordóñez-de-Pablo, 2011; García-Peñalvo, García, & Therón, 2011b).
- Uso de la Analítica Visual para observar la evolución de *software* con posibles aplicaciones como el mantenimiento del mismo (Therón, González, & García, 2008; Therón, González, García, & Santos, 2007). En concreto se propone la herramienta *Maleku* para llevar a cabo tal cometido (Gonzalez-Torres, Theron, García-Peñalvo, Wermelinger, & Yu, 2011).

- Uso de la visualización de la información para explotar los *logs* de las plataformas de aprendizaje de cara a facilitar la toma de decisiones, para ello se definen herramientas como el *Spiral time-line* (que permite observar la evolución de la actividad en forma de espiral), el *tag-cloud* (para ver nubes de palabras con la interacción del usuario) y la *social-tool* (grafo de fuerzas que describe las relaciones de participación en la plataforma) (Gómez, Sánchez, & García, 2008; Gómez, Therón, & García, 2008). Estas herramientas convergen con la temática de la tesis al utilizar la capa de servicios web de *Moodle* para la explotación de la información de dicho LMS (Gómez, Conde, García-Peñalvo, & Therón, 2011; Gómez, Conde, Therón, & García-Peñalvo, 2011).
- Investigación relativa a entornos personalizados de aprendizaje, especificaciones de interoperabilidad, servicios web, arquitecturas orientadas a servicios y *mobile learning* (Alier et al., 2010a; Alier et al., In press; Casany et al., 2009a; Casany et al., 2009b; Conde, 2007; Conde, Carabias, Martín, González, & García, 2006b; Conde et al., 2009a; Conde, García, Casany, & Allier, 2010a; Conde et al., 2011c; Conde et al., 2008a, 2009b; Conde et al., 2010b; Conde, Gómez, Pozo, & García, 2010c; Conde, Muñoz, & García, 2008b; Conde, Muñoz, & García, 2008c; Conde, Pozo, & García-Peñalvo, 2011d; García-Peñalvo et al., 2011a).

Por parte del grupo de investigación SUSHITOS se destaca:

- La definición de una metodología didáctica para guiar los procesos de aplicación de las TIC a la educación “La didáctica del conocimiento libre”, para lo que se ha llevado a cabo un caso de estudio y proporcionado diferentes patrones y herramientas para su aplicación basadas en la plataforma de aprendizaje de *software* libre *Moodle* (Alier, 2009).
- Aplicación de tecnologías relativas al *uLearning* para facilitar el desarrollo sostenible en países en desarrollo. Se centra especialmente en la representación de LMS a través de dispositivos móviles (Casany & Alier, 2011).
- El desarrollo de un trabajo de investigación consistente en la definición de un marco de interoperabilidad para aplicaciones educativas basado en BasicLTI, cuyo objetivo es encontrar soluciones tecnológicas, metodológicas y arquitectónicas basadas en *Learning Tools Interoperability* para dar soporte a la integración de los LMSs con herramientas externas.

1.5. Estructura del documento

La presente tesis se organiza en siete capítulos y cinco apéndices. El presente apartado forma parte del primero de ellos e introduce el desarrollo de este trabajo.

El Capítulo 2 establece el contexto tecnológico en el que se desarrolla el problema que se aborda en la tesis. En este caso se centra en la aplicación de las TIC al aprendizaje y en las diferentes modalidades de formación que proliferan en función del soporte tecnológico. Se pasa del *eLearning*, *mLearning*, *tLearning*, *uLearning*, etc. a un concepto que agrupa todas estas variedades y que se denomina *aLearning*.

El Capítulo 3 introduce las herramientas que hacen posible el aprovechamiento de la aplicación de las tecnologías al aprendizaje. En concreto se centra en aquellas herramientas, iniciativas y especificaciones que facilitan el aprendizaje, para lo que se consideran, principalmente, las posibilidades de apertura y flexibilización del mismo. Es decir, no solamente se comentan las herramientas, sino aquellos elementos que facilitan que estas puedan explotarse desde diferentes contextos y perspectivas.

El Capítulo 4 presenta el análisis del estado del arte correspondiente a la interacción e interoperabilidad entre los LMS y PLE, a la vez que se incide los elementos significativos, como son el uso de las especificaciones de interoperabilidad para realizar esta tarea, cómo se representa la información, si es posible que la comunicación y representación de la funcionalidad pueda llevarse a cabo hacia/desde otros contextos (por ejemplo dispositivos móviles) y otros aspectos relativos a la seguridad de estas interacciones.

El Capítulo 5 recoge la propuesta de un *framework* de servicios que facilita la exportación de funcionalidades de los LMS a los entornos personalizados y la integración de la actividad de herramientas *online* incluidas en estos. Para ello se plantean cuatro escenarios de interoperabilidad (y una variación sobre uno de ellos para considerar los contextos móviles). Estos escenarios se implementan mediante una prueba de concepto basada en Moodle como LMS, W3C *widgets* para representar la funcionalidad, *Apache Wookie (Incubating)* como contenedor personalizable de esos *widgets* (para representar al PLE) y especificaciones de interoperabilidad y servicios web como medios de comunicación.

El Capítulo 6 describe la validación cualitativa de los escenarios presentados en el apartado anterior a través de una serie de experiencias piloto. Durante los pilotos se utilizan herramientas de medición que posteriormente se contrastan con las hipótesis

planteadas para cada escenario. Además, esta información se coteja con la opinión de expertos acerca de cada escenario.

El Capítulo 7, y último capítulo, recoge las conclusiones de la tesis. En concreto, presenta las principales aportaciones del trabajo realizado, las posibles líneas de mejora y las principales aportaciones de investigación que respaldan la propuesta realizada.

En cuanto a los apéndices, el Apéndice A recoge información sobre que herramientas utilizar para definir un PLE, el Apéndice B se refiere a los modelos detallados de cada escenario de interoperabilidad propuesto, el Apéndice C proporciona las herramientas utilizadas para la evaluación, el Apéndice D aporta un glosario de términos y el Apéndice E una lista de acrónimos. Por último la tesis presenta un resumen de la misma en inglés.

CAPÍTULO 2. – La aplicación de las TIC al aprendizaje

A lo largo de este capítulo se pretende describir como la aplicación de las tecnologías influye en la forma en que se lleva a cabo el aprendizaje, algo que permite establecer el contexto tecnológico de este trabajo de investigación.

Con la aplicación de las TIC y la irrupción de las tecnologías 2.0, los espacios en que se lleva a cabo el aprendizaje cambian. La aplicación de esas tecnologías no garantiza por sí misma una mejora en los procesos de aprendizaje, pero es necesario tenerla en cuenta de cara a proporcionar las soluciones de aprendizaje más adaptadas las necesidades y circunstancias de los estudiante. Es decir, se requiere conocer las diferentes modalidades de formación que aparecen en función del soporte tecnológico utilizado, como puede ser el uso de Internet y las tecnologías web (en lo que se denomina *eLearning*), los dispositivos móviles (*mLearning*), los juegos (*gLearning*), la utilización de sensores distribuidos en el entorno del usuario para que pueda aprender del contexto que le rodea (*uLearning*), las tecnologías derivadas de los conceptos web 2.0 (*eLearning 2.0*) y un largo etcétera.

Todas estas modalidades tienen, a pesar de sus diferencias, un objetivo común, facilitar el aprendizaje del estudiante, aunque para ello utilicen distintos soportes que suponen una adaptación de la forma en que se llevan a cabo las actividades.

En este capítulo se presentan algunas de las representativas, y por cada una de ellas, se aportan unas definiciones, características principales y clasificación. De manera que sea posible apreciar en que consisten, sus ventajas y sus inconvenientes.

2.1. Introducción

Los procesos de aprendizaje están influenciados por el contexto en que tienen lugar. Aunque la forma de aprender o estudiar permanece más o menos inmutable a lo largo del tiempo, sí que se ve afectada por los factores que la rodean (Kozma, 2001). Uno de estos factores son las TIC. Gracias a las ellas, los estudiantes y profesores pueden acceder a los recursos de aprendizaje de diferentes formas, se dispone de otro tipo de herramientas, se plantea otro tipo de actividades, etc. Las TIC dan soporte al aprendizaje, algo que sin embargo no garantiza por sí solo el éxito, ni la mejora del mismo (Bonk & Reynolds, 1997; Clark, 1983; Clark, Logan, Luckin, Mee, & Oliver, 2009), aunque esto no supone que dejen de aplicarse.

En cuanto a los orígenes de la aplicación de las TIC, estos pueden encontrarse en torno a 1945. Los trabajos de Vannevar Bush sobre la transmisión del conocimiento a través de la tecnología (Bush, 1945), en la primera mitad del siglo XX, se pueden considerar como los precursores del uso de las TIC en la educación. Los avances tecnológicos se aplican de forma progresiva al proceso de enseñanza/aprendizaje, por ejemplo, con el uso teléfono en la educación a distancia, la enseñanza asistida por ordenador, la entrada en escena de los ordenadores personales, el CD-ROM multimedia, Internet, las plataformas de aprendizaje, las redes sociales, etc. (Nicholson, 2007).

Sin embargo, la aplicación de la tecnología a la educación no ha tenido el impacto de transformación que puede observarse en otros sectores de la cultura, la sociedad y la economía, como demuestran diferentes estudios (Mott & Wiley, 2009; Trucano, 2005). Las razones de que esto no haya sido así se han introducido anteriormente y ahora se profundiza en ellas:

- La resistencia al cambio de ciertas instituciones a la implantación en sus entornos de formación de ciertas tecnologías. En muchos casos las instituciones no están dispuestas a la apertura de sus entornos para incorporar otras herramientas formativas o información, así como para exportar esta información o funcionalidades fuera de ellas. Estas entidades no facilitan la incorporación de nuevas herramientas, debido a que o no las consideran necesarias, o no perciben su carácter educativo (en muchos casos debido la infrautilización de las herramientas formativas por parte de los profesores, estudiantes o instituciones) o su aplicación supone abrir ciertos aspectos de estos entornos institucionales que consideran pueden debilitar su seguridad (Mott & Wiley, 2009; Piscitelli et al., 2010).

- La insistencia en el uso de ciertas tecnologías, incluso aunque estas no se requieran ni se perciban como una solución. Esa insistencia se fundamenta en la “teoría del martillo” de Chadwick esbozada en 1998¹, es decir, se trata de aplicar tecnología aunque no sea necesaria y en muchos casos sea de forma forzada (Chadwick, 2001).
- La necesidad de alfabetización digital. El hecho de que muchos profesores, y estudiantes, sean inmigrantes digitales² y las generaciones de estudiantes más jóvenes sean nativos digitales³ (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001b, 2001c), supone un enfrentamiento y una separación que dificulta el aprovechamiento de las nuevas tecnologías. Deben formarse a estos actores del proceso de aprendizaje o proporcionar entornos que se adapten mejor a la realidad de cada uno de ellos.
- La falta de unión entre los contextos de aprendizaje formales, no formales e informales hace que ciertas tecnologías, que pueden suponer una mejora en los procesos formativos, no se aprovechen en determinados contextos educativos (Downes, 2010).
- El hecho de que muchas de las herramientas educativas que se asientan en la tecnología hayan sido definidas “para el estudiante” pero sin contar con este. Es decir, las herramientas se definen con el objetivo de mejorar el aprendizaje del estudiante, pero no se suele contar con su opinión o sus necesidades específicas, lo que puede conducir a un fracaso en la utilización de las mismas (Mott & Wiley, 2009).

Sin embargo, que la mejora esperada en los procesos educativos no se haya producido en el grado esperado o deseado, no supone que la aparición e incorporación de las TIC a la educación se paralice. De hecho, desde la aparición de los ordenadores personales e Internet este tipo de aplicación no ha parado de crecer y evolucionar. Como ejemplo puede observarse el uso de Internet con un crecimiento de un 528% entre el 2000 y el 2011 y más de 2.200 millones de usuarios en 2011 (Figura 5).

En este sentido toma especial relevancia la aparición de la Web y su utilización en actividades de aprendizaje, ya que pasa a convertirse en la infraestructura básica para desarrollar los procesos de enseñanza-aprendizaje no presenciales, que combina

¹ Teoría consistente en que si se da un martillo a un niño de 5 años, él supondrá que hay muchos objetos susceptibles de recibir un martillazo aunque no sea así.

² Entendidos como aquellas personas que utilizan las tecnologías no de una forma natural sino por imposición de un contexto determinado, en este caso en el ámbito del aprendizaje.

³ Entendidos como aquellas personas nacidas en el auge de la Sociedad de la Información y que utilizan las tecnologías de forma natural y no por una mera necesidad derivada del contexto.

servicios síncronos y asíncronos, lo que ha dado lugar a un modelo conocido como eFormación o *eLearning* (García-Peñalvo, 2005). Sin embargo, esta forma de enseñanza/aprendizaje soportada por las TIC no se queda ahí, sino que evoluciona con la proliferación de avances tecnológicos, lo que ha supuesto que el *eLearning* derive en nuevas modalidades formativas en función de los soportes tecnológicos utilizados (Kahiigi, Ekenberg, Henrik Hansson, Tusubira, & Danielson, 2008). Se puede distinguir entre varios tipos (García-Peñalvo, 2010; Gil et al., 2009; Ramón, 2007): el uso de los dispositivos móviles como apoyo a los procesos educativos en lo que se denomina *mLearning* (Kambourakis, Kontoni, & Sapounas, 2004); consumo de contenidos educativos a través de la televisión en lo que es el *tLearning* (Lytras, Lougos, Chozos, & Pouloudi, 2002); acceso a la formación a través de mundos virtuales en lo que se denomina *vLearning* (de Freitas, 2006); uso de los juegos como herramienta para facilitar el acceso a la formación en lo que se considera *gLearning* (Prensky, 2001a); las redes sociales y las herramientas que permiten aprender de forma colaborativa en lo que denominado *cLearning* (Dillenbourg, 1999); aprendizaje en cualquier momento y lugar independiente del dispositivo y adaptado al contexto, *uLearning* (Zhang, 2008); así como otras modalidades basadas en realidad aumentada (Azuma, 1997), en los movimientos del cuerpo (Eastman & Pellacini, 2009), etc.

WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS December 31, 2011						
World Regions	Population (2011 Est.)	Internet Users Dec. 31, 2000	Internet Users Latest Data	Penetration (% Population)	Growth 2000-2011	Users % of Table
Africa	1,037,524,058	4,514,400	139,875,242	13.5 %	2,988.4 %	6.2 %
Asia	3,879,740,877	114,304,000	1,016,799,076	26.2 %	789.6 %	44.8 %
Europe	816,426,346	105,096,093	500,723,686	61.3 %	376.4 %	22.1 %
Middle East	216,258,843	3,284,800	77,020,995	35.6 %	2,244.8 %	3.4 %
North America	347,394,870	108,096,800	273,067,546	78.6 %	152.6 %	12.0 %
Latin America / Carib.	597,283,165	18,068,919	235,819,740	39.5 %	1,205.1 %	10.4 %
Oceania / Australia	35,426,995	7,620,480	23,927,457	67.5 %	214.0 %	1.1 %
WORLD TOTAL	6,930,055,154	360,985,492	2,267,233,742	32.7 %	528.1 %	100.0 %
NOTES: (1) Internet Usage and World Population Statistics are for December 31, 2011. (2) CLICK on each world region name for detailed regional usage information. (3) Demographic (Population) numbers are based on data from the US Census Bureau and local census agencies. (4) Internet usage information comes from data published by Nielsen Online , by the International Telecommunications Union , by GfK , local Regulators and other reliable sources. (5) For definitions, disclaimers, and navigation help, please refer to the Site Surfing Guide . (6) Information in this site may be cited, giving the due credit to www.internetworldstats.com . Copyright © 2001 - 2012, Miniwatts Marketing Group. All rights reserved worldwide.						

Figura 5. – Estadísticas de penetración de Internet en la sociedad actual

Se parte, por tanto, de una variedad enorme de modalidades formativas que, en cualquier caso, tienen el mismo objetivo: el aprendizaje y la adquisición de las competencias y destrezas, pero que se materializa de diferentes maneras al utilizar distintos soportes tecnológicos.

De cara a clarificar estas variedades de aprendizaje se describe cada una de ellas, así como sus características más representativas.

2.2. *eLearning*

Como se ha podido observar las TIC sirven de soporte para la realización de actividades de aprendizaje, lo que facilita nuevos canales de diseminación del aprendizaje, nuevos tipos de recursos, de actividades, etc. Es difícil, e incluso podría considerarse imposible, imaginar entornos de aprendizaje futuros que no estén apoyados de alguna manera por las TIC (Punie, Zinnbauer, & Cabrera, 2008).

La aplicación de las tecnologías al aprendizaje, abre las puertas a innovaciones educativas, que deben facilitar el que más personas tengan la oportunidad de aprender y formarse gracias a la superación de barreras espacio/temporales. Como ya se ha comentado, dentro de estas tecnologías, y especialmente con la aplicación de la Web y la multimedia al aprendizaje, comienza a hablarse de *eLearning* como modelos formativos más flexibles (que se adaptan mejor a los ritmos y necesidades del usuario), no presenciales (no es necesario un encuentro con profesores y estudiantes en persona), a distancia (no es necesario desplazamiento), asíncrono (no vinculado con un momento del tiempo específico), trazables (en los que es posible el seguimiento de lo que hace el estudiante), etc. (García-Peñalvo, 2008b).

Las ventajas que estos modelos de formación, junto con la irrupción de las TIC, hace que el *eLearning* tome gran auge, algo demostrado por la abundancia de estudios en ese sentido (Davies & Graff, 2005; Gerald & Hussar, 2003; Maggie, 2005; Mark & Greer, 1993; Means, Toyama, Murphy, Bakia, & Jones, 2009; Naeve, Lytras, Nejdli, Balacheff, & Hardin, 2006) y por el gran interés que su aplicación suscita en la comunidad científica (Chan, Hue, Chou, & Tzeng, 2001).

Este hecho viene refrendado por estadísticas como los publicados por *Eurostats* que se muestran en las siguientes figuras. En la Figura 6 se observa el porcentaje de individuos de cada país de la Unión con respecto a su población total que realiza algún curso *online*. En la Figura 7 se observa como ciertos países como España, Islandia, Finlandia o Dinamarca tienen un alto porcentaje de realización de cursos *online*. Por último, en la Figura 8 se muestra el crecimiento en el número de cursos en España desde el año 2007 a 2011, con un incremento observable de 5% a un 9%.

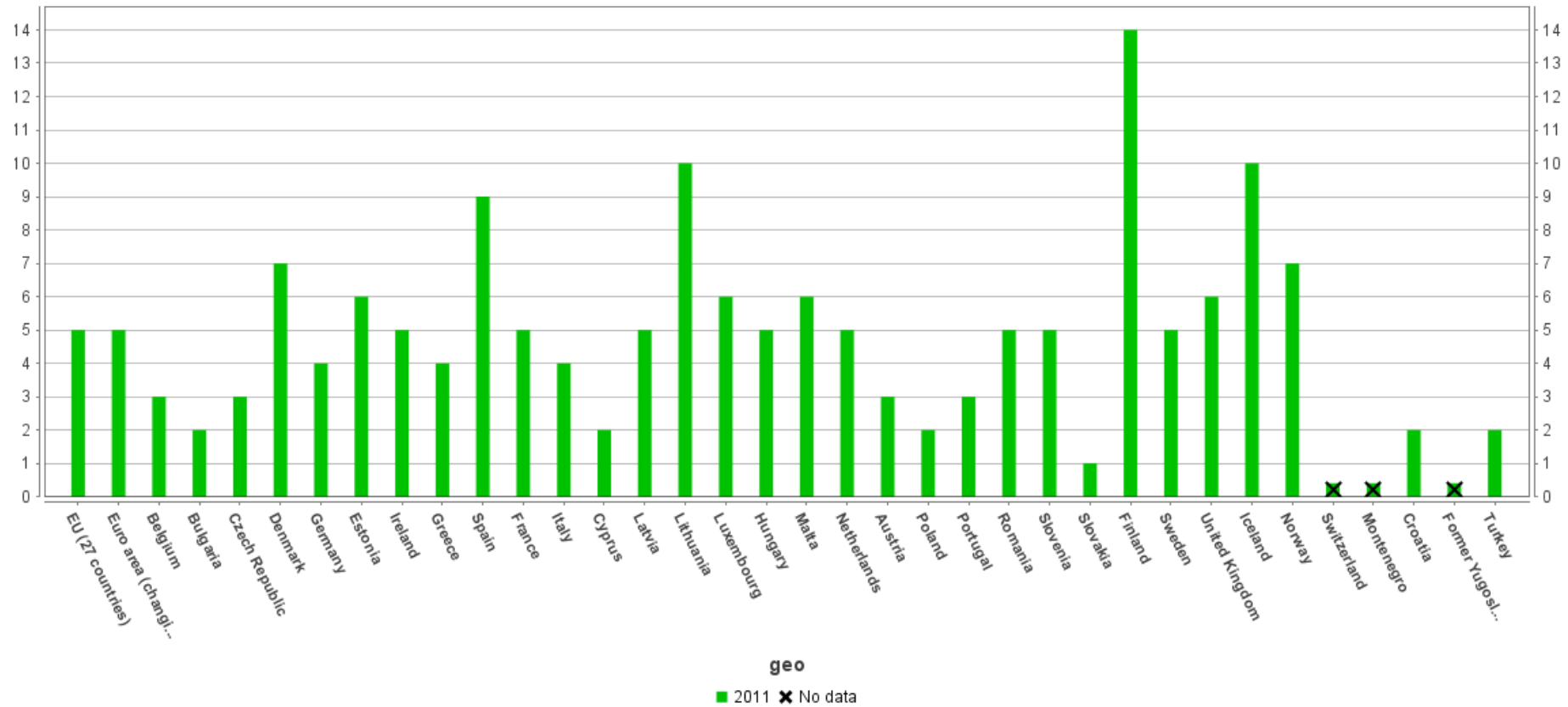


Figura 6. – Representación del porcentaje de individuos por países europeos que realizan cursos *online* sobre el total de la población de cada país. Extraído de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

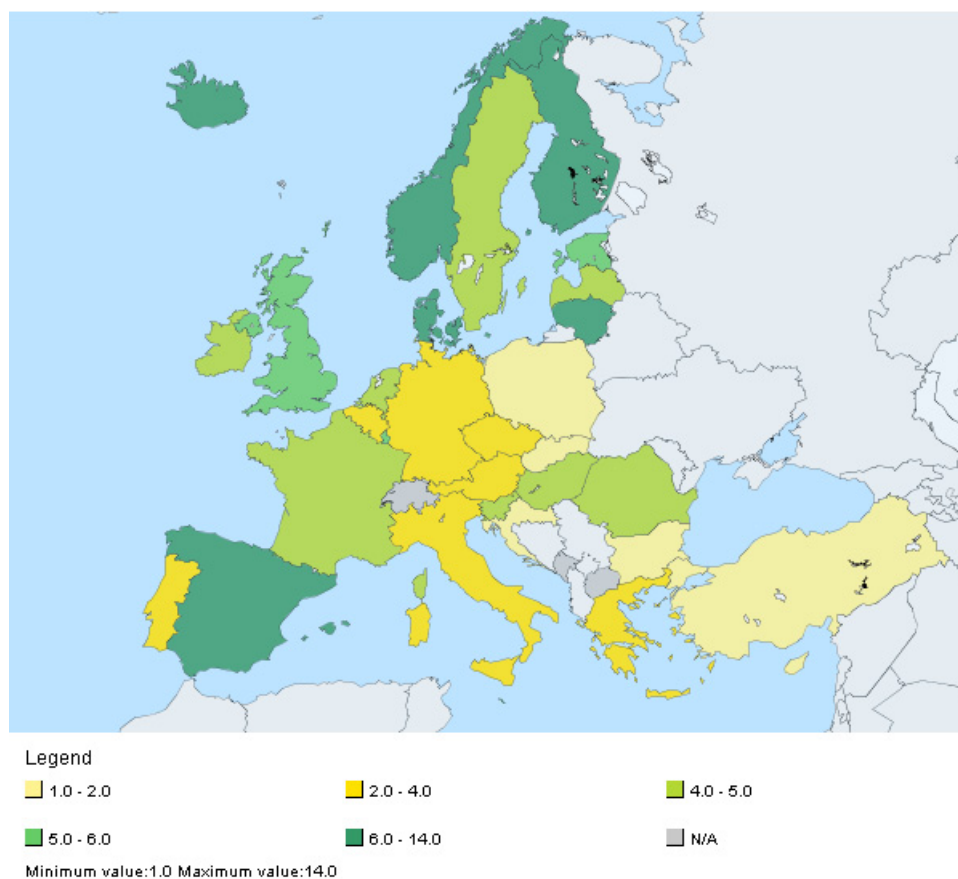


Figura 7. – Porcentaje de participación en cursos *online* por países en Europa. Extraído de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

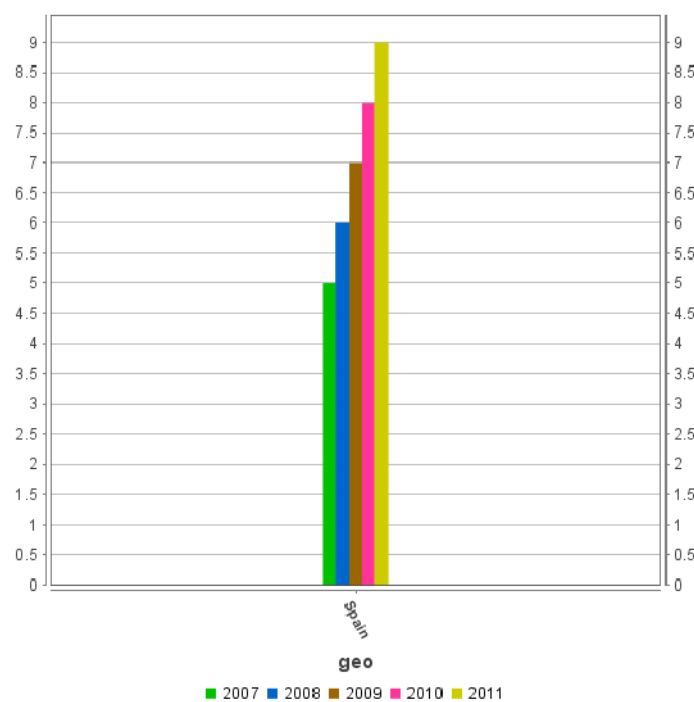


Figura 8. – Comparación del porcentaje de personas que llevan a cabo cursos *online* en España entre 2007 a 2011. Extraído de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

Esta amplia aceptación y la evolución que se observa en este contexto se han visto en parte sustentadas por el fomento del uso de este tipo de formación desde los diferentes gobiernos; y en especial desde el ámbito europeo a través de programas para fomentar la aplicación de las TIC en la educación como: *EU eLearning Programme* (<http://ec.europa.eu/education/programmes/elearning/>) entre 2004 y 2006; el *Lifelong Learning Programme* (http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-programme/doc78_en.htm) entre 2007 y 2013; y algunos objetivos estratégicos del *Seventh Framework Programme* entre 2007 y 2013 (http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html). Dentro de estos programas se financian proyectos que buscan innovar en el aprendizaje a través de las TIC y solventar algunos de los problemas existentes, algunos ejemplos de ellos podrían ser: TIPTOE Project, ALICE, CC-LO, idSpace, LTfLL, EU4ALL, PLAYER, SUMA, etc. (García-Peñalvo, Palacios, & Lytras, 2012).

Sin embargo, el hecho de que este tipo de formación esté tan extendida y de que se encuentre sustentada a nivel gubernamental no garantiza el éxito de las iniciativas formativas. Existen tasas de más de un 80% de fracaso y más de un 60% de abandono (Cebrián, 2003). Las causas de estas tasas de fracaso y abandono son variadas, pero muchas están relacionadas con el mayor grado de madurez que han de demostrar los estudiantes *online*, especialmente cuando se dan situaciones de aislamiento y soledad. Es posible, si no invertir, sí mejorar estas tasas significativamente cuando el factor humano y la formación en red con un componente altamente interactivo y colaborativo se convierten en el centro de la metodología de formación (Bosom, Fernández, Hernández, García-Peñalvo, & Seoane, 2007).

El *eLearning* debe centrarse en que el estudiante aprenda, para lo que es fundamental el factor humano y no solamente la tecnología (García-Peñalvo, 2008a).

De cara a comprender mejor qué es *eLearning*, como un elemento fundamental dentro del contexto teórico de la tesis, es necesario primero plantear una clasificación de estos modelos de formación en función de una característica esencial, la presencialidad. Mediante esta clasificación se describe como ha evolucionado el *eLearning* para facilitar su comprensión, cuya definición se expone posteriormente según la perspectiva de diferentes autores. Para finalizar se describen en esta sección las características del *eLearning*.

2.2.1. Modalidades

Existen diferentes clasificaciones de *eLearning*, algunas referidas al modo en que se lleva a cabo, al dispositivo utilizado, etc.

De cara a comprender mejor como evoluciona el *eLearning* se describe una de estas clasificaciones, en concreto, la que atiende al grado de presencialidad del aprendizaje. En función de dicho factor, el *eLearning* se clasifica en (Duart & Gil, 2008):

- Formación Presencial. En el ámbito de la formación presencial el uso de Internet sirve como apoyo o complemento opcional para la formación de los discentes. Es decir, un estudiante puede tener sus clases presenciales y utilizar formación a través de Internet para acceder a recursos, actividades, plataformas de aprendizaje que ayuden a la formación recibida. Este tipo de formación supone un uso ocasional de Internet.
- Formación Mixta o Híbrida (también conocida como *blended Learning*). Es aquella que considera como parte de la formación no solo las actividades presenciales, sino también otras planteadas en modalidad en línea. Es decir, combina escenarios de formación síncronos y asíncronos. Este tipo de formación supone un uso de Internet como parte lectiva.
- Formación Virtual o formación en línea (también conocida como formación *online*). Es aquella en que la formación se realiza de forma totalmente asíncrona, es decir, sin requerir que profesores y estudiantes coincidan en el mismo momento y lugar. Este tipo de formación supone que se necesite alguna herramienta que facilite la interacción entre los actores del proceso formativo, facilite la gestión de recursos y actividades, es decir, de la plataforma de aprendizaje. En este caso el uso de Internet es intensivo.

La Figura 9 muestra la relación de las diferentes modalidades con la intensidad en el uso de Internet en cada una de ellas.

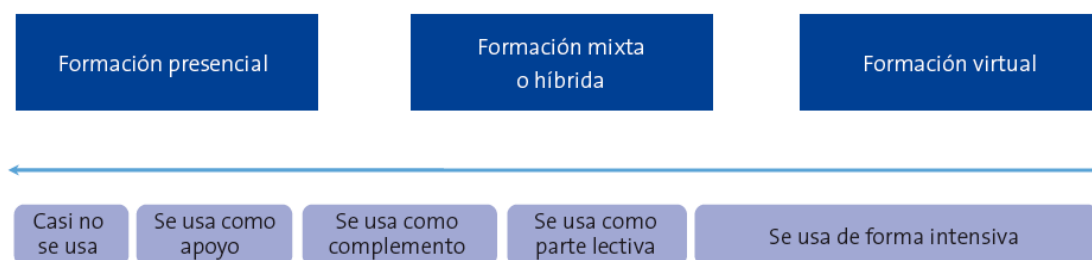


Figura 9. – Modalidades de formación en función de la presencialidad y niveles de uso de Internet en función de ellas. Fuente: adaptado de (Duart & Gil, 2008)

2.2.2. Historia del eLearning

De cara a poder comprender claramente el concepto de *eLearning* es de gran ayuda considerar su historia a través de las primeras experiencias de formación no

presencial mediadas o apoyadas en TIC (Conde et al., 2008b; Nicholson, 2007; Seoane-Pardo & García-Peñalvo, 2010):

- Años 50-60. Se consolida el concepto de educación a distancia. Se comienza a considerar el aprendizaje de una forma individual, de forma que el estudiante puede formarse sin necesidad de asistir a una clase en un momento determinado. En la educación a distancia de esta época se introducen tecnologías como el teléfono o la radio para ejercer la acción tutorial.
- Años 60-80. Aparecen los ordenadores en Estados Unidos, y con ello la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO), conjunto *hardware* y *software* de alto coste económico que ayuda al profesor y al estudiante en el proceso de enseñanza/aprendizaje. En España esta modalidad de aprendizaje surge en los años 80.
- Años 80. En esta época comienza lo que se conoce como la revolución electrónica. Se introducen las TIC que fomentan nuevas actividades y posibles concepciones del aprendizaje. A principios de los 80 aparecen los primeros ordenadores personales que abren las puertas al aprendizaje individualizado por ordenador. Es decir, al uso del ordenador como medio para la transmisión a cada individuo de ciertos contenidos, sin ningún tipo de interactividad ni con otros usuarios ni con los tutores. Gracias a este tipo de dispositivos se obtiene un mayor provecho del concepto de Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO).
- Primera Mitad de los 90. Se comienzan a hacer productos en forma de CD-ROM Interactivo, es decir, cursos en los que el estudiante tiene un mayor nivel de interacción con el ordenador de cara a las actividades de aprendizaje. Es muy común la inclusión de juegos educativos en estos nuevos medios. Con su aparición nacen en España varios proyectos (LETRA, ATENEA, etc.) y empresas (Anaya Interactiva, Telefónica I+D, Chadwyck-Healey, BSI Multimedia, etc.). Este tipo de formación es de tipo *offline*, en la que usuario interactúa meramente con el ordenador cuando él lo desea.
- Segunda Mitad de los 90. Aparece Internet. Esta época puede considerarse como una fase de transición en la que el usuario realiza los cursos *offline*, pero dispone de ciertos campus virtuales en los que se recrea el marco típico de relaciones de la formación presencial, lo que conduce al aprendizaje *online*.
- Años 2000-2003. Las grandes empresas tecnológicas parecen apostar decididamente por el aprendizaje *online*, se incorporan los cursos a sus intranets o redes corporativas, como complemento o alternativa a la tradicional formación continua presencial. Durante este periodo puede considerarse que

se produce una crisis del *eLearning*, ya que las empresas realizan un importante desembolso en plataformas y prima la premura en la impartición de contenidos que permita rentabilizar la plataforma, en lugar de la calidad de los contenidos en sí o de la tutoría. En esta época comienza a considerarse la posibilidad de aprendizaje mixto (*blended learning*).

- Años 2004-2006. Diversos estudios muestran la insatisfacción de los usuarios en cuanto a la calidad de este tipo de formación (Davis et al., 2010; Mark & Greer, 1993; Naeve et al., 2006) y toma una importancia vital la figura del tutor. A partir de este año se comienza a buscar entornos tecnológicos cada vez más completos para la impartición de contenidos mucho más ricos, son muy diversos los soportes en los que se desarrolla el *eLearning* de forma que se puede empezar a hablar de *mLearning*, *cLearning*, *tLearning*, *uLearning*, etc.
- Años 2006-Actualidad. A partir del 2004 se comienza a pasar de una concepción del *eLearning* en la que cobra especial importancia el estudiante, especialmente influencia con la aparición de la Web 2.0 o Web Social (O'Reilly, 2007). Esta nueva concepción de la Web se ha consolidado durante este periodo y supone un cambio de enfoque del *eLearning*. El estudiante pasa a ser consumidor y proveedor de contenidos en una nueva concepción del *eLearning* en la que la tecnología es una herramienta más, en la que el discente es el centro del proceso de aprendizaje en un contexto social (Downes, 2005). El aprendizaje se centra en el estudiante y se adapta a sus necesidades, algo que se materializa en el concepto de los entornos personalizados de aprendizaje. También debe mencionarse que durante este periodo se produce una eclosión de la tecnología móvil (con la aparición de los *smartphones* y las *tablets*) lo que fomenta una aplicación real de modalidades como el *mLearning* o el *uLearning* (que se abordan en secciones posteriores).

2.2.3. Definición

A continuación se aportan algunas de las diversas definiciones existentes para el concepto de *eLearning*. El planteamiento de estas definiciones depende mucho de la perspectiva de los diferentes autores, aunque en todas ellas se plantea el uso de la tecnología y se incide más o menos en las actividades de aprendizaje a través de ellas.

Desde una perspectiva más cercana a la tecnología, y que considera que la aplicación de las TIC en labores de aprendizaje es suficiente para hablar de *eLearning*, este concepto se define como:

“Es un nuevo concepto de educación a distancia en el que se integra el uso de las TIC y otros elementos didácticos para la capacitación y enseñanza. El *eLearning* utiliza herramientas y medios diversos como Internet, intranets, CD-ROM, presentaciones multimedia, etc. Los contenidos y las herramientas pedagógicas utilizadas varían de acuerdo con los requisitos específicos de cada individuo y de cada organización” (Egaña, 2005).

Otra definición muy relacionada con la tecnología que únicamente considera Internet como canalizador del *eLearning* es la siguiente:

“El uso de tecnologías Internet para la entrega de un amplio rango de soluciones que mejoran el conocimiento y el rendimiento. Está basado en tres criterios fundamentales: 1. El *eLearning* trabaja en red, lo que lo hace capaz de ser instantáneamente actualizado, almacenado, recuperado, distribuido y permite compartir instrucción o información. 2. Es entregado al usuario final a través del uso de ordenadores utilizando tecnología estándar de Internet. 3. Se enfoca en la visión más amplia del aprendizaje que van más allá de los paradigmas tradicionales de capacitación” (Rosemberg, 2001).

Otras definiciones están enfocadas desde una perspectiva más pedagógica y centrada en las ventajas del *eLearning* como:

“Enseñanza a distancia caracterizada por una separación física entre profesorado y alumnado -sin excluir encuentros físicos puntuales-, entre los que predomina una comunicación de doble vía asíncrona donde se usa preferentemente Internet como medio de comunicación y de distribución del conocimiento, de tal manera que el estudiante es el centro de una formación independiente y flexible, al tener que gestionar su propio aprendizaje, generalmente con ayuda de tutores externos” (Ruipérez, 2003).

Desde la perspectiva que ofrece la experiencia en el desarrollo y explotación de plataformas *eLearning* puede considerarse:

“Capacitación no presencial que, a través de plataformas tecnológicas, posibilita y flexibiliza el acceso y el tiempo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, adecuándolos a las habilidades, necesidades y disponibilidades de cada discente, además de garantizar ambientes de aprendizaje colaborativos mediante el uso de herramientas de comunicación síncrona y asíncrona, potenciando en suma el proceso de gestión basado en competencias” (García-Peñalvo, 2005).

Desde una perspectiva que incide en aspectos como la interacción y el factor humano podría considerarse:

“Una enseñanza a distancia, abierta, flexible e interactiva basada en el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, y sobre todo aprovechando los medios que ofrece la red Internet” (Azcorra, Bernardos, Gallego, & Soto, 2001).

A partir de todas estas definiciones pueden observarse multitud de perspectivas del mismo concepto, con ciertos factores comunes como la tecnología, los servicios o la formación, aunque debe considerarse también alguna definición que tenga en cuenta la calidad del objetivo que el *eLearning* persigue, el aprendizaje del estudiante:

“Proceso de enseñanza-aprendizaje, orientado a la adquisición de una serie de competencias y destrezas por parte del estudiante, caracterizado por el uso de las tecnologías basadas en web, la secuenciación de unos contenidos estructurados según estrategias preestablecidas a la vez que flexibles, la interacción con la red de estudiantes y tutores y unos mecanismos adecuados de evaluación, tanto del aprendizaje resultante como de la intervención formativa en su conjunto, en un ambiente de trabajo colaborativo de presencialidad diferida en espacio y tiempo, y enriquecido por un conjunto de servicios de valor añadido que la tecnología puede aportar para lograr la máxima interacción, garantizando así la más alta calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje” (García-Peñalvo, 2008b).

2.2.4. Características

A través de estas definiciones, de parte de la bibliografía previa y otros documentos existentes (Carriço & Marques, 2007; Conde, 2007; FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011c; García-Peñalvo, 2010; Kahiigi et al., 2008; Morrison, 2003; Pardo, 2005; Punie et al., 2008; Ruipérez, 2003) pueden extraerse algunas de las principales características de este tipo de enfoque formativo:

- Medio de soporte a las diferentes modalidades de formación. El *eLearning* y los elementos asociados al mismo pueden utilizarse como un modelo de apoyo a cualquiera de las posibles modalidades de formación. Proporciona soporte a las clases presenciales, está directamente involucrado en el aprendizaje de tipo *blended* o mixto y sería el elemento fundamental en la información *online* (que son las modalidades de *eLearning* con dependencia del componente presencial).
- Ruptura de barreras temporales y espaciales. Posibilidad de acceder a la acción formativa en cualquier momento y desde cualquier lugar (conceptos *anytime* y *anywhere*). Esto supone un ahorro importante en cuanto a costes de

diferente índole (profesores, aulas, libros) y facilita la compatibilidad con actividades u obligaciones laborales, sociales o familiares.

- Facilita la organización de los cursos. Al no realizarse los cursos de forma presencial se facilita total o parcialmente la coordinación física de las actividades (no hay que reservar aulas, adecuarlas, coordinar el desplazamiento de los tutores y los estudiantes, etc.).
- Facilita la incorporación de conocimientos. Debido al uso de contenidos interactivos que involucran al estudiante en el desarrollo del curso, además la utilización de contenidos digitales (una simulación, un vídeo con un caso práctico, demostraciones basadas en realidad aumentada, etc.) hace potencialmente más sencilla la adquisición de determinados conceptos.
- Supone una reestructuración de la información. Los contenidos deben reeditarse en un formato más adecuado de cara al tipo de formación a impartir. Ha de entenderse que deben ser sesiones más cortas, centradas en los parámetros principales y completadas con contenidos opcionales que permitan una más fácil asimilación.
- Facilita el mantenimiento, actualización y distribución de contenidos. Dado el carácter digital que asumen los contenidos es más fácil mantener estos actualizados, cambiarlos, incluir nuevos elementos para soportar el aprendizaje y que los contenidos puedan ser consumidos y consultados con mayor facilidad.
- Facilita el trabajo y la interacción grupal. Las herramientas que se utilizan en los procesos de *eLearning* facilitan la interacción grupal (herramientas para entregar trabajos conjuntos, evaluar a los compañeros, compartir conocimientos, etc.), algo hasta ahora exclusivo de la educación presencial.

El *eLearning*, como ya se ha comentado, evoluciona con el contexto en que se encuentra, ante esto también sus características evolucionan como se observa en la Tabla 1 (Dondi, 2007). En dicha tabla se percibe un incremento del aprendizaje centrado en el estudiante, que incorpora los contextos informales y las iniciativas 2.0. El ritmo al que se produzca esta progresión depende de los contextos y de la tecnología. Por ejemplo, las actividades *eLearning* realizadas en procesos informales pueden considerarse en los entornos formales, aunque puede que las instituciones no faciliten este cambio.

Tabla 1. – Posible evolución del *eLearning*

eL 2000	i-eL 2010
Distribuye conocimiento consolidado	Genera nuevo conocimiento
Es todavía enseñanza virtual	Es propiedad del estudiante
Puede aislar al estudiante	Crear comunidades de aprendizaje
Es distribuido por un único proveedor/institución	Es el resultado de y una herramienta para soportar una “sociedad” (<i>partnership</i>)
Ignora el contexto del estudiante y sus logros previos	Se basa en el contexto del estudiante y sus logros previos
Reduce la creatividad del estudiante debido a la lógica de transmisión	Estimula la creatividad del estudiante mediante el incremento la dimensión espontánea y lúdica del aprendizaje
Restringe el papel de los profesores y los facilitadores del aprendizaje	Enriquece el papel de los profesores y los facilitadores del aprendizaje
Se centra en la tecnología y los contenidos	Se centra en la calidad, procesos y contexto de aprendizaje
Sustituye las lecciones de clase	Está embebido en los procesos organizacionales y sociales de transformación
Privilegia a los que ya han aprendido	Llega y motiva a aquellos que no están aprendiendo

Además, el *eLearning*, asentado sobre las TIC, evoluciona en función de cómo cambien las tecnologías, algo que queda demostrado en los Informes *Horizon* (informes que se vienen realizando desde 2004 y que estudian el panorama de tecnologías emergentes que se van a utilizar para enseñar y aprender) (NMC, 2003) en los que se revelan las nuevas formas hacia las que se orienta la formación en función del soporte tecnológico utilizado.

2.3. El *mLearning*

Una de las tecnologías que con mayor fuerza ha irrumpido en la sociedad actual son los dispositivos móviles. Como es evidente esta tecnología también influye en los procesos de enseñanza/aprendizaje lo que origina lo que se conoce como *mLearning*.

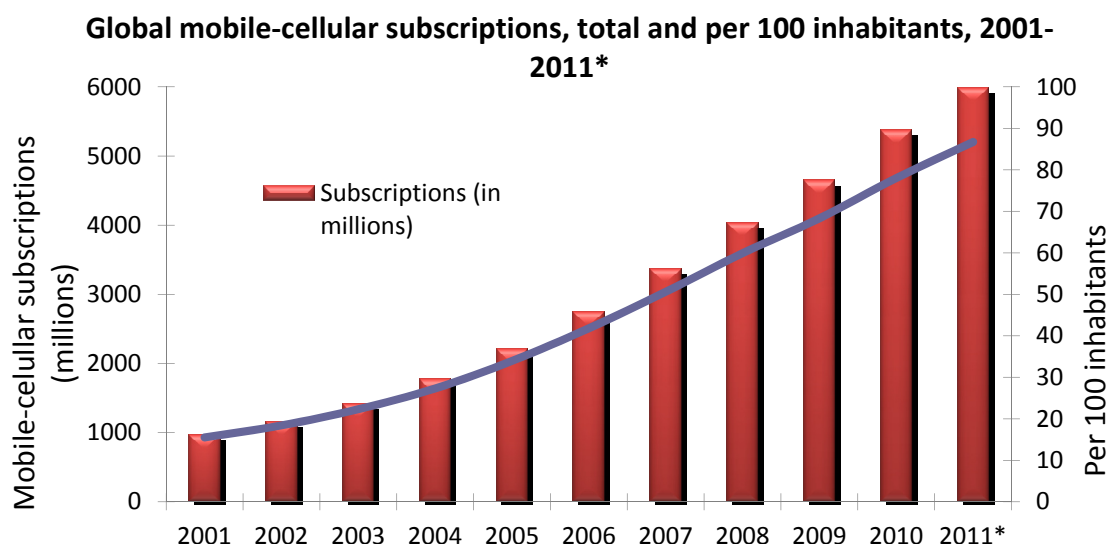
En primer lugar debe considerarse qué se entiende por dispositivo móvil. En el contexto de este trabajo de investigación se considera dispositivo móvil a cualquier elemento electrónico con capacidad de computación que pueda trasladarse con facilidad y disponga de algún tipo de interfaz para la representación de la información y para interactuar con ella. Dentro de esta definición quedan representados los teléfonos móviles, los *smartphones*, las *tablet*, las vídeo consolas portátiles, los reproductores mp3, los *ebooks*, etc.

Estos elementos facilitan la movilidad de los usuarios y se utilizan para realizar diferentes actividades, que incluyen desde el simple uso de como medio de comunicación a realizar actividades formativas entre otros posibles usos.

Los dispositivos móviles han obtenido una gran popularidad, debido entre otras razones a:

- **Expansión de la tecnología móvil.** La tecnología móvil ha tenido una evolución muy importante en los últimos años. Se ha ampliado el número de prestaciones de los mismos, se han abaratado los costes y, sobre todo, su uso se ha extendido cada vez a un mayor número de usuarios. Se trata por tanto de una tecnología con un grado de penetración mundial enorme como se observa en la Figura 10 (86,7% de penetración de la tecnología móvil y más de 5.981 millones de conexiones). A la vista de esta información pueden extraerse como conclusión que hoy en día la mayor parte de la población (del primer mundo) usa uno o varios dispositivos móviles de diferentes tipos (ITU, 2011). Esos dispositivos evolucionan cada vez más y, ante esta situación, el usuario solicita cada vez un mayor número de servicios, donde el aprendizaje a través del dispositivo móvil es uno de ellos (Conde, 2007). Por tanto, el *mLearning* trata de proporcionar soluciones ante un conjunto de solicitudes de servicios y sobre una tecnología cuyo uso y modo de funcionamiento ya está totalmente extendido.
- **Facilidades de conexión.** Muchos de los servicios que se puedan aprovechar desde un dispositivo móvil están condicionados por el tipo de conexión a utilizar para el intercambio de datos. Estas conexiones cada vez son más asequibles, proporcionan mayor velocidad y dan una mayor cobertura. De ahí que se utilicen cada vez más (Figura 11) (ITU, 2011), debido al interés de los usuarios de tecnología móvil de obtener cada vez un mayor número de funcionalidades dónde y cuándo ellos quieran (Rinaldi, 2011).
- **Resolución de los problemas propios de la tecnología.** Aunque los dispositivos móviles poseen una serie de limitaciones en cuanto a la facilidad de interacción del usuario con la máquina (teclados pequeños, pantallas pequeñas, etc.), no por ello se limita la posibilidad de soportar actividades de aprendizaje a través de esos dispositivos. Lo que se ha hecho ha sido adaptar los contenidos a estas tecnologías, mejorar las vías de interacción, así como la forma de representación de los contenidos. Además de esa adecuación, hoy en día se ha avanzado mucho en el desarrollo de tecnologías que faciliten ese tipo de actividades, debido principalmente al cada vez mayor número de usuarios que

las requieren (teclados virtuales, proyección de contenidos, síntesis de voz para escuchar documentos, etc.) (Yu-mei, Xue-jun, & Li, 2010). Dentro de esos avances debe considerarse que el problema del tamaño pantalla casi se puede considerar solventado ya que las pantallas de los dispositivos móviles dan cada vez una mayor resolución y en muchos casos mayor tamaño (SCOPEO, 2011b).



*Estimate

Source: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

Figura 10. – Penetración de tecnología móvil desde el año 2001, incluye el número de suscripciones. Fuente <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>

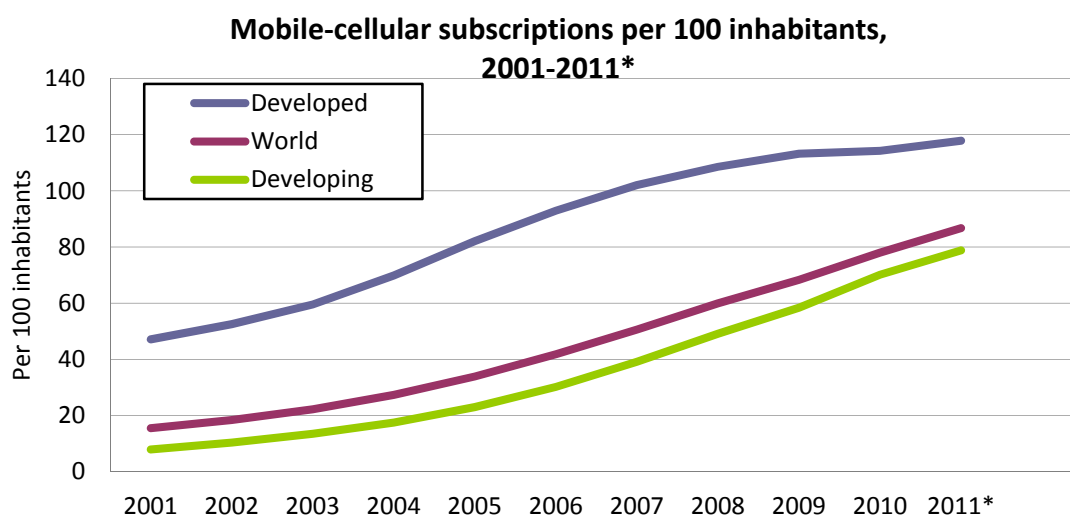


Figura 11. – Porcentaje de suscripciones de banda ancha en el móvil del 2000 a 2011, se diferencia entre los países desarrollados, en desarrollo y la media mundial. Fuente <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>

- Apoyo a las diferentes modalidades de aprendizaje. El uso de los dispositivos móviles y de las tecnologías de conexión asociadas a los mismos, suponen la posibilidad de utilizar esta tecnología como apoyo en las diferentes modalidades de aprendizaje (presencial, *online* y *blended*) (Keegan, 2005).

2.3.1. Definiciones

Dar una definición de *mLearning* no es una tarea sencilla, ya que se puede abordar desde diferentes perspectivas y sin, en muchos casos, alcanzar el consenso necesario en cuanto a lo que significa el término. En este apartado hace un recorrido por los principales planteamientos.

Desde el punto de vista más etimológico del término hay autores que exploran el sentido del concepto *mobile* que acompaña al aprendizaje (Sharples, Milrad, Arnedillo, & Vavoula, 2009), de forma que la movilidad se entiende como:

- La posibilidad de aprovechar el tiempo libre de la vida diaria para formarse independientemente de la ubicación del discente. Se puede hablar de:
 - Movilidad de tecnología, las herramientas y contenidos pueden llevarse de un dispositivo a otro para favorecer el aprendizaje.
 - Movilidad de conceptos, cambios en cuanto a los conceptos que debe aprender una persona.
 - Movilidad en el espacio social, donde el aprendizaje tiene lugar en diferentes espacios y con diferentes personas, que incluyen la familia, oficina, el aula, etc.
 - Movilidad en el tiempo, aprendizaje a lo largo del tiempo para reforzar diferentes conceptos y tener en cuenta distintas experiencias en entornos formales e informales.

Algunas definiciones que pueden incluirse en estas clasificaciones son:

”Aprendizaje que tiene lugar en distintos lugares o que hace uso de las ventajas que ofrecen las tecnologías portátiles” (Sharples et al., 2009).

“Las soluciones de *mLearning* ofrecen la libertad de capturar pensamientos e ideas de manera espontánea, justo cuando la inspiración llega, y permiten acceder a las tecnologías de la información cuándo y dónde el usuario lo necesite, para facilitar la posibilidad de implementar innovadores modos de dar clase y aprender” (Hellers, 2004).

“El *mLearning* es *eLearning* a través de dispositivos computacionales móviles: Dispositivos Asistentes Personales (*Personal Digital Assistant, PDA*, como las *Palm*

y las *Pocket PC*), Máquinas Windows CE (entre ellos los computadores de mano o *handheld*, computadores portátiles o *Laptop's* y los *Tablet-pc*) y teléfonos móviles” (Qing, 2009).

“*mLearning* se define comumente como el envío de contenido de aprendizaje a los estudiantes mediante servicios móviles” (Parsons & Ryu, 2006).

“El punto en el que la computación móvil y el *eLearning* se cruzan para producir la experiencia de aprendizaje en cualquier momento y lugar” (Kambourakis et al., 2004).

Otras posibles definiciones son aquellas que entienden el *mLearning* como una evolución del *eLearning* o como parte del aprendizaje a distancia.

“El *mLearning* es el producto de la Revolución del *Wireless*. Representa la nueva generación del *eLearning*” (Keegan, 2005).

“El *mLearning* puede verse como el siguiente paso en el desarrollo del aprendizaje virtual. El *mLearning* o aprendizaje a través de PDAs, teléfonos móviles, *notebooks*, u otros servicios *wireless* maximizan la idea de aprendizaje en cualquier momento y cualquier lugar” (McGreal, Tin, Cheung, & Schafer, 2005).

Existen también definiciones que pretenden fusionar varias de estas orientaciones como:

“Puede entenderse *mLearning* como una evolución del *eLearning* que posibilita a los estudiantes el aprovechamiento de las ventajas de las tecnologías móviles como soporte al proceso de aprendizaje y que constituye un primer paso hacia la evolución que supone el *ubiquitous Learning*” (Conde, 2007).

2.3.2. Características

El presente apartado recoge algunos de los elementos más característicos del *mLearning* de acuerdo a una revisión de diferentes autores (Conde, 2007; Keegan, 2005; Muilenburg & Berge, 2009; Yu-mei et al., 2010). Estas características son las siguientes:

- Mayor tiempo útil. El tiempo que le puede dedicar una persona para llevar a cabo actividades de enseñanza y aprendizaje se incrementa dada la facilidad de acceso que provee el dispositivo móvil a los contenidos, lo que evita desplazamientos y la necesidad de un PC con conexión a Internet.
- Disponibilidad geográfica. Gracias a la portabilidad de los dispositivos móviles y facilidad de integración en entornos físicamente dispersos, se garantiza que un

usuario en condiciones de ubicación y conectividad muy limitadas pueda acceder al aprendizaje. Además, esta disponibilidad puede aplicarse a ámbitos relativos al trabajo de campo, como sería formación y en el lugar de trabajo en conceptos relativos a necesidades puntuales del trabajador.

- Autonomía y personalización. Los dispositivos móviles facilitan los procesos autónomos y orientados de aprendizaje hacia necesidades concretas del estudiante. Este puede tener un mayor control y conocimiento del dispositivo que de un entorno que le sea ajeno, además es posible personalizarlo según sus necesidades y acceder a la formación en cualquier momento y lugar.
- Adaptación a la ubicación física. Algunos dispositivos móviles incorporan elementos GPS (*Global Positioning System*), que posibilitan determinar la posición del estudiante, y, en función de esta, proporcionar contenidos formativos adecuados para enriquecer al usuario en el contexto en que se encuentran. Por ejemplo, ofrecer información de una obra de arte en un museo.
- Necesidad de conexión. Los dispositivos móviles permiten acceder a datos disponibles en la Red y, por tanto, a contenidos formativos dispuestos en otros entornos. Además, la tecnología facilita que el usuario pueda trabajar sin conexión con lo que en caso de no disponer de ese acceso a datos, igualmente se podrían realizar ciertas actividades formativas.
- Incremento en los servicios para móviles. El aprendizaje mediante los dispositivos móviles se aprovecha del incremento exponencial en cuanto a los servicios y aplicaciones que existen para ese tipo de dispositivos de cara a enriquecer el proceso de aprendizaje.
- Pequeña curva de aprendizaje. Muchas personas ya están habituadas a usar y a consumir servicios a través de terminales móviles, lo que ayuda a reducir los periodos de formación en el uso de la tecnología que da soporte al proceso formativo.

2.3.3. Modalidades

Existen diferentes posibles clasificaciones del *mLearning*, las cuales consideran la tecnología utilizada, la adaptación de contenidos, el uso de sensores en los contextos en los que se encuentra el usuario, etc.

En este caso, y para poder abarcar un espectro mayor, se lleva a cabo una clasificación en función de diferentes aspectos extraídos a partir de un conjunto de trabajos de *mLearning*. Por ejemplo: el usuario del dispositivo, la herramienta a utilizar, la interacción con el contexto, el uso de elementos de comunicación específicos de

esos dispositivos, el planteamiento de las asignaturas, etc. Si se tienen en cuenta estos aspectos, el *mLearning* puede caracterizarse por un conjunto de dimensiones de aprendizaje (Sharples, Taylor, & Vavoula, 2007; Taylor, Sharples, O'Malley, Vavoula, & Waycott, 2006) (Figura 12).

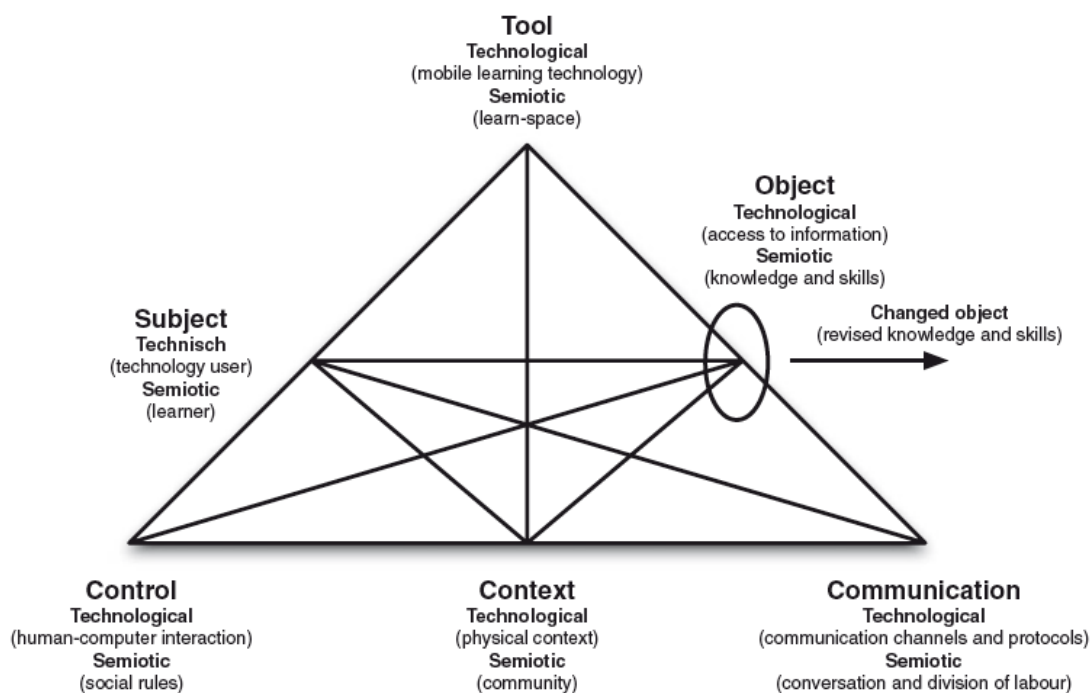


Figura 12. – Dimensiones del mLearning (Sharples et al., 2007; Taylor et al., 2006)

Este modelo muestra un conjunto de dimensiones en las que puede clasificarse la actividad de aprendizaje en dispositivos móviles. Dentro de cada una de las dimensiones, además, pueden establecerse otras clasificaciones, por ejemplo la dimensión de herramientas puede dividirse en subtipos de herramientas y clasificar los proyectos según estos subtipos, etc. De cara a comprender mejor estas dimensiones se comentan a continuación cómo se engloban en ellas algunos proyectos, según la revisión del estado del arte realizada por Frohberg, Göthy y Schwabe (2009), que considera 1469 artículos:

- Contexto. Entorno de aprendizaje en que se aplica el dispositivo. Puede clasificarse en independiente (el contexto es independiente, no afecta ni positiva ni negativamente a lo que se está aprendiendo), formal (en entornos de clase o similares), físico (el contexto en el que está el estudiante es relevante para el aprendizaje mediante el dispositivo) y social (el contexto considera otras personas involucradas). Se tiene de esta forma en cuenta tanto la portabilidad del dispositivo (individual y físico) como la capacidad de los servicios que se proveen (formal y social).

- Herramientas. Conjunto de herramientas utilizadas para la actividad de *mLearning* como materiales, contenidos, artefactos, instrumentos, dispositivos, etc. Puede establecerse una clasificación en función de las herramientas que se usan, cómo se usan y cómo los contenidos se adecúan a la situación específica del entorno del discente y sus dispositivos.
- Control. Expresa quién es el responsable sobre el proceso de aprendizaje, el profesor o el estudiante.
- Comunicación. La comunicación es algo esencial en el proceso *eLearning*. Además, los dispositivos móviles pueden considerarse como elementos básicos de comunicación que aportan funcionalidades adicionales a las empleadas en los entornos *eLearning* tradicionales. Se puede clasificar en función del grado de comunicación empleado.
- Objeto y sujeto del aprendizaje. Se puede considerar como una dimensión del aprendizaje móvil las características de los sujetos/objetos involucrados en las actividades formativas, es decir, el grado de experiencia en este tipo de acciones, su edad, la familiaridad con los dispositivos móviles, etc.

La mayor parte de las iniciativas relacionadas con los dispositivos móviles atienden a una o varias de estas posibles dimensiones.

2.4. cLearning

El *cLearning*, también conocido como aprendizaje colaborativo y social (*collaborative learning*) es una modalidad de aprendizaje con muchos años de bagaje. En este apartado se describe en qué consiste, cuáles son sus principales características y ventajas y cómo se han desarrollado a lo largo del tiempo iniciativas de aprendizaje colaborativa mediante el uso de Internet y los ordenadores.

El aprendizaje es un proceso que no solamente tiene una implicación individual, sino que en muchas ocasiones tiene un componente de cooperación y colaboración muy importante. Se aprende del contexto, de la situación y de los actores implicados en los procesos de aprendizaje (García-Peñalvo, 2008b).

Unido a esto, el uso de las redes sociales es algo cotidiano. Hecho demostrado porque hay más de 1000 millones de usuarios de redes sociales en el mundo (Figura 13) y en el ejemplo de que el 83% de los usuarios en España usa una red social (Fundación-Orange, 2011). Cada vez se busca más la socialización, aunque no siempre con carácter educativo (Area, 2008), de forma que las redes sociales actuales son, en muchos casos, herramientas, puntos de encuentro, lugares de discusión, etc.

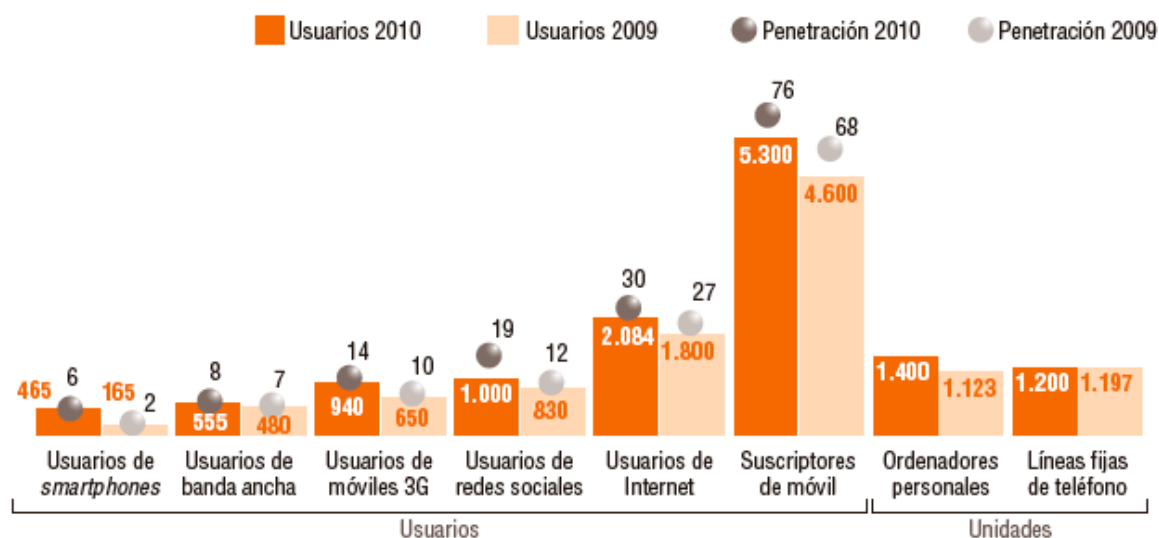


Figura 13. – Uso de las tecnologías de la información en el mundo en el período 2009-2010 y porcentaje de penetración. Fuente: (Fundación-Orange, 2011)

Es, por tanto, evidente que la tecnología fomenta ese aprendizaje colaborativo, pero antes de comenzar a hablar de aprendizaje colaborativo y de cómo la tecnología da soporte a este aprendizaje, debe quedar claro qué se entiende por colaboración y en qué se diferencia de otros conceptos cercanos como el de cooperación.

El debate acerca de qué se entiende por colaboración y qué por cooperación es algo que viene de tiempo atrás. Autores como Panitz (1996) consideran la colaboración como una filosofía de interacción y estilo de vida, mientras la cooperación como una estructura de interacción diseñada para facilitar la realización de un producto o para alcanzar un objetivo cuando se trabaja en grupo. Otros autores como Roschelle y Teasley (1995) consideran que “La cooperación se basa en la división de una tarea entre varios participantes, es decir una actividad donde cada persona es responsable de una parte de un trabajo o problema...mientras que la colaboración supone la implicación común de un conjunto de participantes en un esfuerzo combinado para resolver un problema juntos”, esta definición es respaldada por otros autores como Lethinen, Hakkarainen, Lipponen, Rahikainen and Muukkonen (2001).

Una vez definida que es la colaboración se describe el aprendizaje colaborativo, sus modalidades en función de la forma en que se implementa y características de ese tipo de aprendizaje de este tipo de aprendizaje.

2.4.1. Definiciones

Según el análisis de varias posibles definiciones realizado por Paul Dilliemburg (1999) la definición más extendida (aunque no totalmente satisfactoria de aprendizaje

colaborativo) es que este puede entenderse como una situación en la que “dos o más personas” “aprenden” o intentan aprender algo “juntas”. Se debe tener en cuenta que:

- “Dos o más personas” puede interpretarse como un par, un grupo pequeño, una clase, una comunidad, una sociedad, etc.
- “Aprenden algo” puede interpretarse como seguir un curso, estudiar un material comercial, llevar a cabo actividades de aprendizaje, el aprendizaje a lo largo de la vida, etc.
- “Juntos” puede interpretarse de varias maneras, cara a cara o mediante el uso del ordenador, de forma síncrona o asíncrona, con una frecuencia establecida, tanto si es una actividad completa o si está se encuentra dividida en unidades más pequeñas, etc.

El aprendizaje colaborativo evoluciona desde los trabajos de Piaget (1926) y Vygotsky (1978), que defienden que el aprendizaje se produce de forma más efectiva a través de la interacción en un entorno cooperativo que en uno competitivo. Comparado con el aprendizaje individual, el aprendizaje colaborativo (cara a cara) revela beneficios como: mejor realización, más motivación, mejores resultados en la evaluación, consecución de competencias de alto nivel, gran satisfacción de los usuarios, etc. (Dansereau, 1983; Johnson, Maruyama, Johnson, & Nelson, 1981; Sharon, 1990; Slavin, 1982).

Más recientemente el uso de la tecnología como apoyo al aprendizaje colaborativo confirma estos beneficios y muestra que pueden potenciarse mediante el uso de la tecnología adecuada (Alavi, 1994; Hiltz, 1994; Huynh, 1999).

Un elemento fundamental que diferencia el aprendizaje colaborativo del aprendizaje individual y competitivo es su naturaleza social. Los estudiantes interaccionan y comparten sus ideas para mejorar la comprensión de los conceptos tanto a nivel individual como global. Su aprendizaje tiene lugar en un medio social que, aparte de facilitar el desarrollo de las habilidades intelectuales, facilita el desarrollo de habilidades sociales y establece relaciones entre los estudiantes (Klein & Huynh, 1999). Las interacciones sociales se facilitan mediante herramientas electrónicas, con lo que los actores involucrados en estas interacciones están liberados de limitaciones espaciales y temporales (Cecez-Kecmanovic & Webb, 2000).

2.4.2. Características

Las principales características del *cLearning* se extraen de diferentes definiciones del aprendizaje colaborativo (Bruffee, 1995; Dillenbourg, 1999; Olivares, 2009; Panitz,

1996; Roschelle & Teasley, 1995; Stahl, Koschmann, & Suthers, 2006), aunque también se tiene en cuenta el soporte tecnológico (Cecez-Kecmanovic & Webb, 2000). Estas características son:

- Realización del trabajo de forma conjunta. El éxito individual en el aprendizaje no es el principal objetivo sino que los discentes involucrados aprendan como equipo. Los problemas van a resolverse de forma compartida.
- Interacción controlada por los estudiantes. La interacción es uno de los elementos fundamentales de este tipo de aprendizaje, pero además los estudiantes son los que deciden la estructura de esa interacción y mantienen el control de las decisiones que afectan al aprendizaje.
- Roles similares entre los actores de este aprendizaje. La colaboración se da entre pares y los roles que desempeñan los actores pueden verse alterados y rotar durante las colaboraciones, no se diferencia entre profesores (expertos) y estudiantes.
- Flexibilidad. El aprendizaje colaborativo al no estar ligado a una estructura de supervisión vertical proporciona más posibilidades de inventar, crear, generar o adaptar nuevas formas y contenidos al desarrollo de la actividad, etc.
- Requiere mayor preparación de los estudiantes. Un mayor grado de madurez, autonomía, responsabilidad, creatividad por parte del estudiante para que el grupo aprenda.
- Necesita sistemas de seguimiento de la colaboración. Este tipo de aprendizaje se basa en la colaboración entre los estudiantes, si se quiere medir de alguna forma el grado de interacción es necesario considerar formas para garantizar el seguimiento de la colaboración.

2.4.3. Modalidades

Una vez descrito qué es y las características del aprendizaje colaborativo se plantea una clasificación en función de cómo puede implementarse. En este sentido se puede hablar de una implementación a través de los entornos colaborativos de aprendizaje (*CSCL Environments–Computer Supported Collaborative Learning Environments*), las plataformas de aprendizaje, de las redes sociales que pueden entenderse como la evolución de los *CSCL Environments* y de otras herramientas web definidas utilizadas como herramientas colaborativas.

2.4.3.1. CSCL

El CSCL es un área de conocimiento que estudia el aprendizaje colaborativo a través

de medios electrónicos. Lo que persigue el CSCL es intentar desarrollar nuevos productos y aplicaciones *software* que brinden a los usuarios actividades creativas de aprendizaje en colaboración con otras personas. La aparición y penetración de Internet suponen un crecimiento significativo en esta área.

No debería confundirse el CSCL con el *eLearning*, aunque ambos usen medios electrónicos y entornos en los que el usuario va a poder realizar actividades colaborativas. El CSCL está especialmente enfocado a promover la colaboración entre los estudiantes, de tal manera que no se reaccione únicamente a unos determinados contenidos o a una estructura de curso, sino que el aprendizaje se lleve a cabo mayoritariamente a través de la interacción entre los participantes. La estimulación y mantenimiento de esa interacción va ser difícil de conseguir, requiere de una planificación, coordinación de actividades y aproximaciones tanto pedagógicas como tecnológicas. Además, el CSCL no va a dejar de lado la interacción cara a cara, y puede ser utilizado como un medio para fomentarla. Por ejemplo, un grupo de personas puede reunirse en torno a un ordenador y buscar recursos, o actividades para luego discutir un determinado concepto (Stahl et al., 2006).

El origen del CSCL puede atribuirse a tres proyectos de investigación (Lonn, 2009; Stahl et al., 2006):

- El proyecto ENFI (*Electronic Network For Interaction*), definido en la Universidad de Gaudallet (Estados Unidos) cuyos estudiantes eran sordos o tenían importantes deficiencias auditivas. ENFI es un sistema que permite a los estudiantes y profesores comunicarse entre ellos mediante redes de ordenadores, en concreto se introduce texto a partir a partir de la voz (Stine, 1989). Se lleva a cabo una aplicación de tipo *chat* para favorecer esa comunicación.
- CSILE (*Computer-Supported Intentional Learning Environment*), proyecto de la Universidad de Toronto que permite a los estudiantes compartir mensajes escritos con otros compañeros y otros estudiantes de todo el mundo (Scardamalia & Bereiter, 1994; Scardamalia, Bereiter, McLean, Swallow, & Woodruff, 1989). Los estudiantes de esta manera pueden aprender de otros y distribuir su conocimiento (Scardamalia & Bereiter, 1991). La fortaleza CSILE reside en facilitar la adquisición de conocimientos de la comunidad de estudiantes y promueve el avance en estos conocimientos mediante actividades sociales. Además, esto se hace de forma que toda pregunta, teoría, idea, información, descubrimiento, etc. se mantenga en la base de datos de la herramienta para permitir el análisis continuo de la comunidad.

- El proyecto 5thD (*Fifth Dimension Project*) de la Universidad de Rockefeller, interesado en un principio en la mejora de las habilidades lectoras (Cole, 1998) y que, posteriormente, evoluciona en un sistema para facilitar la resolución de problemas mediante la introducción un entorno social de juego para medir el progreso del estudiante.

A partir de estos proyectos son muchas las iniciativas que aparecen, así como los *workshops* y conferencias en que se considera el CSCL y las revistas en las que se publican importantes avances sobre este tema.

2.4.3.2. Las herramientas colaborativas de los LMS

Las plataformas de aprendizaje son una de las herramientas de aprendizaje que más se han utilizado como soporte a las actividades de *eLearning* y que más se siguen utilizando (Prendes, 2009; Wexler et al., 2008). Estas plataformas proporcionan herramientas para dar soporte al aprendizaje y muchas de ellas se basan en la colaboración de los usuarios al incluir herramientas colaborativas. De esta forma los usuarios pueden intercambiar entre sí conocimiento y colaborar para realizar diferentes actividades en ocasiones guiados por el docente y en otros casos por su propia cuenta (Lonn, 2009). Algunos autores, sin embargo, consideran que, aunque los LMS proporcionan herramientas colaborativas y realmente dar lugar a experiencias de *cLearning*, están centrados en el curso y en la institución y reducen la potencialidad que las herramientas colaborativas aportan a los estudiantes (Dalsgaard, 2006).

Como ejemplos de LMS que faciliten el *cLearning* se pueden citar:

- *BSCW*, un sistema de gestión de contenidos muy utilizado que surge en 1995 (Appelt, 1999; Appelt & Klöckner, 1999; Klöckner, 2001) y que proporciona un sistema para manejar entornos de trabajo web que pueden ser usados por los miembros de un grupo de trabajo para coordinar su actividad. Este sistema permite compartir y publicar documentos, organizarlos, para facilitar su consulta así como para colaborar entre los usuarios (Stahl, 2004).
- Otros LMS (ya más recientes) como *Moodle*, *Blackboard*, *Sakai*, *Desire2Learn*, etc. proporcionan herramientas para la colaboración entre los estudiantes (Aberdour, 2007; Area, 2008; Bri, Garcia, Coll, & Lloret, 2009).

En cualquier caso los LMS aportan una forma más de implementar iniciativas de aprendizaje colaborativo y deben tenerse en cuenta. No se incide más en la explicación de estas plataformas puesto que van a ser profusamente documentadas en el próximo capítulo.

2.4.3.3. Las redes sociales y comunidades virtuales de aprendizaje aplicadas a la educación

Muchas veces se ha usado una imagen metafórica de una red para referirse a un conjunto complejo de interrelaciones dentro de un sistema social. Esta imagen ha sido comúnmente utilizada en el área de sociología y antropología, pero sin embargo tenía un sentido metafórico más que el de representar una serie de vínculos entre un conjunto determinado de actores sociales (Requena, 1989).

El término de red social se utiliza inicialmente por J. A. Barnes (1954). Dicho autor llevó a cabo un estudio sociológico acerca de la importancia de las relaciones informales e interpersonales como la amistad, el parentesco y la vecindad en la integración de una pequeña comunidad de pescadores, para concluir que la totalidad de la vida social se ha de contemplar como un conjunto de algunos nodos que se vinculan por líneas para formar redes totales de relaciones. La esfera informal de relaciones interpersonales se contempla así como una parte, una red parcial de una total.

Este significado de relaciones en un sistema social se mantiene hoy en día, de forma que las redes sociales se constituyen en una de las principales herramientas colaborativas (Harasim, Hiltz, Turoff, & Teles, 1995; Haythornthwaite, 2002).

Si se considera el aprendizaje desde el punto de vista de la red social, este sería el resultado de la actividad colectiva que se lleva a cabo a través de conversaciones informales, trabajos compartidos y redes de contactos (Brown & Duguid, 1991).

Las redes sociales también van a tener un papel importante en los entornos de aprendizaje como un medio para el intercambio de recursos y conocimiento (Cho, Stefanone, & Gay, 2002) y una fuente de comunicación entre los estudiantes distribuidos en diferentes lugares (Haythornthwaite, 2002). Además, con la irrupción de la Web 2.0 se proporciona soporte tecnológico a este tipo de redes, lo que hace que sean más accesibles para los usuarios que deseen utilizarlas (Area, 2008; Suárez, 2011).

En el ámbito educativo la forma más común de aplicación de redes sociales es la definición de comunidades de práctica (Downes, 2005). Se trata de organizaciones definidas por intereses compartidos, donde sus miembros interactúan y aprenden juntos, para lo que usan recursos comunes y desarrollan una identidad y repertorio propios (Wegner, 2001). Dentro de estas comunidades pueden encontrarse afinidades respecto al aprendizaje (Coll, Bustos, & Engels, 2008). Este tipo de comunidades son redes estables de estudiantes organizadas en torno a ciertas metas de aprendizaje

regladas o no (Suárez, 2009).

No debe confundirse, por tanto, el concepto de red social con el de comunidad de aprendizaje. Mientras que las redes sociales se centran en la comunicación entre personas relacionadas por diferentes factores, las comunidades de prácticas se centran en un objetivo particular, es decir, personas unidas con un objetivo común (Palmer, 2010; 2011).

Tampoco debe confundirse el concepto de red social con el concepto de sitio de red social (*Social Network Sites*), el primero se refiere al concepto y el segundo al soporte web para el mismo. Hoy en día los sitios web sociales tienen una gran aceptación. Autores como Boyd & Ellison (2007) definen un sitio web social como un conjunto de servicios basados en la web que permite a las personas: 1) construir un perfil semi-público; 2) definir una lista de usuarios con los que compartir una conexión social; y 3) ver y navegar por las conexiones sociales propias y las públicas dentro del sistema. Estos sitios web sociales proporcionan soporte web tanto a comunidades virtuales como a redes sociales, de ahí que muchas veces se hable de red social sin diferenciar entre ambos términos.

Dentro de los sitios web sociales existen diferentes clasificaciones, en la Figura 14 se muestra una de estas clasificaciones en función de si el software se usa para crear sitios de red social o el usuario se incorpora a una red social predefinida.

Ejemplos de redes sociales horizontales podrían ser: *Facebook* (<http://www.facebook.com/>), *Tuenti* (<http://www.tuenti.com/>), *Orkut* (<http://www.orkut.com/>), *Badoo* (<http://badoo.com/>), *Hi5* (<http://hi5.com/>), *Bebo* (<http://www.bebo.com/>), *MySpace* (<http://es.myspace.com>). Con este tipo de sistemas se llevan a cabo algunos proyectos en ámbitos educativos (Piscitelli et al., 2010; Suárez, 2011; Túnñez & Sixto, in press).

Ejemplos de redes sociales verticales podrían ser: *Oxwall* (<http://www.oxwall.org/>), *OpenAtrium* (<http://openatrium.com/>), *BuddyPress* (<http://buddypress.org/>), *Netvibes* (<http://www.netvibes.com>), *People aggregator* (<http://www.peopleaggregator.de/>), *Social Go* (<http://www.socialgo.com/>), *Grou.ps* (<http://grou.ps/>), *Spruz* (<http://www.spruz.com/>), *Mixxt* (<http://www.mixxt.org/>), *Grouply* (<http://www.grouply.com/>), *Wall.fm* (<http://wall.fm/>), *Gnoss* (<http://www.gnoss.com/home>). Estas herramientas se aplican en proyectos educativos como Internet en el aula (<http://internetaula.ning.com/>), Digiskills (<http://grou.ps/digiskills>) Red tecnología educativa

(<http://redtecnologiaeducativa.ning.com/>), Fundes (<http://www.fundes.socialgo.com/>), Clickschooling (<http://clickschooling.grouply.com/>), GNOSS educa (<http://gnoss.com/gnosseduca>).

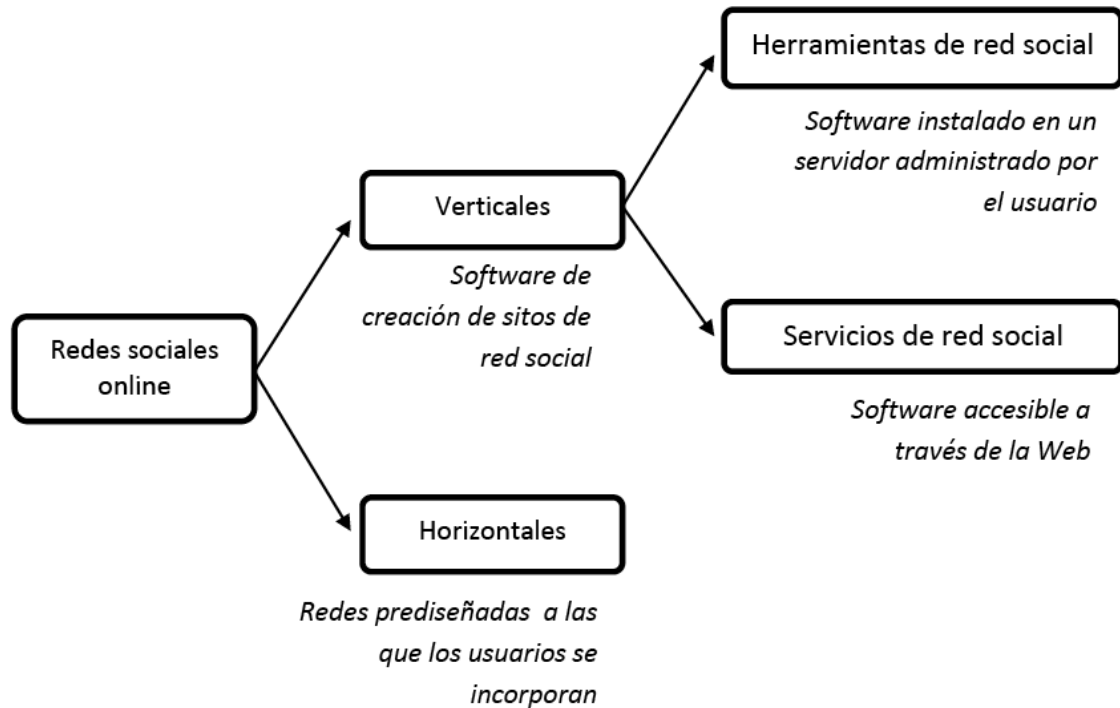


Figura 14. – Clasificación de los sitios de redes sociales en función de la finalidad del *software*. Fuente: (Castañeda, González, & Serrano, 2011)

2.4.3.4. Herramientas aplicadas al aprendizaje colaborativo

Otra posible forma de implementar el *cLearning* es mediante el uso de herramientas desde una perspectiva colaborativa. alguna de estas herramientas puede haber sido definida específicamente para fomentar/soportar la colaboración entre usuarios y otras se utilizan de esta forma especialmente en el ámbito de las tecnologías 2.0.

Respecto a las primeras pueden encontrarse varios ejemplos, *Google Docs* (<http://docs.google.com>) que permite compartir documentos y editarlos de forma colaborativa (aunque también es una herramienta 2.0), herramientas CASE con soporte colaborativo (Chabert, Grossman, Jackson, Pietrowiz, & Seguin, 1998; Conde, Álvarez, & García, 2006a), contextos de colaboración en diferentes ámbitos como *Colloquia* (Olivier & Liber, 2001) o *Microsoft Grooves* (Bostrom, Gupta, & Hill, 2008), etc.

En cuanto a las herramientas 2.0, la sucesiva aparición de nuevas aplicaciones informáticas en red que facilitan el intercambio de archivos, así como la publicación de contenidos de diferente naturaleza y las prácticas colaborativas (P2P, *wikis*, *weblogs*,

streaming de audio y vídeo, etc.) impulsan esta colaboración (Levis, 2011; Sotomayor, 2010). Estas herramientas pueden clasificarse en función de su propósito (SCOPEO, 2009) y dicha clasificación se describe en el apartado de *eLearning* 2.0 al hablar de las herramientas aplicadas al aprendizaje.

Existen diversos ejemplos de aplicación de estas herramientas, algunos de ellos pueden encontrarse en el trabajo de García-Peñalvo y Suárez (2011).

2.5. gLearning

Un elemento fundamental para el aprendizaje es la motivación. Sin embargo, hoy en día mucho del contenido educativo al que tiene acceso el estudiante es en muchos casos poco motivador. Palabras para calificar los contenidos como aburridos, simples o técnicos son muy comunes entre los estudiantes en diferentes contextos. Puede decirse que en muchas ocasiones los profesores no son eficientes desde una perspectiva motivacional y esto supone que el aprendizaje de los estudiantes sea más complicado (Prensky, 2003).

Una forma de evitar esta falta de motivación consiste en considerar cómo son los estudiantes, cómo han ido cambiando y cuáles son los principales elementos que favorecen la participación y el aprovechamiento del aprendizaje.

Los estudiantes actuales han crecido en la era de Internet y las tecnologías. La mayoría de ellos emplea gran parte de su tiempo jugando con videojuegos y usando Internet. Ellos han nacido en la era digital, crecen utilizando los dispositivos y en muchas ocasiones no conciben actividades en las que las tecnologías no se tengan en cuenta. A estas personas se las denomina nativos digitales (*Digital Natives*) (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001b, 2001c).

Uno de los elementos más utilizados y apreciados por esos nativos digitales son los juegos (en sus diferentes vertientes como pueden ser videojuegos, simuladores, juegos *online*, etc.) y la aplicación de esos juegos en los procesos de aprendizaje es lo que se va a conocer como *gLearning* (*Digital game-based learning*) o aprendizaje basado en juegos (Prensky, 2001a, 2001d).

Los juegos se aplican en la diferentes ámbitos educativos, ya que son un buen complemento a la formación tradicional debido a que poseen características pedagógicas interesantes. Presentan mundos inmersivos en los que se plantean retos de elevada dificultad y contienen determinados elementos lúdicos que aumentan la motivación del alumnado. Además, las simulaciones basadas en juegos (sistemas que simulan un entorno real y que implementan mecánicas de juego) son buenas

herramientas para el aprendizaje de conocimiento procedimental y permiten anticipar al estudiante a entornos de trabajo futuros con un alto nivel de realismo. Unido a esto, la alta interactividad que presentan este tipo de contenidos permite realizar tareas de evaluación de la actividad mucho más precisas, así como modificar la experiencia educativa planteada en el juego para amoldarse a las particularidades de cada estudiante (Blanco, Moreno-Ger, Torrente, & Fernández-Manjón, 2009).

Autores como Richard Van Eck (2006) consideran que la popularidad que ha adquirido esta modalidad de aprendizaje se debe básicamente a tres factores: 1) la gran cantidad de investigación que se está realizando en este ámbito en las últimas décadas; 2) la importancia y crecimiento de los nativos digitales, que prefieren este tipo de actividades de cara al aprendizaje de los diferentes conceptos; y 3) el enorme incremento en popularidad de los videojuegos y su volumen de inversión y ventas, con gastos superiores en muchos casos a producciones cinematográficas.

Es significativa la gran penetración de los videojuegos en los diferentes mercados. Según el informe Horizon 2012 (Johnson, Adams, & Cummins, 2012), y de acuerdo con *Trip Wire Magazine* (<http://www.tripwiremagazine.com/>), durante 2011 hay 69,1 millones de personas que participan en juegos *online* (9 millones más que en 2010) y el 40% de estos usuarios tienen una edad comprendida entre 20 y 35 años. Si se considera el mercado estadounidense, según la *Entertainment Software Association* (<http://www.theesa.com/>) el 72% de los hogares estadounidenses son usuarios de videojuegos, con una media de edad de los jugadores de 37 años y con un 53% de usuarios con edades comprendidas entre 18 y 49 años (ESA, 2011).

De cara a comprender más claramente cómo funciona el *gLearning* se describe en los próximos apartados qué es este tipo de aprendizaje, cuáles son sus características y las posibles variedades que se pueden considerar.

2.5.1. Definiciones

Para comprender correctamente el concepto de *gLearning* primero se define el concepto de juego como elemento básico en esta modalidad de aprendizaje.

Los juegos se entienden como una actividad voluntaria y divertida separada del mundo real, no predeterminada, no productiva (en el sentido de que no se producen elementos de valor externo) y conducida por un conjunto de reglas (Caillois, 1961).

A partir de este concepto, una de las definiciones más comunes de *gLearning* es la mencionada en el apartado anterior, es decir, la aplicación de los juegos en los procesos de aprendizaje (Prensky, 2001a, 2001d; Smith & Mann, 2002).

Otras definiciones se centran más en el carácter innovador de distribuir los contenidos que facilitan los juegos, como por ejemplo:

“Se trata de una aproximación de aprendizaje que utiliza los juegos como una nueva forma contenido interactivo” (Pivec, 2007).

“El *gLearning* es un paradigma que utiliza el juego como un medio para transmitir los contenidos de aprendizaje” (Tan, Ling, & Ting, 2007).

“Modalidad de aprendizaje cuya meta es la consecución de los objetivos particulares de un determinado contenido educativo a través del juego” (Kim, Park, & Baek, 2009).

Otras definiciones relacionan el *gLearning* con el aprendizaje basado en problemas:

“El aprendizaje basado en juego es un clase de aprendizaje basado en problemas en el que los escenarios se presentan en el contexto de juegos” (Mann et al., 2002).

Una definición más completa que refleja algunas de las características de los juegos es la siguiente siguiente:

“Modalidad de aprendizaje que utiliza las características de los videojuegos y el ordenador para crear experiencias atractivas e inmersivas para satisfacer una serie de objetivos y resultados de aprendizaje” (de Freitas, 2006).

2.5.2. Características

No existe mucho consenso en la bibliografía en cuanto a las características de la aplicación de los juegos a los procesos aprendizaje. Varios autores se centran en las características propias de los juegos y los beneficios de su aplicación en el aprendizaje. En este caso se recopilan algunas de esas características (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002; Prensky, 2001d; Squire, 2005):

- Aumento de la motivación. La aplicación de juegos en la educación mejora la motivación de los estudiantes al proporcionarles retos, misterios, competencia con otros estudiantes, espacios de práctica, etc.
- Adquisición de competencias en varios niveles. Como los juegos plantean conceptos estructurados en niveles, con la superación de cada uno de ellos es posible adquirir competencias básicas que pueden utilizarse en niveles posteriores para obtener otras más complejas.
- Participación activa. En los juegos los estudiantes pueden decidir, dentro de las reglas, cómo actuar, qué estrategias seguir, cómo abordar un problema, cómo interactuar con el ambiente y otros jugadores, etc.; los resultados de esas

decisiones les permiten aprender y pueden servir de base para experimentos. Es decir, los estudiantes construyen su aprendizaje.

- Facilitan la asimilación de conceptos. A través de los juegos se plantean situaciones en las que se pueden simular escenarios reales, en los que el usuario puede aplicar los conocimientos que ya tiene o ideas preconcebidas, de manera que pueda comprobar su validez, y de esa modo, entender mejor determinados conceptos.
- Práctica en contextos complejos. A través de los simuladores se facilita la realización de actividades complejas en contextos de otra forma de difícil acceso (tanto por motivos económicos como técnicos).

2.5.3. Modalidades

Las posibles clasificaciones de *gLearning* se vinculan al tipo de juegos empleados para las actividades de aprendizaje. Existen diferentes tipos de juegos que se pueden aplicar en ámbitos educativos en función de los factores que consideren. A continuación se citan algunas de las posibles clasificaciones de los juegos.

Un ejemplo de posible clasificación de juegos basados en una revisión pormenorizada de diferentes autores es la provista por de Freitas (2006). Esta clasificación se asienta en las posibles definiciones que se pueden tener de juegos, entre los tipos considerados están:

- Juego educativo. Aplicaciones que usan las características de los videojuegos para crear experiencias atractivas e inmersivas de cara a conseguir unos objetivos de aprendizaje específicos, unos resultados y una experiencia.
- Juegos *online*. Juegos basados en clientes web, que van desde aquellos que se basan en textos a otros que suponen el uso de complejos motores gráficos y mundos virtuales. Se caracterizan por involucrar a un gran número de jugadores. Gracias a la aparición de tecnologías como Java (SUN, 1996) y Flash (Adobe, 2012) se incrementa el número de juegos de esta categoría, así como la interacción que el usuario tiene con ellos.
- *Serious Games*. Juegos cuyo principal objetivo es el aprendizaje, es decir, se crean con la intención de enseñar a hacer algo. Esto en muchas ocasiones entran en contradicción con la definición de juego.
- Simuladores. Una simulación por ordenador es una forma de modelar una situación del mundo real en un sistema informático. Estas simulaciones presentan una serie de elementos variables que facilitan cambiar las condiciones de la situación representada. La relación entre los simuladores y

los juegos es muy estrecha e incluso puede considerarse como un tipo de *serious game*. Además, los simuladores, y en especial aquellos basados en mundos virtuales, permiten realizar experiencias inmersivas de aprendizaje.

Otras clasificaciones de juegos se basan en si estos tienen una naturaleza enfocada a algún objetivo o inmersiva. Squire (2005) presenta esta clasificación donde los juegos aplicados son aquellos que tratan de enseñar unos conceptos muy específicos y los juegos inmersivos los que tratan de potenciar el aprendizaje al facilitar al usuario la inmersión en un contexto, la adquisición de unos valores, así como verse favorecido por una experiencia cercana a los contextos reales.

También existen clasificaciones en función del tipo de soporte tecnológico de los juegos como en (Kelle, Sigurðarson, Westera, & Specht, 2010), donde se habla de juegos *online*, juegos para móviles, juegos de consolas, juegos de ordenador, juegos basados en la localización de usuario, juegos basados en los movimientos, etc.

Además, pueden observarse otro tipo de clasificación relativa al momento en que se introduce el juego dentro del proceso de aprendizaje, así se diferencia entre juegos preinstruccionales, instruccionales y posinstruccionales (Bright, Harvey, & Wheeler, 1985).

2.6. uLearning

Actualmente los usuarios se mueven en un mundo repleto de servicios basados en la tecnología. El panorama de los dispositivos que utilizan está cambiando en los últimos años (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2012). Cada vez más usuarios tienen acceso a datos desde sus dispositivos móviles (por ejemplo en España en 2011 hay un 18% más de suscripciones de banda ancha móvil que en 2010, sobre 14 millones de líneas) (CMT, 2011), cada vez se utilizan más los *qr code* (el uso de este tipo de códigos del último trimestre de 2009 al tercer trimestre de 2011 ha experimentado un incremento de un 1265%) (3GVision, 2011), cada vez toma más importancia las actividades basadas en computación en la nube (como ejemplo, en España el 21,5% de las PYMES llevan a cabo algún tipo de iniciativa de *software* como servicio) (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2012), los dispositivos son cada vez más inteligentes, portables y tienen mayor conectividad, los *tablets* se están imponiendo al igual que los libros electrónicos (en 2011 se experimenta una venta de 60 millones de *tablets* con crecimiento de un 300% sobre las ventas 2010) (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2012), la realidad aumentada, al igual que Internet de las cosas, está cada vez más implantada (con ejemplos como diferentes *Smart Cities* en España) (FUNDACIÓN-

TELEFÓNICA, 2011b), la televisión digital facilita más servicios, existen sensores en gran cantidad de instituciones que permiten adaptarse a las necesidades de los usuarios (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2012), etc. Es decir, los usuarios y sus contextos se encuentran más inmersos en la tecnología, usuarios que se han convertido en ávidos consumidores de información. Esto supone que se faciliten nuevas estrategias de aprendizaje (Ebner, Stickel, Scerbakov, & Holzinger, 2009; Hwang, Yang, Tsai, & Yang, 2009; Liu & Hwang, 2010; Rinaldi, 2011).

Dichas estrategias de aprendizaje hacen posible que se pueda estudiar en cualquier momento (24 horas los 7 días de la semana) y lugar (a través de diferentes tipos de redes de acceso a datos), con diversidad tipos de recursos (*email*, servicios de aprendizaje, diferentes formatos, tipos de contenidos, etc.) y a través de diferentes tipos de dispositivos (móvil, *tablets*, *ebook*, ordenador, televisión, etc.) (Loidl, 2006).

Se abre, por tanto, un escenario de aprendizaje en el que el usuario puede aprender en diferentes contextos, con diferentes dispositivos, de diferentes fuentes en lo que se puede entender como aprendizaje ubicuo (*ubiquitous learning* o *uLearning*).

En el presente apartado se define qué es el *uLearning*, sus diferencias y similitudes con otras modalidades de aprendizaje como el *mLearning*, sus principales características y factores más representativos y una posible clasificación de *uLearning*.

2.6.1. Definiciones

La definición del *uLearning* está vinculada a lo que se entiende por *ubiquitous computing*, por tanto primero se revisa este término para después centrar la discusión en cómo este tipo de computación puede aplicarse en entornos de aprendizaje.

Mark Weiser acuñó el término computación ubicua (*ubiquitous computing*, también conocido como *pervasive* o *ambient computing*) a finales de 1980. Según Weiser (1991) la computación ubicua consiste en un mundo con ordenadores y tecnologías asociadas que se vuelven invisibles y se integran totalmente en el mundo real. Es decir, poner a disposición del usuario gran cantidad de servicios en los diferentes contextos en los que se mueven, servicios que se proporcionan a través de sistemas con capacidad de computación, de una forma totalmente transparente para los ellos.

Los sistemas de computación ubicua se caracterizan por la integración física e interacción espontánea. La integración física se refiere a cómo los computadores se integran en el mundo real, mientras que la interacción espontánea significa que los sistemas interaccionan espontáneamente con el entorno cambiante (estudia las características del entorno, las necesidades del usuario y en función de esto aporta

funcionalidad y un conjunto de servicios). Por lo tanto, se puede decir que los entornos de computación ubicua tienen en cuenta la movilidad del usuario, la localización y descubrimiento de recursos, son conscientes del contexto del usuario (*context awareness*), facilitan la interacción colaborativa, obtienen información acerca del entorno del usuario, permiten al usuario la posibilidad decidir qué información es más relevante para él (mediante lo que se conoce como *calm technology*), notifican los eventos a los usuarios, facilitan la adaptación de las interfaces, hacen visibles características en información sobre ciertos objetos que de otra forma no lo serían y permiten un acceso a la información en cualquier momento y lugar (Zhang, 2008).

En este contexto, el *uLearning* se puede considerar como una extensión y un avance en el *eLearning*, a la vez que puede verse como la combinación de las ventajas del *eLearning* y del *mLearning*, con los beneficios de la computación ubicua y la flexibilidad de los dispositivos móviles. Los estudiantes tendrían libertad para aprender en un entorno de aprendizaje que se adapta a sus necesidades de aprendizaje y a su forma de aprender, gracias especialmente a la flexibilidad y a la transparencia de los sistemas de computación ubicua (Zhang, 2008).

Otros autores como Liu y Hwang (2010) también consideran que el aprendizaje ubicuo puede observarse como una evolución del *eLearning* debido fundamentalmente al uso de tecnología móvil (Figura 15).



Figura 15. – Evolución del *eLearning* hacia los contextos ubicuos de aprendizaje (Liu & Hwang, 2010)

Además, estos autores presentan las similitudes y diferencias entre varias modalidades de aprendizaje que pueden observarse en la Tabla 2. En la que se comparan determinadas variables en los ámbitos del *eLearning*, *mLearning* y *uLearning*.

Tabla 2. – Diferencias entre el eLearning, mLearning y uLearning en función de variables prácticas y teóricas. Traducido y adaptado de (Liu & Hwang, 2010)

Variables prácticas y teóricas		eLearning	mLearning	uLearning
Características de cada modalidad		Independiente de la distancia, aprendizaje integral, acceso síncrono y asíncrono	Independiente de la distancia, aprendizaje integral, acceso síncrono y asíncrono, aprendizaje desde cualquier entorno, acceso a la formación en el momento que se requiere	Independiente de la distancia, aprendizaje integral, acceso síncrono y asíncrono, aprendizaje desde cualquier entorno, acceso a la formación en el momento que se requiere, aprendizaje activo y adaptativo
Tecnologías de aprendizaje relacionadas		Ordenador y acceso a internet	Dispositivos móviles con conectividad de datos	Tecnología basada en sensores (GPS, RDIF <i>readers</i>) y dispositivos móviles con conectividad de datos
Fuente del control	Interno basado en la perspectiva del usuario	Dirigido por el usuario	Activado por el usuario cuando es necesario	Activado por el usuario y/o por los sensores que se relacionan con el usuario
	Externo basado en la aplicación	Guiado, basado en el comportamiento de la aplicación <i>online</i>	Guiado, basado en el comportamiento del usuario en las redes	Guiado, basado en el comportamiento real de los usuarios
Fuentes de información		Servidores en Internet	Servidores inalámbricos y objetos reales	Servidores inalámbricos, objetos reales y sensores
Aplicación en campos académicos e industriales		En cualquier campo o disciplina	Aprendizaje declarativo	Aprendizaje procedural
Métodos Instruccionales		Actividades de una persona a una persona, de una persona hacia un grupo o de un grupo hacia un grupo	Actividades de una persona a una persona, de una persona hacia un grupo o de un grupo, hacia un grupo con información auténtica del contexto para un aprendizaje declarativo	Actividades de una persona a una persona, de una persona hacia un grupo o de un grupo hacia un grupo, con información auténtica del contexto para un aprendizaje procedural
Métodos de evaluación		Basado en valores, evaluación síncrona o asíncrona, realizada por personas o por la herramienta en sí	Basado en valores, en el momento, evaluación síncrona o asíncrona, realizada por personas o la herramienta	Basado en valores, en el momento, evaluación síncrona o asíncrona, realizada por personas o la herramienta, especialmente para evaluar contextos en el mundo real
Escenarios de aprendizaje		Contextos de aprendizaje pasivos	Contextos de aprendizaje pasivos y el mundo real	Mundo real y aprendizaje más activo
Teorías pedagógicas relacionadas o estrategias de tutorización		Casi todo tipo de teorías pedagógicas y estrategias de tutorización	Casi todo tipo de teorías pedagógicas y estrategias de tutorización y aprendizaje en el mundo real	Casi todo tipo de teorías pedagógicas y estrategias de tutorización y aprendizaje en el mundo real y aprendizaje cognitivo

Otros autores consideran que el aprendizaje ubicuo se caracteriza por proporcionar formas intuitivas para la identificación de los colaboradores, los contenidos y los servicios adecuados, en el momento y lugar adecuados dentro del entorno del estudiante y en función de las necesidades de este (Ogata & Yano, 2004; Takahata, Shiraki, Sakane, & Takebayashi, 2004; Zhang, Jin, & Lin, 2005).

Algunos definen el *uLearning* como una función con diferentes parámetros, tal y como se ilustra en la Ecuación 1 (Zhang et al., 2005).

Ecuación 1. – Definición de *uLearning* como función. Fuente (Zhang et al., 2005)

$$uLearning = uEntorno + uContenidos + uInterfaz + uServicio$$

Hay quien se centra más en la concepción agregadora del *uLearning* (Figura 16).

“El *uLearning* o formación ubicua (disponible en distintos canales al mismo tiempo) sirve para describir el conjunto de actividades formativas apoyadas en la tecnología, con el requisito de que puedan ser accesibles en cualquier lugar, por tanto, este término debe incorporar cualquier medio tecnológico que permita recibir información y facilite la asimilación e incorporación al saber personal de cada individuo. Este concepto surge como respuesta a las necesidades propias de la evolución de nuestra sociedad, lo que permite ampliar el significado del término *eLearning*, ya conocido, que se entiende como un método de enseñanza-aprendizaje que hace uso de herramientas tecnológicas, con un amplio abanico de aplicaciones y procesos entre los que se incluye el aprendizaje basado en tecnologías web a través de un ordenador personal” (Busca, 2007).

Otra corriente considera concepciones del aprendizaje incluso en mundos virtuales.

“*uLearning* o formación ubicua: el conjunto de actividades formativas, apoyadas en la tecnología, y que están realmente accesibles en cualquier lugar... incluso en los lugares que en realidad no existen” (Ramón, 2007).

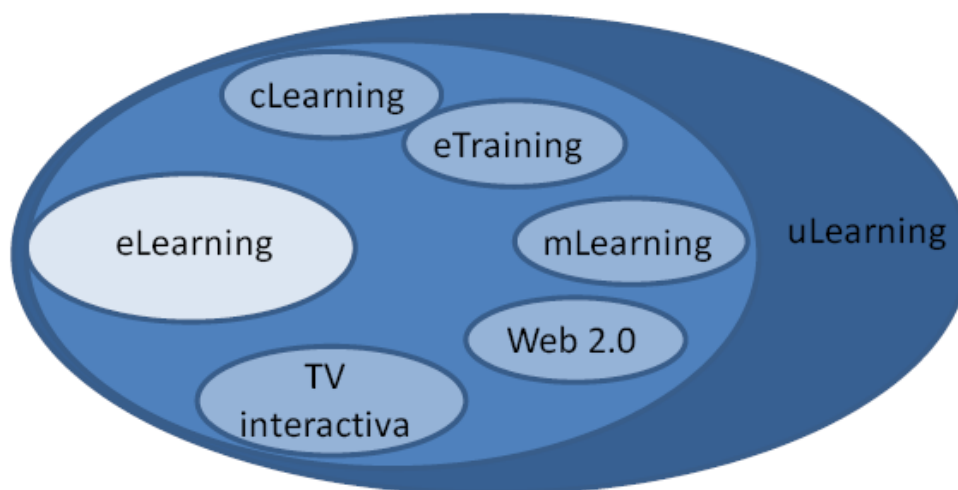


Figura 16. – Concepto de *uLearning* (Busca, 2007)

Una vez definido lo que es el concepto de *uLearning*, es preciso introducir qué es un entorno ubicuo de aprendizaje.

Según Zhang (2008) este tipo de entorno debe facilitar el aprendizaje permanente del estudiante, pero de forma totalmente transparente para él. El contenido se presenta

embebido en diferentes objetos y el estudiante no solo tiene que interactuar con estos elementos del mundo real.

El entorno de aprendizaje ubicuo proporciona una arquitectura de aprendizaje interoperable (varios sistemas colaboran y se comunican entre sí para proveer un servicio), envolvente (en el sentido que va a estar distribuida por todo el entorno) y uniforme (todos los elementos involucrados funcionan como uno solo) para conectar, integrar y compartir las tres principales dimensiones de los recursos de aprendizaje: los medios de colaboración, los contenidos y la interacción a través de servicios o actividades (Yang, 2006).

También se entienden como entornos que facilitan que varias personas accedan a uso de grandes cantidades de recursos de aprendizaje a través de diferentes redes de comunicación en cualquier momento y lugar (Minami, Morikawa, & Aoyama, 2004).

Además, este tipo de entornos se caracterizan por el uso de sensores que detecten la información de usuario, evalúan esa información, la comparan con aquella relativa al contexto en que se encuentra y proporcionan un conjunto de servicios personalizados de aprendizaje (Khedr & Karmouch, 2004; Yang, 2006).

2.6.2. Características

El *uLearning* puede ser descrito por un conjunto de factores característicos. En concreto en este apartado se consideran las características expuestas por varios autores (Chen, Kao, Sheu, & Chiang, 2002; Curtis, Luchini, Bobrowsky, Quintana, & Soloway, 2002; Thomas, 2008). De acuerdo a sus trabajos el *uLearning* se caracteriza por:

- **Permanencia.** Los discentes no pierden el trabajo que han realizado a menos que ellos lo borren a propósito, se almacena y tiene en cuenta toda actividad realizada por el usuario cada día.
- **Accesibilidad.** Los discentes tienen acceso a sus documentos, datos o vídeos desde cualquier lugar. Esta información se proporciona bajo demanda, por lo que se involucra al discente.
- **Inmediatez.** Los discentes pueden acceder a cualquier información de forma inmediata independientemente de dónde esté.
- **Autonomía.** Los estudiantes son los protagonistas de las experiencias de aprendizaje y de esta forma van a tomar el control de su propio aprendizaje. Ellos tienen la posibilidad de realizar acciones, así como intervenir en todas

aquellas que consideren necesarias, de forma que las actividades se adaptan necesidades reales de los estudiantes.

- Interactividad. Se entiende el *uLearning* como un proceso social que conecta a los estudiantes a través de una comunidad formada por un conjunto de dispositivos, personas y situaciones. Los discentes pueden interactuar con expertos, profesores u otros estudiantes de forma síncrona o asíncrona, de esta forma los expertos se encuentran más accesibles.
- Actividades dependientes del entorno o la situación. El aprendizaje puede estar embebido en la actividad diaria del estudiante. Los problemas encontrados, así como el conocimiento requerido para solventarlos, se presentan en ejemplos y entornos reales. Esto ayuda a los usuarios a percibir más fácilmente las características del problema y ser capaces de tomar decisiones para resolverlos. El aprendizaje, por tanto, ocurre en diferentes entornos de relevancia para el estudiante, es decir el aprendizaje no se da en un aula o no solo se da en el aula, sino en el mundo real que puede o no incluir las aulas.
- Adaptabilidad. Los discentes pueden acceder a la información necesaria, en el sitio en que se encuentren y de la forma óptima para su consumición. Es decir, los estudiantes pueden participar y construir situaciones de aprendizaje relevantes para ellos, ya que el aprendizaje se da en contextos y en función de necesidades relevantes para los estudiantes. De esta forma pueden entender más fácilmente las implicaciones de lo que están aprendiendo al poder llevar los conceptos a su terreno.

2.6.3. Modalidades

No son muchas clasificaciones del *uLearning* que se pueden encontrar en la bibliografía, sin embargo, sí que existen algunas que se centran en las características del entorno del usuario. Estas características son (Yang, Zhang, & Chen, 2007a):

- Características personales del usuario detectado por el sistema (localización del usuario, tiempo de llegada a un punto, temperatura, el ritmo cardíaco, la presión sanguínea, el ritmo respiratorio, etc.).
- Características del entorno del usuario detectadas por el sistema (lugar en el que se encuentra el sensor, temperatura, humedad, calidad del aire, objetos cercanos, etc.).
- Retroalimentación por parte del estudiante a través de un dispositivo móvil (datos de los elementos con los que se interactúa, fotos, resultados de la interacción con el sistema, etc.).

- Información personal recuperada de bases de datos relacionada con el estudiante.
- Datos del entorno del estudiante obtenidos de bases de datos (información detallada del entorno físico de aprendizaje del usuario, sus horarios, las reglas de dicho contexto, equipamiento, personas al cargo, etc.).

Si se tiene en cuenta este tipo de factores, se puede plantear una clasificación del *uLearning* en diferentes modelos (Hwang, Tsai, & Yang, 2008):

- Aprendizaje en contextos reales guiados de forma *online*. Los estudiantes son guiados por el sistema a partir de la información que este tiene acerca de ellos, e información del mundo real recopilada a través de los sensores.
- Aprendizaje en contextos reales con soporte *online*. Al estudiante se le proporciona información de soporte en función de la actividad a realizar y el contexto en que se encuentra.
- Realización de pruebas *online* basadas en observaciones del mundo real. Se plantean preguntas al estudiante a través de un dispositivo móvil acerca del contexto real en que se encuentra.
- Observación de objetos del mundo real. Se le presenta información al usuario en su dispositivo de un objeto que tiene que localizar en el mundo real.
- Recogida de datos en el mundo real a través de la observación. Evaluación de la actividad del discente a partir de los datos relativos a su entorno real que este envíe a través de tecnologías *wireless*.
- Recogida de datos en el mundo real a través de sensores. Se plantean actividades a los estudiantes en que deben aplicar ciertas herramientas con sensores en el mundo real.
- Identificación de objetos del mundo real. El estudiante debe responder cuestiones acerca de objetos del mundo real.
- Observación del entorno de aprendizaje. El estudiante debe responder a preguntas relacionadas con su entorno de aprendizaje.
- Resolución de problemas mediante experimentos. El estudiante debe resolver problemas mediante la experimentación en el mundo real.
- Observación en el mundo real y búsqueda de información a través de la red. El usuario observa problemas en el mundo real y utiliza Internet para encontrar soluciones.
- Recopilación de datos cooperativa. Los estudiantes recopilan información sobre el mundo real y discuten sus resultados mediante el uso de dispositivos con otros estudiantes.

- Solucionar problemas de forma cooperativa. Los estudiantes tratan de resolver problemas en grupo, a través del uso de dispositivos móviles.

2.7. Otras tendencias

La tecnología revoluciona la forma cómo se aprende y aparecen otras nuevas vertientes de aprendizaje, es decir, nuevas “letras” delante de la palabra *learning*, como el *tLearning* (*television learning* - para el aprendizaje basado en el uso de la televisión interactiva), el *arLearning* (*augmented reality learning* - referido a la aplicación de realidad aumentada a los procesos de aprendizaje) o el *gbLearning* (*gesture-based learning* – referida al reconocimiento de los movimientos en los procesos de aprendizaje). A continuación se abordan estas variedades tecnológicas y se mencionan algunas de sus principales aplicaciones.

2.7.1. tLearning

Hace ya más de 50 años que la televisión se utiliza como medio para el aprendizaje a distancia. Diversas organizaciones y canales de televisión han creado programas de carácter educativo para ser visualizados en el televisor. La característica principal de esta forma de educación a distancia ha sido siempre la poca interacción que se produce entre el sistema de aprendizaje y el estudiante, al que más bien se puede considerar como un mero telespectador.

En los últimos años la llegada de la TV digital interactiva o IDTV (*Interactive Digital Television*) y proliferación de los *media-centers* han permitido cambiar la concepción de estos programas educativos. La tecnología ha propiciado que puedan ser interactivos y el usuario abandone su pasividad tradicional. Con ello se ha conseguido dar una nueva óptica al aprendizaje a través del televisor, mucho más parecida a la que se realiza en el entorno del ordenador personal, más aún una vez Internet se ha introducido también en este tipo de dispositivos (Perrinet et al., 2009).

En España el grado de penetración de la televisión es de un 99,6%, además los usuarios dedican una media de 13 horas semanales al uso de esta tecnología. Por otro lado, cada vez son más las televisiones que utilizan Internet (con una presencia de un 4% de los hogares españoles en 2011) (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2012), con lo que puede utilizarse como medio de enseñanza por su gran difusión (Damasio, 2003).

En este sentido surge el *tLearning*, que puede definirse como el uso de contenidos basados en vídeo y proporcionados a través de la televisión (DiSessa, 2001). También

se define el *tLearning* como la convergencia entre la televisión interactiva y el *eLearning* (Brusilovsky, 2004; Célia & Damásio, 2004), o como la convergencia entre diferentes medios audiovisuales e Internet (Aarreniemi-Jokipielto, 2005; Weber & Brusilovsky, 2001).

El aprendizaje a través de este tipo de tecnología supone tener en cuenta las ventajas y las limitaciones que esta ofrece. En cuanto a las ventajas se pueden considerar (Lytras et al., 2002):

- Personalización. Para los potenciales estudiantes a través de *tLearning* se pueden definir contenidos de diferentes temáticas y en diferentes idiomas, mediante gran cantidad de contenidos que pueden ser afines a las necesidades de los diferentes usuarios. La televisión proporciona filtros que permiten al usuario decidir qué consumir y qué no.
- Digitalización. La IDTV ofrece contenidos digitalizados, lo que supone una mejor calidad de estos y facilita su uso.
- Interactividad. Atributo fundamental de la IDTV que permite que los actores involucrados en el proceso de aprendizaje puedan interactuar con el sistema, así como con otros actores involucrados en el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, de cara a utilizar esta tecnología hay que tener en cuenta sus características especialmente:

- Sistemas para interactuar con la televisión. El medio de interacción con la televisión en la mayor parte de las ocasiones va a ser el mando a distancia. Este generalmente consta de tres partes, una relativa a la funcionalidad de la televisión (volumen, cambio de canal, etc.), otra a la navegación (flechas, colores, etc.) y otra a la reproducción de contenidos (teclas de *play*, *stop*, etc.). Esto supone que la navegación por los contenidos y la entrada de datos (al no disponer de teclado) sea compleja y deba tenerse en cuenta al definir los contenidos.
- Diseño de la interfaz. Debe tenerse en cuenta factores como la distancia de visualización de la televisión (de 2 a 3,5 metros), lo cual influye en el tamaño del texto; que no pueden utilizarse botones de formulario o *scrolls* al estilo del ordenador; que no se dispone de elementos navegacionales como cursores, o que no se soportan acciones como el *drag&drop*.

Tanto estas ventajas como inconvenientes se deben tener en cuenta de cara a definir contenidos para el *tLearning*.

Existen diferentes iniciativas que tienen en cuenta este tipo de aprendizaje, algunas relacionadas con los sistemas de adaptación, modelos de aplicación del *tLearning*, creación de contenidos, etc. Como ejemplo:

- Introducción de objetos de aprendizaje y estándares de *eLearning* en el *tLearning* (López et al., 2005; Rey, Díaz, Fernández, Pazos, & López, 2007).
- Casos de estudio de implantación de sistemas de *eLearning* (Bates, 2003; Marqués, 2010; Weber & Brusilovsky, 2001).
- Evaluación de los usos de la televisión interactiva en el *eLearning* y propuesta de modelos de *tLearning* (Aarreniemi-Jokipielto, 2005; Damasio, 2003; Lytras et al., 2002; Santos, Braga, Ferreira, & Spanhol, 2010).
- Uso de las características semánticas de los contenidos proporcionados en el *tLearning* (Queiroz, Siebra, & Lemos, 2011).
- Estudio de cómo pasar aplicaciones de *eLearning* a *tLearning* (Perrinet et al., 2009).

2.7.2. arLearning

La expresión realidad aumentada (RA) se atribuye al antiguo investigador de Boeing Tom Caudel, que se considera que fue quien acuñó el término en 1990. El concepto de combinar (aumentar) datos virtuales — información, elementos multimedia ricos e incluso acción en directo — con lo que se ve en el mundo real, con el propósito de mejorar la información que se puede percibir con los sentidos es impactante. La misma realidad aumentada es más antigua que el término; las primeras aplicaciones de RA aparecieron al final de los años sesenta y los setenta. En los años noventa, algunas grandes compañías utilizaban la realidad aumentada para visualización, formación y otros propósitos. Actualmente, las tecnologías que hacen que la realidad aumentada sea posible son bastante potentes y compactas para proporcionar experiencias de RA a ordenadores personales y dispositivos móviles. (Johnson, Smith, Levine, & Stone, 2010; Johnson, Smith, Willis, Levine, & Haywood, 2011).

Desde un punto de vista tecnológico la RA no es una simple tecnología aplicada a diferentes ámbitos, sino una combinación de varias con la intención de potenciar la percepción del usuario y la interacción el mundo real, de forma que se puede entender como una variación de la realidad virtual (Azuma, 1997). El sistema de RA ideal debe ser capaz de mezclar información generada por el ordenador y el mundo real en tiempo real de manera que el usuario no perciba la diferencia (Liarokapis, White, & Lister, 2004). En cuanto a las tecnologías a considerar por la realidad aumentada se

requiere al menos que (Kaufmann & Papp, 2006): 1) combinen los mundos reales y virtuales; 2) que permitan la interactividad en tiempo real; y 3) que se base en 3D.

Ante estas definiciones puede decirse considerarse que los factores elementales en la realidad aumentada son (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011a):

- Por un lado, un elemento que capture las imágenes de la realidad que están viendo los usuarios. Basta para ello una sencilla cámara de las que están presentes en los ordenadores o en los teléfonos móviles.
- Por otro, un elemento sobre el que proyectar la mezcla de las imágenes reales con las imágenes sintetizadas. Para ello se puede utilizar la pantalla de un ordenador, de un teléfono móvil o de una consola de videojuegos.
- En tercer lugar, es preciso tener un elemento de procesamiento, o varios de ellos que trabajen conjuntamente. Su cometido es el de interpretar la información del mundo real que recibe el usuario, generar la información virtual que cada servicio concreto necesite y mezclarla de forma adecuada. En este sentido pueden considerarse los PC, móviles o consolas estos elementos.
- Finalmente se necesita un elemento al que se podría denominar “activador de realidad aumentada”. En un mundo ideal el activador es la imagen que están visualizando los usuarios, ya que a partir de ella el sistema debería reaccionar. Pero, dada la complejidad técnica que este proceso requiere, en la actualidad se utilizan otros elementos que los sustituyen. Se trata entonces de elementos de localización como los GPS que se integran en gran parte de los *smartphone*, así como las brújulas y acelerómetros que permiten identificar la posición y orientación de dichos dispositivos, así como las etiquetas o marcadores del tipo RFID (*Radio Frequency IDentification*) o códigos bidimensionales, o en general cualquier otro elemento que sea capaz de suministrar una información equivalente a la que proporcionaría lo que ve el usuario, como por ejemplo sensores. En un caso ideal, algunos de estos elementos pueden llegar a eliminarse. Esto ocurre si se consigue, por ejemplo, proyectar la información sintetizada de forma que el ojo sea capaz de verla, bien sobre unas gafas, directamente sobre la retina, o con alguna técnica holográfica avanzada. Pero, estos elementos pueden considerarse futuristas.

Una vez definido en qué consiste la realidad aumentada, sus principales características y factores fundamentales, se describen los tipos de aplicaciones, las materias en que se está empleando principalmente y el asentamiento en el mercado de esta tendencia tecnológica a partir de los estudios elaborados en los informes

Horizon 2010 (Johnson et al., 2010) y 2011 (Johnson et al., 2011) y el realizado por la fundación telefónica (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011a).

Las aplicaciones de realidad aumentada se clasifican en diferentes ámbitos, aunque en este documento se consideran cuatro de los principales:

- Aplicaciones basadas en marcadores. Estos marcadores pueden ser códigos de barras, QR o Bidi. Las aplicaciones se fundamentan en la utilización de una cámara para percibir un punto visual específico (en este caso un dibujo en una revista impresa), para que el *software* haga aparecer una información concreta. El *software* que activa la realidad aumentada está precargado en el ordenador y generalmente se trata de una aplicación que se ha descargado de Internet o de un *plugin* del navegador web. Con estas aplicaciones es posible ver imágenes 3D sobreimpresionadas.
- Aplicaciones que no se basan en marcadores. Generalmente en *smartphones* o *tablets*. En el caso de un *smartphone*, la aplicación no usa marcadores sino datos posicionales, en concreto los que provienen del GPS, de la brújula y el acelerómetro. En este tipo de aplicaciones, por ejemplo en función de una imagen y la posición del dispositivo, se puede proporcionar información adicional del contexto.
- Juegos. Las consolas con cámara aportan una nueva perspectiva. En este sentido la pionera es Sony, cuando lanzó en 2003 una primera versión de realidad aumentada en su *PlayStation, Eye Toy*. Se trataba de un juego que venía con una cámara pequeña de vídeo que permitía a los jugadores aparecer en la pantalla e interactuar con los elementos del juego. Más recientemente otros juegos como *Eye of Judgement* han incorporado mecanismos de tarjetas y el juego *Eye Pet* extiende este concepto significativamente a un animal virtual bastante sofisticado. Por otro lado, Microsoft con su *Xbox 360* también está trabajando en este espacio con su propia cámara y títulos como *You're in the Movies* (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011a).
- Aplicaciones inmersivas. Utilizadas desde hace tiempo, que incorporan tecnologías muy avanzadas y caras. Se trata de utilidades de aplicación militar o académica que recrean mundos virtuales que permiten, por ejemplo, entrenar ciertas habilidades. En lugar de usar el ordenador o la televisión como medio de visualización, utilizan gafas o pantallas que van sujetos a la cabeza y que son capaces de reproducir imágenes en 3D.

Mediante estos posibles tipos de aplicación, son muchos los ámbitos en los que puede utilizarse la realidad aumentada. Si bien el ámbito relevante en este trabajo de investigación es el de la educación, en la modalidad formativa denominada *arLearning* (Augmented Reality Learning) o Aprendizaje basado en la realidad aumentada.

En este contexto la realidad aumentada tiene un gran potencial ya que facilita el acceso y aumenta la información que el usuario puede percibir de forma tradicional.

En la actualidad, están apareciendo aplicaciones sociales, lúdicas y basadas en la ubicación que muestran un potencial importante para las aplicaciones en este ámbito, tanto para proporcionar experiencias de aprendizaje contextual como de exploración y descubrimiento fortuito de la información conectada en el mundo real (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011a). Dentro de las posibles aplicaciones disponibles toman especial relevancia:

- Uno de los campos de aplicación de la realidad aumentada son los libros. Bastantes aplicaciones de realidad aumentada se basan en el uso de marcadores insertados en los libros que, cuando se acercan a una *webcam* o se utilizan gafas de realidad aumentada, proporcionan información 3D, audio y vídeo de lo que se está leyendo (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001; FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011a; Johnson et al., 2010; Johnson et al., 2011; Sang Lee, 2009).
- Aprendizaje contextual. La realidad aumentada tiene un gran potencial para proporcionar tanto experiencias de aprendizaje contextual. Las aplicaciones que transmiten información sobre un lugar abren la puerta al aprendizaje basado en el descubrimiento. Los visitantes de lugares históricos pueden acceder a aplicaciones de RA que superponen mapas e información sobre cómo era aquel lugar en diferentes momentos de la historia, como sucede con aplicaciones como *iTacitus* (Zoellner, Stricker, Bleser, & Pastarmov, 2007). Otro lugar común de uso son los museos (Bederson, 1995; Kondo, 2006; Mase, Kadobayashi, & Nakatsu, 1996; Starner et al., 1997; Wojciechowski, Walczak, White, & Cellary, 2004) o incluso en la propia calle con información como la proporcionada por navegadores de realidad aumentada como *Layar* (Johnson et al., 2010; Rinaldi, 2011) o aprendizaje de idiomas (Tsung-Yu, Tan-Hsu, & Yu-Ling, 2007).
- Juegos que incluyen realidad aumentada, como algunos de los comentados anteriormente, principalmente los que se basan en el mundo real y los que

incorporan datos de manera aumentada, de forma que estas funcionalidades dan a los educadores posibilidades nuevas y útiles de mostrar relaciones y conexiones (Barakonyi, Weilguny, Psik, & Schmalstieg, 2005; Broll, Ohlenburg, Lindt, Herbst, & Braun, 2006; Flintham et al., 2003; FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011a; Johnson et al., 2010; Piekarski & Thomas, 2002).

- Modelado de objetos, simuladores y representaciones virtuales. Cada vez resulta más útil que en diferentes disciplinas se pueda utilizar la simulación con interacción sobre representación de objetos en entornos reales. Esto permite, por ejemplo, simular diferentes situaciones con difícil acceso (principalmente utilizado en ámbito militar) (Livingston et al., 2002; Starner et al., 1997; Thomas, Piekarski, Hepworth, Gunther, & Demczuk, 1998), simular actividades e interactuar con objetos (Boud, 1999; Feiner, 2002; Poupyrev et al., 2002), aprendizaje que suponga destreza manual (por ejemplo: tocar la guitarra) (Liarokapis, 2005), etc.

En cualquiera de los casos la RA es un campo abierto a la investigación y a su aplicación a los contextos de aprendizaje. Los dispositivos se están abaratando y son más los contextos en los que la RA empieza a tener cabida.

2.7.3. gbLearning

Las interfaces de control suponen la conexión más tangible entre humanos y máquinas. Este tipo de vínculo es fundamental en aplicaciones de tiempo real, como juegos y simulaciones, ya que los usuarios buscan un control real que les permita maximizar su interactividad e inmersión en el *software*. Las interfaces han estado durante mucho tiempo limitadas a teclados y ratones. Recientemente, sin embargo, los avances en la tecnología ponen a disposición de los usuarios dispositivos sensibles al movimiento, que además no se limitan a un movimiento bidimensional, sino que consideran las tres dimensiones, lo que amplía las posibilidades de los juegos, simuladores y otras herramientas (Eastman & Pellacini, 2009).

En concreto entre los años 2007 a 2011 se ha producido y se sigue produciendo una revolución en cuanto a los dispositivos con los que interactúa el usuario, que van a conducir a nuevas formas de aprender y enseñar. Aparecen dispositivos como el *Microsoft Surface* (Wobbrock, Morris, & Wilson, 2009), el *iPhone* y el *iPod Touch* (Grissom, 2008), la *Nintendo Wii* (Norman, 2007), y más recientemente las diferentes *tablets* con acelerómetros y sistemas *touch* (Turunen et al., 2009). Por otro lado, cada vez surgen dispositivos más sofisticados que reconocen los movimientos del usuario, no solo a través de un dispositivo *touch*, sino mediante el reconocimiento a partir de

una cámara de profundidad o *Z-cam*, entre ellos caben destacar *el Sony Play Station 3 Motion Controller* y el sistema *Microsoft Kinect*. Además, se sigue innovando en este sentido con diferentes interfaces que facilitan la interacción hombre-máquina (Johnson et al., 2010; Johnson et al., 2011).

Es especialmente en el mercado de los videojuegos (algo lógico si se considera que las consolas son los dispositivos que más apuestan por estas tendencias) donde más se ha aplicado este tipo de innovación con diferentes aplicaciones (Kien, 2010).

La computación basada en el gesto se puede aplicar, además, en el ámbito educativo, en lo que se denomina *gbLearning* (*gesture-based learning* o aprendizaje basado en el gesto). El objetivo del *gbLearning* es la realización de actividades de gran precisión que son difíciles de realizar con el ratón. La naturaleza kinésica de la computación basada en el gesto debe conducir a nuevos tipos de simulaciones para uso docente que serán casi iguales a situaciones del mundo real. El hecho de que sea tan natural e intuitiva, hace que la experiencia con una interfaz gestual parezca muy natural e, incluso, divertida. En la actualidad, los estudiantes de medicina ya se benefician de las simulaciones que les enseñan cómo tienen que utilizar unas herramientas en concreto con interfaces basadas en el gesto, y no cuesta mucho imaginar de qué manera estas interfaces podrían aplicarse en las artes visuales y otros campos en los que intervienen habilidades motoras precisas. Cuando se combinan con respuestas táctiles o basadas en el movimiento, el efecto general es muy convincente. Las pantallas multitacto más grandes permiten hacer trabajo en colaboración, ya que es posible que varios usuarios interactúen con el contenido de forma simultánea, de manera que los estudiantes puedan colaborar en juegos en los que desempeñen diferentes roles (Johnson et al., 2012; Johnson et al., 2010; Johnson et al., 2011).

2.8. El eLearning 2.0

El uso de Internet ha cambiado de una forma sustancial en los últimos años. En concreto desde 1999 comienzan a incorporarse tecnologías, iniciativas, protocolos, que hacen cambiar la concepción de Internet que se tenía hasta ese momento. Internet pasa de ser un elemento simplemente de consulta y lectura a un entorno de escritura y colaboración. Se pasa de consumir contenidos (y publicarlos solo aquellas personas con unos conocimientos específicos) a que cualquier persona pueda tener su espacio en Internet, compartir sus fotos, sus archivos, publicar su opinión, relacionarse con gente con intereses similares, etc. Desde entonces hasta aproximadamente 2006, la Web 1.0 cambia de significado y evoluciona a lo que se ha denominado la Web 2.0. En la Figura 17 se puede observar como cambian algunos

conceptos, del doble clic se pasa al pago por clic, de compartición de fotos con *Ofoto* a *Flickr* como red social de compartición de fotos, de usar contenidos mp3 a consumir música en la nube, etc. (O'Reilly, 2007).



Figura 17. – Análisis comparativo de la Web 1.0 y la Web 2.0 (O'Reilly, 2007)

La Web 2.0 tiene un impacto importante en muchas disciplinas como el aprendizaje, la medicina, el tratamiento de información, las empresas de negocio electrónico, la política, etc. Esto se debe principalmente a su gran aceptación por el número cada vez más creciente de usuarios de Internet y, asimismo, a su carácter social y colaborativo. Esta aceptación queda ilustrada en la Figura 18, se observa que cada vez los servicios 2.0 se utilizan más por los internautas españoles. Afirmación que también se respalda en el hecho de que en 2011 la integración de las estrategias, herramientas y tecnologías propias de la 2.0 se considera consolidada, para dejar de ser uno de los focos de preocupación de los responsables de tecnologías de la información como si ocurría en 2010 (Fundación-Orange, 2011).

En este apartado se describe en qué consiste la Web 2.0, sus herramientas y tecnologías más representativas y cómo se aplican a la educación, lo que conduce a una nueva concepción de aprendizaje denominada *eLearning 2.0* (Downes, 2005).



Figura 18. Uso de las aplicaciones y servicios de Internet en España. Fuente (FUNDACIÓN-TELEFÓNICA, 2011c)

2.8.1 Web 2.0

La Web 2.0 no nace como una tecnología propiamente dicha, nace como un modelo de acción, de uso de la Web, sostenida por un conjunto de aplicaciones tecnológicas orientadas al desarrollo de una inteligencia colectiva que permite propiciar “la combinación de comportamientos, preferencias o ideas de un grupo de personas para crear nuevas ideas” (Segaran, 2008). Esta tendencia va a revolucionar las actividades de Internet, al permitir que cualquiera que disponga de un navegador, y tenga unas habilidades básicas, pueda publicar datos en diversos formatos: texto, imágenes, vídeos, etc. Cambia la idea del usuario de una web, pasan de tener que consumir los recursos a tener que participar en ellos. Como dice Dan Gillmor los usuarios *online* deben considerarse como “exaudiencia” (Gillmor, 2006).

Para entender el concepto de Web 2.0 correctamente es necesario considerar como se llega hasta él. El cambio de la Web 1.0 a la Web 2.0 ha sido un paso progresivo, que ha venido introduciéndose durante bastante tiempo y que en un determinado momento se ha hecho especialmente presente gracias al impulso de Internet, de

ciertas tecnologías (primeros *blogs*, *Wikipedia*, *software* social, etc.) y al debate propiciado por la crisis de las punto-com (O'Reilly, 2007). Este tipo de web, definido por Tim O'Reilly, se fundamenta en un conjunto de principios:

- La Web como plataforma. Ya no es necesaria la descarga de aplicaciones, sino que estas son accesibles desde la Web.
- La inteligencia colectiva. La idea de trabajo colectivo y que lo que se hace esté disponible para los demás.
- Las bases de datos. Gestión adecuada e inteligente de los datos en busca de proporcionar nuevos servicios y generar modelos de negocio.
- El fin de las actualizaciones del *software*. El *software* se ve como un servicio, y un servicio que está constantemente en evolución y sujeto a posibles mejoras y a la realimentación del usuario.
- Modelos de programación ligera. No deben realizarse programas complejos que sigan multitud de especificaciones, sino que se debe tender a la modularización y la posterior integración en sistemas a modo de contenedores.
- El *software* en más de un solo dispositivo. A la Web no se accede solo desde los ordenadores sino desde cualquier otro dispositivo, lo que da mayor cobertura a la misma.
- La experiencia enriquecedora del usuario. El usuario no es un mero consumidor sino un “prosumidor” (Adell & Castañeda, 2010) de experiencias, de contenidos, etc. Se va a favorecer la usabilidad, la accesibilidad en busca de fomentar la interacción del usuario y la participación en el desarrollo de la Web.

Esta concepción de la Web trae consigo nuevas actitudes, roles, formas de interactuar con la información y tipos de información y, por supuesto, nuevas tecnologías y herramientas (Romo, Benito, Portillo, & Casquero, 2007).

En cuanto a las herramientas pueden dividirse en cuatro grupos principales (SCOPEO, 2009):

- Compartir recursos. Servicios web 2.0 que se usan para compartir recursos multimedia a través de plataformas especializadas, y que permiten a los usuarios almacenar y distribuir material fotográfico, vídeos, presentaciones, audio, etc. Muchos de estos servicios dan soporte a la creación de comunidades en torno a los recursos que comparten, por ejemplo: *Flickr* (<http://www.flickr.com>), *Youtube* (<http://www.youtube.com>), *Slideshare* (<http://www.slideshare.net>).

- Crear recursos. Conjunto de servicios web 2.0 que permiten a la comunidad de usuarios generar contenidos para ser compartidos y difundidos, lo que apoya el desarrollo de la inteligencia colectiva. Este proceso se puede realizar a través de diversas herramientas, como *wikis* o *blogs*, entre otras, que sirven para crear contenido de forma descentralizada en la Red. Por ejemplo: *Blogger* (<http://www.blogger.com>), *Google Sites* (<http://sites.google.com>), *Wikispaces* (<http://www.wikispaces.com>).
- Recuperar información. Herramientas para organizar recursos a partir de necesidades informativas del usuario que las elige, esto permite un acceso selectivo a los contenidos web así como una distribución masiva; para ello se usan herramientas de suscripción y actualización continua que facilitan la recuperación de noticias, entradas de *blogs*, anotaciones sociales, fotografías, vídeos, etc. Además, esta familia de aplicaciones web 2.0 permite organizar la información a través de procesos colaborativos de etiquetado, recomendación o filtrado donde la comunidad de usuarios participa con sus aportes. Por ejemplo: *Technorati* (<http://www.technorati.com>), *Netvibes* (<http://www.netvibes.com>), *Google Scholar* (<http://scholar.google.com>).
- Redes sociales. Herramientas diseñadas para crear y gestionar comunidades virtuales. Gracias a estos espacios, los miembros de una red social establecen vínculos, contactos e intercambian contenidos motivados por una serie de intereses comunes a todos. En estas redes sociales virtuales las personas se comunican de manera natural y efectiva, recuperan y comparten, además, todo tipo de información afín y útil para el interés del grupo. Las redes sociales, hoy por hoy, son espacios con mucha actividad y marcan el pulso de la Web 2.0. Por Ejemplo: *Facebook* (<http://www.facebook.com>), *LinkedIn* (<http://www.linkedin.com>), *Ning* (<http://www.ning.es>).

2.8.2 Uso en la educación

Incorporar las aplicaciones web 2.0 en procesos formativos implica incorporar nuevos estilos de comunicación, roles, formas de intervención, escenarios, un abanico amplio de actividades, en general, implica abrir una serie de retos y desafíos educativos (SCOPEO, 2009). A través de estas herramientas los estudiantes pasan de ser sujetos pasivos del aprendizaje a participar activamente en las clases, sin restricciones, pueden utilizar elementos como *Google*, *Facebook*, *Twitter*, etc. como apoyo a los procesos de aprendizaje; pueden tomar utilizar dispositivos digitales para mejorar el

aprendizaje como ordenadores, teléfonos móviles, mp3, grabadoras, etc. Se comienza a hablar del *eLearning 2.0* (Downes, 2005).

Para un mejor entendimiento de la aplicación de los entornos 2.0 a la educación se hace una revisión de alguno de los principios citados en el apartado anterior y cómo estos influyen en la forma en que se llevan a cabo las actividades de aprendizaje (Bartolomé, 2008):

- La Web es la plataforma. Esto supone que se pueda aprender en cualquier lugar, no necesariamente en un contexto institucional. El estudiante decide dónde estudiar y con qué herramientas, en un concepto cercano a lo que sería el concepto de PLE (Wilson et al., 2007).
- La inteligencia colectiva. Se tiene mucho más en cuenta el concepto de conocimiento construido de forma colaborativa que el de autor. Ya no es tan fundamental que un contenido tenga un autor específico, el autor puede ser una clase entera y utilizar como herramienta una *wiki*.
- Base de datos. Los cursos y los recursos pueden ser etiquetados y compartir estas etiquetas con otros estudiantes, de tal forma que se describieran según la utilidad para los usuarios, lo que da lugar a una base de datos bastante útil.
- Más allá de un único dispositivo. Ahora es posible acceder a la formación desde dispositivos móviles y desde otros elementos que tengan acceso a la Red, o acceder al conocimiento y poder trabajar *offline*.
- La experiencia del usuario. El usuario no es un mero consumidor de contenidos, sino que también los produce. El profesor no es el único en enseñar a los estudiantes, sino que estos se ayudan entre sí.

La potencia de las herramientas 2.0 es enorme, como demuestran experiencias como las de Jekins (2006) o Downes (Downes, 2006), y está expandiéndose cada vez más en los diferentes ámbitos educativos (De Pablos, 2007). Sin embargo su uso debe ser meditado y nunca improvisado siguiendo criterios como los siguientes (SCOPEO, 2009):

- Correspondencia con la finalidad educativa y/o competencia a desarrollar.
- Pertinencia con el nivel educativo y los aprendizajes previos de los estudiantes.
- Verificación de la calidad curricular de los materiales digitales de la asignatura.
- Pertinencia de las actividades con la competencia digital de los estudiantes.
- Verificación del acceso y disponibilidad de las herramientas web 2.0.
- Precisión de la función pedagógica de las herramientas web 2.0.
- Pertinencia sociocultural con el entorno y los participantes.

A pesar de toda esa potencia, es necesario tener en cuenta una serie de problemas que han ido surgiendo a través de la aplicación de las herramientas: 1) La improvisación en el uso de herramientas 2.0 y la personalización del aprendizaje centrado en el estudiante pueden conducir a la idea de errónea de que no se debe planificar el uso de esas herramientas en el aprendizaje. Esto no es correcto, se deben estimar, validar y evaluar según diferentes criterios (Suárez, 2008); 2) Entre los problemas que dificultan el pleno aprovechamiento educativo de la Web 2.0 deben mencionarse algunos tecnológicos – insuficiente ancho de banda y falta de acceso a los ordenadores en los centros y en los hogares de los estudiantes – y otros pedagógicos donde el mayor desafío es que los estudiantes no crean productos y prefieren “copiar y aprender”, los procedimientos de evaluación de los estudiantes no son formativos y no “mezclan” medios (BECTA, 2008); 3) Falta de soporte por parte de los LMS al uso de este tipo de herramientas; y 4) La inclusión de las herramientas 2.0 hace más evidente problemas como la distancia entre los nativos e inmigrantes digitales (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001b, 2001c).

Para solventar estos problemas debe comenzar a pensarse en otros tipos de entornos de aprendizaje.

El *eLearning* 2.0 da un giro en las modalidades de aprendizaje que se asientan en la tecnología, proporciona una serie de herramientas al usuario, puestas a disposición del aprendizaje en lugar de condicionarlo este al tipo de herramienta que se pretenda utilizar.

2.9. Conclusiones

La aplicación de las TIC a la educación, aunque no obtuviera los beneficios que sí se han dado en otras disciplinas, supone una revolución en la forma de aprender y estudiar. El *eLearning* ha tardado en consolidarse, pero ha dado lugar a una modalidad de aprendizaje ampliamente aceptada y que proporciona grandes ventajas sobre el aprendizaje tradicional. Sin embargo, la aplicación de las TIC a la educación no se queda meramente en esa modalidad de aprendizaje, sino que con la evolución de la tecnología aparecen otras modalidades de aprendizaje en función de la tecnología subyacente. Variedades como el *mLearning*, el *gLearning*, el *cLearning*, el *uLearning*, *tLearning*, el *agLearning*, el *gbLearning* y otras configuran un panorama del aprendizaje en el que la forma en que se lleva a cabo la formación va a estar condicionada por el medio tecnológico.

Si se estudian cuidadosamente estas modalidades de aprendizaje pueden obtenerse

una serie de características comunes entre ellas y muy representativas:

- La forma en que se enseña y se aprende requiere una adaptación al medio tecnológico a utilizar. Por ejemplo, en el *tLearning*, la forma en que se enseña se ve condicionada por el dispositivo (la televisión) y se cambiará en función de este.
- Estas modalidades de aprendizaje presentan dos factores que pueden suponer un menor aprovechamiento del aprendizaje. Uno de ellos es la fascinación tecnológica, es decir, que el estudiante al utilizar tecnologías innovadoras para formarse se aleje del objetivo real de tal proceso que es el aprendizaje; por ejemplo, el hecho de introducir actividades del *gbLearning* puede hacer que el usuario esté más pendiente del uso del dispositivo que del aprendizaje en sí. Otro de estos factores puede ser un uso erróneo de la tecnología, si por ejemplo se provee a estudiantes de un dispositivo móvil para aprender puede que estos lo utilicen para hablar entre ellos de otras cosas y no para tareas realmente relacionadas con el aprendizaje.
- En muchas ocasiones el coste de la tecnología hace que ciertas modalidades de aprendizaje no sean realistas y no puedan implantarse en situaciones académicas reales. Por ejemplo: el *arLearning* o el *gbLearning* requieren de inversiones de dinero significativas (lo que no quiere decir que la tecnología no pueda abarataarse en un futuro).
- Muchas de estas variedades se consideran los sustitutos del *eLearning*, es decir, una evolución de la aplicación de las tecnologías al aprendizaje que supone que las tendencias anteriores deban descartarse. Por ejemplo en ocasiones se consideran el *mLearning* como sustituto del *eLearning* (y no un soporte), el *uLearning* como evolución y sustituto de ambos, el *cLearning* como modalidad de aprendizaje más eficiente, etc. Sin embargo, en realidad se trata de modalidades de aprendizaje que complementan al *eLearning* y solo en este sentido pueden ser del todo aprovechadas.

Es evidente que con la aparición de las nuevas tecnologías la forma en que se enseña y se aprende evoluciona. Aparecen nuevas teorías y tendencias, y tanto el profesor como el discente disponen de nuevas herramientas para el proceso enseñanza/aprendizaje, pero van a ser ellos los que determinen qué tecnología aplicar y cómo aplicarla de cara a garantizar que el aprendizaje se lleve a cabo de la forma más eficiente posible. La tecnología es una herramienta, un medio que va a ponerse a disposición del aprendizaje y no al revés. Las concepciones del *eLearning* 2.0 deben

extrapolarse al nuevo contexto en que conviven todas estas modalidades de aprendizaje al que se le da el nombre de *αLearning*.

El *αLearning* se puede definir como aprendizaje mediado tecnología con independencia del medio tecnológico utilizado, con el objeto de centrarse en el objetivo, el aprendizaje, y no en el medio, la tecnología. Este tipo de aprendizaje va a poder considerar cualquier tipo de tecnología para aprender, con lo que reúne todas las variedades que aparecen en función del soporte tecnológico a utilizar, (*eLearning*, *mLearning*, *tLearning*, *cLearning*, *gLearning*, *uLearning*, *gbLearning*, *arLearning* y tantos otros), sin embargo su finalidad es un aprendizaje real, efectivo, eficiente centrado en el estudiante e independientemente de la tecnología utilizada. El *αLearning* unifica todas estas variedades, que ya de por sí tienen unas fronteras un tanto difusas (por ejemplo el *uLearning* incluiría al *mLearning*; el *uLearning* y el *arLearning* tienen similitudes relativas a la obtención de información del contexto; el *gLearning* y el *gbLearning* están muy cercanos; el *eLearning* incluye actividades colaborativas como el *cLearning*; el *gLearning* incluiría modalidades como el *vLearning*, etc.) y, además, aplica las concepciones 2.0 para que el estudiante sea el centro del aprendizaje y este pueda llevarse a cabo mediante un soporte tecnológico pero con independencia de él.

¿Pero cómo poder aplicar el *αLearning*? ¿Cómo va a ser posible, con el usuario como centro del proceso, utilizar conceptos y herramientas de las diferentes modalidades? La respuesta la van a proporcionar los Entornos Personalizados de Aprendizaje y ciertas especificaciones que van a comentarse en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 3. - Herramientas para la implementación y aprovechamiento del α Learning

El presente capítulo realiza un recorrido por las herramientas que son necesarias para poder hacer efectivo el α Learning. Para ello es necesario conocer qué herramientas se usan para llevar a cabo las actividades de aprendizaje, sus características y sus problemáticas.

En concreto abordan las plataformas de aprendizaje como herramienta fundamental para el soporte de actividades de *eLearning*, especialmente relacionadas con los contextos institucionales. Se profundiza en esta tecnología desde su definición, características, clasificación, etc.

Uno de los aspectos a considerar para poder aprovechar el α Learning es la capacidad de apertura y evolución de los entornos de aprendizaje, así que se estudian las posibilidades a este respecto, para, especialmente, incidir en las arquitecturas orientadas a servicios, SOA (*Service Oriented Architecture*). Se comenta cómo implementarlas, las soluciones existentes en este ámbito y cómo se pueden aplicar a las plataformas de aprendizaje.

A continuación en este capítulo se pasa a considerar los estándares y especificaciones de *eLearning* como otra posible solución para la apertura de los entornos de aprendizaje del estudiante. Estos se tienen en cuenta a un nivel general para, posteriormente, centrarlos en la comunicación, integración e interacción entre herramientas.

Para finalizar se habla de los PLE como una forma de plantear la evolución de los LMS, mediante un cambio la perspectiva dirigida a resolver los inconvenientes que estas herramientas tienen, a la vez que se estudia un enfoque de posible convivencia, o no, de ambas tendencias, es decir, de una propuesta más orientada al aprendizaje formal, los LMS, y de una propuesta más fundamentada en el aprendizaje informal, los PLE.

3.1. Introducción

Como se ha observado en el capítulo anterior, la posibilidad de aplicar las TIC en diferentes áreas del mundo físico hace que sea posible un mundo digital complementario, con características específicas, nuevas reglas y formas de hacer las cosas. Uno de los elementos de ese nuevo mundo es el *eLearning*, sin embargo, con la proliferación de tendencias tecnológicas y dispositivos existen múltiples variedades de este tipo de aprendizaje como el *mLearning*, *uLearning*, *tLearning*, *gLearning*, etc. (Illanas & Llorens, 2011). Es decir, el usuario puede aprender en cualquier contexto, con diferentes dispositivos, fuentes de información, etc., pero como ya se ha comentado con la aplicación de la tecnología no es suficiente para garantizar el éxito del aprendizaje (García-Peñalvo, 2008b). Es necesario integrar, armonizar, complementar y conjugar los medios, recursos, tecnologías, metodologías, actividades, estrategias y técnicas más apropiadas para satisfacer cada necesidad concreta de aprendizaje, esto es, se trata de encontrar el mejor equilibrio posible, y es precisamente en esto en lo que consiste el *αLearning* (Illanas & Llorens, 2011).

Para poder aprovechar realmente el *αLearning* es necesario considerar las herramientas que ya están a disposición de los estudiantes. Dentro de estas herramientas tienen especial relevancia las plataformas de aprendizaje como entornos tecnológicos de aprendizaje de gran aceptación en los entornos institucionales generalmente vinculados a contextos formales de formación (Arroway et al., 2010; Browne et al., 2010; Prendes, 2009; Wexler et al., 2008). Estas plataformas proporcionan un conjunto de herramientas educativas válidas para los usuarios, pero su uso está extremadamente controlado por la institución, se limita a periodos de tiempo específicos y no está abierto a la incorporación, ni inmediata ni sencilla, de las nuevas herramientas. Además, cabe citar otro problema, que pudiera considerarse de mayor importancia, relacionado con la orientación de la herramienta hacia los usuarios, y que se plantea desde la perspectiva de que los LMS no están centrados en el usuario, es decir, no se consideran sus necesidades específicas. Es necesario proporcionar un conjunto flexible y abierto de herramientas que giren en torno al estudiante y faciliten su aprendizaje, que al final es el cometido central de *αLearning*.

Por tanto, para poder comprender la forma en la que se explotan las nuevas modalidades formativas y en busca de facilitar el aprendizaje del estudiante, se necesita estudiar las posibilidades para la apertura de las plataformas de aprendizaje, su interacción con otros contextos y qué son los PLE.

3.2. Learning Management Systems

La irrupción de la Web durante los años 90 supone que se abra un nuevo campo de aplicación de la tecnología al aprendizaje, el aprendizaje a través de la Web, en lo que se denomina *Web Based Learning* (Berge, 1999; Chumley-Jones, Dobbie, & Alford, 2002; Khan, 1997; Lockwood & Gooley, 2001; McKimm, Jollie, & Cantillon, 2003). La Red proporciona una oportunidad de aprendizaje como no era posible anteriormente (Alexander, 1995). Permite que el usuario acceda con facilidad a la información, la descargue, interactúe con otros pares, reciba realimentación acerca de lo que ha aprendido, etc.

A finales de la década de los 90 y principios del 2000 se crearon innumerables entornos para el acceso a actividades de aprendizaje a través de la Web, algunos centrados en la posibilidad de compartir contenidos, otros que comenzaban a tener en cuenta cómo el usuario podía interactuar con otros estudiantes o con el profesor, etc. (Mioduser, Nachmias, Lahav, & Oren, 2000). Pero en cualquiera de los casos se trataba de proporcionar herramientas que favorecieran las actividades de aprendizaje.

Desde entonces y hasta ahora estos entornos de aprendizaje han tenido gran aceptación tanto en las comunidades académicas como en el ámbito profesional. Como ejemplo puede observarse que en España el 100% de las universidades utilizan algún LMS (Prendes, 2009), el 95% de los centros de educación superior de Estados Unidos utilizan algún LMS (Arroway et al., 2010), al igual que el 100% de los centros de educación superior del Reino Unido (Browne et al., 2010) o que el 79,5% de empresas mundiales que los utilizan en sus actividades de formación (Wexler et al., 2008). Estos datos convierten las plataformas de aprendizaje en la herramienta más utilizada en las actividades de formación (lo que no significa que sea la más efectiva).

En este apartado se trata de proporcionar una descripción de qué son y cómo funcionan las plataformas de aprendizaje, así como diferenciarlas de otros conceptos, plantear sus usos, sus principales ventajas, su arquitectura, etc. Nótese que se hace hincapié en utilizar el término plataforma de aprendizaje o LMS pese a que existen gran cantidad de “sinónimos” (Sánchez, 2009) de este término como puede observarse en la Tabla 3. En función del contexto se usan unos u otros, por ejemplo VLE (*Virtual Learning Environment*) es ampliamente utilizado en Inglaterra o CMS (como *Course Management System*) en los Estados Unidos.

Hasta ahora todos estos conceptos podían usarse como sinónimos, aunque con ciertas matizaciones. Sin embargo, la evolución de las tecnologías 2.0 y la aparición de entornos como los Entornos Personales de Aprendizaje supone que esta

afirmación quede desfasada. Actualmente un entorno virtual de aprendizaje podía incluir cualquier tipo de herramienta que se utilizara durante el proceso de aprendizaje, por ejemplo vídeos de Youtube, Wikipedia, un repositorio de contenidos privado de una institución, una comunidad virtual de un grupo de estudiantes, etc. Esto supone que un LMS siempre sea un Entorno de Aprendizaje Virtual (EVA o VLE), pero, sin embargo, no todo VLE es un LMS. Por ejemplo, en los últimos informes acerca del uso de las plataformas de aprendizaje en Inglaterra se ha a utilizar términos como tecnologías para favorecer la educación (*Technology Enhanced Learning*) en lugar de VLE (Browne et al., 2010). Es por ello que en el presente apartado solamente se utilizan los términos LMS y plataforma de aprendizaje.

Tabla 3. – Siglas para describir los LMS ordenadas por popularidad. Fuente extraída y adaptada de (SCOPEO, 2011a)

Siglas	Nomenclatura	Traducción
LMS	<i>Learning Management System</i>	Sistema de Gestión de Aprendizaje
VLE	<i>Virtual Learning Environment</i>	Entorno Virtual de Aprendizaje
CMS	<i>Course Management System</i>	Sistema de Gestión de Cursos
LCMS	<i>Learning Content Management System</i>	Sistemas de Gestión de Contenidos y Aprendizaje
MLE	<i>Managed Learning Environment</i>	Ambiente Controlado de Aprendizaje
ILS	<i>Integrated Learning Environment</i>	Sistema Integrado de Aprendizaje
LSS	<i>Learning Support System</i>	Sistema Soporte de Aprendizaje
LP	<i>Learning Platform</i>	Plataforma de Aprendizaje

A continuación se revisa cómo evolucionan los LMS hasta llegar a ser lo que son hoy en día. Posteriormente, se define qué es un LMS y se diferencia entre LMS y LCMS. Después se describen las posibles clasificaciones de los LMS, sus ventajas y ejemplos de aplicación. Finalmente, se aportan unas conclusiones acerca de este tipo de plataformas, de cómo se ven afectada por la Web 2.0 y cómo deben evolucionar.

3.2.1. Evolución de los LMS

Según autores como Boneu (2007) y Robbins (2002) el origen de las plataformas de aprendizaje se basa en una especialización de los sistemas de gestión de contenidos, conocidos como CMS (*Content Management Systems*). Pero para llegar a la concepción que actualmente se tiene de LMS se pasa por diferentes etapas:

1. Los CMS. Es un tipo de *software* dedicado principalmente a la gestión de contenidos web ya sea en Internet o Intranet. Sin embargo, en el ámbito de la formación se especializa para facilitar la gestión de contenidos educativos, documentos, resultados, etc. El objetivo de los CMS en este ámbito es, por tanto, la creación y gestión de información en línea de diferente tipo, sin incluir actividades ni herramientas que fomenten la colaboración de los usuarios. Un

ejemplo de este tipo de “plataforma de aprendizaje” son las adaptaciones de *BSCW* para el acceso y compartición de archivos entre los usuarios de la plataforma (Stahl, 2004) (aunque en este caso también se incluye soporte colaborativo).

2. Los LMS. Aparecen a partir de los CMS y están orientados hacia al aprendizaje y la educación. Proporcionan herramientas para la gestión de contenidos académicos, la distribución de cursos, recursos, noticias y para facilitar la interacción entre los usuarios y de estos con el sistema. De este modo se permite mejorar las competencias de los usuarios de los cursos y su intercomunicación. Como ejemplo podrían ponerse muchos LMS como *Moodle*, *Blackboard* o *Sakai* aunque varios de ellos han evolucionado hacia otro tipo de sistemas (hoy en día pueden considerarse más LCMS o sistemas híbridos).
3. Los LCMS. Aúnan algunas de las propiedades de los LMS y los CMS para facilitar la gestión, creación y publicación de contenidos y su representación como recursos, cursos o módulos, etc. Los LMS y LCMS pueden aparecer como entidades separadas que se comunican entre sí o como entornos integrados de formación. Como ejemplos puede citarse a *Macromedia Course Builder* (Kahiigi et al., 2008).
4. Sistemas híbridos de aprendizaje. Los LMS dejan de ser meros sistemas de gestión de aprendizaje para ser un conjunto de servicios de aprendizaje disponibles a través de una o varias plataformas tecnológicas. De este concepto se habla en apartados posteriores.

A continuación se define qué son los LMS y los LCMS, para poner de manifiesto que en la práctica ambos conceptos, aunque diferentes, se solapan para dar lugar a los ecosistemas tecnológicos para el aprendizaje.

3.2.2. Definición de Plataforma de aprendizaje

3.2.2.1. LMS

Existen muchas definiciones de LMS, algunas se centran en la idea de que sea un entorno virtual, accesible vía web y con herramientas para facilitar el aprendizaje y la interacción (Farley, 2007; JISC, 2006; Lonn & Teasley, 2009; Totkov, 2003). De forma más específica se cita la siguiente definición:

“Se entiende por LMS un *software* que genera un entorno web orientado al aprendizaje y la educación, que proporciona herramientas para la gestión de contenidos académicos, con el objetivo de mejorar las competencias de los

usuarios de los cursos y su intercomunicación, en un entorno donde es posible adaptar la formación a los requisitos de la empresa y al propio desarrollo profesional. Disponen de herramientas que permiten la distribución de cursos, recursos, noticias y contenidos relacionados con la formación general” (Boneu, 2007).

Otras definiciones consideran que los LMS van más allá y no solo tienen un carácter *eLearning*.

“Un LMS se refiere a un conjunto de componentes que los estudiantes y tutores utilizan durante interacciones *online* de diferentes clases, que incluyen el aprendizaje *online*” (JISC, 2006).

Por otro lado, otras definiciones aportan más detalles acerca de la estructura del LMS, de la inclusión de diferentes roles así como espacios privados para el aprendizaje y de algunos tipos de herramientas.

“Un LMS es un programa de *software* instalado en un servidor y utilizado para administrar, distribuir y evaluar actividades para formación cara a cara o formación *online*. Las funciones principales del LMS son: gestión y registro de usuarios, recursos y actividades de formación, control de acceso, control y monitorización de procesos de aprendizaje, evaluación, elaboración de informes y gestión de herramientas de comunicación como foros y videoconferencia. Generalmente un LMS no incluye posibilidades para crear su propio contenido, pero si que facilitaría la carga y gestión de contenidos creados con otras herramientas” (Bri et al., 2009).

“No son más que el *software* que se usa para la creación, gestión y distribución de actividades formativas a través de la Web. Van mucho más allá de la típica y tradicional página web estática asociada a una asignatura, ya que son aplicaciones que facilitan la creación de entornos de enseñanza-aprendizaje, y que integran materiales didácticos, herramientas de comunicación, colaboración y gestión educativa. Estas plataformas ofrecen ambientes de aprendizaje ya diseñados e integrados donde los diferentes actores acceden a él y se autentican mediante una clave personal, lo que da lugar a espacios privados dotados de las herramientas necesarias para aprender (comunicación, documentación, contenidos, interacción, etc.)” (García-Peñalvo, 2008a). En la Figura 19 se observa un esquema según esta definición.

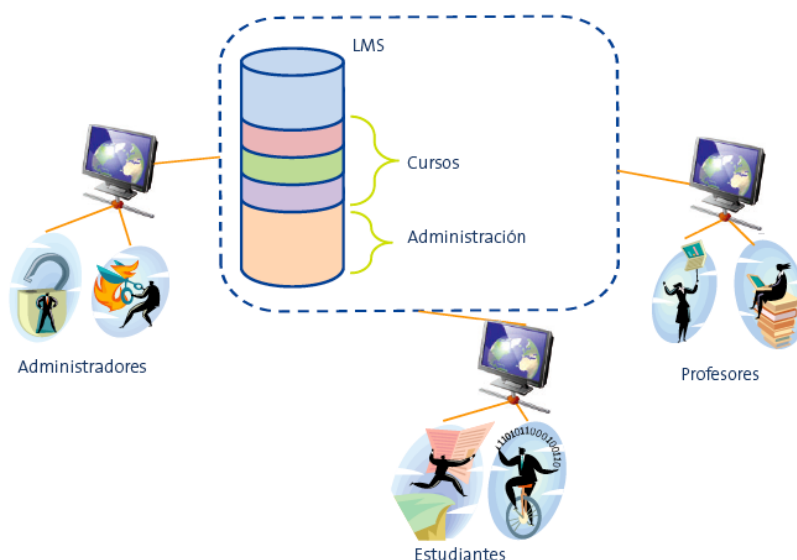


Figura 19. – Esquema general de un LMS

3.2.2.2. LCMS

En los entornos de aprendizaje un elemento fundamental son los contenidos. Los LCMS introducen este elemento, de forma que se pasa a hablar de la idea de gestión de contenidos para su uso en los cursos (Boneu, 2007; Jones, 2001; Kahiigi et al., 2008; Rengarajan, 2001; Robbins, 2002). Como ejemplo:

“Un sistema basado en web que es utilizado para crear, aprobar, publicar, administrar y almacenar recursos educativos y cursos en línea” (Rengarajan, 2001).

Otras definiciones detallan más su cometido y lo relacionan con el concepto de objetos de aprendizaje.

“Se trata de sistemas de Gestión de Contenidos de Aprendizaje. Una vez que los contenidos están en este sistema ya pueden ser combinados, asignados a distintos cursos, etc., de forma que la reutilización de contenidos educativos se convierte en su principal cometido. Los LCMS se basan en un modelo de objetos de contenido u objetos de aprendizaje. El contenido es reutilizable a lo largo de cursos y transferible entre organizaciones. Para lograrlo, los objetos se almacenan siguiendo algún estándar en un repositorio centralizado y se pueden localizar por distintos criterios de búsqueda. Normalmente los LCMS incluyen un motor que permite adaptar el contenido a diferentes grupos de usuarios con perfiles diferentes, lo que permite proporcionar en algunos casos diferentes ambientes o maneras de visualización” (García-Peñalvo, 2008a).

En la Figura 20 se presenta un esquema de la estructura de un LCMS según la definición anterior.

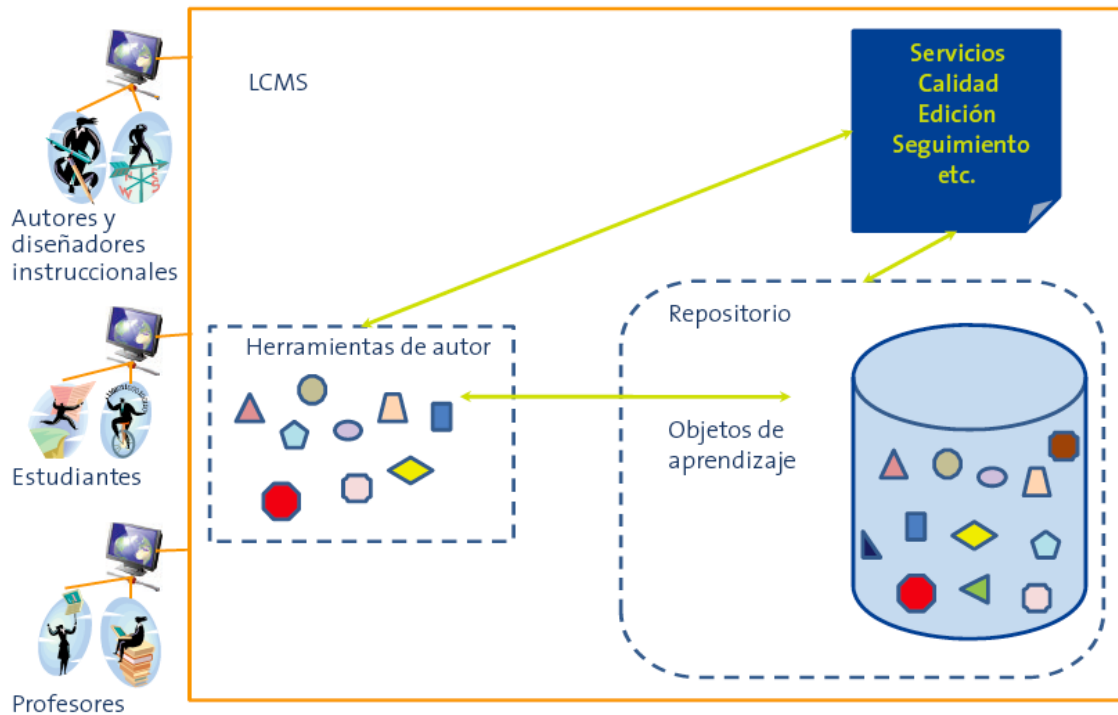


Figura 20. – Esquema básico de un LCMS (García-Peñalvo, 2008a)

3.2.2.3. Diferencias entre LMS y LCMS

Desde una perspectiva teórica es necesario dejar claro las diferencias en los LMS y los LCMS ya que es bastante común el error de considerar que los LMS y los LCMS son iguales porque pueden compartir elementos comunes. En la práctica, sin embargo, ambos tipos de sistema aparecen solapados.

Sin duda, ambos sistemas sirven para gestionar el aprendizaje, pero los LCMS están dirigidos más a los diseñadores de contenidos, mientras que un LMS se centra en toda la gestión del proceso mismo, y tienen un uso más común en el proceso de formación en Red (SCOPEO, 2011a). La Tabla 4, debida a Boneu (2007), resume las diferencias entre ellos.

Tabla 4. – Comparación entre LMS y LCMS (Boneu, 2007)

USOS	LMS	LCMS
Usuarios a los que va dirigido	Responsables de los cursos, administradores de formación, profesores o instructores	Diseñadores de contenidos, diseñadores instruccionales, directores de proyectos
Proporciona	Cursos, eventos de capacitación y está dirigido a estudiantes	Contenidos para el aprendizaje, soporte en el cumplimiento y usuarios
Manejo de clase, formación centrada en el profesor	Sí (Pero no siempre)	No
Administración	Cursos, eventos de capacitación y estudiantes	Contenidos para el aprendizaje, soporte en el cumplimiento y usuarios
Análisis de competencias-habilidades	Sí	Sí (en algunos casos)
Informe de rendimiento de los participantes en el seguimiento de la formación	Enfoque principal	Enfoque secundario
Colaboración entre usuarios	Sí	Sí
Mantiene una base de datos de los usuarios y sus perfiles	No siempre	No siempre
Agenda de eventos	Sí	No
Herramientas para la creación de contenidos	No	Sí
Organización de contenidos reutilizable	No siempre	Sí
Herramientas para la evaluación integrada para hacer exámenes	Sí (la mayoría de los LMS tienen esta capacidad)	Sí (la gran mayoría tienen esta capacidad)
Herramienta de flujo de trabajo	No	Sí (en algunas ocasiones)
Comparte datos del estudiante con un sistema ERP (Enterprise Resource Planning)	Sí	No
Evaluación dinámica y aprendizaje adaptativo	No	Sí
Distribución de contenido, control de navegación e interfaz del estudiante	No	Sí

3.2.2.4. Hacia los ecosistemas de aprendizaje

Después de comentar estos dos conceptos es lógico que se busque la relación entre ellos. Es bastante común que un LMS aparezca integrado a un LCMS (Connolly, 2001; García-Peñalvo, 2008a; Greenberg, 2002; Rengarajan, 2001) para proporcionar las funcionalidades de edición y publicación de contenidos al LMS y que en este se mantengan las funcionalidades propias de gestión del aprendizaje, como se puede observar en la Figura 21.

Sin embargo, varios autores (Al-Ajlan & Zedan, 2008; Mirri, Salomoni, Rocchetti, & Gay, 2011; Vélez, Fabregat, Nassiff, Fernandez, & Petro, 2009; Zorrilla, García-Saiz, &

Balcázar, 2011), debido principalmente a la evolución de los LMS, consideran que plataformas como *Moodle*, *aTutor*, *Desire2Learn*, *Blackboard* ya son LCMS. En estos casos funcionalidades relativas a la edición de contenidos, a la conexión con repositorios y la creación y reproducción de objetos de aprendizaje ya se han incluido en los LMS. Por ejemplo, en *Moodle 2.0* se pueden editar contenidos y almacenar de diferentes formas, tiene un componente de repositorio que se puede conectar a sistemas externos al propio LMS y reproduce “adecuadamente” paquetes SCORM e IMS CP. Es decir, que los conceptos de LMS y LCMS en ocasiones pueden soslayarse (Pankratius, Sandel, & Stucky, 2004; Watson & Watson, 2007).

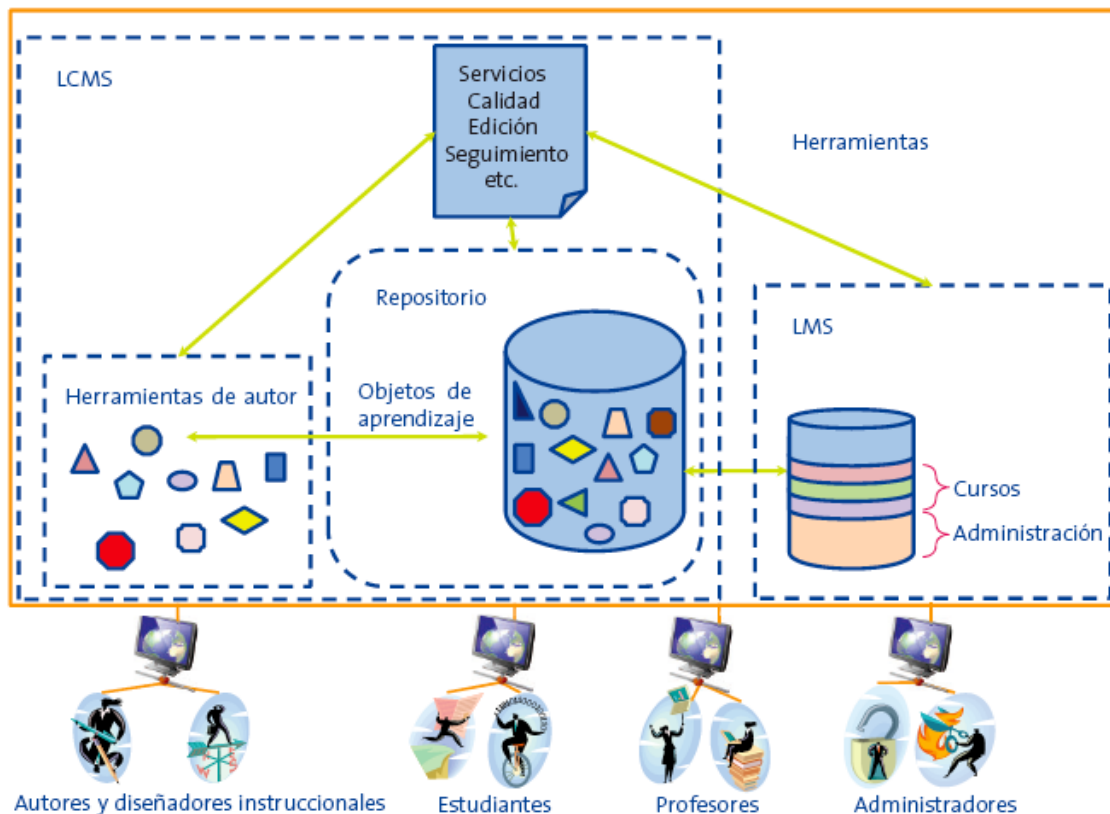


Figura 21. – Integración entre un LMS y un LCMS (García-Peñalvo, 2008a)

Debe entenderse que el concepto de LMS que se tiene hasta ahora está en evolución (o debería evolucionar) gracias a la Web 2.0. Los LMS deben abrirse para exportar funcionalidades. La mayor parte de los LMS incorporan capas de servicios web que facilitan esta apertura (Conde et al., 2010b; Dagger, O'Connor, Lawless, Walsh, & Wade, 2007; de-la-Fuente-Valentín, Leony, Pardo, & Kloos, 2008; Godwin-Jones, 2009; Severance, Hardin, & Whyte, 2008) y algunos de ellos soportan especificaciones de interoperabilidad que deben mejorar la comunicación, facilitar la integración y la incorporación de nuevas funcionalidades. Por tanto, los LMS pasan a ser una base para diferentes aplicaciones educativas y sistemas, que proporcionan interfaces de

comunicación con otras aplicaciones, entornos de aprendizaje, sistemas de gestión, etc.

3.2.3. Descripción de los LMS

Para poder describir los LMS se tienen en cuenta una serie de características y un conjunto de herramientas, a continuación se enuncian las características deseables según diversos autores y las herramientas más representativas. Después se plantea una taxonomía de los LMS y un modelo de la arquitectura básica de una plataforma de aprendizaje.

3.2.3.1. Funcionalidades de los LMS

Un LMS debe ofrecer todo tipo de servicios para gestionar de forma eficiente la actividad de aprendizaje, es por ello que cualquier LMS se caracteriza por un conjunto de propiedades básicas y unas funcionalidades.

En este documento, y a partir de la información recopilada de varios autores (Boneu, 2007; Colace, Santo, & Vento, 2003; García-Peñalvo, 2008a; Greenberg, 2002; Mueller & Strohmeier, 2011; Totkov, 2003; Watson & Watson, 2007), se enuncia un conjunto de características de las plataformas, así como las funcionalidades que se suponen deben proveer.

Se considera que un LMS debe tener las siguientes propiedades:

- Personalización. Conseguir que la persona que usa la plataforma tenga conciencia de que es el protagonista de su formación.
- Interactividad y usabilidad. La plataforma debe plantear herramientas que faciliten la interacción de los usuarios con otros usuarios y con la propia plataforma. Esta interactividad debe ser amigable, de forma que sea sencillo acceder a los recursos necesarios para la formación.
- Flexibilidad. Conjunto de funcionalidades que permiten que la plataforma tenga una adaptación fácil en la organización en la que se quiere implantar. Esta adaptación se puede dividir en los siguientes puntos:
 - Capacidad de adaptación a la estructura de la institución.
 - Capacidad de adaptación a los planes de estudio de la institución donde se quiere implantar el sistema.
 - Capacidad de adaptación a los contenidos y estilos pedagógicos de la organización.
- Escalabilidad. Capacidad de la plataforma de aprendizaje de funcionar igualmente con un número pequeño o grande de usuarios.

- Estandarización. Hablar de plataformas estándares es hablar de la capacidad de utilizar cursos realizados por terceros; de esta forma, los cursos están disponibles para la organización que los ha creado y para otras que cumplen con el estándar. También se garantiza la durabilidad de los cursos, al evitar que estos queden obsoletos y, por último, se puede realizar el seguimiento del comportamiento de los estudiantes dentro del curso.
- Portabilidad. No solamente los contenidos deberían seguir estándares, sino también la forma en que se almacena la información de los usuarios y/o los cursos, de manera que sea posible portar esta información a otras plataformas de aprendizaje.
- Interoperabilidad. Debe facilitarse la comunicación de las plataformas de aprendizaje con otras herramientas. Esta propiedad es opcional, pero es algo que se está demandando desde la irrupción del 2.0.
- Seguridad. Las contraseñas, y así como cualquier información sensible, debe almacenarse en la plataforma encriptada para evitar el acceso a la misma por personal no autorizado.
- Internacionalización o arquitectura multi-idioma. La interfaz de la plataforma debe estar traducida, o se debe poder traducir fácilmente, para que los usuarios se familiaricen con ella de una forma sencilla.
- Amplia comunidad de usuarios y documentación. La plataforma debe contar con el apoyo de comunidades dinámicas de usuarios, con foros orientados a cada uno de los roles que se relacionan con ella (usuarios, desarrolladores, expertos, etc.).
- Soporte a diversas modalidades de *eLearning*. Las plataformas de aprendizaje deben proporcionar soporte a modalidades formativas ya sean estas totalmente *online*, presenciales o mixtas.

Por otro lado, también debe presentar al menos las siguientes funcionalidades:

- Visualización, acceso e interacción con los contenidos. El usuario tiene que ser capaz de visualizar la estructura de sus cursos, sus contenidos, sus actividades, su actividad personal, etc.
- Gestión de usuarios. Es necesario que sistema permita el registro de usuario, actualización, matriculación en los itinerarios formativos, baja, etc.
- Gestión de itinerarios de aprendizaje. Cada estudiante puede tener asignado uno o varios itinerarios formativos en función de sus características específicas.
- Gestión de cursos. Posibilidad de dar alta curso, incluir recursos y actividades en ellos, asignar profesores, asignar formatos de cursos, etc.

- Sistemas de evaluación. Debe posibilitarse al profesor y al propio estudiante llevar a cabo un seguimiento de las actividades realizadas en la plataforma. Es decir, que las actividades puedan ser evaluadas por los profesores o el sistema y proporcionar esa información a los estudiantes.
- Sistemas de seguimiento y monitorización. Tener la posibilidad de no solamente determinar qué ha hecho el estudiante a través de actividades de evaluación, sino también los recursos más visitados, número de *clics*, tiempo empleado en la realización del curso, etc.
- Elaboración de informes. Generación de informes a nivel de actividad del usuario, plataforma o curso, así como otras posibles temáticas.
- Búsqueda inteligente de recursos. Los usuarios deben disponer de motores de búsqueda que les permitan buscar entre los elementos incluidos en el LMS. Se puede diferenciar diferentes niveles como recursos, actividades, *posts*, cursos, módulos, etc.
- Funcionalidades para la comunicación síncrona y asíncrona. En una plataforma de aprendizaje es fundamental la comunicación entre los estudiantes y de estos con el profesor, es por ello que se debe permitir esta actividad tanto de forma síncrona como asíncrona.
- Gestión de recursos humanos. Algunos autores (Greenberg, 2002; Totkov, 2003; Watson & Watson, 2007) consideran que las plataformas deben soportar actividades relativas a los recursos humanos, como gestión de turnos, asignación de tutorías, reserva de aulas, gestión presupuestaria, gestión de certificados, etc.
- Gestión y edición de contenidos. Aunque la gestión de contenidos se corresponde con un área más cercana a los LCMS, ya se ha comentado que muchas plataformas incluyen facilidades para la edición básica de contenidos, gestión de los mismos, conexión con repositorios, publicación, etc.
- Gestión y evaluación de competencias. Gestión de competencias que permitan identificar las necesidades de los usuarios y asignarles formación en consecuencia.

3.2.3.2. Herramientas de los LMS

Son muchas las herramientas que se incluyen en cualquier LMS y existen diferentes clasificaciones en función de los diferentes autores. En el presente apartado se propone una clasificación derivada de diferentes publicaciones (Boneu, 2007; Bri et al., 2009; García-Peñalvo, 2008a; Gómez, García, & Martínez, 2003; Greenberg, 2002; JISC, 2006; Prendes, 2009; SCOPEO, 2011a; Watson & Watson, 2007). Aunque

algunos autores diferencian entre herramientas orientadas a los estudiantes y herramientas orientadas a los profesores, aquí se pretende describir todas ellas, ya que a las del alumnado los profesores también tienen acceso y se pretende dar una perspectiva más amplia.

Las categorías básicas de herramientas serían:

- Herramientas de administración. Se corresponden a diferentes tipos de gestiones relativos a la administración de la plataforma. Se incluyen: gestión de usuarios, página personal, gestión de cursos y gestión de la plataforma, etc.
- Herramientas de comunicación. Se subdividen en síncronas o asíncronas. Como ejemplo: foros, *chat*, correo electrónico, comentarios y tablón de anuncios, etc.
- Herramientas para dar soporte a otras modalidades de aprendizaje. Herramientas que permitan la videoconferencia y audioconferencia, la compartición de documento y el modo presentación.
- Herramientas de participación. Herramientas que implican la colaboración de diferentes estudiantes, como pueden ser herramientas de trabajo en grupo, *blogs*, *wikis*, comunidades virtuales, etc.
- Herramientas de gestión de actividades. Herramientas que facilitan la realización de actividades como agenda, tareas, ejercicios, etc.
- Herramientas de contenido. Herramientas para la creación de contenidos, publicación en los cursos, compartición, para la realización de diseños instruccionales, etc.
- Herramientas de evaluación y seguimiento. Herramientas que permiten observar qué ha hecho un usuario y cuándo, su grado de actividad e implicación. También en este apartado se incluyen herramientas para gestionar la evaluación de los usuarios dentro de un curso, gestionar sus notas, etc. De estas herramientas se pueden generar informes.
- Herramientas orientadas a la productividad. Herramientas que pueden ayudar a mejorar el desempeño del estudiante en la plataforma. Por ejemplo: anotaciones (*bookmarks*), calendario, buscador de cursos, mecanismos para facilitar el trabajo *offline*, control de publicaciones, avisos, soporte a sindicación de contenidos, etc.
- Herramientas de soporte. Necesarias para la realización de actividades de formación que facilitan la labor de los actores del proceso de aprendizaje. Por ejemplo: sistemas para la autenticación, registro, ayuda, buscadores de

recursos, sistemas de auditoría, asignación de permisos, definición de roles, etc.

- Sistemas de gestión del conocimiento en el ámbito educativo. Herramientas que hacen énfasis en diferentes aspectos para gestionar el conocimiento. Por ejemplo: sistemas de gestión de competencias, de conocimientos, de repositorio, herramientas de consulta y recomendación, etc.
- Herramientas para la integración. Herramientas para facilitar la integración de elementos externos como sistemas de *portfolio*, repositorios de objetos de aprendizaje, comunicación con otras herramientas, etc.
- Herramientas para la personalización. Permiten entregar la información, evaluaciones, actividades, etc., que ha sido personalizada para los distintos individuos según sus necesidades particulares.

Para finalizar se añade un cuadro resumen (Tabla 5) que permite ver qué herramientas se corresponden con qué funcionalidades y qué funcionalidades se corresponden con qué características. Una herramienta puede estar relacionada con más de una funcionalidad y una funcionalidad con más de una característica.

Tabla 5. – Correspondencia características-funcionalidades-herramientas

Característica	Funcionalidad	Herramienta
Personalización	- Visualización, acceso e interacción - Gestión de estudiantes - Búsqueda inteligente de recursos - Gestión de itinerarios formativos - Gestión y evaluación de competencias - Seguimiento y monitorización	- H. de personalización - H. de productividad - H. gestión conocimiento - H. de soporte - H. de evaluación y seguimiento
Interactividad y usabilidad	- Comunicación - Visualización, acceso e interacción - Búsqueda inteligente de recursos	- H. comunicación - H. participación - H. productividad - H. soporte
Flexibilidad	- Gestión de estudiantes - Gestión de itinerarios - Gestión de cursos - Gestión de recursos humanos - Gestión de contenidos - Visualización acceso e interacción con contenidos	- H. de administración - H. de gestión de actividades - H. de gestión del conocimiento - H. de contenidos - H. de soporte

Característica	Funcionalidad	Herramienta
Escalabilidad	- Gestión de estudiantes - Gestión de cursos - Gestión de contenidos	- H. de administración - H. de gestión de actividades - H. de contenidos
Estandarización	- Gestión de contenidos - Comunicación - Gestión de estudiantes - Gestión de cursos - Gestión de recursos humanos	- H. de contenidos - H. de comunicación - H. de productividad - H. de gestión del conocimiento - H. de integración - H. de evaluación - H. de soporte
Portabilidad	- Gestión de estudiantes - Gestión de cursos - Gestión de Contenidos	- H. de administración - H. de gestión de actividades - H. de integración - H. de soporte
Interoperabilidad	- Gestión de estudiantes - Gestión de cursos - Gestión de Contenidos - Comunicación	H. de integración H. de administración H. de contenidos H. de comunicación H. de participación
Seguridad	- Gestión de estudiantes - Gestión de recursos humanos - Informes	H. de administración H. de soporte H. de gestión del conocimiento H. de evaluación y seguimiento
Internacionalización	- Visualización, acceso e interacción con contenidos - Gestión de cursos	H. de administración H. de personalización H. de productividad H. de soporte
Comunidad	- Comunicación - Gestión de contenidos - Búsqueda interactiva de recursos	H. de participación H. de comunicación H. de personalización H. de soporte
Multimodalidad	- Evaluación - Seguimiento y monitorización - Gestión de contenidos - Informes	H. de integración H. de personalización H. de administración H. de contenidos H. de soporte H. de evaluación y seguimiento

3.2.3.3. Arquitectura

Tras la descripción de las diferentes propiedades, funcionalidades y herramientas que una plataforma de aprendizaje puede tener, es necesario plantear la distribución en una arquitectura de estas herramientas y servicios de aprendizaje. En la Figura 22 se puede observar dicha arquitectura.

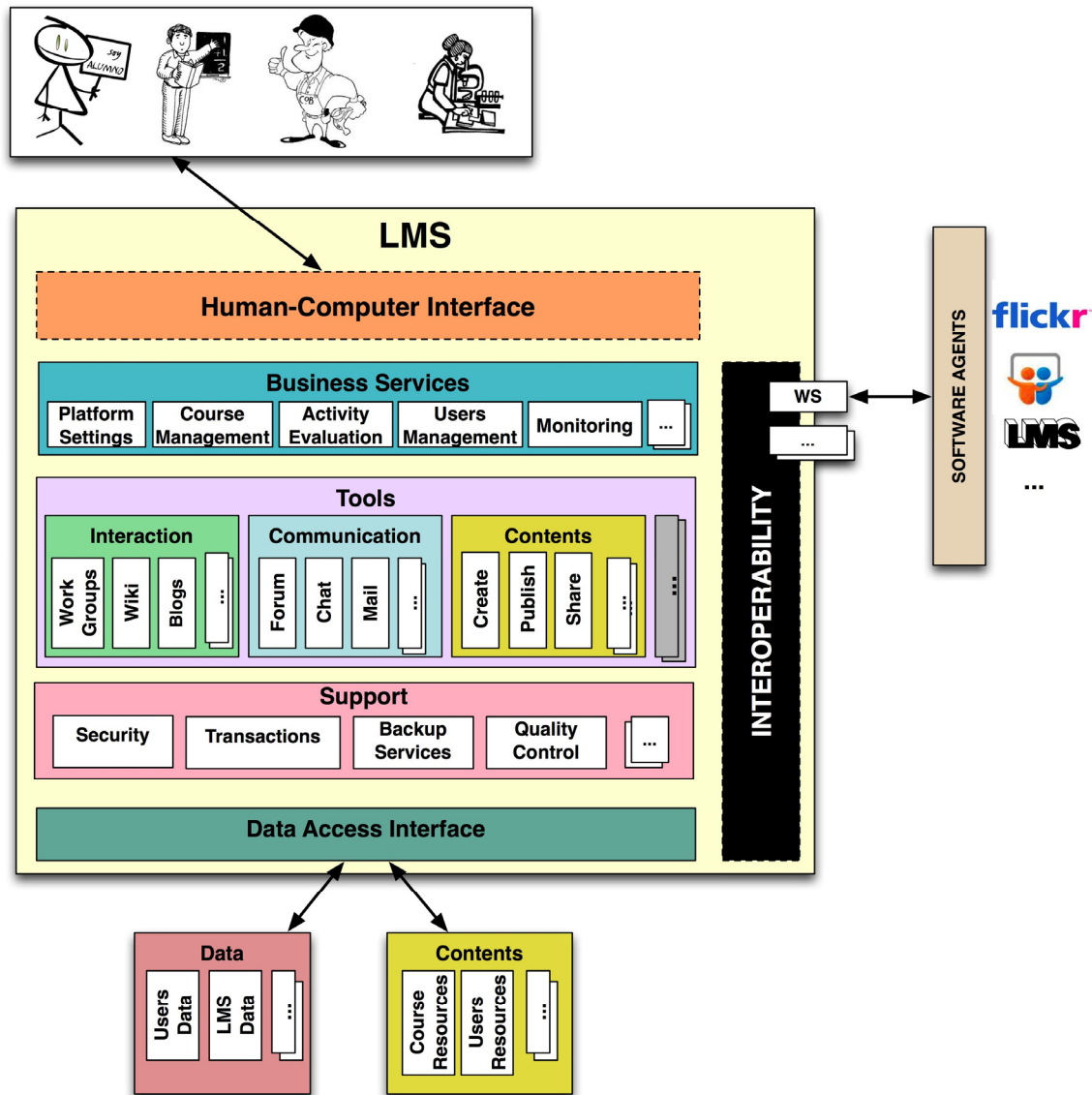


Figura 22. – Arquitectura básica de un LMS

La arquitectura del LMS se divide en diferentes niveles según el grado de abstracción a considerar. En concreto la propuesta de la Figura 22 consta de tres capas y tres interfaces:

- Capa de servicios de negocio. Esta capa incluye los principales servicios *eLearning* que la plataforma provee. Los servicios pueden tener entidad suficiente individualmente o ser el resultado de la combinación de varios servicios. Estos servicios se acceden por los diferentes actores, ya sean personas a través de una interfaz persona-ordenador, o agentes *software*, a través de la interfaz de interoperabilidad.
- Capa de herramientas. Incluye las diferentes herramientas del LMS y se utilizan para proporcionar servicios al usuario. Las herramientas reciben

peticiones de servicio y utilizan los servicios de soporte y los datos para llevar a cabo su cometido.

- Capa de soporte. Se encarga de garantizar que las actividades se lleven a cabo adecuadamente, con la seguridad deseable, en el tiempo y forma. Esta capa proporciona una serie de servicios para el correcto funcionamiento del sistema, para lo que se tiene en cuenta la carga de trabajo y las actividades que se van a llevar a cabo.
- Interfaz de acceso a datos. Los servicios, las herramientas y las herramientas de soporte pueden requerir de información de diferente naturaleza para responder a las necesidades de los usuarios. Esta información se le solicita a la interfaz de acceso a datos que, de forma transparente (independientemente del tipo de base de datos), la devuelve a las otras capas. La información no debe ser meramente datos, sino que también pueden ser contenidos pertenecientes a diferentes tipos de repositorios.
- Interfaz persona ordenador. Se trata de una interfaz donde las personas pueden interactuar con la plataforma. Dicha interfaz da acceso a los usuarios del sistema a los servicios proporcionados por la plataforma. La interfaz proporciona unos servicios u otros en función del tipo de usuario que esté accediendo. Por ejemplo, esta interfaz muestra el contenido de los cursos a los estudiantes y la estructura a los profesores.
- La capa de interoperabilidad. Se trata de una interfaz que facilita la interoperabilidad entre el LMS y otros agentes *software*. Sigue un modelo de caja negra, es decir, presenta una serie de servicios pero no desvela cómo se realiza esta interoperabilidad. El punto de entrada a esta capa lo forman los servicios web y las especificaciones de interoperabilidad, algo que se está empezando a implantar en la mayor parte de plataformas (como se ha comentado anteriormente) pero que aún no se ha explotado en profundidad.

3.2.4. Taxonomía de los LMS

Una vez descritas las plataformas de aprendizaje, sus funcionalidades, herramientas y arquitectura se proponer una clasificación en función del carácter comercial o no del *software*. Básicamente se pueden considerar tres tipos de plataformas de aprendizaje en función de esta característica (Al-Ajlan & Zedan, 2008; Boneu, 2007; García & Castillo, 2005; Hauger & Köck, 2007; Itmazi, Gea, Paderewski, & Gutiérrez, 2005; Sánchez, 2009; SCOPEO, 2011a):

- Comerciales. LMS comercial son aquellas plataformas por las que hay que pagar una cuota de instalación y/o mantenimiento, que varía según la empresa que la gestiona, el número de usuarios y el tiempo en que la plataforma va a prestar servicio. Su evolución ha sido rápida y siempre han buscado incorporar más y mejores aplicaciones y herramientas competitivas del mercado para ofrecer mayores prestaciones. Entre las ventajas de un LMS comercial se puede destacar el respaldo de los servicios de asistencia técnica y su validación constante, lo que las lleva siempre a disponer de sistemas de alta fiabilidad. Entre sus inconvenientes, está su alto coste relativo a la licencia, que en muchos casos se limita a dos tipos: completa (varía según el número de estudiantes) o limitada (para un número determinado de estudiantes). Como ejemplo de algunas plataformas comerciales se pueden considerar: *Blackboard* (<http://www.blackboard.com/>), *WebCT* (adquirida por blackboard en 2006 pero aún en uso), *Desire2Learn* (<http://www.desire2learn.com/>), *AngelLearning* (también adquirida por Blackboard), *Saba Learning Suite* (<http://www.saba.com/saba-people-systems/learning-suite/>), *e-ducativa* (<http://www.e-ducativa.com/>), *e-training* (<http://www.etraining.com.co>), *Jenzabar* (<http://www.jenzabar.com/products.aspx?id=148>).
- De desarrollo propio. LMS creados por las instituciones para solventar sus necesidades específicas, no cubiertas en muchas ocasiones por las iniciativas de *software* comercial o de *software* libre. No están dirigidas a su comercialización, ni pretenden una distribución masiva entre otras organizaciones. Entre sus principales ventajas se puede afirmar que una vez creada, la institución puede contar con una aplicación “a medida” que puede reajustar y adaptar cuando sea necesario. Su gestación promueve equipos de expertos que benefician a la organización y resultan importantes para proyectos futuros. Además, siempre que se quiera, el LMS estará en consonancia con el modelo educativo de la organización. Entre sus desventajas se encuentra el fuerte desembolso que implica mantener un equipo para crear un LMS y los problemas derivados del proceso de diseño, creación, validación o mantenimiento de la plataforma. Por ejemplo: *Virtu@ula* – Plataforma de formación de La Caixa (http://prensa.lacaixa.es/view_object.html?obj=705,c,5036), *Formación en red* – Plataforma del CNICE (<http://formacionprofesorado.educacion.es/>), *Ágora virtual* – Plataforma de la Universidad de Málaga (http://agoravirtual.es/index_es.php).

- De *software* libre. Se trata de plataformas que disponen de un tipo especial de licencia denominada *General Public License* (GPL). Este tipo de licencia supone que los usuarios van a tener libertad para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el *software*. Que el *software* sea libre, no quiere decir que sea gratuito (aunque suele serlo), sino que el usuario es libre de adaptarlo a sus necesidades. Entre las ventajas que posee un LMS con licencia GPL o licencia de código de fuentes abiertos destaca la confianza que da gracias al acceso al código fuente. Permite la reutilización del código fuente, tiene el respaldo de toda una comunidad que lo desarrolla, se valida en el seno de esa comunidad. Generalmente se trata de un *software* muy modular lo que facilita la validación del mismo, así como su desarrollo. Los LMS de *software* libre varían en cuanto a funcionalidades de unas iniciativas a otras, sin embargo, representan una alternativa frente a los LMS comerciales y a los de desarrollo propio. Buena parte de ellos están auspiciados por universidades importantes, presentan grupos de desarrollo muy activos y gozan, cada vez más, de mejores actualizaciones. Entre las plataformas de *software* libre con más éxito destacan: *Moodle* (<http://www.moodle.org>), *Sakai* (<http://sakaiproject.org>), *OLAT* (<http://www.olat.org/>), *Illias* (<http://www.ilias.de/>), *Claroline* (<http://www.claroline.net/>), *Dokeos* (<http://www.dokeos.com/>), *.LRN* (<http://openacs.org/projects/dotlrn/>).

Hoy en día existe una proporción bastante equitativa en cuanto al reparto del mercado de las plataformas de *software* libre y *software* propietario. Cada vez proliferan más las plataformas de *software* libre y son más competitivas frente al *software* comercial, aunque esta afirmación puede depender un poco del contexto en que se consideren estos datos, como demuestran diferentes estudios (Arroway et al., 2010; Browne et al., 2010; Prendes, 2009).

3.2.5. Ventajas de las plataformas de aprendizaje

Las ventajas que las plataformas de aprendizaje de cara a los procesos educativos pueden ser muchas, derivadas de la combinación de su carácter virtual y del uso de contenidos multimedia que no están al alcance del docente ni el discente en las metodologías tradicionales de aprendizaje. Sin embargo, puede hacerse una distinción entre las perspectivas del profesor (JISC, 2006; Rodríguez, García, Ibáñez, González, & Heine, 2009) y las de los estudiantes (JISC, 2006), o lo que es lo mismo en qué enriquecen las plataformas virtuales la labor del docente y cómo percibe eso el discente.

En cuanto a las ventajas de este tipo de aprendizaje para el profesor, se basan en la mejora de la experiencia del aprendizaje y mejora en la gestión y administración de los cursos. En concreto:

- Beneficios relativos al uso de las herramientas administrativas del LMS. Muchos LMS proporcionan herramientas que facilitan el seguimiento de la actividad del estudiante por parte del profesor. También se proporcionan herramientas para agilizar la recogida de ejercicios y la distribución de notas y realimentación.
- Aporta facilidades para potenciar la colaboración y comunicación. El LMS aporta espacios para facilitar a los estudiantes, a los profesores, a expertos el intercambio de opiniones, materiales, experiencias, etc.; acerca de materias específicas relativas al curso.
- Hacen que los estudiantes estén más involucrados. Las actividades presenciales en muchas ocasiones coartan a los estudiantes al hacer que estos participen menos. En cambio los entornos virtuales proporcionan espacios de trabajo donde el discente se puede sentir más libre de aportar sus conocimientos sin necesidad de estar presente y participar en reuniones presenciales.
- Fomentan el trabajo colaborativo y en comunidad. Gracias a la independencia temporal y espacial, así como a las herramientas de interacción que los LMS proporcionan, se hace más sencillo que un conjunto de estudiantes, expertos y personal relativo a un curso puedan colaborar para realizar una actividad y generar un conocimiento en común.
- Facilitan la publicación de contenido que los estudiantes van a poder acceder de forma sencilla. Este contenido puede ir desde recursos relacionados con un concepto específico a recursos generales relacionados con la materia. Debe tenerse en consideración la potencia y la fascinación que los contenidos multimedia pueden ejercer en los estudiantes.
- Ahorro de tiempo. Desde el punto de vista del profesor se puede considerar que los LMS permiten ahorrar tiempo a la hora de distribuir y publicar ciertos contenidos (que de otra forma tendría que ser entregado en forma de fotocopias). Y también se ahorra tiempo en el sentido de que el esfuerzo de creación de contenidos y diseño del curso se hace una vez y sirve para futuras ediciones del mismo (aunque fuera necesaria una actualización).

Desde el punto de vista del discente la perspectiva puede ser diferente, sobre todo si se tienen en cuenta el tipo de estudiante que hoy en día usa las plataformas, es decir,

estudiantes que son nativos digitales (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001b, 2001c). El estudiante percibe al LMS como un punto de encuentro para la asignatura, un lugar en el que poder descargar contenidos de diferentes tipos (Conrad, 2002; Crook & Barrowcliff, 2001; Haywood, Macleod, Haywood, Mogey, & Alexander, 2004), organizar sus contenidos de forma más efectiva (Moore & Aspen, 2004) y en menor medida colaborar y participar en discusiones, etc. Sin embargo, con la llegada de los medios sociales esta tendencia está cambiando hacia la socialización en el aprendizaje y a la actividad colaborativa (Dalsgaard, 2006; Downes, 2005).

De cualquier manera, y aunque el usuario pueda percibir la plataforma como una referencia en el proceso de aprendizaje, no la utiliza en todo su potencial, ya que esta no ha sido diseñada teniendo en cuenta al discente, que además utiliza otras herramientas y medios durante sus actividades de aprendizaje.

3.2.6. Problemas o desventajas de las plataformas de aprendizaje

Los LMS, como ya se ha comentado con anterioridad, son algunas de las herramientas más representativas del aprendizaje *online* y han sido ampliamente adoptadas por diferentes instituciones, universidades y empresas. Sin embargo, a pesar de esa aceptación, los LMS no han conseguido las mejoras esperadas en los procesos de aprendizaje, debido a: 1) No se aprovechan convenientemente las herramientas provistas y se utilizan como meros espacios para la publicación de los cursos (Cuban, 2001; Milligan, 2006; Sakai-Pilot, 2009); 2) Los LMS restringen las posibilidades del estudiante para colaborar en el aprendizaje y fomentar un constructivismo social no limitado a un periodo específico de tiempo (por ejemplo, curso académico) (Brown & Adler, 2008; Wesch, 2009); 3) Se centran en el curso y en la institución, no en el estudiante en sí (Downes, 2006).

Además de esto, debe considerarse que el aprendizaje *online* no acaba en los LMS, sino que hay multitud de herramientas *online* para completarlo y mejorarlo. Herramientas que actúan como fuentes de información, como medios de comunicación, como puntos de intercambio de experiencias, etc. Debe, por tanto, hacerse sitio a las aplicaciones de búsqueda, de noticias, de localización, los repositorios documentales, los foros, los *blogs*, calendarios, juegos, mundos virtuales, etc. Es decir, a las nuevas iniciativas derivadas de la Web 2.0 (O'Reilly, 2007).

Queda claro ante esta situación que es necesario que los LMS evolucionen, pero, ¿hacia dónde deben hacerlo? La evolución de los LMS tiene que hacerse hacia el usuario y, por tanto, hacia sistemas personalizados, estos sistemas pueden ser los PLE pero, para poder utilizarlos, es necesario tener en cuenta en primer lugar cómo

van a abrirse los LMS, y esto se hará mediante el uso de las Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA, *Service Oriented Architecture*) y las iniciativas de interoperabilidad, que son los dos próximos apartados del presente capítulo.

3.3. SOA

La aplicación de las TIC en los procesos de negocio de instituciones y empresas desde hace unos años ha cambiado el panorama en cuanto a los modelos de negocio existentes. Las tecnologías de la información y la comunicación se convierten en la base de esos modelos. Muchas empresas e instituciones disponen de aplicaciones *software* heterogéneas, que proporcionan diferentes servicios y están implementadas en distintas tecnologías. Hace un tiempo era necesario manejar diferentes interfaces para cada uno de estos programas, e incluso diferentes máquinas. Sin embargo, esta forma de trabajar no era eficiente y en muchos casos no satisfacía las demandas de los clientes y la organización (Rosen, Lublinsky, Smith, & Balcer, 2008).

Las soluciones tecnológicas existentes eran muy rígidas y estaban vinculadas a contextos tecnológicos muy diferentes, cualquier modificación suponía grandes pérdidas, y eso en caso de que el cambio pudiera llevarse a cabo. Si por ejemplo una empresa pretende cambiar parte de su sistema y/o combinarlo con otro, esto conlleva un coste en tiempo y dinero bastante elevado. Además, las instituciones en muchas ocasiones no querían asumir la definición de un nuevo sistema *software*, cuando ya tenían uno que se encarga de hacer algo similar, pero en funcionamiento en otro entorno. Es decir, existe la necesidad de poder reutilizar los sistemas existentes, pero con garantía de acceso desde cualquier contexto y, por tanto, desde un entorno común (Alba, 2008; Ramaratnam, 2007).

Ante esta situación, debía buscarse flexibilizar la aplicación de la tecnología en los modelos de negocio, hacer las aplicaciones independientes del contexto y facilitar la reutilización. Esto implica la modularización del *software*. La modularización aporta flexibilidad y facilita la reutilización, además de una serie de ventajas como son la independencia de desarrollo y evolución, aumento de la seguridad, desarrollo escalable, etc. Pero también es necesario posibilitar la interoperabilidad entre sistemas y la independencia de la tecnología subyacente a una determinada aplicación. Esto se consigue mediante la implementación de servicios. Lo que se persigue es producir pequeñas aplicaciones que proporcionen un servicio independientemente del contexto en que se ejecuten y de la implementación subyacente. Al unir ambas concepciones surgen las arquitecturas SOA, que en su nivel más básico pueden entenderse como una colección de servicios que se comunican entre ellos (Payne & Barrody, 2006).

La concepción de servicios y arquitecturas orientadas a servicios se potencian por la irrupción de la Web 2.0 ya que pretende proporcionar al usuario un conjunto de herramientas de diferentes tipos, con diferentes implementaciones y ejecutables en diferentes plataformas. En esta situación se hace necesaria la integración de servicios y su ejecución de los diferentes entornos que utilizan los usuarios, algo que es posible mediante las arquitecturas orientadas a servicios.

En este apartado se expone qué es SOA: en qué consiste a partir de su historia, las diferentes definiciones, sus características y sus ventajas. Posteriormente, se habla de cómo implementar SOA y de los servicios web, para finalizar con la aplicación de SOA en los sistemas *software* educativos.

3.3.1. Qué es SOA

3.3.1.1. Historia de SOA

La aparición de las TIC, Internet, las redes de ordenadores, el comercio electrónico, etc. hace cambiar totalmente la concepción de los modelos de negocio en las instituciones y empresas, lo que aporta innumerables ventajas. Sin embargo, el uso de las TIC acarrea también diferentes problemas como la heterogeneidad de tecnologías y ambientes, la falta de interoperabilidad, la escasa reutilización del *software* y la dependencia de la tecnología. Es por ello que proponen diferentes soluciones que son previas a la aparición de las arquitecturas orientadas a servicios (Ramaratnam, 2007).

La primera ocasión en que aparece el término SOA fue en un conjunto de documentos publicados por Gartner en 1996 (Schulte & Natis, 1996a, 1996b). En ellos SOA se ve como una evolución de las tecnologías de la información para facilitar la reutilización y solventar los problemas de interoperabilidad.

¿Pero cómo se llega hasta esta definición y cómo se abordan los problemas derivados de las tecnologías existentes hasta entonces? Ramaratnam (2007) y Rosen (2008) proponen recorridos acerca de cómo evolucionan las soluciones hasta llegar a una implementación de las arquitecturas orientadas a servicios.

La primera solución para solventar los problemas anteriormente mencionados fue la unificación de interfaces mediante una serie de emuladores, como los *emuladores 3270* (<http://x3270.bgp.nu/>), pero esta solución se descarta debido a que se unificaban las interfaces pero continúan los problemas de interoperabilidad entre sistemas.

En torno a 1991 aparece CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) (OMG, 1997), se trata de una tecnología de objetos distribuidos que pueden implementarse en diferentes tecnologías. CORBA proporciona un lenguaje para la

definición de interfaces (IDL – *Interface Definition Language*), de manera que se pueden definir objetos con la lógica de negocio (servicios) aislados por completo de la representación gráfica y del control de la interacción sobre ellos, lo que facilita que objetos de negocio con diferente implementación puedan utilizarse de forma combinada, y así se posibilita la integración de diferentes objetos de negocio bajo una misma interfaz y se permite una mayor reutilización. Sin embargo, CORBA no evoluciona adecuadamente hacia para su uso en Internet, de hecho hay una falta de compatibilidad con protocolos como HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) (W3C, 1999c), lenguajes como Java (SUN, 1996) y los EJB (*Enterprise Java Beans*), (SUN, 2006) etc. y además Microsoft desarrolla otro modelo de objetos distribuidos COM (*Component Object Model*) (Microsoft, 1995) y DCOM (*Distributed Component Object Model*) (Microsoft, 2007).

En esta misma época aparece un remedio para la comunicación de sistemas en Internet (o al menos un lenguaje para que todos ellos pueden entenderse), este es XML (*eXtensible Markup Language*) un metalenguaje (un lenguaje que permite la definición de un lenguaje) (W3C, 2008a). El lenguaje HTML (*HyperText Markup Language*) (W3C, 1999b) tiene un crecimiento exponencial a finales de los 90, y aún hoy lo sigue teniendo, pero también presenta defectos, uno de ellos es la imposibilidad de diferenciar entre la representación de los datos y los datos en sí. XML proporciona una solución a este problema al aportar un lenguaje autodefinido, que aporta información y una definición de cómo interpretar esa información. Este lenguaje, de gran potencialidad, es adoptado por Microsoft, que junto con Developmentor desarrolla la especificación SOAP (*Simple Access Object Protocol*) (W3C, 2007), que se aprueba por W3C como protocolo de Internet para proporcionar interoperabilidad y que se utiliza para la implementación de servicios web y arquitecturas orientadas a servicios. Más adelante aparece REST (*REpresentational State Transfer*) (Fielding, 2000) para llevar a cabo también esta tarea.

3.3.1.2. Definición

La definición de una arquitectura orientada a servicios puede considerarse desde diferentes perspectivas, en este apartado se consideran algunas de las más representativas.

Según IEEE–STD-1471-2000 (“Práctica recomendada para la descripción arquitectónica de sistemas de *software* intensivos”) una arquitectura es:

“la organización fundamental de un sistema integrado en sus componentes, la relación entre ellos y el medio, y los principios que establecen su desarrollo y evolución” (Maier, Emery, & Hilliard, 2004).

También puede entenderse una arquitectura como:

“la estructura global del *software* y las formas en que esa estructura proporciona integridad conceptual a un sistema” (Shaw & Garlan, 1996)

Otra definición la considera como:

“la estructura lógica y física de un sistema, forjada por todas las decisiones de diseño estratégicas y tácticas aplicadas durante el desarrollo” (Booch, 1994).

En cualquiera de las definiciones aportadas se considera la arquitectura como la organización estructural de los componentes de un sistema, este tipo de organizaciones evolucionan vinculadas al planteamiento del modelo de negocio que a su vez se ve condicionado por la evolución de la tecnología. Como ejemplo de dichas evoluciones puede observarse como las estructuras de negocio cambian de un modelo de jerarquización vertical, a uno horizontal y multidisciplinar para, posteriormente, pasar un modelo de tipo ecosistema en el que las áreas implicadas no se comunican solo entre las áreas más próximas.

Una vez explicado el término arquitectura, se tiene que conocer también el de servicio. Existen diferentes planteamientos acerca de qué son los servicios. Pueden considerarse desde un punto de vista de negocio como:

“Una funcionalidad construida como un componente reusable para ser utilizado en un proceso de negocio” (Keen et al., 2007).

Pero también desde un punto de vista técnico:

“elementos autodescritos e independientes de plataforma que soportan la composición rápida, barata y distribuida de aplicaciones” (Papazoglou, 2003).

En cualquiera de los casos, los servicios se proveen por aplicaciones o proveedores de servicios de cara a proporcionar una funcionalidad sin desvelar su implementación (esto se lleva a cabo a través de la publicación de información de lo qué el servicio hace pero no cómo lo hace, lo que se denomina interfaz).

Así, las características deseables para un servicio son: que sea independiente de la tecnología, que tenga bajo acoplamiento del lado del cliente y el servidor, que se pueda descubrir con facilidad, que aporte un grado de calidad en la funcionalidad a distribuir y que pueda combinarse con otros servicios (Papazoglou, 2003).

La idea principal, por tanto, de las arquitecturas de servicios es que conviene ordenar la forma en que se comunican las distintas partes de un sistema. Para conseguir este objetivo se define una capa de servicios con la que los sistemas interactúan, así se evita el trabajar de manera directa entre ellos y se favorece la interoperabilidad y la escalabilidad. De esta manera, si dos sistemas desean comunicarse no necesitan conocer el funcionamiento del otro, sino que utilizan esta capa de servicios como intermediaria, la cual sí conoce cómo funcionan estos sistemas. Si en algún momento se desea sustituir o realizar algún cambio en alguno de los dos sistemas, la acción sería independiente del otro, ya que se han desarrollado de manera que no dependan del otro sistema, sino que solo dependen de los datos que devuelven (Alba, 2008).

Una vez aclarados los conceptos de arquitectura y servicio, se pueden añadir algunas definiciones de SOA debidas a diferentes autores.

La W3C define una arquitectura SOA como:

“Conjunto de componentes que pueden ser invocados, cuyas descripciones de interfaces se pueden publicar y descubrir” (W3C, 2004).

Dicha definición es refutada por la CBDI (*Component Based Development and Integration*), organización encargada de proponer y recopilar buenas prácticas para la implantación de arquitecturas orientadas a servicios:

La definición no es correcta ya que “los componentes pueden no ser conjuntos” y a que “la definición solo considera los componentes y no la práctica o el arte de construir la arquitectura”. Además proponen la siguiente definición: “estilo resultante de políticas, prácticas y *frameworks* que permite que la funcionalidad de una aplicación se pueda proveer y consumir como conjuntos de servicios, con una granularidad relevante para el consumidor. Los servicios pueden invocarse, publicarse y descubrirse y están abstraídos de su implementación ya que utilizan una sola forma estándar de interfaz” (Sprott & Wilkes, 2004).

Según OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*), organización sin ánimo de lucro que busca el desarrollo, convergencia y adopción de estándares abiertos en la sociedad de la información, SOA es un paradigma para utilizar y organizar funcionalidades distribuidas que pueden estar controladas por diferentes propietarios de dominio (OASIS, 2006).

Por último, se incluye la definición de Alier según la que:

“la Arquitectura Basada en Servicios o SOA es una aproximación que proporciona una separación entre la interfaz que ofrece un tipo de servicio y sus posibles

implementaciones. Así, los consumidores de servicio (aplicaciones) pueden interoperar con un gran conjunto de proveedores de servicio (implementaciones de los servicios) que cumplan con el estándar definido por la arquitectura” (Alier, Casany, Conde, García, & Charles, 2009).

3.3.1.3. Características de SOA

Las principales características de las arquitecturas orientadas a servicios se derivan de lo que se conoce como Computación Orientada a Servicio (SOC – *Service Oriented Computing*), paradigma basado en el uso de servicios para el desarrollo rápido, de bajo coste, con capacidad de evolución y de interoperabilidad de aplicaciones distribuidas (Papazoglou, 2003). Estas características son las siguientes (Bih, 2006; Endrei et al., 2004; Ramaratnam, 2007):

- Uso de interfaces estándares. Necesario para posibilitar que las arquitecturas permitan que las aplicaciones implementadas en diferentes tecnologías y distribuidas a través de Internet se puedan comunicar (Erl, 2007; OASIS, 2006).
- Bajo acoplamiento. Los servicios que componen la arquitectura deben de estar levemente acoplados, es decir, deben ser independientes del resto de servicios en la misma arquitectura. De manera que un cambio o un mal funcionamiento en uno de los servicios no repercuta en los demás, y los servicios van a poder modificar y/o cambiar su configuración sin afectar al resto (Erl, 2007; Geniant, 2004; Qureshi, 2005).
- Abstracción. Esta característica enfatiza la necesidad de ocultar tanta información como sea posible acerca de cómo lleva a cabo un servicio. Está relacionado con el bajo acoplamiento y garantiza la flexibilidad del sistema (Erl, 2007; OASIS, 2006; Rosen et al., 2008).
- Reusabilidad. Capacidad de poder utilizar los mismos servicios en diferentes procesos de negocio, esto se ve favorecido por el bajo acoplamiento y el uso de interfaces estándares (Chung, Jung, Kim, Goplannalan, & Kim, 2004; Emmerich, Ellmer, & Fieglein, 2001; Erl, 2007; Kooijmans, Greef, Raisch, & Yona, 2005).
- Independencia. Los servicios son independientes entre sí y del contexto en que se encuentran. Pueden utilizarse como elementos independientes o como parte de procesos de negocio más complejos formados por la unión de diferentes servicios (Channabasavaiah, Holley, & Tuggle, 2003; Erl, 2007; Kooijmans et al., 2005; Mezo, Chaparro, & Heras, 2008).

- Granularidad. La arquitectura orientada a servicios debe proporcionar la granularidad adecuada en los servicios que la componen, para que estos sean funcionales tanto independientemente como cuando forman parte de procesos de negocio (Rosen et al., 2008; Shan, 2004; Sprott & Wilkes, 2004).
- Sin información del contexto. Es necesario que los servicios incluidos en una arquitectura SOA mantengan información del estado de su contexto únicamente cuando sea necesario, de esta forma no se tienen dependencias con el contexto existente (Erl, 2007; Rosen et al., 2008).
- Visibles. Los servicios deben tener información que les haga fáciles de descubrir para aquellos procesos de negocio que pudieran necesitarlos, así como para las diferentes aplicaciones que pudiesen requerir directamente sus funcionalidades (Erl, 2007; Sprott & Wilkes, 2004).
- Con capacidad de composición. Los elementos de una arquitectura SOA pueden necesitar unirse a otros para aportar un servicio mayor o participar en un determinado proceso de negocio. Es, por tanto, necesario que aporten facilidades para la unión con otros servicios. Esta característica está muy relacionada con las interfaces estándares (Erl, 2007; W3C, 2004).
- Garantizar la interoperabilidad. Las arquitecturas orientadas a servicios deben facilitar la interoperabilidad entre sistemas dispares y distribuidos a lo largo de la Red. De esta forma diferentes aplicaciones pueden comunicarse entre sí y colaborar para obtener un cometido común (Erl, 2007).

3.3.1.4. Componentes fundamentales de SOA

Los elementos fundamentales de una arquitectura SOA son los servicios, entendidos como una entidad lógica.

Para poder comprender claramente los elementos fundamentales en una arquitectura orientada a servicios es necesario, en primer lugar, aclarar ciertos términos respecto a los servicios:

- Proveedor de servicios. Entidad *software* que implementa un servicio según una especificación dada.
- Consumidor de servicios (o invocador). Entidad *software* que invoca a un proveedor de servicios. Tradicionalmente se le llama “cliente”. Puede ser una aplicación final u otro servicio.
- Localizador de servicios. Tipo específico de proveedor de servicios que actúa como registro de servicios y permite buscar interfaces de otros proveedores de servicios y sus ubicaciones.

- Distribuidor de servicios. Tipo específico de proveedor de servicios que puede pasar peticiones de servicios a otros proveedores.

Una vez aclarados estos conceptos se puede comenzar a describir los elementos de una arquitectura SOA. Se consideran diferentes perspectivas.

Mediante un enfoque relativo a la funcionalidad y la calidad de servicios se tiene la distribución planteada por Endrei y otros autores (2004) (Figura 23).

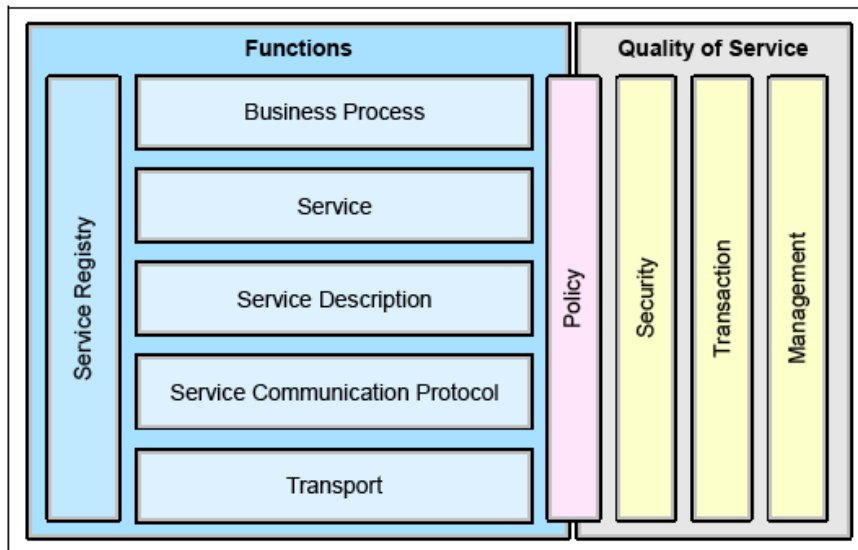


Figura 23. – Elementos de una arquitectura SOA. Fuente (Endrei et al., 2004)

En el apartado funcional se van a incluir:

- Una capa de transporte. Es la capa que proporciona el intercambio de mensajes entre los proveedores de servicios y los consumidores.
- Protocolo de comunicación entre servicios. Lenguaje utilizado para la comunicación entre los consumidores y proveedores de servicios.
- Descripción de servicio. Acuerdos o reglas acerca de cómo describir qué es un servicio, cómo debe invocarse y qué datos se requieren para realizar esta invocación.
- Servicio. Descripción de un servicio que está disponible para su utilización.
- Proceso de negocio. Colección de servicios invocados en una secuencia particular para establecer las reglas que solventan un requisito a nivel de negocio.
- Directorio de servicios y descripciones. Puede utilizarse por consumidores de servicios para localizar servicios o por los proveedores para publicarlos.

En el apartado de calidad de servicios los elementos a tener en cuenta de forma transversal a los niveles anteriores son:

- Política. Condiciones o reglas bajo las cuales un proveedor de servicios pone disponibles estos a los consumidores.
- Seguridad. Conjunto de reglas que pueden aplicarse para la identificación, autorización y control de acceso de los consumidores que invocan los servicios.
- Transaccionalidad. Conjunto de atributos que pueden aplicarse a un grupo de servicios para que proporcionen un resultado consistente. Por ejemplo, si un grupo de tres servicios debe ejecutarse para proporcionar un servicio de negocio o se completan todos o no lo hará ninguno.
- Gestión. Conjunto de atributos que pueden aplicarse para la gestión de servicios provistos o consumidos.

Los elementos pertenecientes a la arquitectura colaboran entre ellos para proporcionar los servicios de negocio. Las colaboraciones presentan un paradigma del tipo “busca, vincula e invoca”, de forma que un consumidor de servicio busca la ubicación de un servicio que se adecúe a sus necesidades mediante la consulta del registro. Si el servicio existe, el registro proporciona al consumidor la interfaz del servicio requerido y su punto de acceso. La Figura 24 muestra este paradigma de colaboración.

Otros autores (Arsanjani, 2004; Arsanjani & Allam, 2006; Endrei et al., 2004; Rosen et al., 2008) hacen planteamientos que se aproximan más a la idea de cómo es posible conectar los sistemas existentes mediante servicios para finalmente generar procesos de negocio. En la Figura 25 se aprecia una de esas aproximaciones, donde en la parte izquierda se tiene una perspectiva funcional y en la derecha conceptos relativos a la información.

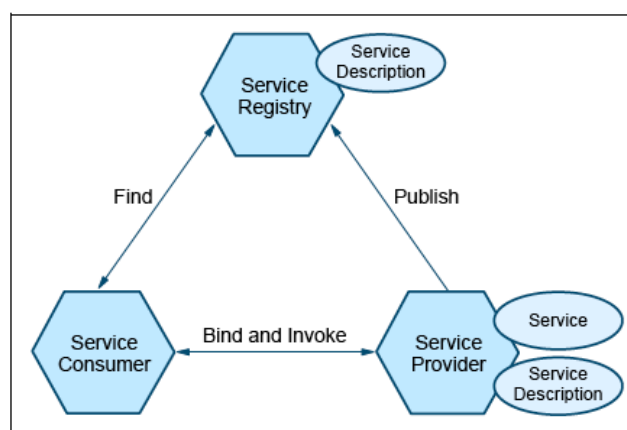


Figura 24. – Colaboración entre los elementos de una arquitectura SOA (Endrei et al., 2004)

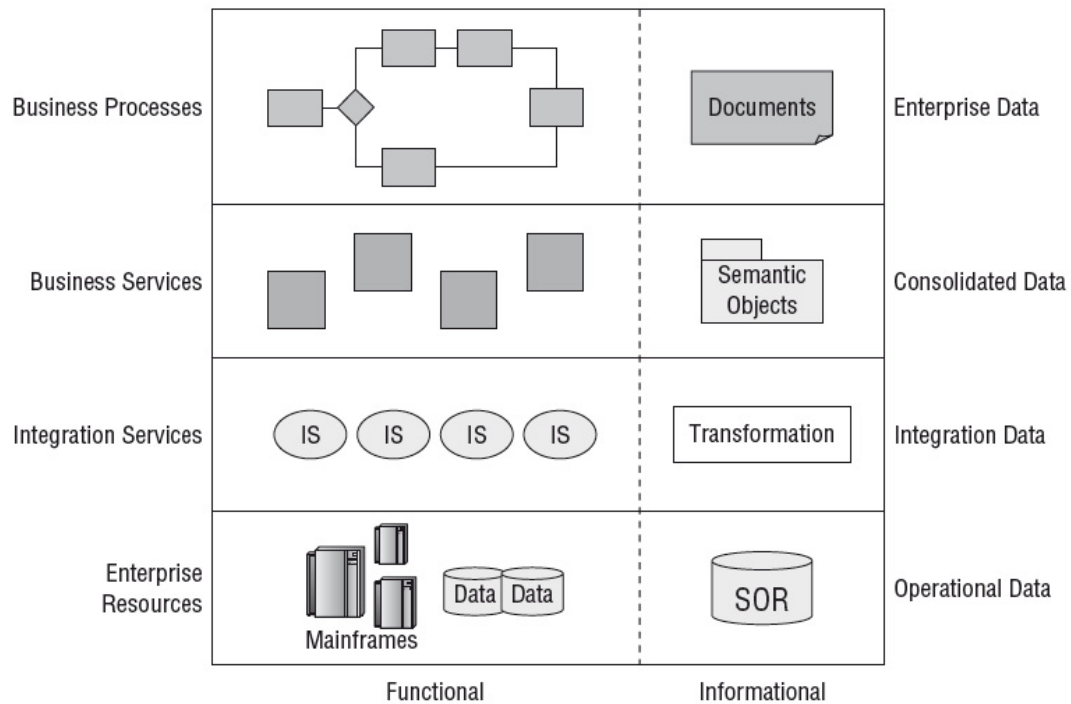


Figura 25. – Componentes de una arquitectura SOA desde una perspectiva de integración (Rosen et al., 2008)

En cuanto a los elementos que se engloban en esta perspectiva de arquitectura orientada a servicios se tienen:

- Recursos de empresa y sistemas operacionales. En esta capa están las aplicaciones existentes, es decir, los sistemas legados como pueden ser sistemas de gestión de recursos, herramientas de comercio electrónico e implementaciones de sistemas anteriores. Estas aplicaciones proporcionan operaciones de negocio, transacciones que representan operaciones simples en la lógica de trabajo. Cada vez que se ejecutan se almacena una entrada en el SOR (*System of Record*).
- Servicios de integración. Proporcionan integración y acceso a las diferentes aplicaciones de la capa inferior. Se aísla la capa de servicios de negocio respecto a las aplicaciones, lo que garantiza la interoperabilidad y proporciona flexibilidad a la arquitectura. En ocasiones estos servicios implican la transformación de datos y métodos de cara a cumplir con lo requerido por la capa de servicios de negocios.
- Servicios de negocio. Proporcionan servicios de negocio más relacionados con los requisitos que pueda tener la organización. Define una interfaz de abstracción entre las necesidades de negocio y la capa de integración, para romper la dependencia entre los procesos y los sistemas existentes. Las capacidades que proporcionan los servicios se agrupan de forma lógica para

proveer funcionalidades. Los servicios operan con objetos semánticos, información virtual que describe qué se comparte a través de los servicios.

- Procesos de negocio. Conjunto de operaciones ejecutadas en una secuencia de acuerdo a unas reglas de negocio. A menudo los procesos de negocio se describen según modelos de negocio, también conocidos como BPM (*Bussiness Process Model*) y de acuerdo a una notación específica BPMN (*Bussiness Process Model Notation*) y se ejecutan en entornos de modelos de negocio BPMS (*Bussiness Process Model System*). La secuenciación, selección y ejecución de tales operaciones se denomina orquestación.

Los procesos de negocio están compuestos de una secuencia de acciones o actividades, cada una de las cuales está formada por invocaciones a servicios de negocio, que utilizan los servicios de integración para proporcionar las funcionalidades de los sistemas a los que proporcionan interoperabilidad. Los documentos que aparecen a nivel informacional en este nivel se refieren a los objetos de niveles anteriores según un modelo de datos semánticos.

3.3.1.5. Ventajas de SOA

Hasta ahora se ha venido comentando lo qué son las arquitecturas SOA y algunas de sus características, esto hace que se hayan mencionado ya algunas de las ventajas de SOA. A continuación se citan estas de forma específica según diferentes autores (Alba, 2008; Portilla, 2006; Ramaratnam, 2007; Rosen et al., 2008):

- Reutilización. Capacidad para aprovechar los desarrollos existentes dentro de las organizaciones, así como otros servicios que se desarrollen en las arquitecturas SOA para su aplicación en otros contextos. Las facilidades de interoperabilidad, publicación, integración, trabajo con otros servicios, etc., que las arquitecturas SOA aportan, facilitan la reutilización de los sistemas y aplicaciones desarrollados previamente. Esta reutilización también está muy relacionada con la independencia de la tecnología subyacente.
- Mejorar la eficiencia de los desarrollos. Es decir, hacer los desarrollos en menos tiempo y con menor coste. Esto se deriva de que el desarrollo *software* sea modular y, por tanto, puede realizarse en paralelo al de otros servicios, puede ser testeado independientemente y, posteriormente, integrado en el sistema. Esto va a requerir tener definida una arquitectura clara de servicios y un estándar para las interfaces.
- Integración de las aplicaciones existentes. Las arquitecturas SOA permiten que aplicaciones basadas en diferentes tecnologías y con cometidos distintos

puedan integrarse para proporcionar funcionalidades conjuntas dentro de una organización. Esto se debe especialmente a características como la interoperabilidad y el bajo acoplamiento de los servicios que van a integrar estos elementos.

- **Flexibilidad.** Las arquitecturas orientadas a servicios proporcionan gran flexibilidad para el desarrollo de nuevas aplicaciones, y para afrontar los cambios que puedan producirse en las existentes, así como para la incorporación de nuevos sistemas o herramientas. Esto se debe al bajo acoplamiento y la alta cohesión de los elementos que componen la arquitectura.
- **Robustez.** Una arquitectura SOA va a proporcionar mayor seguridad que otro tipo de arquitecturas debido a su modularidad. Cada elemento ha sido probado independientemente, además de probados en conjunto una vez se establece un proceso de negocio. Por otro lado, en caso de que se produjera un fallo, este se produciría en un proceso y servicio específico lo que no va a implicar que el sistema completo dejara de funcionar.
- **Encapsulamiento.** Un sistema que utiliza procesos de negocio en una arquitectura SOA puede incluir servicios y funcionalidades de diferentes objetos, que se encuentran en diferentes aplicaciones de la organización y que están implementados en diferentes lenguajes. Los servicios muestran una descripción que explica qué hace el servicio, pero no es necesario proporcionar información acerca de cómo lleva a cabo la actividad. De esta forma, y gracias a características como la composición sencilla de servicios, se pueden elaborar complejos procesos de negocio.
- **Estandarización.** Gracias al uso de estándares y al encapsulamiento, previamente mencionado, es posible que una persona que quiera definir un nuevo servicio pueda hacerlo sin tener conocimiento de cómo se han desarrollado las tecnologías subyacentes.
- **Interoperabilidad intra e inter organizaciones.** Posibilidad que componentes *software* heterogéneos de la misma organización se comuniquen entre sí para proveer un servicio común o incluso sistemas *software* de diferentes organizaciones.
- **Interoperabilidad semántica.** Las arquitecturas SOA son escalables semánticamente en el sentido de que sus servicios pueden utilizar un único tipo de datos o bien incorporar otros, lo que las hace interoperables desde un punto de vista semántico con otras aplicaciones.

- Ahorro en los tiempos de implantación y mantenimiento. La implantación de este tipo de sistemas es más eficiente dado que parte de los servicios ya pueden estar en la organización. Si ya existe la arquitectura, la adición de un servicio nuevo es muy sencillo gracias al débil acoplamiento y a la interoperabilidad semántica. En cuanto al mantenimiento, si hay un fallo en un servicio, este no va a afectar al resto del sistema.

3.3.2. Cómo se implementa SOA

SOA es un estilo arquitectónico que se caracteriza por el leve acoplamiento entre sus componentes. No se especifica una tecnología con la que llevar a cabo su implementación y de hecho podrían utilizarse varios tipos. De hecho una arquitectura SOA puede implementarse según diferentes tipos de tecnología como CORBA, DCOM (que se han comentado con anterioridad y presentaban sus inconvenientes), RPC (*Remote Procedure Call*), servicios web, REST, etc.

Los servicios web y REST definen las dos formas más representativas de implementar las arquitecturas SOA, en ocasiones los autores hablan de REST *web services* o definición de servicios web en estilo REST (Fielding & Taylor, 2002; Richardson & Ruby, 2007) y otros los consideran como algo diferente a los servicios web (Cerami & St.Laurent, 2002; Ramaratnam, 2007), cualquiera de las dos formas es válida y en esta apartado se opta por esta última para facilitar la lectura.

A continuación se describen estas tecnologías, especialmente se incide en cómo proporcionan los elementos básicos para la definición de una arquitectura orientada a servicios. Debe tenerse en cuenta que en algunos casos las tecnologías solo facilitan alguna de las partes requeridas para la definición de servicios, como el protocolo de paso de mensajes. En estos casos estas tecnologías pueden combinarse con diferentes estilos de definición de servicios.

3.3.2.1 Servicios Web

Un servicio web es una interfaz de programación que va a describir una colección de operaciones accesibles a través de la Red mediante el uso de mensajes basados en XML. Un servicio web lleva a cabo una tarea específica, o un conjunto de tareas, se describe a través de una notación formal que proporciona todos los detalles necesarios para interactuar con el servicio, lo que incluye el formato de los mensajes, los protocolos de transporte a utilizar y la forma de localizar los servicios (Gottschalk, Graham, Kreger, & Snell, 2002; W3C, 2004).

Los servicios web se construyen a partir de las siguientes tecnologías (Ramaratnam, 2007; Roy & Ramanujan, 2001):

- XML. Constituye la base de todas las tecnologías relativas a los servicios web. De hecho SOAP, WDSL (*Web Service Description Language*) y UDDI (*Universal Description Discovery and Integration*) están basados en él y se usa también en los contenidos de los mensajes. Se trata de un lenguaje para describir otros lenguajes. Está basado en un conjunto de etiquetas, que generalmente se agrupan en pares (unos para abrir y otros para cerrar) y estas etiquetas definen los elementos del lenguaje.
- HTTP. El protocolo de Internet, utilizado como protocolo para el envío de contenidos HTML, se trata de un protocolo de tipo petición/respuesta que se utiliza para el intercambio de mensajes entre clientes y servidores. En los servicios web se utiliza como base para enviar y recibir mensajes. Puede utilizarse la variante HTTPS (*Hypertext Transfer Protocol Secure*) (IETF, 2000) para contemplar mensajes seguros.
- SOAP. Protocolo para el intercambio de mensajes basado en XML y que se ejecuta sobre HTTP. Es decir, un formato para los mensajes intercambiados entre los servicios web, consta de un elemento *envelope* que a su vez dispone de un elemento *body* (donde va la información del mensaje) y puede contener información adicional en el elemento opcional *header*.
- WSDL. Lenguaje para la descripción del servicio basada en XML. Debe incluir: una interfaz que describa todas las funciones que el servicio proporciona, sus parámetros, el formato de estos parámetros y de los valores devueltos; el formato y la estructura de la información intercambiada en los mensajes de solicitud y respuesta; información relativa al protocolo de transporte usado por los mensajes; e información acerca de cómo localizar los mensajes.
- UDDI. Registro XML que describe los servicios web y facilita su localización. UDDI permite el acceso a sus datos a través de servicios web SOAP, bien dentro de una organización o externamente a través de la web. UDDI está gestionado por Microsoft, IBM, NNT y SAP a través de una organización llamada URB Operators Council y cualquier compañía puede registrar sus servicios en él de forma gratuita.

Si se siguen los tipos de servicios descritos en la Figura 24, el proveedor de servicios crea el servicio y su descripción. Después lo hace público en un registro mediante UDDI. Una vez publicado, cualquier consumidor de servicios puede localizarlo a través

del registro UDDI, que proporciona al consumidor una descripción del servicio en WSDL y una URL que apunta al registro para que pueda utilizarse.

Para tener una idea más clara de cómo pueden funcionar los servicios web se puede observar la Figura 26, en ella se presentan los diferentes niveles en que se podrían estructurar los servicios web.

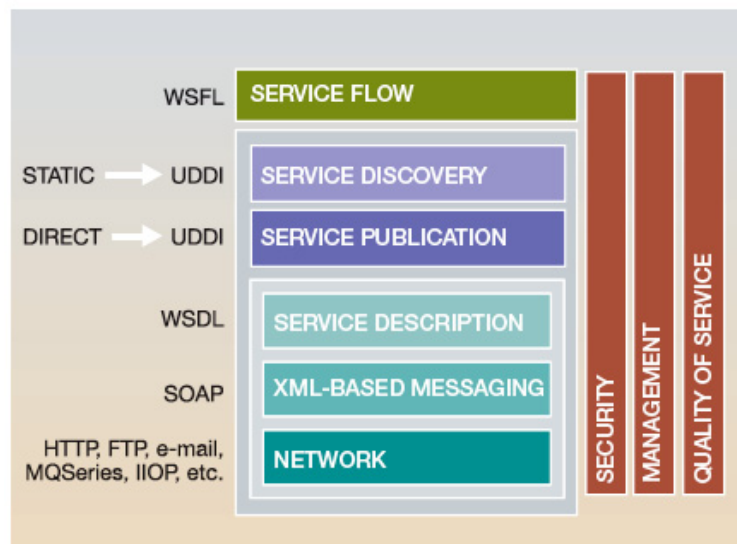


Figura 26. – Estructura de los servicios web (Gottschalk et al., 2002)

En el nivel más básico se observa la Red que soporta la comunicación, que generalmente se basa en el protocolo HTTP, pero que puede utilizar otros protocolos como FTP, HTTPS, etc. El nivel inmediatamente superior es el nivel de mensajes XML, está basado en SOAP. Este protocolo facilita la publicación, búsqueda, vinculación e invocación de los diferentes servicios. En el siguiente nivel se encuentra la descripción del servicio para los posibles clientes que lo necesiten. Estos tres niveles se agrupan ya que proporcionan la definición básica de lo que es el servicio a bajo nivel.

El siguiente nivel consiste en la publicación. La publicación puede darse en diferentes sentidos, o bien el proveedor de servicios le da su WSDL y una URL (*Uniform Resource Locator*) a otro servicio o bien se registra en el UDDI. Ese servicio debe ser descubierto, bien mediante consultas al UDDI o bien mediante el acceso a una URL de un servicio conocido. El último nivel representa cómo se pueden combinar los servicios para componer servicios de negocio.

Deben mencionarse también ciertos niveles transversales al resto de las capas que representan elementos necesarios en cualquier lógica de negocio, como son la seguridad, la gestión y la calidad del servicio.

3.3.2.2. REST

REST es un término acuñado por Roy Fielding en el capítulo 5 de su tesis doctoral (Fielding, 2000). Su primera versión se define entre 1994 y 1995 al tiempo que se definían las primeras versiones de la especificación HTTP. Se trata de un conjunto de principios arquitectónicos que buscan minimizar el tiempo de latencia y la complejidad de las transacciones a través de la Red, y al mismo tiempo maximizar la independencia y escalabilidad en la implementación de componentes. REST, para conseguir esto, define principios en la forma en que los componentes se conectan, mientras que otros estilos arquitectónicos se basan en establecer restricciones en cuanto a cómo se definen componentes en sí (Fielding & Taylor, 2002).

REST no es un estándar, pero se basa en un varios como son: HTTP, como protocolo de aplicación; URL para la localización de recursos; XML/HTML/GIF/JPEG para la representación de recursos; y tipos de contenidos MIME (*Multipurpose Internet Mail Extension*) como text/xml, text/html, etc. (Navarro, 2007).

El término REST se utiliza en el sentido de describir a cualquier interfaz que transmite datos específicos de un dominio sobre HTTP sin una capa adicional, como hace SOAP. Estos dos significados pueden chocar o incluso solaparse. Es posible diseñar un sistema *software* de gran tamaño de acuerdo con la arquitectura propuesta por Fielding sin utilizar HTTP o sin interactuar con la Web (Navarro, 2007).

Como ya se ha comentado, Fielding (2000) propone una serie de principios arquitectónicos que pueden derivar de otras propuestas arquitectónicas como se observa en la Figura 27. En dicho diagrama se observan varios estilos base para REST representados como estados, como: RR (*Replicated Repository, Repositorio Replicado*), \$ (caché), CS (*Client-Server, Cliente-Servidor*), LS (*Layered System, Sistemas basados en capas*), VM (*Virtual Machine, Máquina Virtual*), U (Uniform Interface, Interfaz Uniforme), COD (*Code on Demand, Código bajo demanda*) y S (Stateless, Sin estado).

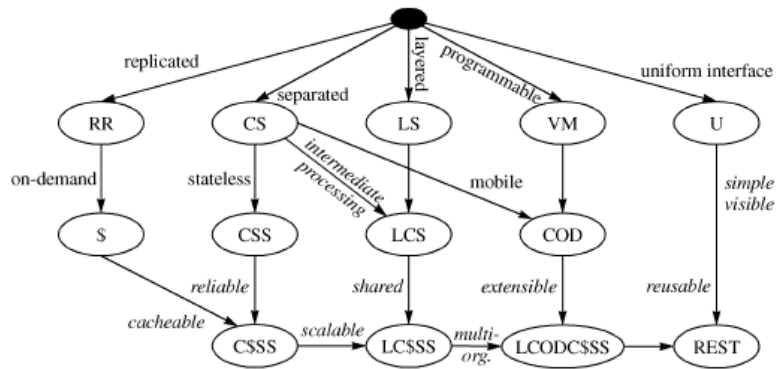


Figura 27. – Origen de la arquitectura REST a través de ciertos estilos arquitectónicos y un conjunto de principios o restricciones (Fielding, 2000)

En el diagrama existen varios caminos hasta que se llega a REST pasa del punto inicial (denominado *Null Style*, sin ningún tipo de característica arquitectónica). A continuación se describen estos caminos (Fielding, 2000; Fielding & Taylor, 2002):

- Cliente/Servidor (CS) -> Cliente/Servidor sin Estado (CSS) -> Cliente/Servidor sin estado y cacheado (C\$SS). Se basa en añadir al conjunto de principios vacíos aquellos correspondientes las arquitecturas Cliente/Servidor (que va a posibilitar la separación entre la interfaz de usuario y la forma en que se gestiona el acceso a los datos). Lo siguiente es agregar el principio de que la comunicación se realice sin información de estado, es decir, toda información necesaria para la ejecución de una acción debe ir en la petición y en ningún caso utilizarse información almacenada en algún contexto del servidor. Esto incrementa la visibilidad, fiabilidad, escalabilidad. El uso de comunicaciones sin estado supone un incremento en las solicitudes de los diferentes recursos (se debe mandar más información), de ahí que sea conveniente tener estos replicados en varias ubicaciones (RR) y utilizar caché para disminuir la carga de tanta petición (\$). Con lo que se llegaría al C\$SS.
- Interfaz Uniforme (UI) -> REST. Uno de los elementos más representativos de REST es la definición de una interfaz uniforme entre los componentes. De esta forma se fomenta la portabilidad, escalabilidad, visibilidad, fiabilidad al definir una forma común y generalizada de comunicación. El mayor inconveniente puede ser que no existe una interfaz específica para una aplicación específica, pero, sin embargo, la interfaz uniforme se proporciona a un nivel de granularidad lo suficientemente bajo para garantizar su eficiencia. Los principios añadidos para la definición de una interfaz uniforme son: identificación de recursos, manipulación de recursos mediante representaciones, mensajes autodescritivos y uso de contenidos hipertexto.

para la gestión del estado de la aplicación (estos elementos se describen con mayor detalle posteriormente).

- Sistema basado en capas (LS) -> Sistema basado en capas sin estado (LSS) -> Sistema basado en capas, cliente servidor, cacheado y sin estado (LC\$SS). De cara a mejorar la escalabilidad dentro de las arquitecturas se añaden principios de los sistemas basados en capas. Estos sistemas constan de una descomposición jerárquica de capas en las que cada una de ellas puede comunicarse únicamente con la inmediatamente inferior sin tener conocimiento del resto. Las capas garantizan la escalabilidad, la independencia del sistema y reducen la complejidad. De esta forma en estas capas pueden encontrarse sistemas existentes, funcionalidades muy utilizadas o muy poco utilizadas, componentes que quieren portarse a otros sistemas, etc. Sin embargo, uno de los problemas de la inclusión de capas es el aumento de latencia que puede reducirse con la introducción de sistemas de caché. Por otro lado, la inclusión de las características Cliente/Servidor facilita la realización de una serie de filtros de preprocesamiento antes de llevar a cabo una actividad.
- Máquina Virtual (VM) -> Código bajo demanda (COD) ->LCODC\$SS. REST facilita la extensión de la funcionalidad de los clientes mediante la ejecución de código en forma de *applets* o *scripts*. Esto simplifica los clientes al reducir las funcionalidades a incluir y facilitar de ese modo su extensibilidad. Sin embargo, no siempre es conveniente ya que se reduce su visibilidad, con lo que es un principio opcional en REST.

Tras describir estos posibles estados, es evidente que son muchos los beneficios que REST proporciona como escalabilidad, extensibilidad, generalidad de interfaces, visibilidad, reducción de la complejidad, compatibilidad, etc. Para poder conseguir esto REST aporta una serie de elementos arquitectónicos fundamentales, divididos en (Fielding & Taylor, 2002):

- Elementos informacionales. La naturaleza y estado de los elementos informacionales en las arquitecturas REST es un elemento fundamental. Los componentes REST se comunican mediante la transferencia de representaciones de los datos en formatos que casan con un conjunto establecido de tipos de datos. Estos tipos se seleccionan de forma dinámica en función de las características del receptor de los datos y la naturaleza de estos. La forma en cómo se representen esos recursos permanece oculta tras la interfaz que facilita su acceso.

Cuando se consideran los recursos de datos debe prestarse especial atención a un conjunto de conceptos fundamentales:

- Recursos e identificadores de recursos. Los recursos son la principal abstracción en REST en cuanto a información se refiere. Cualquier información puede ser un recurso: un documento o una imagen, un servicio temporal, una colección de recursos, un individuo (evidentemente no virtual) participante en alguna actividad, etc. En definitiva, cualquier elemento que pueda ser objetivo de una referencia hipertextual. REST proporciona identificadores de recursos URI que permiten su manipulación desde diferentes componentes.
- Representaciones. En REST los componentes llevan a cabo actividades sobre los recursos a través de sus representaciones que proporcionan información sobre el estado del recurso. Generalmente, una representación son datos y metadatos.
- Conectores. REST utiliza diferentes conectores para ocultar las actividades de acceso y manipulación de recursos, así como las de transferencia de representaciones de los recursos. Los conectores proporcionan interfaces abstractas que aíslan los recursos y los métodos de comunicación. Existen diferentes tipos de conectores como los conectores cliente o servidor (que solicitan o proveen una determinada actividad o acceso a la representación de un recurso), los conectores caché (que suelen intercalarse en las comunicaciones cliente servidor para almacenar los resultados de interacciones similares) y los resolvers (en inglés *resolver*, que traducen o proporcionan la dirección o acceso a un recurso a partir de su URI o parte de URI).
- Componentes. Elementos con capacidad de procesamiento y que pueden realizar diferentes roles en una actividad. Estos pueden ser:
 - Agente usuario (*User Agent*). Usa un conector cliente para iniciar una petición y es el último receptor de la respuesta. Un ejemplo puede ser un navegador.
 - Servidor origen (*Origin server*). Se encarga de la gestión de un recurso o conjunto de recursos y de sus representaciones. Presenta sus servicios a través de un conjunto de interfaces para ocultar cómo se implementan estos.
 - Componentes intermedios. Facilitan la realización de las actividades para garantizar principios como la ocultación de la información, la escalabilidad, etc. Dentro de estos se incluyen los *proxys*, que son un

tipo de componentes seleccionado por el cliente para la encapsulación de un servicio, traducción de datos, aportar mayor seguridad, etc., y también pueden encontrarse los *gateways* impuestos por la red para llevar a cabo las mismas acciones que en caso de los *proxy*.

3.3.2.3. Comparación entre REST y SOAP

Dado que REST y los servicios web son las formas más utilizadas para la implementación de arquitecturas SOA, se plantea un resumen comparativo entre SOAP y REST, que se basa en la trabajo de Navarro (2007) (Tabla 6).

Tabla 6. – Resumen REST y SOAP adaptado de Navarro (Navarro, 2007)

	REST	SOAP
Características	- Las operaciones se definen en los mensajes - Una dirección única para cada instancia del proceso - Cada objeto soporta las operaciones estándares definidas - Componentes débilmente acoplados	- Las operaciones se definen en WSDL - Dirección única para todas las operaciones - Múltiples instancias del proceso comparten la misma operación - Componentes fuertemente acoplados
Ventajas	- Bajo consumo de recursos - Las instancias del proceso se crean explícitamente - El cliente no necesita información de enrutamiento a partir de la URI inicial - Los clientes pueden tener una interfaz receptora <i>listener</i> genérica para las notificaciones - Generalmente fácil de construir y adoptar	- Fácil de utilizar - La depuración es posible - Las operaciones complejas pueden ocultarse tras una fachada - Utilizar las interfaces existentes es sencillo - Incrementa la privacidad - Se dispone de bastantes herramientas para su desarrollo
Posibles desventajas	- Gran número de objetos - Manejar el espacio de nombres (URI) puede resultar dificultoso - La descripción sintáctica/semántica no es formal (orientada al usuario) - Pocas herramientas de desarrollo	- Los clientes necesitan saber las operaciones y su semántica antes del uso - Los clientes necesitan puertos dedicados para diferentes tipos de notificaciones - Las instancias del proceso son creadas implícitamente

No va a ser objetivo de esta tesis explicar las principales diferencias o evaluar cuál de estos dos estilos de implementar SOA es mejor, ya que esto es algo que depende de las necesidades de cada usuario y del contexto en que se encuentre. Simplemente se han presentado sus características, aunque lo ideal para una arquitectura es que pueda implementarse en varios formatos para satisfacer diferentes clientes.

3.3.2.4. Otras formas de implementación

Existen otras posibles alternativas para la implementación de las arquitecturas SOA, aunque en sí no están referidas tanto a estilos arquitectónicos como a tecnologías o

iniciativas tecnológicas utilizadas durante la implementación de las arquitecturas SOA. Como ejemplos representativos pueden citarse los siguientes:

- RPC. Se trata de un protocolo mediante el que un programa o un módulo *software* en un ordenador puede comunicarse e interactuar con un programa en otro. Cuando se usa con tecnologías orientadas a objeto se suele denominar RMI (*Remote Method Invocations*) o RI (*Remote Invocation*). Se trata de una modificación de la llamada a procedimiento local o convencional, tal que el procedimiento invocado no necesita estar en el mismo espacio de direcciones que el procedimiento que lo invoca. Los dos procesos pueden estar en el mismo sistema, o en distintos sistemas conectados por red. Al usar RPC, los programadores de aplicaciones distribuidas se evitan los detalles de la comunicación por red (Birrell & Nelson, 1984). Las primeras implementaciones se hicieron en el sistema *Xerox Courier*, más tarde se vincularon a vendedores específicos como en el caso de Microsoft (DCOM utiliza las RPC), OSF y otros más genéricos como XML-RPC, JSON-RPC, etc. (Laurent, Johnston, & Dumbill, 2001; Richardson & Ruby, 2007).

Dentro de ellos quizás el más representativo es XML-RPC, una llamada a procedimiento remoto que utiliza XML como lenguaje y HTTP como protocolo de transporte (Laurent, Johnston, Dumbill, & Winer, 2001). Aparece como un super-conjunto de las primeras versiones de SOAP, con lo que es una forma sencilla de definir servicios web, las versiones posteriores de esta especificación incorporan XML-RPC (Ramaratnam, 2007).

Los problemas que presenta esta tecnología son sobre todo relativos a la compatibilidad. No cualquier tecnología permite este tipo de invocaciones. Además, como requieren normalmente un lenguaje específico de interfaz, se está perdiendo flexibilidad en las arquitecturas orientadas a objeto, algo que no es en absoluto deseable (Ramaratnam, 2007).

- JSON (*Javascript Object Notation* - <http://www.json.org>). Formato para la serialización de estructuras de datos basado en Javascript. Es mucho más ligero y legible para los usuarios que XML así que es muy recomendable su uso para el intercambio de datos. Su origen se debe a que, aunque la mayoría de servicios web devuelven documentos XML, muchos clientes, con la aparición de la Web 2.0, empiezan a utilizar tecnologías como AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) basadas en Javascript (Garrett, 2005). En estos clientes es mucho más fácil interpretar datos en JSON que si se siguen los métodos empleados en otros de mensajes. En cuanto a su aplicación a

nivel de servicios web JSON puede utilizarse con llamadas RPC y con REST (O'Reilly, 2007).

3.3.3 Modelado de SOA

De cara a una correcta definición de una arquitectura orientada a servicios es necesario tener una forma de modelar estas arquitecturas. Existen iniciativas que usan UML (*Unified Modelling Language*) (Baresi, Heckel, Thöne, & Varró, 2003; Heckel, Küster, Thöne, & Voigt, 2003; López-Sanz, Acuña, Cuesta, & Marcos, 2008), ya que este lenguaje de modelado facilita medios para la representación de las estructuras arquitectónicas (diagramas de despliegue, paquetes, clases, etc.) y el paso de mensajes (diagramas de colaboración, secuencia, etc.). También existen herramientas para la representación de modelos de negocio como *IBM Websphere Business Modeller* (Brown, Johnston, & Palistrant, 2005). Sin embargo, ni UML ni estas herramientas son suficientes para la representación de los contratos y los servicios incluidos en una arquitectura SOA.

Para solventar este problema desde OMG se propone SOAml (*Service Oriented Architecture Modelling Language*) (OMG, 2009). Se trata de una extensión de UML 2.0 que describe el perfil UML y el metamodelo para el diseño servicios dentro de una arquitectura SOA. Ejemplos de los posibles diagramas que usan esta especificación pueden observarse en la Figura 28 y la Figura 29. En la Figura 28 se muestra la colección de servicios que se proveen en una arquitectura y en la Figura 29 un servicio específico con la definición de su interfaz.

Estos diagramas se muestran como ejemplo, aunque existen otros con diferentes cometidos como la definición de las interfaces de un proveedor o consumidor de servicio, los mensajes y los parámetros intercambiados entre servicios, los participantes, etc. Además estos diagramas podrían complementarse con otros para la descripción de los servicios desde una perspectiva de negocio como por ejemplo los diagramas de proceso de negocio BPMN (*Business Process Modelling Notation*) (OMG, 2008).

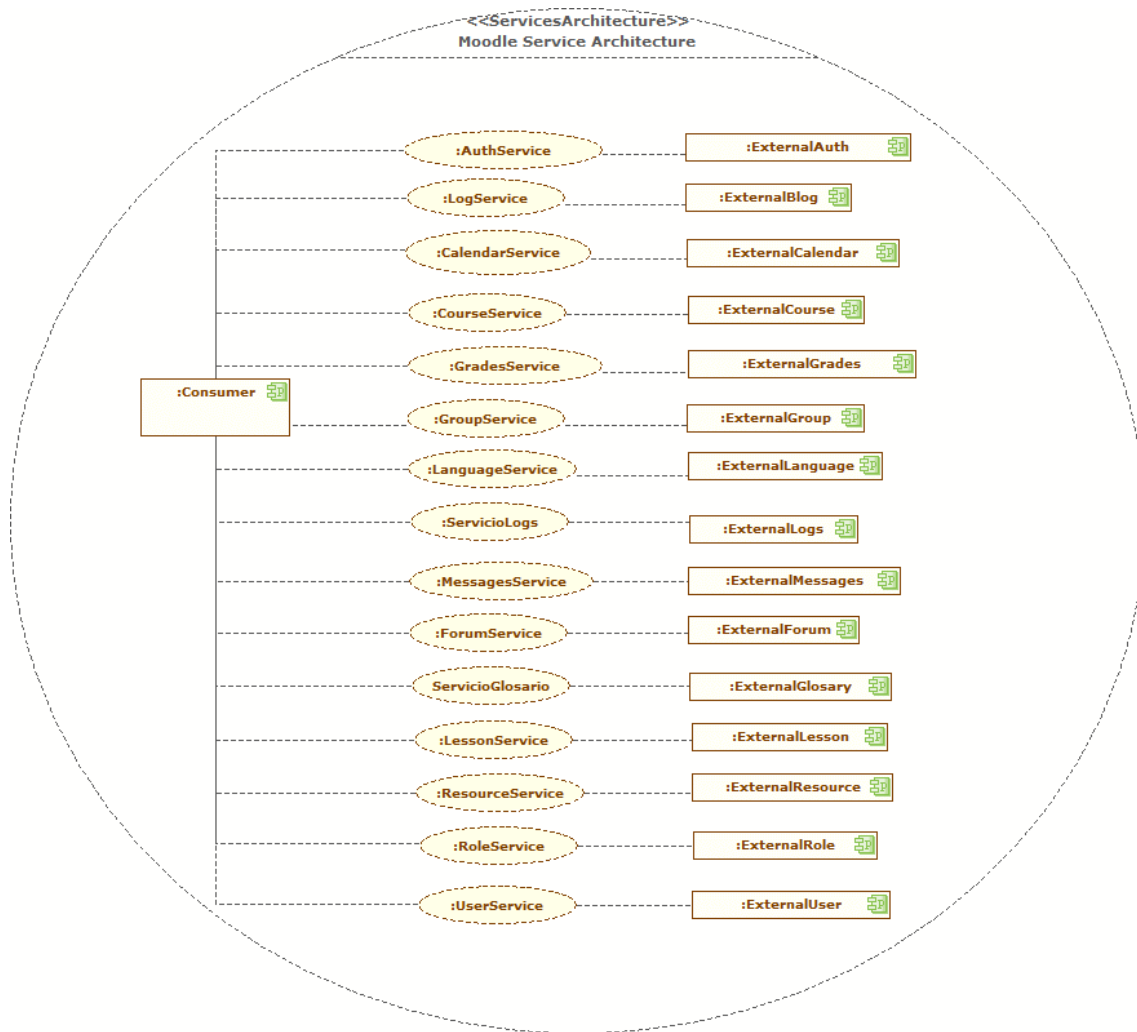


Figura 28. – Ejemplo de diagrama de arquitectura con un conjunto de servicios modelado mediante SOAml

Las capacidades de modelado que SOAml proporciona son:

- Identificar servicios, las funcionalidades que proveen y las dependencias que pueden tener.
- Especificar servicios que incluyan las funcionalidades que proporcionan, qué consumidores de servicios se esperan, los protocolos para su uso y la información intercambiada entre consumidor y proveedor.
- Definir los consumidores y proveedores de servicios, qué consumen o proveen, cómo se implementan esas acciones, etc.
- Facilitar la definición políticas para usar y proveer servicios.
- Ofrecer la posibilidad de definir taxonomías de forma que se facilite la estructuración arquitectónica de los sistemas a través de una serie esquemas y restricciones.
- Definir los servicios y requisitos de estos, así como su vinculación a otros metamodelos.

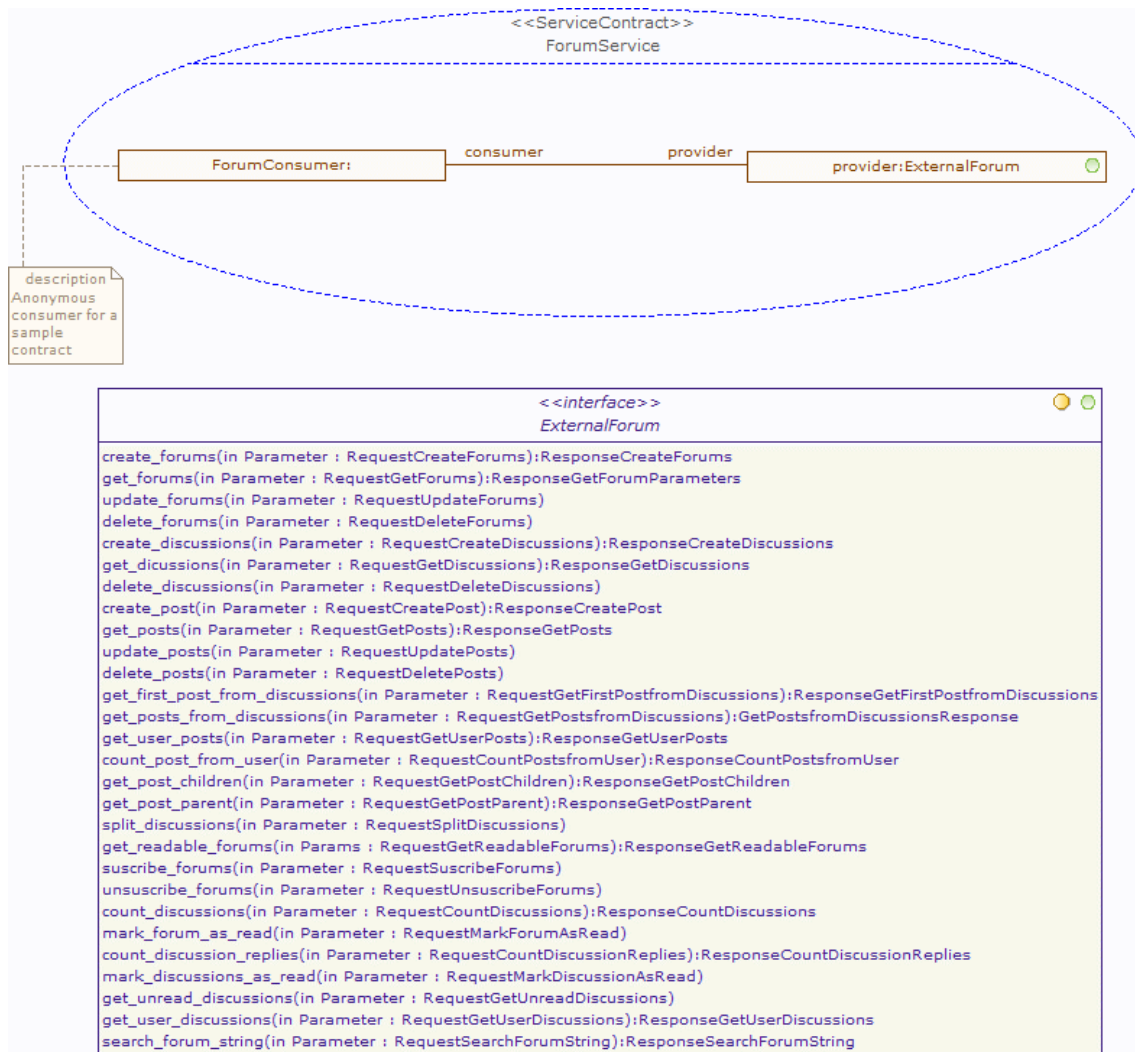


Figura 29. – Ejemplo de descripción de servicio modelado mediante SOAml

3.3.4. SOA en el eLearning

En contextos tecnológicos relativos a la educación también se aplican las arquitecturas orientadas a servicios en diferentes ámbitos. Uno de los más significativos son las plataformas de aprendizaje. La aplicación de las arquitecturas SOA a los LMS facilita su adaptación a tecnologías emergentes, a otros *frameworks*, a especificaciones existentes, etc., es decir, facilitan la apertura de las plataformas de aprendizaje. De esta manera se permite transformar estos sistemas legados en plataformas de aprendizaje basadas en servicios (Dagger et al., 2007). De hecho muchas plataformas, como *Moodle* (Conde et al., 2010b), *Blackboard* (Godwin-Jones, 2009; Severance et al., 2008), *Sakai* (Dagger et al., 2007), etc., ya integran iniciativas basadas en servicios.

Es evidente que la aplicación de las arquitecturas SOA facilita la comunicación desde y hacia las plataformas de aprendizaje, lo que supone un punto de partida a diferentes iniciativas con diferentes propósitos.

Uno de ellos es la adaptación de parte los LMS a dispositivos móviles (Kurz, Podwyszynski, & Schwab, 2008). Es decir, permitir el acceso a un conjunto de servicios formativos de la plataforma a través el uso de servicios web. Estos servicios pueden consumirse y representarse en otros contextos como dispositivos móviles. Iniciativas de en este sentido deben garantizar que sea posible integrar los servicios web en una plataforma de aprendizaje de manera que evolucionaran con esta, ya que de este modo se garantiza la independencia entre la aplicación móvil y la plataforma en sí.

Otra experiencia de aplicación de servicios se tiene en el proyecto LUISA (*Learning content management system Using Innovative, Semantic web Service Architecture*) (LUISA, 2009). Este proyecto utiliza la servicios web semánticos para recuperar información de la plataforma de una manera más eficiente para las necesidades del usuario. Los servicios web proporcionan un medio para el intercambio y comunicación entre procesos y facilitan la generación de nuevas soluciones. En este caso, como en el anterior, los servicios web semánticos deben incorporarse oficialmente al LMS, ya que de no ser así (como ocurre en esta propuesta) es necesaria una nueva adaptación por cada nueva versión de la plataforma.

Además, otras iniciativas utilizan la información de la plataforma en aplicaciones externas (Pätzold, Rathmayer, & Graf, 2008). Por ejemplo, una herramienta de *backoffice* puede utilizar la información para centralizar gestiones de la institución con la plataforma de aprendizaje (sin que existan dependencias tecnológicas entre ambas) o un sistema de análisis visual de la información puede explotar los datos y facilitar la toma de decisiones de negocio a partir de la información recopilada (Conde et al., 2010c).

También debe considerarse la posibilidad de integrar nuevas herramientas en los LMS mediante el uso de servicios web. Es decir, el LMS usa los servicios web para poder acceder a herramientas externas, lo que facilita su integración en los entornos de aprendizaje. Lo que se pretende es la apertura de las plataformas a nuevas herramientas de forma transparente al usuario, que por otra parte, son capaces de proporcionar realimentación de la actividad a la plataforma (Fontenla, Caeiro, & Llamas, 2009b).

Debe mencionarse que los LMS no son los únicos contextos en los que se aplican a las arquitecturas orientadas a servicios, sino que también muchos PLE se basan en este tipo de arquitecturas, como por ejemplo *MUPPLE* (Wild, Mödritscher, & Sigurdarson, 2009), *PLEF* (Chatti, Jarke, & Specht, 2009), *MeMeTeKa* (Casquero et

al., 2010), el trabajo de Peret, Leroy y Leprêtre (2010), el acceso a servicios de aprendizaje basados en REST (Doderó & Ghiglione, 2008), etc. Esto se debe a que facilita que las herramientas formativas que se utilizan en los entornos personalizados puedan integrarse entre sí, incluso si tienen naturalezas diferentes, por ejemplo un PLE puede unir herramientas definidas en Java, con otras que usan AJAX, PHP, etc.

Es evidente que las Arquitecturas Orientadas a Servicios, dadas sus características, facilitan la apertura de los entornos de aprendizaje y proporcionan medios para incluir funcionalidades independientemente de las tecnologías. Esto va a suponer la posibilidad de llevar a cabo entornos realmente adaptados a las necesidades del usuario y que superen las barreras y los límites que los LMS presentan tradicionalmente (y que han sido expuestos en el apartado anterior). Los servicios web proporcionar un medio para hacer esto, aunque cada plataforma de aprendizaje ofrece sus servicios web, con lo que las herramientas que deseen acceder a la información deben adaptarse a estos servicios, para lo que deben definir consumidores y proveedores específicos por cada plataforma. Este inconveniente se puede solucionar con estándares y especificaciones de interoperabilidad que se explican a continuación.

3.4. Especificaciones de Interoperabilidad

La mayor parte de instituciones afrontan el hecho de que cada vez es necesario proporcionar servicios de aprendizaje a un número mayor de usuarios, con más cursos y necesidad de soluciones más flexibles que aporten mayor calidad de servicios. Es fundamental ser capaz de reutilizar contenidos, cursos, recursos, etc. Lo que supone un cambio de perspectiva en el planteamiento de las soluciones *eLearning* y hace necesario la aparición de especificaciones y estándares de interoperabilidad (Berlanga & García, 2004; Greller & Casey, 2007).

Además, esta necesidad se vuelve más acuciante dada la heterogeneidad de las herramientas que los usuarios utilizan en sus procesos formativos, la aparición de las aplicaciones 2.0, la socialización del aprendizaje, la necesidad de acceder a la información de los LMS desde otros contextos, etc. Los LMS deben abrir las murallas que los rodean de cara a la integración de diferentes herramientas, sistemas, *frameworks*, repositorios, etc.; así como a la exportación de información y funcionalidad fuera de este entorno.

Como ya se ha visto en el apartado anterior, existen soluciones tecnológicas que hacen esto factible al aislar las aplicaciones de sus implementaciones subyacentes, algo que se consigue gracias a las arquitecturas orientadas a servicios. Sin embargo,

son tantos los LMS, las nuevas aplicaciones, las fuentes de recursos, etc. que pueden encontrarse en el panorama actual de *eLearning* que supondría definir soluciones específicas para cada LMS y para cada aplicación. Es decir, el LMS tiene que adaptarse para consumir los recursos de cada aplicación con la que se quisiera comunicar y, a su vez, cada aplicación debe estar adaptada a los diferentes LMS. Ante esta situación es fundamental la aplicación de los estándares y especificaciones, en especial aquellos definidos para facilitar la interoperabilidad entre sistemas.

En esta sección se comentan estos estándares y especificaciones, pero antes es necesario describir brevemente qué son, cómo se definen, así como las entidades involucradas en esos procesos. Posteriormente, se comentan de manera específica las especificaciones y estándares en el ámbito del *eLearning*, sus ventajas y sus inconvenientes. Para terminar se incide en las principales especificaciones de interoperabilidad en el *eLearning*.

3.4.1. Qué son las especificaciones y los estándares

De cara a la comprensión de esta sección es necesario definir qué es un estándar y una especificación. Según la RAE se trata de un modelo, norma, patrón o referencia de cómo hacer algo (RAE, 2011).

Frecuentemente los términos estándar y especificación se utilizan indistintamente, no obstante, es importante puntualizar su diferencia. Si una tecnología, formato o método ha sido ratificado por algún organismo oficial de estandarización, se trata de un estándar, pero si no es así, se trata de una especificación. Aunque, en algunos casos, una especificación puede considerarse un estándar de *facto* si su uso es extendido y entretanto se ratifica como estándar (Liber & Corley, 2003).

Los estándares solo pueden producirse por cuerpos internacionales reconocidos por uno o varios gobiernos nacionales, cualquier otro organismo genera solo especificaciones. Por ejemplo, cuando se habla de estándares web, producidos por el consorcio de la World Wide Web (<http://www.w3.org/>), estos realmente son especificaciones no estándares.

No hay un proceso específico para la conformación de un estándar, pero típicamente se siguen los siguientes pasos (Masie, 2003):

- Investigación y desarrollo.
- Desarrollo de una especificación.
- Pruebas.
- Acreditación e internacionalización del estado del estándar.

Pero ¿cuáles son los organismos involucrados en la definición de estándares y especificaciones y cuáles son los más representativos?

3.4.1.1. Organismos involucrados en la definición de un estándar

En la definición de un estándar participan diferentes organizaciones integradas por universidades, centros de investigación, y compañías que intentan considerar y conciliar diferentes criterios, intereses y perspectivas. Cuando se dieron los primeros pasos en el desarrollo de estándares, muchas organizaciones que ahora trabajan juntas lo hacían por separado. Con el tiempo se han formado consorcios y organizaciones con un frente común. No obstante, aún existe cierta ambigüedad en cómo los diversos organismos involucrados actúan en el proceso o cómo colaboran entre ellos (Berlanga & García, 2004).

En la Figura 30 se observan las instituciones involucradas y las actividades que llevan a la definición de un estándar. En teoría, el proceso de desarrollo de un estándar se inicia gracias a una contribución de la comunidad investigadora o a la identificación de necesidades de los usuarios. Los consorcios dedicados a generar especificaciones utilizan esta información para generar una especificación, que es evaluada y probada por usuarios y laboratorios. En el siguiente paso, un organismo de estandarización acreditado revisa las pruebas y produce un borrador de trabajo (*working draft*) que se somete a votación. Si es aprobado, la especificación recibe una certificación oficial de dicha organización (Masie, 2003) y se convierte en estándar.

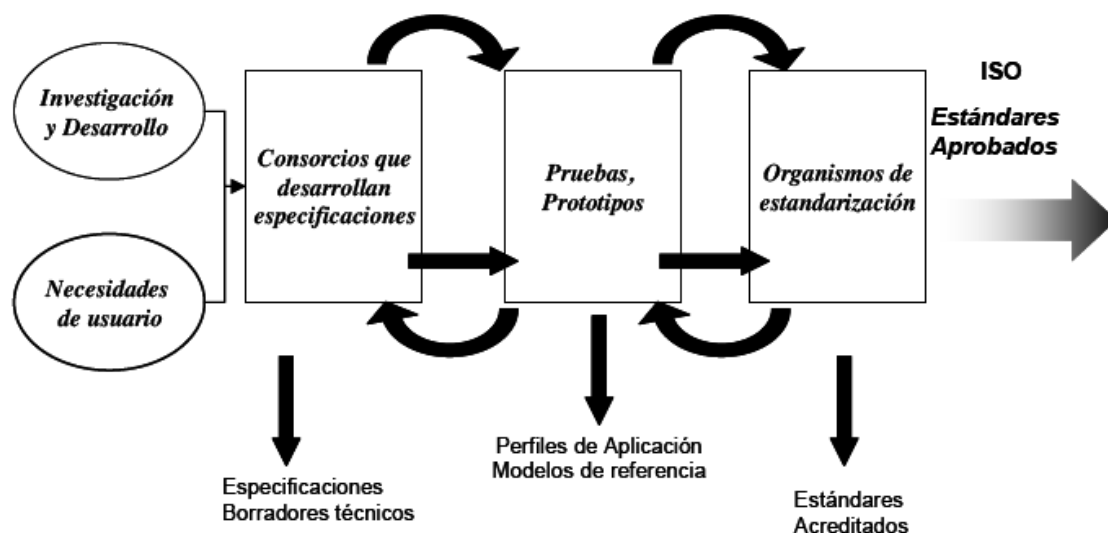


Figura 30. – Pasos para la definición de un estándar (Fuente: ADL – *Advanced and Distributed Learning* – <http://www.adlnet.org>)

Según el modelo anterior pueden considerarse como entidades (Berlanga & García, 2004; Greller & Casey, 2007; Hoel, Hollins, & Pawlowski, 2010; Masie, 2003; Yuan, Wilson, Cooper, & Campbell, 2010):

- Las instituciones de investigación. Como las universidades, grupos de investigación, etc. Se encargan de determinar las necesidades de los usuarios en diferentes ámbitos.
- Consorcios internacionales que definen especificaciones, como IMS (www.imsproject.org), o el *Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee* (AICC www.aicc.org), consorcios nacionales, como la iniciativa estadounidense para escuelas de educación básica *Schools Interoperability Framework* (SIF, www.sifinfo.org) o JISC-CETIS (*Centre for Educational Technology and Interoperability Standards*) de Reino Unido, y comunidades abiertas de desarrolladores como OWF (*Open Web Foundation*), SWORD (*Simple Webservice Offering Repository Deposit*) o XCRI (*eXchanging Course Related Information*).
- Organizaciones que realizan pruebas y prototipos de especificaciones y las adecuan a sus necesidades, mediante perfiles de aplicación como el *Advanced Distributed Learning* (ADL www.adlnet.org), la *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE www.ariadne-eu.org), o el *Canadian Core Learning Resource Metadata Protocol* (CanCore www.cancore.ca). Algunas de las mencionadas anteriormente también pueden incluirse en este grupo como IMS y JISC-CETIS.
- Organizaciones de estandarización, que incluyen el *IEEE Learning Technology Standard Committee* (LTSC ltsc.ieee.org), el *Learning Technology Workshop of the European Committee for Standardization* (CEN/ISSS LTS www.cenorm.be/issc/workshop/lt), o el *British Standards Institute* (BSI www.bsi-global.com).

Adicionalmente, la *International Standard Organization* (ISO) se encarga de asegurar, una vez que el estándar ha sido aceptado mundialmente, su permanencia. Debe entenderse que las diferentes instituciones pueden participar en más de una actividad y se consideran durante todo el proceso de generación del estándar (Friesen, 2003).

3.4.1.2. Tipos estándares y especificaciones

En cuanto a los posibles tipos de estándares, hay varias clasificaciones que pueden tenerse en cuenta. Como ya se ha comentado, una de ellas se debe a si se tiene en consideración el hecho de si la estandarización ha seguido los cauces normales o se

ha producido por la gran popularidad y aceptación de una especificación (estándar de *facto*) (Liber & Corley, 2003).

Otros diferencian entre las especificaciones abiertas o informales (definidas por miembros de una comunidad, abiertas a cualquier colaboración, que pueden utilizarse por cualquiera y no pertenecen a un consorcio o entidad determinada) (Recordcon, 2008) y en aquellas que siguen los cauces tradicionales y están reconocidas por entidades certificadores (*jure standards*). Algunas entidades incluidas dentro de las que definen especificaciones informales son la W3C (*World Wide Web Consortium*) o IETF (*Internet Engineering Task Force*) y especificaciones tan asentadas como XML (Van-Eecke & Truyens, 2009), OAuth, OpenID, *Open Social* (Wilson, 2010; Yuan et al., 2010).

Otras se basan en los diferentes ámbitos de aplicación, como la clasificación que ofrece el catálogo JISC-CETIS de estándares y especificaciones (JISC, 2007). Este catálogo diferencia entre estándares para documentos, web, imágenes, multimedia, información geográfica, metadatos, protocolos de búsqueda, transporte en Internet, exploración de metadatos, noticias, identificadores, lenguajes de programación y modelado, codificación de caracteres, acceso, datos personales, derechos de propiedad intelectual, *eLearning*, *frameworks*, arqueología y otros.

Ehlers y Pawlowski (Ehlers & Pawlowski, 2006) consideran que en el ámbito específico del *eLearning* existen dos tipos fundamentales de estándares que son los Estándares de Tecnologías para el Aprendizaje (*Learning Technology Standards*) centrados en facilitar la interoperabilidad entre los componentes de los entornos de aprendizaje (como puede ser *Learning Object Metadata* – LOM) (IEEE, 2002); y Estándares Relacionados (*Related Standards*) utilizados para garantizar la calidad de los procesos de *eLearning* (como puede ser *Data quality*) (Pipino, Lee, & Wang, 2002).

3.4.2. Las especificaciones y estándares en el eLearning

Como ya se ha comentado, la gran aceptación del *eLearning* entre las instituciones de educación y las empresas supone que sea necesario buscar la optimización de estos procesos. Los estándares y especificaciones ayudan a llevar a cabo estas tareas. La aplicación de estos estándares supone cambios en cómo se abordan los cursos, cómo se desarrollan los contenidos, cómo se estructuran, cómo se evalúa a los usuarios, etc. Además, obedece a una estrategia que busca: 1) Garantizar la sostenibilidad y asegurar las inversiones de las instituciones, es decir, poder garantizar servicios de calidad a más estudiantes con la misma inversión gracias a beneficios como la portabilidad, reutilización, interoperabilidad y escalabilidad; 2) Asegurar la calidad,

aunque pueden seguirse dando buenas o malas prácticas en el *eLearning*, al menos se imponen modelos para la definición de los contenidos, estructuras de los cursos, etc. Lo que garantiza la madurez en la definición de actividades formativas en la organización; y 3) Aplicar las arquitecturas SOA en los entornos de aprendizaje supone la modularización y la separación de servicios *eLearning* que necesitan comunicarse entre sí mediante formatos comunes de datos, protocolos de comunicación, deben presentar interfaces con características conocidas, etc. Es decir, requieren de estándares y especificaciones para poder funcionar de forma adecuada (Greller & Casey, 2007).

Para atender a esta última necesidad, desde las instituciones encargadas de la estandarización se crean *frameworks* para la definición de los principales servicios de *eLearning* como pueden ser: IMS *Abstract Framework* (<http://www.imsglobal.org/specifications.html>), que identifica y representa los componentes e interfaces básicas de un sistema de aprendizaje; El *E-Learning Framework* (ELF; <http://www.elframework.org>), que describe funcionalidades comunes a los diferentes sistemas de *eLearning*; o la *Open Knowledge Initiative* (OKI; <http://www.okiproject.org>), que define capas de servicios para facilitar la evolución de las plataformas de *eLearning*. En cualquiera de los casos estos *frameworks* tratan de definir servicios *eLearning* que pueden clasificarse en (Dagger et al., 2007):

- Servicios para herramientas de *eLearning* como los LMS.
- Servicios de aplicaciones de *eLearning* (servicios a nivel más fino como cuestionarios o actividades a las que el usuario tiene acceso directo).
- Servicios educativos (normalmente relativos a actividades de gestión como la gestión de un curso o de un calendario de actividades).
- Servicios a nivel de infraestructura, el esqueleto de los servicios como será que tipo de tecnología se utiliza: HTTP, SOAP, XML, etc.).

Esos *frameworks* describen especificaciones y guías de actuación que aportan una base para la definición de sistemas de *eLearning* y para la aplicación de diferentes estándares y especificaciones con diferentes cometidos.

En cuanto a esos cometidos se pueden considerar el empaquetamiento de contenidos, el etiquetado de datos, la realización de diseños instruccionales, la portabilidad de los cuestionarios en los entornos de aprendizaje, permitir que un LMS lance aplicaciones externas, facilitar la comunicación entre sistemas de *eLearning*, etc. A continuación se realiza una revisión de algunas de estas especificaciones, así como de las ventajas e inconvenientes que aportan.

3.4.2.1. Algunas de las especificaciones y estándares más comunes en el eLearning

Basado en los trabajos de Hoel y otros (2010), Berlanga y García (2004), López Guzmán (2005), Eduardo Hernández (2003) y el catálogo JISC (2007) se elabora la Tabla 7, en la que se enuncian una serie de estándares clasificados en categorías según su finalidad, su grado de madurez y adopción, y se incluyen descripciones.

Tabla 7. – Algunas especificaciones y estándares utilizados en el eLearning. Se describe la categoría en que se pueden incluir, su grado de madurez/adopción y una descripción

Estándar o Especificación	Categoría	Madurez /Adopción	Comentario
IEEE LOM (<i>Learning Object Metadata</i> 2002) (IEEE, 2002)	Descripción de recursos de aprendizaje	Alta	Muy usado en repositorios para el etiquetado de contenidos
Dublin Core 2003 (DCMI, 1999)	Descripción de recursos de aprendizaje	Alta	Muy usado en el etiquetado de recursos especialmente en entornos de biblioteconomía y documentación
MLR Metadata For Learning Resources 2011 (ISO, 2011)	Descripción de recursos de aprendizaje	Baja	Iniciativa reciente para etiquetado de recursos educativos
IMS CP (IMS-GLC, 2009a)	Empaquetamiento de contenidos	Alta	Especificación para el empaquetamiento y gestión de contenidos
ADL SCORM (ADL, 2009)	Empaquetamiento y gestión de contenidos	Alta	Especificación para el empaquetamiento, secuenciación y reproducción de contenidos
IMS CC (<i>Common Cardridge</i>) (IMS-GLC, 2011b)	Empaquetamiento y gestión de contenidos	Media	Especificación para el empaquetamiento, secuenciación y reproducción de contenidos.
IMS LD (<i>Learning Design</i>) (IMS-GLC, 2003)	Diseño instruccional	Media	Especificación utilizada para describir escenarios de aprendizaje. Proporciona un meta-modelo para definir diferentes modelos de aprendizaje
IEEE RCD (<i>Reusable Competency Definitions</i>) (IEEE, 2008)	Gestión de competencias	Baja	Modelo para la descripción, referenciación e intercambio de competencias en contextos de aprendizaje online. Con competencia se refiere a capacidades, conocimientos, tareas y resultados del usuario
CEN MLO - AD (<i>Metadata for Learning Opportunities - Advertising</i>) (CEN, 2008)	Descripción de recursos de aprendizaje	Media	Estándar para la descripción y publicación de recursos de aprendizaje de cara a facilitar su búsqueda a través de diferentes motores
IMS QTI (<i>Question & Test Interoperability</i>) (IMS-GLC, 2006a)	Especificación de actividades de evaluación	Baja	Especificación para la definición de cuestionarios y su posterior portabilidad entre plataformas
ISO/IEC <i>Accessibility for All Series</i> (ISO, 2010)	Especificaciones de Accesibilidad	Baja	Especificaciones para regular el acceso a las tecnologías para las personas como problemas de accesibilidad

Estándar o Especificación	Categoría	Madurez /Adopción	Comentario
IMS Access for All specification (ISO, 2008)	Especificaciones de Accesibilidad	Baja	Especificación de IMS que cumple con las Especificaciones ISO/IEC anteriores y recoge información de las necesidades personales del usuario y de sus preferencias a la hora de acceder al contenido
IMS LIP (Learner Information Package) (IMS-GLC, 2005b)	De información del usuario	Media	Especificación que recoge información del discente y de sus logros para su intercambio entre plataformas
IMS SS (Simple Sequencing) (IMS-GLC, 2005b)	Estructuración de actividades	Media	Especificación para determinar la secuencia en que se llevan a cabo un conjunto de actividades de aprendizaje
IMS LIS (Learning Information Services) (IMS-GLC, 2011d)	Información de usuario y curso	Media	Especificación para la gestión e intercambio de información de usuarios y cursos entre los entornos de aprendizaje y otras herramientas
XCRI (eXchanging Course Related Information) (University-of-Bolton, 2011)	Descripción de cursos y contenidos de aprendizaje	Baja	Especificación informal que facilita en formato ligero basado en XML y con una idea similar a RSS información acerca de los cursos o los recursos
PALO (Personal Achieved Learning Outcomes) (Najjar et al., 2010)	Gestión de competencias e información personal	Baja	Especificación para capturar información acerca de los conocimientos, destrezas y competencias adquiridas por una persona y su relación con los resultados el contexto en que se obtienen, etc.
IMS ePortfolio (IMS-GLC, 2005a)	Gestión de competencias e información personal	Baja	Especificación definida para permitir el intercambio de información entre portfolios y su portabilidad de unas instituciones a otras a lo largo de la vida
UK LEAP (LEArning Profile) (JISC-CETIS, 2010)	Gestión de competencias e información personal	Baja	Basada en LIP se utiliza para garantizar la portabilidad de la información personal y la gestión de competencias adquiridas
LEAP2A (JISC-CETIS, 2010)	Gestión de competencias e información personal	Baja	Especificación abierta que utiliza la tecnología de sindicación similar a Atom y propone un modelo conceptual inspirado en IMS Portfolio pero diferente. Lo que pretende es lo mismo que las dos especificaciones anteriores
SWORD (Simple Webservice Offering Repository Deposit) (JISC, 2008)	Gestión de repositorios	Media	Especificación para proporcionar un conjunto común de funciones para la adición de contenidos de un repositorio. Se basa en un protocolo sencillo como Atom para sindicación de noticias

3.4.2.2. Ventajas del uso de estándares y especificaciones

Las ventajas de utilizar los estándares en el ámbito del *eLearning* son bastantes y algunas de ellas ya se han ido exponiendo a lo largo de la sección. Estas ventajas pueden verse desde un punto de vista general o desde la perspectiva de los *stakeholders* involucrados en el proceso de aprendizaje.

Sun Microsystems (SUN, 2002) considera los beneficios desde la perspectiva de los actores involucrados en el proceso de *eLearning*:

- Desde el punto de vista del de los clientes o consumidores tanto institucionales como individuales, los estándares evitan quedarse atrapados por las tecnologías propietarias. Los costes se reducen al sustituir los desarrollos propios por tecnología *plug and play* de modo que, por ejemplo, una institución pueda cambiar de LMS sin tener que empezar desde el principio y perder toda o gran parte de la información que ya tenía en su LMS anterior.
- Desde el punto de vista de los vendedores de aplicaciones, la existencia de métodos estandarizados de comunicación entre sistemas simplifica la integración de diferentes productos. Esto redundará en una reducción de los costes de desarrollo e incrementa el mercado potencial para las aplicaciones.
- Desde el punto de vista de los productores de contenidos educativos, los estándares permiten que el formato de producción sea único y pueda ser utilizado en cualquier plataforma de distribución. Más aún, un mercado más amplio para los contenidos educativos permite a los creadores realizar inversiones en producción de contenidos, lo que aumenta la oferta y la calidad de estos, incluso en áreas altamente especializadas. Además, la existencia de estándares facilita su labor, al tener acceso a almacenes de contenidos reutilizables, y les permite la creación de contenidos modulares de más fácil mantenimiento y actualización.
- Desde el punto de vista de los estudiantes, los estándares significan mayor posibilidad de elección del producto educativo. Además, implican que los resultados de su aprendizaje (créditos o certificados) tengan mayor portabilidad.

Desde una perspectiva más genérica el informe Masie (2003) considera que las ventajas son:

- Interoperabilidad. La posibilidad intercambiar y mezclar contenido de múltiples fuentes y se pueda usar directamente en distintos sistemas. Que sistemas diferentes puedan comunicarse, intercambiar información e interactuar de forma transparente.
- Reusabilidad. La posibilidad de agrupar el contenido, desagrupado y reutilizado de forma rápida y sencilla. Lo que supone que los objetos de contenido puedan ensamblarse y utilizarse en un contexto distinto a aquel para el que fueron inicialmente diseñados.
- Trazabilidad. La posibilidad de que el sistema pueda obtener y trazar la información adecuada sobre el usuario y el contenido.

- Accesibilidad. La posibilidad de que un usuario pueda acceder el contenido apropiado en el momento justo y en el dispositivo correcto.
- Durabilidad. El hecho de que los consumidores no queden atrapados en una tecnología propietaria de una determinada empresa. Lo que supone que no haya que hacer una inversión significativa para lograr la reutilización o la interoperabilidad.
- Escalabilidad. La posibilidad de que las tecnologías puedan configurarse para aumentar la funcionalidad de modo que se pueda dar servicio a más usuarios al dar respuesta a las necesidades de la institución, y que esto no exija un esfuerzo económico desproporcionado.

A estas ventajas, Friesen (2004) añade además la portabilidad, muy relacionada con la reusabilidad, interoperabilidad y accesibilidad. Los estándares proporcionan independencia entre el contenido y la presentación en la plataforma, lo que facilita que los contenidos puedan usarse en diferentes plataformas de aprendizaje de diferentes fabricantes; y, además, que el contenido pueda consumirse desde otros contextos como son los dispositivos móviles.

3.4.2.3. Problemas que presentan los estándares y especificaciones

Evidentemente los estándares y especificaciones no tienen solamente ventajas y, sobre todo, su aplicación y su diferente aceptación han supuesto bastantes inconvenientes.

Algunos de ellos son expuesto por Yuan y otros (2010):

- Los procesos de estandarización son complejos e inflexibles. Cooper (2010) considera que el desarrollo de especificaciones y estándares en el ámbito de *eLearning* es un proceso poco efectivo y en ocasiones se vuelve demasiado lento, lo que impide la entrada de algunos productos en el mercado ante la falta de fiabilidad de los estándares.
- Falta de apertura de los procesos de desarrollo y adopción de especificaciones y estándares. Grupos cerrados de participantes y acceso bajo pago hacen complicada la participación en la producción y adopción de estándares y especificaciones (Severance, 2010).
- Falta de aproximaciones que consideren la colaboración de diferentes *stakeholders*. Es necesario que las diferentes instituciones que definen las especificaciones y estándares colaboren entre sí, así como los expertos que participan en estas definiciones (Hoel, 2010).

- Falta de implementaciones previas de las especificaciones. Los estándares formales tienden a apoyarse en programas subvencionados públicos desarrollados por investigadores y grandes empresas. Estos actores no son totalmente representativos de cómo se va a utilizar el estándar y las necesidades que deben satisfacer.
- Falta de capacidad para reutilización de estándares (Cooper, 2010). Es decir las dificultades para que los estándares puedan adaptarse levemente para casar con las necesidades de las organizaciones que los implementan.

Otros autores como Fernández y otros (2007) consideran que los estándares no cubren todos los aspectos de los sistemas de *eLearning*. Aunque es cierto que ayudan en gran manera a la interoperabilidad, integración y reutilización de información hay otros muchos aspectos que no están contemplados en los estándares. Idealmente, si hubiera estándares para todos los procesos e informaciones que incluye un sistema de *eLearning*, sería posible cambiar de un LMS a otro diferente, pero que estuviera desarrollado de acuerdo al mismo conjunto de estándares, sin perder información y sin tener que hacer una gran inversión. Lamentablemente esta situación todavía no se ha alcanzado. Aspectos como la interoperabilidad de contenidos, la búsqueda, localización y reutilización de objetos de aprendizaje o la importación o exportación de evaluaciones ya comienzan a estar maduros, de modo que hay herramientas de autoría y LMS que lo soportan. Sin embargo, hay muchos otros aspectos que también son muy importantes en la enseñanza *online*, y que no están suficientemente resueltos. Por ejemplo, hay cursos donde las contribuciones más valiosas se encuentran, no tanto en los contenidos iniciales, como en las aportaciones realizadas por los propios estudiantes en los foros de discusión. En un cambio de plataforma, esos contenidos se perderían o no serían fáciles de integrar en el nuevo LMS.

3.4.3. Especificaciones de interoperabilidad

Según la Unión Europea la interoperabilidad es “la capacidad de los sistemas de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), y de los procesos empresariales a los que apoyan, de intercambiar datos y posibilitar la puesta en común de información y conocimientos” (UE, 2004).

La interoperabilidad, como se ha puesto de manifiesto, es una de las ventajas inherentes a la aplicación de especificaciones y estándares en el *eLearning*. Muchos de los estándares comentados con anterioridad facilitan la interoperabilidad en diferentes niveles. Por ejemplo, SCORM facilita el intercambio de contenidos entre plataformas, IMS LD de diseños instruccionales, IMS LEAP2A de información del

usuario entre portfolios y plataformas, etc. Es decir, se puede llevar a cabo el intercambio de información, contenidos y demás entre elementos concretos.

Sin embargo, lo que se hace más difícil es definir estándares y especificaciones que abran más aún espectro de posibles interacciones entre sistemas. Es decir, un estándar o un conjunto de estándares que faciliten la interacción entre sistemas en diferentes sentidos, desde una simple acción de autenticación, la transferencia de contenido, de información (inclusive la relativa a la actividad realizada como resultados, *logs*, etc.); es decir, que permita una interacción eficaz y significativa entre los sistemas.

Existen algunas especificaciones e iniciativas en este sentido definidas como especificaciones de interoperabilidad. Estas especificaciones se describen a continuación, pero se hace una revisión específica de cómo se aplican durante el Capítulo 4 (al exponer el estado del arte). Las principales especificaciones de interoperabilidad más representativas son (Alario-Hoyos & Wilson, 2010; Severance et al., 2008):

- Powerlinks (Blackboard, 2008). Herramienta de interoperabilidad propiedad de *WebCT*, y ahora por tanto de *Blackboard* (por la adquisición de esta compañía de la primera). Facilita el descubrimiento, lanzamiento y suministro de información de servicios de los LMS. Incluye servicios web para gestionar usuarios y cursos, *mail*, calendario, tareas, notas y archivos. Solo se encuentra disponible para usuarios de la plataforma *Blackboard*.
- WSRP (*Web Services for Remote Portlets*) (OASIS, 2003a). Especificación que define una interfaz para la presentación de información proporcionada por servicios web basada en mini-aplicaciones denominados *portlets*. No está vinculado a un tipo de implementación específica de *portlet* como JSR 168 (SUN, 2003b), sino que facilita información respecto a la forma de representar servicios en *portlets* que pueden ser agregados a portales. En la Figura 31 se puede ver un esquema de cómo funciona WSRP, existe una parte proveedora en el contenedor de *portlets* y una parte consumidora en el portal. Con esta especificación la integración de aplicaciones es más sencilla, ya que se importa en el sistema no solo un servicio sino su representación gráfica. No ha tenido una gran popularidad por falta de presupuesto.
- WSRP2.0 (*Web Service for Remote Portlets*) (OASIS, 2008). Segunda versión de la especificación que proporciona la conexión entre *portlets* y la posibilidad

de interactuar con tecnologías asociada a la Web 2.0 como AJAX o servicios web REST.

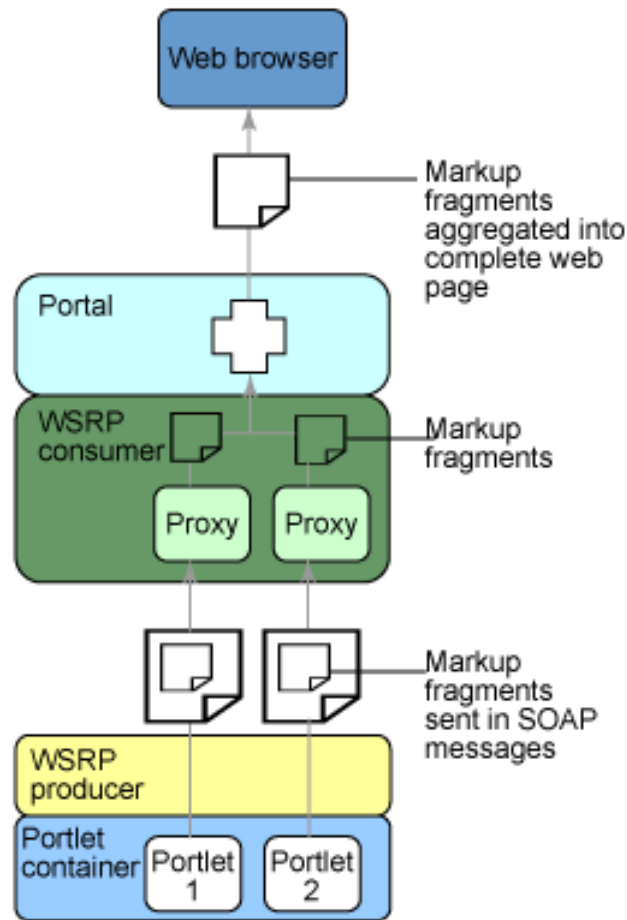


Figura 31. – Funcionamiento básico de WSRP (Castle, 2005)

- IMS TI (*IMS Tools Interoperability*) (IMS-GLC, 2006b). Especificación que se asemeja a los PowerLinks de *WebCT*. Facilita el suministro, lanzamiento y ejecución de aplicaciones externas en otro sistema, en concreto mecanismos para la integración de herramientas externas en los LMS. Su implementación supone la incorporación de un motor de ejecución de aplicaciones en el LMS que define los servicios de despliegue, configuración, ejecución y resultados para las aplicaciones integradas. Los servicios se describen mediante el uso de WSDL, así como el formato de los mensajes intercambiados. Por otra parte, supone también la incorporación de un mecanismo de ejecución en cada herramienta individual, que requiere la capacidad de descriptores de despliegue. En la Figura 32 se observa un diagrama acerca del funcionamiento de la especificación, en la parte de la izquierda se puede apreciar el LMS con las herramientas para la ejecución de aplicaciones externas; en la derecha cada una de las herramientas a integrar.

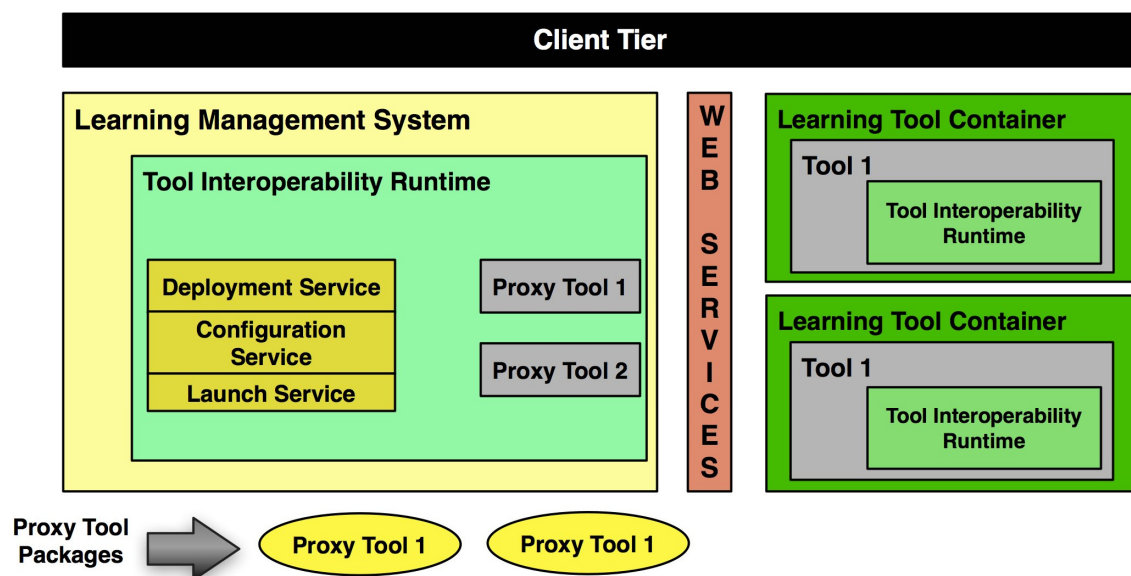


Figura 32. – Funcionamiento de IMS TI (IMS-GLC, 2006b)

- IMS LTI (*Learning Tools for Interoperability*) (IMS-GLC, 2007b). Se trata de una evolución de la especificación anterior. Proporciona una forma estándar para integrar aplicaciones de aprendizaje con LMS, portales u otros sistemas. El funcionamiento básico se basa en permitir la conexión de aplicaciones web alojadas externamente en plataformas de aprendizaje que las mostrarán a los usuarios. Proporciona facilidades para el lanzamiento de aplicaciones, *single-sign-on*, actividades de gestión, acceso a recursos, configuración de la aplicación y gestión de resultados. Para ello parte de la funcionalidad debe incluirse en el proveedor de herramientas y parte en el consumidor. En la Figura 33 se muestra el esquema de funcionamiento de esta especificación, a la izquierda se tiene el proveedor de servicios (herramientas a incluir) que proporcionan mediante servicios web (en el medio) un conjunto de funcionalidades. Dichas funcionalidades van utilizarse en el consumidor de servicio (contenedor), a la vez se deben aportar servicios para lanzar la aplicación y devolver notificaciones.
- IMS BLTI (*Basic Learning Tools for Interoperability* - <http://www.imsglobal.org/liti/index.html>). Forma reducida de la especificación anterior para la integración aplicaciones en los LMS, pero que como servicios solo permite lanzar las aplicaciones en las plataformas y la autenticación mediante *single-sign-on* (Figura 34). Se está trabajando en la ampliación de BLTI para la inclusión de los *outcomes*¹, lo que facilita la posibilidad de

¹Extensión para la devolución de los resultados de una actividad.

devolver notas desde la herramienta incluida hasta la plataforma contenedora. BLTI ha tenido gran aceptación en el mercado de las plataformas de aprendizaje y está soportado por la mayoría de las más representativas. IMS Global ha fusionado en Noviembre de 2011 las especificaciones BLTI y LTI en una nueva especificación basada en la primera de ellas debido a su gran difusión. Esta especificación se pasa a llamar LTI y actualmente se encuentra en una versión *draft* (IMS-GLC, 2011e).

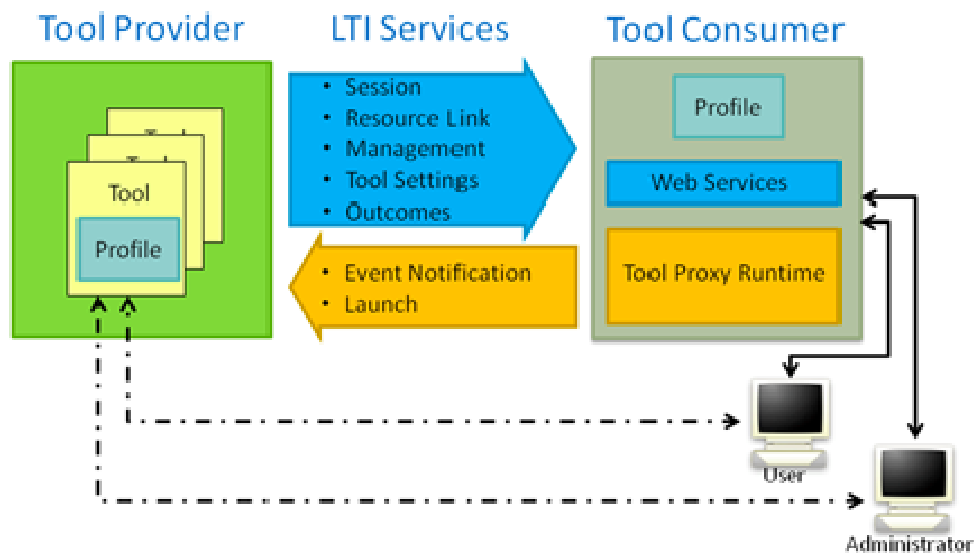


Figura 33. – Funcionamiento básico de IMS –LTI (IMS-GLC, 2007b)

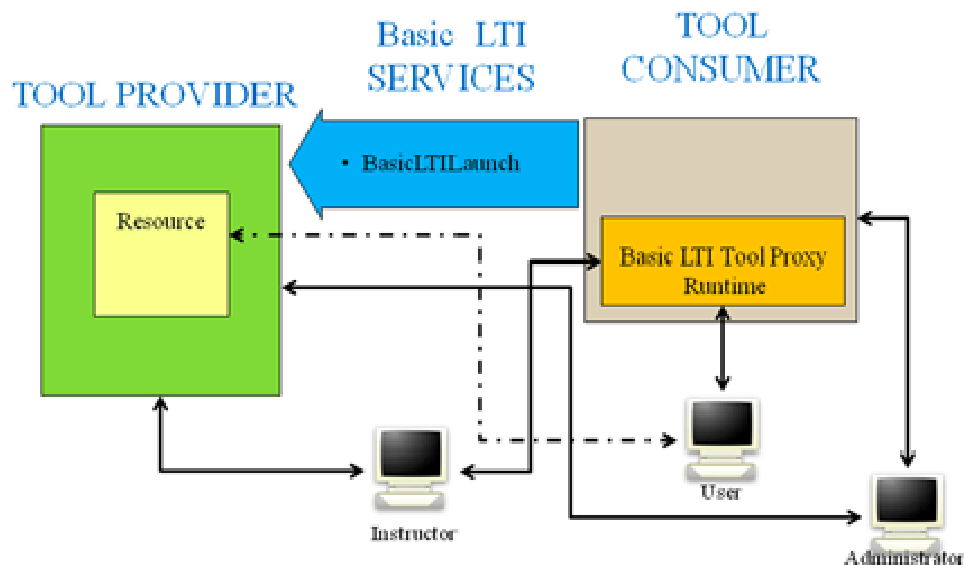


Figura 34. – Funcionamiento de BLTI (IMS-GLC, 2010b)

- OSIDs (*Open Service Interface Definitions*). Pertenecientes a la iniciativa OKI (*Open Knowledge Initiative* – <http://www.okiproject.org>) se trata de una especificación para la definición de servicios de una arquitectura SOA, básicos para la integración de herramientas de *eLearning* con servicios fundamentales

de este tipo de sistemas. Dichos servicios en ocasiones se integran en un bus de servicios. Al igual que otras de las arquitecturas presentadas utiliza un OSID *consumer* y un *provider* de manera que fuera posible la implementación de servicios concretos especificados por OKI (autenticación, configuración, acceso a archivos, etc.) independientemente de la tecnología subyacente (Figura 35).

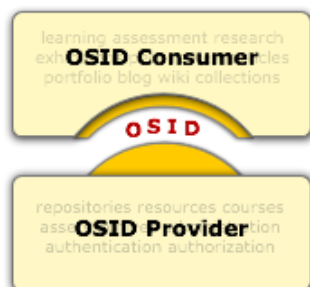


Figura 35. – Estructura de OSID. Fuente (OKI, 2002)

Existen otras especificaciones relacionadas con interoperabilidad, pero al estar limitadas a tecnologías concretas no se han incluido en el presente apartado. Por ejemplo JSR 170 (usado en Sakai), JSR 286, etc. (Severance et al., 2008).

Dentro de estas especificaciones son especialmente populares las de la familia IMS-GLC (TI, LTI y BLTI) es por ello que se profundiza en su evolución.

IMS *Tools Interoperability* (IMS-GLC, 2006b) facilita la integración herramientas externas en los LMS mediante el uso de servicios y *proxys* web, se trata de eliminar así la necesidad de interfaces propietarias entre los LMS y las herramientas, con lo que se trata de independizar, por tanto, ambos sistemas. No son muchas las implementaciones existentes de esta especificación, y de hecho ese es uno de sus mayores limitaciones (Fontenla, Caeiro, & Llamas, 2009a). Además de esto IMS-TI presenta otros problemas como no proporcionar ninguna forma de controlar y gestionar el uso de las herramientas por estudiantes y profesores (la integración de herramientas se lleva a cabo por el gestor o administrador), el uso de archivos físicos para configurar el inicio de sesiones supone una mayor complejidad para el despliegue de aplicaciones (Fontenla et al., 2009a), la utilización de SOAP y WSDL (Booth & Clark, 2009) con lo que en determinados contextos puede suponer una ralentización en cuanto al funcionamiento y, sobre todo, la dificultad para definir implementaciones de TI para sistemas existentes (Severance, 2009).

Ante el fracaso de aceptación de IMS TI, en 2008 IMS, en colaboración con un conjunto de empresas del ámbito de *eLearning* y editorial entre las que destacan Blackboard, Wimba HQ y Pearson decide mantener la idea propuesta con IMS TI y tratar de facilitar la integración robusta de aplicaciones en el LMS. Para ello se define

IMS LTI (Severance, 2009). Como se ha comentado LTI define la posibilidad de establecer integraciones entre entornos de aprendizaje mediante el uso de un *Tool Consumer* (TC), que debe implementar un *proxy* donde integrar la aplicación y un *Tool Provider* (TP), que está del lado de la aplicación a integrar. Ambos implementan un conjunto de servicios para desplegar, configurar, lanzar aplicaciones externas en contextos de aprendizaje (IMS-GLC, 2007b).

Durante el verano de 2008, y gracias a la iniciativa *Google Summer of Code*, Charles Severance propone la realización de una serie de prototipos que demuestren la potencialidad de la especificación. Para ello se utiliza una versión reducida de IMS LTI, propuesta por *IMS Developer Network* que es Simple LTI (IMS-GLC, 2009b). Ante la popularidad y la sencillez con la que se puede integrar este subconjunto de la especificación en los contextos de aprendizaje, finalmente se hace evolucionar un subconjunto de LTI en lo que es una versión reducida, BLTI (IMS-GLC, 2010a), y se termina por generar una guía de implementación de esta especificación que ve la luz en 2010 (Severance, Hanss, & Hardin, 2010). Esta versión reducida de IMS LTI facilita la integración ligera de aplicaciones en los LMS, pero los servicios se reducen drásticamente (Alario-Hoyos & Wilson, 2010).

Estas dos especificaciones (IMS LTI e IMS BLTI) tienen una diferente aceptación en los entornos de *eLearning*. IMS LTI se ha implementado en muy pocas plataformas y aún se sigue trabajando en su especificación, mientras que IMS BLTI se soporta por la mayor parte de los LMS del mercado básicamente debido a su sencillez (IMS-GLC, 2011a). Ante esta situación IMS ha decidido la unificación de ambas propuestas en IMS LTI que incorporará las características de BLTI con la posibilidad de devolver *outcomes* desde la aplicación externa, posteriormente se irá haciendo evolucionar esta especificación (IMS-GLC, 2011c).

3.4.4. Otras especificaciones

Aunque no directamente relacionadas con la interoperabilidad, ni de uso exclusivo en el ámbito del *eLearning*, este apartado incluye otras especificaciones o estándares que son representativas y pueden utilizarse para la comunicación entre sistemas de *eLearning*. Concretamente se comentan especificaciones y estándares relativos a la autenticación y a la seguridad de las transacciones en Internet:

- SOAP WS-Security. extensión definida para SOAP que facilita la integridad y la confidencialidad en el intercambio de mensajes mediante un sistema flexible, abierto y adaptable a varios modelos de seguridad como puede ser PKI (*Public Key Infrastructure*), Kerberos, SSL (*Secure Sockets Layer*), SAML (*Security*

Assertion Markup Language), etc. Se basa en tres mecanismos principales: propagación de *tokens* de seguridad (un *token* específico para un contexto y usuario), integridad de los mensajes y confidencialidad de los mismos (Atkinson et al., 2002). El mayor problema que ofrece esta especificación es la alta carga de mensajes que presenta y la complejidad, algo que se trata de optimizar en versiones posteriores. Debe comentarse además que se puede complementar por otras especificaciones como WS-Policy y WS-SecurityPolicy para especificar los dispositivos incluidos en una transacción (Sosnoski, 2011).

- Mecanismos de autenticación de HTTP. Este tipo de métodos son especialmente usados para garantizar la seguridad de los mensajes mientras se usan servicios de tipo REST. Los mecanismos que se proveen por defecto son: la autenticación básica, que consiste en un intercambio de información entre el proveedor y cliente, generalmente el usuario y la contraseña (si se trata de acceder a un recurso protegido se informa al usuario de ese hecho y este envía el usuario y la contraseña, encriptada o no, y en función de la identidad del usuario se le da acceso); autenticación *digest* se trata de un intercambio de información entre el cliente y proveedor similar al sistema básico, pero en la que inicialmente no se intercambia el *password*, sino una cadena de información que el cliente puede descifrar para luego acreditar su identidad; también se puede utilizar *Web Services Security Username Token* (parte de WS-Security) propio de SOAP en servicios REST para acceso a los sistemas a mediante el uso de un token de autenticación (obtener un *token* de permiso para poder acceder a algún elemento particular, solo con ese *token* se puede tener acceso), así como otros tipos de autenticación como OAuth que se describen más adelante (Richardson & Ruby, 2007).
- SAML (*Security Assertion Markup Language*). Protocolo utilizado para el intercambio de información relativa a la autenticación y autorización de acceso a un sistema (OASIS, 2004). Se utiliza en algunos LMS como Bodington (Bodington, 2001) para intercambiar información de los roles en sistemas federados.
- OpenID. Especificación abierta para la identificación digital descentralizada, pensado específicamente para la Web. Es decir, es una manera sencilla para que el usuario se identifique en multitud de sitios web con los mismos datos, sin tener que recordar diferentes datos de acceso (usuario/contraseña) para cada una de los sitios web. Una identidad OpenID viene dada por una URL cualquiera que soporte el protocolo OpenID, como la dirección de un *blog* o de cualquier página web genérica que el usuario posea. Esto significa que se

facilita un *single-sign-on* en diferentes aplicaciones. Es un estándar con gran aceptación y que está siendo implantado por sitios web como *AOL*, *Orange*, *LiveJournal*, *Myspace*, *Wordpress*, *Blogger*, *Google*, *Facebook*, *Flickr*, etc. (OpenId, 2006).

- HTTPS. Protocolo destinado a la transferencia de datos segura por Internet. HTTPS idéntico a HTTP pero se le indica al navegador la necesidad de utilizar una capa de encriptación añadida mediante SSL/TLS (protocolos de encriptación) para proteger la información que se envía (IETF, 2000).
- OAuth (IETF, 2010). Especificación Abierta que permite la interacción desde una aplicación con información protegida de otra aplicación. Facilita que el usuario pueda determinar a qué recursos privados se puede tener acceso desde otro sitio, o por otro usuario, sin necesidad de intercambiar el usuario y la contraseña constantemente.

3.5. PLE

En el primer apartado de este capítulo ya se consideraban los problemas que presentan los entornos de aprendizaje, el hecho de que no se centren en el discente, no faciliten el aprendizaje a lo largo de la vida y su cerrazón a las nuevas tecnologías.

De cara a solventar estos problemas ya se ha comprobado que los LMS pueden abrirse mediante la aplicación de arquitecturas SOA y especificaciones de interoperabilidad, en una aproximación que se dirige hacia entornos personalizados que permitan que el usuario pueda utilizar las aplicaciones que quiera, sean del tipo que sea, y desde diferentes dispositivos y contextos; con el objetivo del aprendizaje.

A este tipo de entorno personalizado es lo que se denomina PLE. A continuación describen las razones de la aparición de los PLE, su definición, características y algunas de las herramientas que pueden utilizarse para su implementación y que pueden incluirse en los PLE.

3.5.1. Razones para la aparición de los PLE

La necesidad de cambio de los LMS no solo se deriva de los inconvenientes que se han mencionado en este capítulo, sino de otras razones. Si se considera qué es aquello que puede motivar la necesidad de la aparición de los PLE, son varios los aspectos que deben considerarse.

En primer lugar se debe tener en cuenta la necesidad de personalización del aprendizaje. Uno de los problemas que tienen los LMS, como ya se ha comentado, es

que se centran en la institución y en el profesorado (Mott & Wiley, 2009). Se proporcionan un conjunto de herramientas que permiten la gestión de los procesos de aprendizaje muy útiles y se establece un punto de encuentro para el estudiante, pero ¿se tiene a este en cuenta y se considera la forma que tiene de aprender? Esta cuestión es fundamental. Hay diversas teorías que sostienen que el aprendizaje centrado en el estudiante mejora en gran medida los resultados que estos obtienen (Bloom, 1984). Cada persona es diferente, su forma de trabajar, de estudiar, de comunicarse, de asimilar conocimiento, etc.; lo que supone que también aprenden de manera diferente. La personalización en el aprendizaje posibilita cubrir necesidades específicas y trabajar en el ritmo idóneo a las necesidades de cada persona (Attwell, 2007b). Esta personalización supone, además, que el discente sea un elemento activo en el proceso de aprendizaje y no solo un mero receptor, por lo que se puede legar en él gran parte de la responsabilidad del proceso de aprendizaje (Lepper, 1985; Merrill, 1980; van Harmelen, 2006; Verpoorten, Glahn, Kravcik, Ternier, & Specht, 2009). Es, por tanto, algo fundamental que los LMS no solamente consideren las necesidades de la institución, para centrarse también en las necesidades de los estudiantes de cara a potenciar realmente el proceso de aprendizaje.

Por otro lado, hay que tener en cuenta cómo se consume la formación. Hoy en día el individuo se forma a lo largo de su vida en muchos entornos e instituciones, ya no se habla solamente de que los procesos formativos se den en las instituciones regladas, sino que también se da en otros contextos. De hecho, de un tiempo a esta parte, se consideran tres modalidades de aprendizaje en función del grado de formalidad de las mismas (Colardyn & Bjornavold, 2004; COM, 2001; Livingstone, 1999): 1) Aprendizaje Formal, que es aquel que se obtiene en una institución reglada; 2) Aprendizaje No Formal, aprendizaje estructurado que no se obtiene en un entorno institucional y generalmente vinculado al ámbito laboral; y 3) Aprendizaje Informal, que es aquel que obtenga el individuo por sus medios a lo largo de su vida. Además de las modalidades formativas, tiene que tenerse en cuenta la movilidad del individuo que, por ejemplo, hoy puede formarse en una universidad y mañana en otra. Esta disparidad de modalidades de formación y contextos supone que tengan que plantearse entornos e instrumentos que faciliten la unificación del *portfolio* de usuario. Se entiende como *portfolio* la guía de evidencia del aprendizaje alcanzado (Attwell, 2007a; Barrett & Carney, 2005; Cole, Ryan, & Kick, 1995; Weigel, 2001). Es decir, se deben proporcionar herramientas que sean capaces de reflejar las competencias adquiridas por el individuo a lo largo de su vida (en lo que sería su proceso de *lifelong learning*), independientemente de la modalidad de formación utilizada o del contexto en que se

obtenga. Este es uno de los objetivos fundamentales del Espacio Europeo de Educación Superior (Chen, 2003) y requiere de herramientas que lo faciliten. Puede pensarse en los LMS, pero no son capaces de dar soporte a estas nuevas situaciones, ya que se centran en el aprendizaje formal, y en ocasiones no formal, de forma que no proporcionan mecanismos adecuados y suficientemente estandarizados para fomentar la movilidad del estudiante.

Dentro de las modalidades de aprendizaje mencionadas debe prestarse especial atención al aprendizaje informal. Este tipo de aprendizaje viene ejercitándose desde tiempos inmemoriales, ya que el individuo, como animal social, aprende en muchos contextos de su interacción con otras personas, de su experiencia, etc. En lo referente al concepto como modalidad de formación, existen referencias ya desde mediados del siglo XX (Dewey, 1938; Knowles, 1950), así como otras más recientes (Coombs, 1985; Watkins & Marsick, 1990). A día de hoy, el aprendizaje informal está volviendo a ser el centro de discusión debido a tres razones fundamentales: 1) Al reconocimiento que el proceso de Bolonia (European-Union, 1999) pretende proporcionar a este tipo de aprendizaje; 2) A la acuciante necesidad de ser capaces de demostrar el aprendizaje que en muchos casos se obtiene por la observación y la experiencia (Attwell, 2007b); y 3) Por último, y no por ello menos importante, debido a la aparición de herramientas que facilitan este tipo de acciones como son las llamadas tecnologías 2.0 (Ajjan & Hartshorne, 2008; Casquero et al., 2010; Fielding, 2000). Es necesaria la incorporación a los entornos educativos de herramientas que favorezcan este tipo de aprendizaje, es decir, el aprendizaje de la persona por sí misma o por la interacción con otras.

La aparición de estas “nuevas” tecnologías, así como la de cualquier otra, puede, como se ha comentado previamente, influenciar de diferentes formas al proceso formativo. Cualquier contexto educativo debe ser consciente de las herramientas tecnológicas que surgen, así como tener en cuenta el perfil tecnológico de los individuos involucrados en su uso. Como ejemplo pueden observarse los docentes y discentes. Algunos estudiantes están acostumbrados a las tecnologías, ya que han crecido con ellas (nativos digitales) y las usan día a día; por otro parte muchos de los profesores se han tenido que formar en ellas para su utilización (inmigrantes digitales) (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001b, 2001c). En los últimos años, además de las mencionadas tecnologías 2.0, aparecen nuevos contextos formativos derivados de la extensión de los dispositivos móviles, las *tablets*, la televisión interactiva, nuevos recursos para el aprendizaje como los que aporta la realidad aumentada, los mundos virtuales, etc. Ante esta situación es necesario proponer sistemas que sean capaces

de aplicar estas nuevas tecnologías en beneficio de la formación. Sin embargo, su incorporación en los contextos tradicionales de aprendizaje es compleja por razones institucionales y en ocasiones porque el planteamiento que se ha hecho de las plataformas de aprendizaje no facilita ni la escalabilidad ni el cambio (Mott & Wiley, 2009).

Sobre la base de estas necesidades y de los problemas que lastran los LMS es necesario evolucionar hacia otro tipo de contextos de aprendizaje que se centren en el usuario, tengan en cuenta las diferentes modalidades de formación, faciliten el aprendizaje a lo largo de la vida del discente y estén abiertos a la incorporación de nuevas tecnologías.

3.5.2. Definición de PLE

El concepto de PLE es algo relativamente reciente, sin embargo algunos conceptos, como la personalización del aprendizaje, en los que estos se sustentan tienen mayor bagaje desde una perspectiva tecnológica (en torno a los años 70 se proponen teorías basadas en la inteligencia artificial (Goldstein & Miller, 1976) de cara a adaptar la formación a la actuación del estudiante que más adelante son descartadas (Wild, Mödritscher, & Sigurdarson, 2008)).

Puede situarse la aparición de los Entornos de Aprendizaje Personalizados en torno a 2001 (Brown, 2010; Severance et al., 2008). Su origen se atribuye a un artículo no publicado de Oliver y Liber en ese año, titulado “*Lifelong Learning: the need for portable personal learning environments and supporting interoperability standards*” (Olivier & Liber, 2001). En él se comenta la necesidad de integración de contextos institucionales de aprendizaje con un modelo de tipo *peer-to-peer* que enfatizara el aprendizaje personal a lo largo de la vida y que se concreta en 2007 con la arquitectura *Colloquia* (Colloquia, 2007).

En torno a 2002 surgen varios proyectos en ese sentido, como NIMLE (*Northern Ireland Integrated Managed Learning Environment*) (NIMLE, 2002) financiado por el JISC (el *Joint Information Systems Committee* de Gran Bretaña) (JISC, 1993) en el que se concibe un entorno de aprendizaje centrado en el estudiante que puede moverse entre varias instituciones educativas y administrar las fuentes de información de cada una de ellas.

Sin embargo, el acrónimo PLE no toma fuerza hasta noviembre de 2004 cuando aparece como parte del título una de las sesiones de la *JISC/CETIS Conference* de aquel año. Al año siguiente el *Centre for Educational Technology and Interoperability*

Standards (CETIS) recibe fondos del JISC para desarrollar una especificación de estándares para PLEs y crear un modelo de referencia con un prototipo de *software* libre que permitiera su implementación como tecnología. Las herramientas PLEW (el servidor) y PLEX (la aplicación de escritorio) se desarrollaron en este proyecto (CETIS, 2007).

A partir de aquí hay una profusa contribución de diferentes autores a lo que puede llegar a ser la definición de PLE. La definición de PLE no es tarea sencilla, y aún se discute sobre la misma, aunque se tienen asentadas unas bases comunes. Dentro de las posibles definiciones pueden diferenciarse entre aquellas que inciden en la importancia del concepto tecnológico como elemento central en el PLE y las que consideran las ventajas pedagógicas del mismo. Además, existen otras posibles subdivisiones que se comentan a continuación.

Desde un punto de vista tecnológico se pueden considerar diversas definiciones, a continuación se destacan algunas de ellas:

Una de las primeras definiciones presenta un modelo visual de la estructura de un PLE.

“El PLE no es una pieza de *software*. Es un entorno dónde personas, herramientas, comunidades y recursos interactúan de una forma flexible” (Wilson et al., 2007).

Estos autores promueven un entorno abierto a servicios y recursos de múltiples contextos, bidireccional (no solo se consumen servicios sino que se proveen), personalizado hacia el usuario, que hace uso de estándares e interfaces ligeras, colaborativo y de contenido abierto y orientado a la persona pero también a la comunidad en que se englobe.

Entre estas definiciones, van Harmelen aporta otra dentro ámbito tecnológico más centrada en la interacción y colaboración.

“Un PLE es un sistema individual de *eLearning* que proporciona acceso a diversos recursos de aprendizaje y puede facilitar la interacción con actores de otros PLE o LMS” (van Harmelen, 2006).

Dentro de este ámbito más tecnológico cabe destacar la definición de Casquero et al (2010).

“Un Entorno Personalizado de aprendizaje es un intento de construir un entorno de aprendizaje centrado en el usuario que embeba todas las herramientas, servicios, evidencias y personas involucradas en los procesos de aprendizaje a través de las tecnologías”.

Respecto a estas definiciones de ámbito más tecnológico se puede hablar de

diferentes clasificaciones en función de cómo se lleva acabo la implementación de los PLE (Sclater, 2008):

- Los que utilizan un cliente y sistemas para interacción. Es decir, un punto de acceso, que no tiene que ser forzosamente un navegador, que posibilita trabajar a los estudiantes *online* y *offline* y que pudiera llevarse de un LMS a otro. Algunos autores (Torres, Edirisingha, & Mobbs, 2008) consideran que este tipo de iniciativas tienen muchos inconvenientes como la plataforma a utilizar, cuánto tiempo va a durar esa plataforma, a cuántas API (*Application Programming Interface*) debe abrirse la plataforma, cómo hacer que sea configurable por el usuario, etc.
- Planteado como un *framework* basado en herramientas 2.0. Este entorno utiliza varias herramientas *online*. En estos casos el PLE es único para cada usuario y se adapta a sus necesidades y experiencias (Torres et al., 2008). Un ejemplo podría ser *Elgg* (<http://www.elgg.com>) que se describe más adelante.
- Los que dicen que los PLE ya están contemplados con las propias herramientas que usa el usuario y los sistemas mediadores de *portfolio* digital. Es decir, los propios ordenadores del usuario junto con todas las herramientas web y escritorio que este usa para poder formarse.

A esta clasificación se añaden las tendencias que vinculan la implementación de los PLE a los *portfolios* digitales (Attwell, 2007a; Nicol & MacFarlane-Dick, 2005). Además, entre la primera iniciativa y la segunda deben mencionarse los *Mash-ups* PLE, que consisten en un conjunto abierto y heterogéneo de herramientas de aprendizaje que permiten la conexión de estas herramientas entre sí, para formar una red de aprendizaje. Dicha red facilita la colaboración entre actores a lo largo de las diferentes actividades de aprendizaje (Attwell, Bimrose, Brown, & Barnes, 2008; de-la-Fuente-Valentín et al., 2008; Wild et al., 2009; Wild et al., 2008).

Además de la anterior, existen otras clasificaciones basadas en la forma en que se lleva a cabo la interacción con los componentes del PLE y hacia el exterior de este (Wild et al., 2009):

- De uso colaborativo, por ejemplo con la ayuda de marcadores web, herramientas de etiquetado y la elaboración de listas y grupos; y su posterior intercambio a través de aplicaciones web.
- Con conectores simples para el intercambio de datos y servicios de interoperabilidad. Se establece un medio de comunicación con un servicio concreto para una herramienta específica.

- Con conectores abstractos, que permitan el establecimiento de conductos de interacción que den soporte a distintas herramientas. Estos conectores permiten acceder a funcionalidades o servicios que se pueden agregar a un PLE, como por ejemplo, al navegador social *Flock* (Torres et al., 2008) y el entorno personalizado de aprendizaje orientado a servicios *PLEX* (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006).

Como ya se ha comentado anteriormente, la otra tendencia en cuanto a las definiciones de PLE se centra más en los aspectos pedagógicos y conceptuales, no tanto en el *software* en sí, como en las ventajas que este tipo de herramientas proveen. A continuación se destacan algunas de estas definiciones.

“Los Entornos Personalizados de Aprendizaje no son una aplicación sino una nueva aproximación de la utilización de las nuevas tecnologías en el aprendizaje. Aún restan muchos elementos por resolver. Pero al final la discusión acerca del uso de los PLE no es algo técnico sino filosófico, ético y pedagógico. Los PLE proporcionan a los estudiantes espacios propios para desarrollar y compartir sus ideas, a través de entornos de aprendizaje que unen recursos y contextos hasta ahora separados” (Attwell, 2007b).

“La idea del Entorno Personalizado de Aprendizaje es la de realizar las funciones de los LMS y Redes Sociales desde la perspectiva del individuo en lugar de la de la comunidad o institución. Se podría ver como la intersección de las páginas que utiliza el individuo... El PLE es un concepto en lugar de una aplicación” (Downes, 2010).

“Un PLE no es tanto un sistema informático (con una estructura definida, partes y funciones) como un concepto y una manera de usar la Internet para aprender la que supone un cambio realmente sustantivo en la forma de entender el papel de las TIC en la educación. Concebimos un PLE como el conjunto de herramientas, fuentes de información, conexiones y actividades que cada persona utiliza de forma asidua para aprender. Es decir, que el entorno personal de aprendizaje incluye tanto aquello que una persona consulta para informarse, las relaciones que establece con dicha información y entre esa información y otras que consulta; así como las personas que le sirven de referencia, las conexiones entre dichas personas y él mismo, y las relaciones entre dichas personas y otros que a la larga pueden resultarle de interés; y, por supuesto, los mecanismos que le sirven para reelaborar la información y reconstruirla como conocimiento, tanto en la fase de reflexión y recreación individual, como en la fase en la que se ayuda de la reflexión

de otros para dicha reconstrucción” (Adell & Castañeda, 2010).

Desde un punto de vista pedagógico Al-Zoube (2009) establece una clasificación de los PLE:

- Aproximación pedagógica basada en la regulación del estudiante. Este tipo de PLE representa un conjunto de servicios levemente acoplados que son utilizados por el estudiante, normalmente con mucha experiencia en el uso de Internet, para alcanzar sus objetivos de aprendizaje. El hecho de que se trate de un conjunto de servicios débilmente acoplados asegura la construcción sencilla de un entorno modular que cumple con las necesidades de los estudiantes gracias a su capacidad de evolución. El PLE estará controlado y gestionado por el discente y, por tanto, se adapta a lo que este necesite para aprender.
- Aproximación pedagógica basada en la regulación del estudiante y conducida por el profesor. Este tipo de iniciativas apoyan el aprendizaje forma e informal al contar con la participación tanto de profesores como de estudiantes en las experiencias de aprendizaje. Se basan en el uso de los LMS y en su capacidad de extensión y flexibilidad para definir PLE.
- Aproximación pedagógica basada en la regulación del estudiante, conducida por el profesor y personalizada. Este concepto de PLE ofrece, además de soporte para el aprendizaje formal e informal, asistencia personalizada al discente como recomendaciones de material, intereses comunes con otros estudiantes e itinerarios personalizados. Se basa en sistemas inteligentes capaces de estudiar los hábitos de los discentes.

Además de las definiciones pedagógicas y tecnológicas y las divisiones en cuanto a cómo deben implementarse los PLE, existen discusiones acerca de cómo los PLE, que facilitan el aprendizaje de tipo informal, son capaces de interactuar con los entornos formales de aprendizaje, en muchos casos representados por los LMS (Downes, 2010; Sclater, 2008). Existen diversas iniciativas en ese sentido que se comentan en posteriores apartados, pero debe mencionarse que puede establecerse una diferenciación entre aquellos PLE que se conectan mediante interfaces con los entornos formales y aquellos que integran herramientas dentro de los entornos formales. A estos últimos se los denomina PLE institucionales o iPLE, y se pueden definir como.

“Se trata de un intento de definir un PLE desde el punto de vista de la institución, con lo que se puede integrar cualquier servicio institucional, pero son

suficientemente flexibles para interactuar con el conjunto de servicios que los usuarios consideren importantes durante su proceso de educación continua” (Casquero et al., 2010).

Para terminar este apartado el autor del presente trabajo de investigación propone la siguiente definición para PLE

“Un entorno de aprendizaje centrado en el usuario y personalizable por él, que aúna todas aquellas herramientas, servicios, opiniones, personas, recursos y actividades que le sean útiles en el proceso de aprendizaje. Dicho entorno debe tener en cuenta las diferentes modalidades de formación, facilitar el aprendizaje a lo largo de vida del estudiante y permitir la incorporación de las nuevas tecnologías. Desde un punto de vista tecnológico puede definirse como un *framework* de integración que incorpora tecnologías 2.0, da soporte a la interacción con otros contextos formativos, facilita la integración y compatibilidad con sistemas existentes (como repositorios y LMS) y aporta sistemas para el seguimiento de los estudiantes en forma de guía de evidencia de la actividad realizada”.

3.5.3. Características

Una vez que se ha definido el concepto de PLE, es necesario considerar cuáles son sus características más representativas. Distintos autores proponen diferentes elementos que caracterizan los PLE, también denominados dimensiones de los PLE. Ante esta situación se elabora la Tabla 8, en la que las filas determinan las características y las columnas permiten observar que aportan los autores sobre ellas. Se citan a varios autores representativos, Downes, Wilson, Van Harmelen y Schaffert y Hilzensauer, aunque existen otros que también inciden en estos aspectos (Adell & Castañeda, 2010; Verpoorten et al., 2009), pero no se han incluido todos en la tabla debido a su extensión. No todos los autores se centran en todas las características ni es obligatorio que un PLE las incorpore.

Tabla 8. – Listado-resumen de las características de los PLE según diferentes autores

Característica/Autor	Downes (2010)	Wilson (2008; 2007)	Van Harmelen(2006)	Schaffert & Hilzensauer (2008)
Agregación	Dar la posibilidad al usuario de almacenar su contenido y recuperar el mismo de otros repositorios, administrarlo y explotarlo	Debe tener herramientas para la recopilación de contenidos	-	-
Organización	Diferenciación, clasificación de contenidos, agrupación, etc.	Debe tener herramientas para la administración de contenidos	-	-
Edición/Creación de contenidos	Capacidad para editar o crear contenidos y proporcionar espacios para esta labor	Debe tener herramientas para la edición de contenidos	-	-
Propiedad y protección de datos	-	Aunque pueden incluirse contenidos propietarios, en este contexto se suelen incluir contenidos abiertos y en formatos como <i>blogs</i> o <i>wikis</i>	-	Promueve la creación, oferta y uso de recursos abiertos
Difusión/Socialización	Difusión de contenidos a través de comunidades virtuales, redes sociales, y otras herramientas colaborativas, y consideración de su valoración, retroalimentación, caracterización, etc.	Los PLE, además, de en un contexto personal deben tener la posibilidad conectarse a redes sociales, comunidades virtuales y otro tipo de contextos globales	Los usuarios deben poder intercambiar información, contenidos y colaborar con otros usuarios durante su formación	Se comparten recursos, de muchos tipos, también se contemplan elementos de distintos ámbitos, fuentes, grupos, en lo que se denomina el bazar del <i>eLearning</i>
Personalización	El usuario tiene que tener capacidad de decidir las herramientas a utilizar, así como de ser responsable de su uso	Puesto que se trata de un entorno personalizado e individualizado el contexto no va a ser homogéneo para todos los usuarios, sino que estos pueden decidir cómo verlo. Para ello se proporciona a los usuarios un conjunto de servicios que pueden utilizar para conseguir y/o facilitar la consecución de sus objetivos	El entorno debe facilitar interfaces para la personalización por parte del usuario	El usuario debe poder cambiar la estructura, <i>look & feel</i> , elegir actividades, contenidos, etc.
Escalabilidad	-	Gracias a la estructuración en servicios los PLE son fácilmente escalables, más aún con la incorporación de soporte a la interoperabilidad	Los PLE son abiertos, pueden crecer a partir de otras aplicaciones, pero con la necesidad de considerar alternativas interoperables	-
Control	Los estudiantes toman sus propias decisiones		Los usuarios tienen el control y, además, son los responsables de determinar qué herramientas pedagógicas incluyen para lograr sus objetivos	Considera que el control pedagógico lo debe tener el discente, pero esto puede desembocar en problemas
Conectividad	-	Centrado en la coordinación de conexiones entre los usuarios y los servicios	Con otras instituciones y entornos para garantizar el uso de la herramienta durante toda la vida. Se pueden establecer diferentes tipo de conexiones y se debe contemplar el trabajo <i>online</i> y <i>offline</i> , así como la conexión con dispositivos móviles	Conexión con otras instituciones, grupos, etc.
Interoperabilidad	-	Debido a que los PLE no se cifan a la institución, se hace necesario adoptar estándares y especificaciones de interoperabilidad para abrirse a otros contextos	Necesidad de uso de estándares de aprendizaje y de interoperabilidad para garantizar la portabilidad del sistema y contenidos	-
Relaciones	Relaciones simétricas o bidireccionales ya que el usuario puede intercambiar y consumir contenidos	Relaciones simétricas, en las que el usuario puede tanto consumir recursos como ser el proveedor de los mismos	-	Se considera que el usuario debe de ser no solo consumidor sino proveedor y definen el “ <i>prosumer</i> ”

Para poder entender la tabla es necesario determinar a qué se refiere cada una de las características incluidas como filas de la misma:

- Agregación. Uso de herramientas que permitan la recopilación de materiales de diferentes tipos para su utilización como fuentes en el proceso de aprendizaje.
- Organización. Herramientas que permiten realizar acciones sobre los contenidos como la clasificación, agrupación, diferenciación, extracción de metadatos, etc.
- Edición/Creación de contenidos. Herramientas para poder crear y modificar contenidos para ponerlos disponibles para otros usuarios.
- Propiedad y protección de datos. Determinar cómo el PLE contempla la temática de los derechos de autor de los contenidos.
- Difusión/Socialización. Cómo el PLE facilita al usuario la difusión de los datos y la conexión con herramientas sociales que permitan su enriquecimiento y planteamientos constructivistas.
- Personalización. Referida a la capacidad que el usuario tiene de modificar el entorno según sus necesidades o preferencias, de forma que se centre en el usuario y no en un entorno global impuesto por la institución.
- Escalabilidad. Capacidad del entorno personalizado para ampliarse y evolucionar ante las nuevas realidades que aparezcan.
- Control. Responsabilidad pedagógica en el proceso de aprendizaje, es decir, quién determina cómo se aprende, con qué herramientas, etc.
- Conectividad. Capacidad para conectarse con otros entornos, contextos e instituciones. Por ejemplo, si un PLE puede conectarse con un LMS, con un repositorio de contenidos o puede accederse a través de un dispositivo móvil. También se contempla aquí el modo en que se accede al PLE en sí, si es a través del escritorio, de la Web, etc.
- Interoperabilidad. Capacidad del PLE de interactuar con otros sistemas sin necesidad de complejas adaptaciones. Debe considerarse la aplicación de especificaciones tanto a nivel de contenidos como de funcionalidades.
- Relaciones. Tipo de relación de los usuarios del PLE con otros usuarios.

De la Tabla 8 se puede extraer que los PLE deben aportar a los usuarios libertad, autonomía y control sobre su aprendizaje. El usuario debe ser el receptor del aprendizaje y debe ser capaz de personalizar el entorno de manera que se adapte mejor a sus necesidades. Además, se debe proveer herramientas que permitan la adquisición, gestión y difusión del contenidos, que en su mayor parte serán abiertos. También debe facilitarse el uso de herramientas sociales para la adquisición de

conocimientos. Desde un punto de vista de interacción, es necesario que los PLE favorezcan la conectividad con la mayor cantidad de instituciones y contextos posibles, para lo que se debe tener en cuenta el uso de estándares de interoperabilidad para garantizar la portabilidad del sistema. En cuanto a su estructura, los PLE deben estar estructurados en servicios o en componentes modulares portables que puedan distribuirse al antojo del usuario, lo que posibilita, además, incorporar nuevos elementos.

3.5.4. Qué herramientas utilizar para implementar los PLE

Una vez se ha definido qué son los PLE, sus características y los diferentes tipos de implementaciones que se pueden llevar a cabo, se considera qué herramientas facilitan la construcción de estos entornos de aprendizaje. En este apartado se hace un resumen de las herramientas, pero para más información consúltese el Apéndice A.

De cara a la definición construcción de entornos personalizados de aprendizaje, además de considerar la construcción desde cero de los mismos, existen herramientas que facilitan esta labor:

- Portales web y contenedores. Portales que proporcionan al usuario un espacio que pueden personalizar y en el que pueden incluir aplicaciones provistas por los propios portales o por terceros. Por ejemplo: *iGoogle* (<http://www.google.com/ig>), *MyYahoo* (<http://my.yahoo.com>), *Elgg* (<http://www.elgg.com>), etc.
- *Widgets*, *portlets* y contenedores. Conjunto de “miniaplicaciones” portables e independientes que pueden utilizarse en diferentes contenedores y que en ciertas ocasiones pueden comunicarse con otras para llevar a cabo un cometido o proporcionar una funcionalidad determinada. Por ejemplo, *Apache Wookie (Incubator)* (Wookie, 2009), *Netvibes* (<http://www.netvibes.com>), *Liferay* (<http://www.liferay.com>), etc.
- Plataformas de aprendizaje. LMS que se abren a la inclusión de herramientas y facilitan una personalización (generalmente conducida por la institución) de los entornos de aprendizaje del usuario. En estos casos el usuario solo va a poder utilizar aquellas aplicaciones que se pongan a su disposición desde el ámbito institucional. Por ejemplo: *Moodle* (<http://www.moodle.org>), *Blackboard* (<http://www.blackboard.com>), *Sakai* (<http://sakaiproject.org>), *LRN* (<http://openacs.org/projects/dotlrn/>).
- Sistemas de porfolio digital. Entornos que proporcionan información del usuario

y de sus logros. En muchas ocasiones se combinan con LMS y además facilitan la incorporación de otras aplicaciones que el usuario puede personalizar y utilizar en su aprendizaje. Por ejemplo, *Mahara* (<http://www.mahara.org>), *MyStuff* (<http://mystuff.anniesland.ac.uk/>), etc.

- Entornos sociales. Comunidades virtuales y redes sociales que podrían incluir herramientas de aprendizaje personalizables según las necesidades del usuario. Por ejemplo, *Facebook* (<http://www.facebook.com>).

3.5.5. Qué herramientas se pueden incluir en un PLE

Los tipos de elementos que compongan el PLE determinan en gran medida la potencialidad de este y la forma cómo los usuarios interactúan con el mismo.

En (Adell & Castañeda, 2010) se considera que un PLE básico debe tener tres elementos esenciales: 1) Herramientas y estrategias de lectura: las fuentes de información a las que se accede y que ofrecen dicha información en forma de objeto o artefacto (mediatecas); 2) Herramientas y estrategias de reflexión: los entornos o servicios en los que se transforma la información (sitios en los que se escribe, se comenta, se analiza, se recrea, se publica); y 3) Herramientas y estrategias de relación: entornos donde el usuario se relaciona con otras personas de/con las que aprende.

Desde una perspectiva tecnológica se consideran tres grupos de herramientas:

- De acceso a la información: sitios de publicación, repositorios y bases de datos de audio, vídeo, multimedia, objetos de aprendizaje estandarizados, lectores de RSS, sitios de noticias, portales de información específica, repositorios *OpenCourseWare*, etc.
- De creación y edición de información: *Wikis*, *suites* ofimáticas de escritorio y en red, herramientas de mapas mentales, herramientas de edición de audio, de vídeo, creación de presentaciones, mapas conceptuales, cronogramas y en general cualquier tipo de artefacto informacional.
- De relación con otros: herramientas de red social o de las que emerge una red. Dentro de estas se dividen en función de su propósito:
 - La relación se da a través de objetos de información (textos, vídeos, fotografías, etc.) que publican los usuarios y en donde el interés radica en aprender de dichos objetos.
 - La relación se basa en la comunicación de lo qué se hace y se aprende fuera del entorno, esto es, se pone el énfasis en compartir sitios,

experiencias y recursos para aprender.

- Relaciones con otras personas, de forma que el aprendizaje es producto de la interacción entre personas.

Wilson (2008) hace una clasificación de las herramientas en:

- Herramientas de *chat* y mensajería.
- Herramientas para la creación de grupos y comunidades.
- Herramientas de temporalización y gestión de tareas.
- Herramientas para la agregación de noticias.
- Herramientas de publicación web.
- *Software* social.
- Herramientas de autor.
- Herramientas de integración.

Existen otras clasificaciones debidas a diversos autores (Casquero, Portillo, Ovelar, Romo, & Benito, 2008; Milligan, 2006) pero todas mantienen estos elementos comunes. Cabe destacar que algunos autores consideran fundamentales otras herramientas:

- Herramientas de *ePortfolio* para la gestión de los logros y el alcance del aprendizaje (Attwell, 2007a; Sclater, 2008).
- Herramientas de ejecución de diseños de aprendizaje (Muñoz, Muñoz, & Delgado, 2010; Peret et al., 2010; Wild et al., 2009).

Además de estas herramientas, la flexibilidad de los PLE hace que puedan incorporarse otras, para garantizar así el crecimiento y la evolución de este tipo de entornos.

3.6. Conclusiones

En este capítulo se ha explorado el panorama de las herramientas utilizadas en el *eLearning*. Se ha incidido especialmente en las plataformas de aprendizaje tradicionales, las tecnologías que facilitan su apertura y los PLE.

Los LMS se han establecido como los entornos formales de aprendizaje y, a pesar de que no se utilicen todas su herramientas o no se usen correctamente, han satisfecho algunas de las necesidades de instituciones, profesores y estudiantes. Sin embargo, la socialización, la aparición de las tendencias 2.0, la aplicación de la normativa de convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior (en el que cobra una especial importancia al *lifelong learning*) y sobre todo el fallo en las expectativas en

cuanto a lo que los LMS iban a proporcionar, hacen que estos entornos se encuentren, cuanto menos, cuestionados.

Tras analizar los LMS se ha observado que aportan un conjunto amplio de herramientas, que permiten gestionar usuarios, cursos, actividades de aprendizaje, recursos, visualizar todo este tipo de contenidos, etc. ¿Pero realmente favorecen el aprendizaje?, ¿qué piensa el estudiante? ¿utiliza este solamente los LMS para aprender a través de Internet o usa también otras herramientas? Es evidente que los LMS proporcionan un conjunto de servicios de aprendizaje (utilizados o no), pero sin embargo este tipo de soporte tecnológico no es el único empleado en el contexto del *αLearning*. Esa modalidad formativa, cuyo objetivo es el aprendizaje del discente, independientemente del soporte tecnológico utilizado por el usuario para aprender, considera el uso de diferentes tecnologías, facilita el acceso al aprendizaje desde diferentes contextos y dispositivos. Esto supone que las herramientas utilizadas tienen que ser flexibles, escalables y preparadas para satisfacer las necesidades de aprendizaje de cada estudiante.

Los LMS necesitan evolucionar, necesitan abrirse, dejar salir información y funcionalidad y dejar entrar otras, cambiar el modelo que se estaba planteando y dejar paso a la personalización del aprendizaje. Los LMS no deben desaparecer pero sí adaptarse a modelos más flexibles, reorientarse y convivir con los entornos personalizados de aprendizaje, los PLE.

¿Pero cómo conseguirlo? Para ello existen propuestas basadas en arquitecturas orientadas a servicios y estándares y especificaciones de interoperabilidad. Estas deben explorarse de cara a plantear una propuesta adecuada y eso es lo que se lleva a cabo en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 4. – Interoperabilidad entre LMS y PLE: Estado del arte

Con este capítulo se pretende esclarecer cuál es el estado de la cuestión con respecto a la interoperabilidad entre dos contextos tecnológicos que representan diferentes perspectivas del aprendizaje soportado por las TIC. Es decir, cómo los LMS son capaces de abrirse para la exportación de información e interacción así como para la incorporación de nuevas funcionalidades; y cómo los PLE pueden integrarse con ese tipo de entornos de cara a facilitar la comunicación entre contextos más vinculados al ámbito institucional y otros más adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes. Esa interoperabilidad puede abordarse de diferentes formas y debe considerar no solo la comunicación, sino también la información intercambiada, cómo se representa dicha información, cómo es posible acceder a otros contextos y cómo mantener la seguridad en este tipo de intercambios.

Para describir esto el capítulo explora el estado del arte acerca de la interoperabilidad entre LMS y PLE, para lo que se ha utilizado una metodología de revisión documental *Systematic Literature Review* (SLR - descrita en el Capítulo 1). La primera sección introduce el planteamiento del estado del arte. La segunda se refiere a cómo se aplica la metodología SLR en esta tesis, para lo que se determinan los criterios seguidos y se aportan datos cuantitativos sobre los resultados. Se especifican aspectos como las preguntas de investigación a las que se quiere contestar con el estado del arte, las fuentes a consultar, los criterios de búsqueda utilizados, los criterios de aceptación o rechazo de los artículos y un resumen cuantitativo referente a los documentos consultados. En el tercer apartado se observan cada uno de los resultados divididos por una serie de preguntas de investigación y se aportan unas conclusiones para cada una de esas secciones. Para finalizar se ofrecen unas conclusiones generales para el capítulo.

4.1. Introducción

Hasta el capítulo actual se ha podido observar como el contexto tecnológico en que se mueve el usuario afecta de forma relevante a los procesos de aprendizaje. La aplicación a las TIC ha tenido importancia como en otras áreas, aunque quizás no la esperada. Además, se habla de una revolución en cómo y qué tecnologías se aplican al aprendizaje pasando del *eLearning* a lo que en esta tesis se ha denominado *αLearning*. Para poder afrontar dicha revolución son fundamentales las herramientas tecnológicas y ahí es donde juegan un papel protagonista los LMS pero, como se ha discutido anteriormente, necesitan evolucionar, y una forma de hacerlo es tener presente lo qué significa e implica el concepto de PLE.

Los PLE suponen una oportunidad de gestionar el aprendizaje para buscar una mayor efectividad en el proceso. Sin embargo, en ningún caso deben concebirse como sustitutos de los LMS (Adell & Castañeda, 2010). Los LMS no están muertos, ni deben desecharse debido a (Sclater, 2008): 1) Su estrecha vinculación con las diferentes instituciones para facilitar labores administrativas y de gestión; 2) Permiten el manejo eficiente de grupos, contenidos, de acceso privado a espacios institucionales, entrega de actividades, etc.; 3) Aportan componentes para mantener la información de los usuarios e integrar esta con *portfolios*; 4) Permiten controlar con mayor facilidad el acceso a los contenidos, así como la calidad e integridad de estos (propiedad intelectual, respeto a los derechos de autor, etc.); 5) Los usuarios están acostumbrados a una única interfaz; 6) Técnicamente tiene una mayor complejidad mantener un sistema de varios elementos web distribuidos; y 7) Se puede realizar un seguimiento de la actividad del estudiante con mayor exactitud y facilidad.

A estas razones se puede añadir que: 1) Se trata de una herramienta plenamente asentada que ha resuelto gran cantidad de los conflictos iniciales y tiene un bagaje de funcionamiento de entorno a diez años (Prendes, 2009); 2) Es una opción tecnológica suficientemente conocida por el usuario, lo que facilita una utilización eficiente y que minimiza peligros relativos a cambios (Sclater, 2008); y 3) Es una estrategia tecnológica en la que se ha hecho una inversión representativa por parte de las instituciones, tanto en cuanto a dinero como en cuanto a tiempo de formación y de desarrollo de contenidos para estas plataformas (Wexler et al., 2008).

Por todas estas razones se puede observar que los LMS, desde una perspectiva institucional, son útiles y funcionales. Consecuentemente los LMS han de tenerse en cuenta al definir los PLE. Estos entornos personales tienden puentes para abrir las murallas de las instituciones educativas al mundo exterior (Attwell, 2007b), por tanto,

es fundamental establecer soluciones que permitan integrar los mundos institucionales y no institucionales, es decir, la formación formal, no formal e informal.

La integración de las actividades académicas y no académicas en el contexto institucional incrementa la efectividad de los sistemas de *eLearning* mediante la construcción de un conocimiento compartido y flujos de trabajo automatizados (Hussein, Alaa, & Hamad, 2010). De hecho muchos de los desafíos tecnológicos relativos a los PLE implican su integración con los entornos institucionales de aprendizaje (Martindale & Dowdy, 2010).

Sin embargo, esto no es una tarea sencilla debido, entre otras razones, a: 1) Las dificultades que presentan los LMS en cuanto a la integración de estándares (Sclater, 2008); 2) La integración de las actividades formativas en los PLE no es adecuada debido a que se conciben para su representación, calificación y su seguimiento en otro tipo de plataformas (Palmér, Sire, Bogdanov, Gillet, & Wild, 2009); 3) Problemas de trazabilidad de la actividad del usuario en los PLE y su posterior reflejo en el entorno formal (Põldoja & Laanpere, 2009); 4) Acceso individual a varias herramientas (Martindale & Dowdy, 2010; Severance et al., 2008); y 5) Problemas de seguridad de la información (Casquero et al., 2010).

En este capítulo se va a hacer un revisión bibliográfica sistemática o SLR (metodología ya descrita en el Capítulo de Introducción) para determinar las experiencias existentes en este sentido, los principales avances y las deficiencias que pueden encontrarse en el proceso, así como para poder aventurar nuevas y futuras líneas de investigación (Kitchenham & Charters, 2007). Es por ello que en los siguientes apartados se describen los resultados de dicha aplicación.

4.2. Planificación de la revisión

Antes de comenzar la planificación de la revisión es necesario considerar la idoneidad de la misma. Es una realidad que PLE y LMS están coexistiendo, con lo que deben estudiarse las posibilidades de integración. Las razones para utilizar un SLR en este ámbito son especialmente dos: 1) Existe gran cantidad de información acerca de los PLE, especialmente en *blogs* y presentaciones, que en muchos casos repiten conceptos de otros autores sin citarlos y ofrecen una dudosa calidad. Generalmente estas publicaciones se centran en el concepto de PLE, algo que se da por superado a tenor de los trabajos de diferentes autores (Adell & Castañeda, 2010; Attwell, 2007b; Casquero et al., 2010; Downes, 2010; van Harmelen, 2006; Wilson et al., 2007). Se debe realizar un filtrado de estas publicaciones y más aún de aquellas que van más

allá de la definición del concepto de PLE; y 2) Aunque existe alguna revisión sistemática de las publicaciones de PLE (Buchem, Attwell, & Torres, 2011), la orientación de esta revisión (principalmente en lo que respecta a las preguntas de investigación) y la metodología que sigue no se corresponden con las necesidades que se han expresado en la sección anterior.

4.2.1. Protocolo de revisión

En este apartado se describe el protocolo de revisión seguido, para lo que se presentan las preguntas de investigación planteadas, las estrategias de búsqueda que se siguen, los criterios de inclusión y exclusión de trabajos, los criterios de evaluación de la documentación recopilada y qué información se va a extraer inicialmente de cada trabajo.

4.2.1.1. Preguntas de Investigación

Uno de los pasos fundamentales a la hora de determinar qué se pretende revisar lo constituyen las preguntas de investigación (*research questions*). O lo que es lo mismo, aquello que el investigador se pregunta y trata de averiguar. En este caso, y puesto que la revisión está enmarcada en una tesis doctoral, se hacen una serie de preguntas relevantes para la misma que es congruente con la argumentación de la introducción de este capítulo.

Dichas preguntas son las siguientes:

1. ¿Existe interacción entre los LMS y los PLE?, y si existe ¿cómo se lleva a cabo?
2. ¿Cómo se están utilizando las especificaciones de interoperabilidad entre PLE y LMS?
3. ¿Cómo se representa la información intercambiada entre LMS y PLE?
4. ¿Cómo se puede acceder a la funcionalidad e información de los PLE desde otros contextos?
5. ¿Cómo se garantizan la seguridad de las transacciones con los servicios web y en los PLE?

En cuanto a la primera pregunta es necesario estudiar las diferentes alternativas de interacción entre PLE y LMS y qué tipo de implementaciones se llevan a cabo. Si solo se intercambia información o también interacción y en qué dirección se realiza el flujo de información desde el LMS hacia el PLE, al revés o de forma bidireccional.

Respecto a la segunda pregunta, se tiene en cuenta que las especificaciones de interoperabilidad son una alternativa para la apertura de los LMS y, por tanto, es

necesario observar qué implementaciones hay disponibles de las especificaciones de interoperabilidad existentes y cuáles se encuentran relacionadas con PLE y LMS, sus principales ventajas y sus limitaciones.

La tercera pregunta incide en la forma cómo se representa la información intercambiada entre PLE y LMS, es decir, cómo se accede a ella, se visualiza, se interacciona con las diferentes funcionalidades, etc.

La cuarta pregunta está orientada hacia los nuevos contextos desde los que se puede acceder a la información, en especial hacia los diferentes contextos desde los que se puede acceder o con los que se puede definir un PLE.

Para finalizar, y puesto que la interacción entre LMS y PLE involucra transacciones con datos en muchas ocasiones “sensibles”, es necesario tener información de cómo se puede garantizar la seguridad de estos intercambios de información.

4.2.1.2. Estrategia de búsqueda

Para la búsqueda de documentación se ha realizado una selección de diferentes fuentes relativas al ámbito de los PLE y LMS, sobre las que se han empleado procedimientos manuales y automáticos de búsqueda. Los materiales seleccionados fueron:

- Revistas científicas electrónicas y en papel.
- *Proceedings* de conferencias y *workshops*.
- Informes de proyectos relativos al tema de investigación.
- Informes técnicos de instituciones de investigación.
- *Blogs* de expertos.
- Consulta a expertos en la materia.
- Búsquedas en motores como Google Scholar (<http://scholar.google.com>).

Estas fuentes se consultaron en algunos casos manualmente y en otros a través de búsquedas de términos en las páginas de las propias fuentes. Para una relación más detallada de las fuentes se puede observar la Tabla 9, que incluye las revistas y *proceedings* más representativos en los que se asienta esta revisión bibliográfica. Debe mencionarse que en ocasiones ciertos artículos no se obtuvieron a partir de las búsquedas, sino al realizar una revisión de la propia bibliografía de los artículos más relevantes.

Tabla 9. – Algunas de las fuentes documentales consultadas

Fuente consultada
<i>Journal of Universal Computer Sciences</i> (JUCS) (http://www.jucs.org/)
<i>International Journal of Virtual and Personal Learning Environments</i> (IJVPLE) (http://www.igi-global.com/journal/international-journal-virtual-personal-learning/1134)
<i>Interactive Learning Environments</i> (ILE) (http://www.tandf.co.uk/journals/titles/10494820.asp)
<i>Science Direct Journals</i> (http://www.sciencedirect.com/)
<i>Digital Education Review</i> (http://greav.ub.edu/der/index.php/der)
<i>IEEE Internet Computing</i> (http://www.computer.org/portal/web/computingnow/internetcomputing)
<i>Journal of eLearning and Knowledge Society</i> (Je-LKS) (www.je-lks.it/)
<i>International Journal of Knowledge Society Research</i> (IJKSR) (http://www.igi-global.com/journal/international-journal-knowledge-society-research/1180)
<i>International Journal of Knowledge and Learning</i> (IJKL) (http://www.inderscience.com/browse/index.php?journalCODE=ijkl)
<i>IEEE Transactions on Learning Technologies</i> (TLT) (http://www.computer.org/portal/web/tlt)
Proceedings de conferencias específicas basadas en PLE como <i>PLE Conference</i> (2010-2011) o MUPPLE (<i>Mash-Up Personal Learning Environments</i>) (2008-2010)
Proceedings de otras conferencias significativas como ICALT (<i>International conference on Advanced Learning Technologies and Technology-enhanced Learning</i>), ICERI (<i>International Conference of Education, Research and Innovation</i>), DEXA (<i>Database and Expert Systems Applications</i>), WSKS (<i>World Summit on the Knowledge Society</i>) y TECHEDUCATION (<i>Technology Enhanced Learning, Quality of Teaching and Education Reform</i>)
Google Scholar – <i>Academic Google Searcher</i> (resultados asociados a revistas y conferencias proporcionados por el buscador)
Publicaciones e informes de los proyectos europeos ROLE (<i>Responsive Open Learning Environments</i> - http://www.role-project.eu/), PELICANS (<i>Personal E-Learning in Community And Networking Spaces</i>), iCamp (http://www.icamp.eu/), LUISA (<i>Learning content management system Using Innovative Semantic web services Architecture</i> - http://www.luisa-project.eu/www/) TenCompetence (http://tencompetence-project.bolton.ac.uk/) y de otros como Mahara (http://www.mahara.org), SAPO Campus (http://campus.ua.sapo.pt/), CAMPUS (http://www.campusproject.org/), SUMA (http://www.ines.org.es/suma), entre otros

Se realizaron búsquedas en español y en inglés. Los términos utilizados en las diferentes búsquedas dependen de la pregunta de investigación a responder, aunque en muchos casos son comunes. Se buscan especialmente los siguientes términos:

- *Personal Learning Environment* (o su acrónimo), bien de forma aislada o combinado con LMS (o alguna de las múltiples acepciones que se dan a las

plataformas de aprendizaje, para más información véase el capítulo anterior). Estos términos están enfocados a responder las preguntas 1, 2, 3 y 4 (ya que pueden aportar información acerca de la interconexión LMS-PLE, sobre el uso de especificaciones, sobre cómo representar la funcionalidad externa en PLE y LMS y cómo proveer información acerca del acceso a los contenidos desde contextos externos).

- Interoperabilidad, bien de forma aislada o combinada con *eLearning*, LMS (y sus otros acrónimos) y/o PLE. Estos términos sirven para responder las preguntas 2 y 3 (especialmente por su relación con la interoperabilidad y porque esta puede condicionar las formas de representar información) aunque también podrían influir en la el resto (si considera otros aspectos relativos a la comunicación PLE-LMS).
- *Mobile Personal Learning Environment* o *mPLE*, que se orienta especialmente para obtener información que responda a la pregunta 4 (al abrir el ámbito de los entornos personalizados a su consulta desde otros entornos).
- Interacciones seguras, interoperabilidad y seguridad, servicios web seguros, combinados con términos como PLE, LMS y sus derivados, que ayuda a responder la pregunta 5 y aporta información útil para las pregunta 1 y 2 (en el caso de que hable de cómo interaccionan LMS y PLE o si menciona alguna especificación de interoperabilidad).

4.2.1.3. Criterios de inclusión y exclusión de documentos de investigación

De todos los documentos que incluían los términos mencionados en el apartado anterior hubo algunos que se incluyeron y otros que no. Los criterios de inclusión fueron:

- Contemplar alguno o varios de los términos mencionados anteriormente según los tópicos expuestos en las preguntas de investigación, presentar una estructura adecuada y aportar algún tipo de iniciativa de implementación.
- Contemplar alguno o varios de los términos mencionados anteriormente según los tópicos expuestos en las preguntas de investigación, presentar una estructura adecuada y aportar unas conclusiones coherentes desde un punto de vista tecnológico, pedagógico o metodológico.
- Hacer una revisión crítica de alguno o varios de los términos mencionados anteriormente según los tópicos expuestos en las preguntas de investigación.

Por su parte, los criterios de exclusión fueron:

- Artículos que, aunque consideran los términos buscados, no estaban bien

fundamentados (en base a datos o a referencias bibliográficas) a excepción de los *blogs* de expertos.

- Artículos que incluían los términos mencionados, pero solo para definir de nuevo el concepto de PLE.
- Artículos que versaban sobre el tema e incluían los términos, pero no en el sentido expresado en las preguntas de investigación (por ejemplo hablaban de PLE y LMS pero no contemplaban de ninguna manera su coexistencia, la evolución de uno a partir del otro, etc.).

4.2.1.4. Criterios para la evaluación de la calidad de la documentación recopilada

De cara a evaluar la adecuación de la documentación recopilada es necesario establecer una escala de valoración. La escala elegida va del 1 al 5 y se ha llevado a cabo según los siguientes criterios.

- a) Se incluyen datos como resultado de la experimentación (5).
- b) Se llevan a cabo implementaciones de los conceptos (4).
- c) Se realiza una revisión bibliográfica crítica de los temas contemplados (3).
- d) Se plantean modelos teóricos para abordar el problema concreto (2).
- e) Se realiza una revisión bibliográfica descriptiva (sin realizar aportaciones ni comparativas) de forma expositiva del estado de la cuestión (1).

La evaluación de los artículos se ha llevado a cabo por el investigador de esta tesis y los directores, con lo que cada uno de los documentos revisados tiene la nota media de las notas asignadas por estos revisores. En función de esa nota se ha dado mayor relevancia a los conceptos expuestos por algunos documentos que a otros.

4.2.1.5. Información a extraer y forma cómo se realiza la síntesis de dicha información

En cuanto a la información a recoger de cada uno de los documentos incluidos en la revisión se recopila una referencia completa del artículo y una descripción de menos de 70 palabras de los aspectos relevantes del mismo con respecto a la investigación desarrollada. Del análisis de esta información y la lectura de los artículos considerados como fundamentales deben responderse las preguntas y llevar a cabo una descripción de los resultados obtenidos.

4.3. Resultados de la revisión bibliográfica

Entre la bibliografía considerada se han consultado en torno a 450 documentos (entre revistas, artículos, *proceedings*, libros, informes de investigación e informes de

proyectos). De estos 222 incluyen los términos buscados (107 relacionados con los PLE y la representación de la información; 81 relacionados con especificaciones; 10 que reflejan la relación LMS y PLE; 10 relacionados con arquitecturas orientadas a servicios y PLE; 14 relacionados con la seguridad y estos entornos de aprendizaje. Esta distribución se observa en la Figura 36). De esos documentos 148 cumplen con las condiciones de búsqueda, pero solamente se han tenido en cuenta artículos con una media, en cuanto a los criterios de calidad, superior a 2. Finalmente se han considerado 14 documentos con una valoración mayor 4 y menor o igual que 5, 38 con una valoración mayor que 3 y menor o igual que 4 y 15 con una valoración mayor que 2 y menor o igual que 3 (Figura 37).

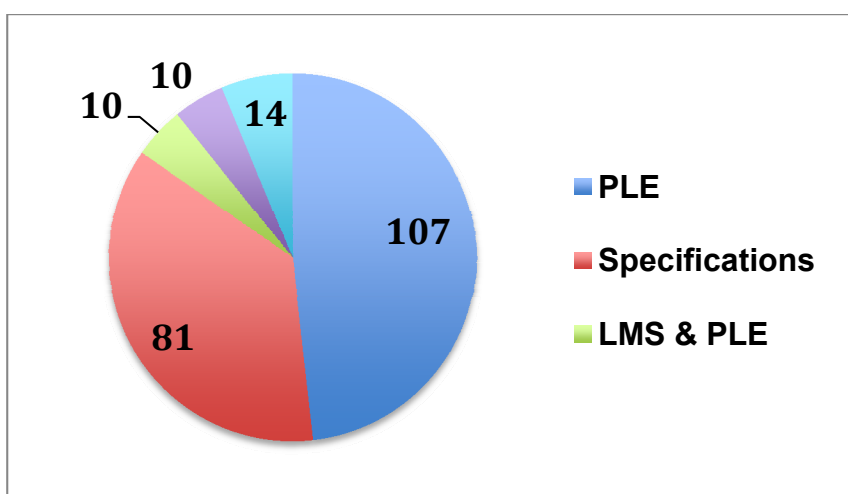


Figura 36. – Distribución de los artículos que incluyen los términos de búsqueda distribuidos por categorías

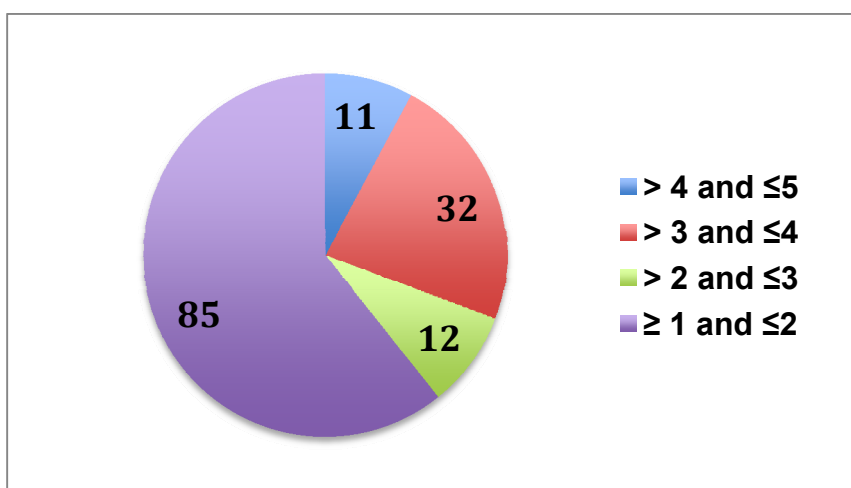


Figura 37. – Distribución de los artículos que cumplen con las condiciones de búsqueda según su valoración

Una muestra de los documentos con una valoración superior a 2 se observa en la Tabla 10. Cada entrada en la tabla consta de una referencia, el título, una pequeña descripción y la valoración que se le ha dado al documento.

Tabla 10. – Muestra de alguno de los artículos utilizados con su referencia, descripción y evaluación

REF	Título	Descripción	Valor
(Wilson et al., 2007)	<i>Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems</i>	Plantea el modelo dominante en los sistemas de aprendizaje y el modelo que suponen los PLE y cómo pueden convivir	3,6
(van Harmelen, 2006)	<i>Personal Learning Environments</i>	Lleva a cabo una descripción de lo qué es un PLE, sus principales características y una revisión de varios ejemplos de PLE, varios de los cuales no tienen en cuenta la interacción con el LMS	2,6
(Martindale & Dowdy, 2010)	<i>Personal Learning Environments</i>	Descripción de los PLE, ejemplos útiles y críticos y aseveraciones acerca de que, desde un punto de vista técnico, la integración entre LMS y PLE es una oportunidad de evolución y revisa alguna aportación en ese sentido	2,6
(Casquero et al., 2010)	<i>iPLE Network: an integrated eLearning 2.0 architecture from University's perspective</i>	Utilizan <i>iGoogle</i> , <i>gadgets</i> y <i>widgets</i> <i>Open Social</i> como base para la definición de un PLE que tiene en cuenta a la institución, puesto que se define en el ámbito de esta y se aportan servicios, con información sobre ella. La interacción con el LMS se realiza para exportar servicios, sin embargo, esta no va a ser bidireccional ni refleja interacción	4
(Fontenla et al., 2009b)	Una Arquitectura SOA para sistemas de <i>e-Learning</i> a través de la integración de <i>Web Services</i>	Presenta una revisión de las alternativas de integración de herramientas en un LMS y plantea una arquitectura que parte de cero y facilita este tipo de integraciones	4
(Alario-Hoyos et al., 2010)	<i>Integration of External Tools in Virtual Learning Environments: Main Design Issues and Alternatives</i>	Revisión crítica de los principales aspectos a considerar en cuanto a la integración de herramientas externas en los LMS y una posible clasificación de estas integraciones en función de diferentes factores	3

A continuación se muestran de forma descriptiva los resultados que se obtienen para las preguntas de investigación.

4.3.1. Integración entre PLE y LMS

Para las cuestiones “¿Existe la interacción entre los LMS y los PLE?, y si existe ¿cómo se lleva a cabo?”, la respuesta es que esta interacción sí existe, aunque no es algo que todos los autores tengan en cuenta. Algunos de ellos sí lo hacen y esto es lo que se aborda en el presente epígrafe.

De cara a considerar las diferentes iniciativas, se tiene en cuenta la aproximación de (Wilson et al., 2007) en la que se proponen tres posibles escenarios de coexistencia entre LMS y PLE: 1) Existencia de PLE y LMS en paralelo, donde el primero es el responsable de la formación formal y el segundo de la informal; 2) Los LMS abren sus

estructuras para establecer medios de interoperabilidad con los PLE; y 3) Los LMS incluyen elementos de los PLE. Este último escenario limita el poder de transformación de los PLE, es decir, que los estudiantes puedan decidir que herramientas utilizar.

Otro posible conjunto de estrategias para la evolución de los entornos institucionales hacia contextos personalizados, que está muy relacionado con el escenario 2 de la clasificación anterior, es el propuesto en (Hermans & Verjans, 2009): 1) Abrir los límites institucionales a las tecnologías 2.0. Para ello se pueden publicar contenidos y recursos en diferentes medios (en forma de vídeos, enlaces, presentaciones, *blogs*, noticias, etc.), tener presencia en entornos sociales como LinkedIn o Facebook, o animar a los profesores y tutores a incorporar fuentes externas de información que enriquezcan el conocimiento de los actores del entorno institucional; 2) Proporcionar a los usuarios no solo información y servicios públicos, sino también información y servicios personalizados mediante RSS y otros estándares; y 3) Introducir en el LMS un espacio personalizado en el que el usuario pueda añadir contenidos, aplicaciones, etc. Este espacio puede ser compartido y no tiene que considerarse únicamente a nivel de usuario, sino que puede estar definido en el ámbito del curso, programa, etc.

Dadas estas clasificaciones, y puesto que Hermans y Verjans (2009) consideran especialmente la apertura del LMS, se distribuyen las diferentes iniciativas según los escenarios planteados en Wilson y otros (2007), por ser más acordes con la pregunta de investigación planteada.

De las estrategias comentadas, de aquellas correspondientes a la coexistencia entre el LMS y el PLE (caso 1) pueden citarse muchas iniciativas, pero solamente se van a comentar algunas de las más representativas, ya que no compete directamente al ámbito de la presente investigación.

Dentro de este escenario cabe considerar todas aquellas tendencias relacionadas con la definición de PLE como un conjunto de herramientas diferentes que el usuario utiliza para aprender, sin necesidad de que estas se encuentren en el mismo contexto o, lo que es lo mismo, que estén agrupadas mediante el uso de alguna plataforma o algún *framework* (Adell & Castañeda, 2010; Attwell, 2007b; Downes, 2010). En este caso es el usuario el que realiza las actividades de “integración” y conduce el uso de las herramientas, con lo que como tal no se requieren canales de comunicación entre ellas.

Dentro también de este escenario se engloban aquellos casos en los que el PLE está centralizado en un determinado cliente, plataforma o *framework*, a continuación se muestran varias de estas iniciativas.

Wild y otros (2009) proponen el desarrollo de un prototipo (denominado *MUPPLE – Mash-UP Personal Learning Environment*) basado en una arquitectura orientada a servicios y dividida en tres capas. La primera de ellas es una capa que garantice la interoperabilidad de los datos mediante RSS/Atom (Harvard, 2003) o SQL (*Simple Query Interfaces*) (CEN/ISSS, 2004), posteriormente se incluye una capa con servicios para la recuperación, mediación o seguimiento en las actividades de gestión y una última capa que represente las aplicaciones. Sobre esta arquitectura se define el PLE, sobre la base de un sistema de representación de aplicaciones en forma de portal (*XoMupple*) y mediante el uso de *iFrames* (W3C, 1999a). Este sistema dispone de un lenguaje de interacción denominado LISL (*Learner Interaction Scripting Language*) (Wild et al., 2008) que facilita las relaciones del usuario, la herramienta y los contextos formativos. El modelo propuesto es adecuado, pero el uso de *iFrames* plantea problemas relativos a la interacción entre varios dominios y adolece también de falta de ciertas funcionalidades, especialmente en el área de privacidad de datos y colaboración (Al-Zoube, 2009).

Muñoz y otros (2010) hablan de la introducción de la orientación a servicios en el ámbito del *eLearning* como algo fundamental, porque se facilita de esta forma la apertura y evolución de los LMS. Proponen, además, una solución en la que el usuario puede combinar herramientas 2.0, servicios en forma de *widgets* y actividades *eLearning* conducidas a través de diseños de aprendizaje según especificaciones como IMS LD (IMS-GLC, 2003). El planteamiento es válido y escalable al utilizar arquitecturas orientadas a servicios, aunque no tiene en cuenta los LMS.

Otro tipo de planteamiento es el de *PLEF (Personal Learning Environment Framework)* (RWTH-Aachen, 2008). Se trata de un *framework* que permite la creación de *mash-up* por agregación (unir contenidos) y por integración (importar actividades de otras aplicaciones a través de servicios web). Sin embargo, en estos últimos se dan problemas para la integración, interoperabilidad y mediación al tratarse de distintos tipos de servicios, problemas resueltos con el uso de servicios web semánticos (Chatti et al., 2009).

Otro tipo de PLE es el definido en el *Chandler project* (OSAF, 2007). Se trata de un PLE de código abierto de tipo web que se organiza gracias a una gestión del candelario y de las tareas. Consiste en una aplicación de escritorio, una aplicación web y un conjunto de servicios de copia de seguridad y compartición de contenidos. *Chandler* se construye como una herramienta para la mejora de la productividad, pero sin embargo tiene muchas de las características de un PLE (Johnson et al., 2006;

Martindale & Dowdy, 2010). Por ejemplo, *Chandler project* permite que el usuario decida qué herramientas usa para trabajar, además de un grupo de herramientas coordinadas y gestionadas a través de correo electrónico y el calendario; facilita la colaboración entre usuarios para la realización de tareas; posibilita la coordinación de actividades; etc. No obstante, esta herramienta no está pensada para su aplicación en el aprendizaje y, aunque proporciona medios de colaboración, no incluye unas herramientas educativas comunes y no hay forma de registrar la actividad de cada usuario más allá de los resultados que este quiera proporcionar (lo que puede suponer un coste muy elevado a la hora de evaluar la actividad en grupos grandes).

Otro ejemplo de PLE que funciona como herramienta integradora es *LogbookPLE* (Corlett, Chan, Ting, Sharples, & Westmancott, 2005). Se trata de un cliente de escritorio que consta de tres componentes principales el *host*, el almacén y los *plugins*. El *host* es el encargado de coordinar un conjunto de *plugins* formados por diferentes aplicaciones (procesador de textos, navegador, cliente de *chat*) y con soporte a servicios externos (LMS, noticias, *blogs*). Por otro lado, se tiene un almacén de información que recibe los *logs* de la actividad y los planes de aprendizaje a través de un *plugin*. Por último, los *plugins* representan las diferentes aplicaciones que el usuario puede añadir al PLE. A través de los *log* de uso de las aplicaciones y los objetivos de aprendizaje asociados se establece una organización del proceso de aprendizaje que el usuario puede manipular en función de aquellos objetivos que considere más prioritarios (Chan, Corlett, Sharples, Ting, & Westmancott, 2005). Este tipo de iniciativas busca centralizar de algún modo el registro de las acciones del usuario más que la interacción entre las aplicaciones o la integración de los LMS en un sistema más amplio.

Como cliente de escritorio también debe mencionarse *PLEX* (University-of-Bolton, 2005), que consiste en un PLE extensible a través de diferentes tipos de *plugins* y de varias API que se comunican mediante servicios web. Su principal objetivo es facilitar la gestión de las relaciones entre usuarios que aprenden en diferentes comunidades concurrentes y posibilitar a los estudiantes configurar y mantener las aplicaciones que ellos consideran convenientes para su proceso de aprendizaje, independientemente de los entornos institucionales en los que estén involucrados. Para conseguir este objetivo proporciona un sistema de gestión de usuarios, un sistema de gestión de recursos y un sistema de gestión de actividades. Las actividades están formadas por usuarios y recursos (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006).

En una línea similar a los sistemas basados en la agregación anteriores, pero centrada en el establecimiento de un punto de acceso único y un entorno de intercambio de

información, se encuentran iniciativas como los contenedores de aplicaciones, como puede ser *Elgg* (<http://www.elgg.org>). Se trata de una red social de código abierto que proporciona un *framework* robusto con el que construir todo tipo de entornos sociales. *Elgg* proporciona herramientas de *blog*, *ePortfolio*, gestión y etiquetado de recursos y redes sociales, especialmente orientadas hacia el ámbito educativo. Además, también aporta componentes para la regulación de permisos en cuanto al acceso a los diferentes aspectos del sistema. Se utiliza en multitud de PLE dada su versatilidad, facilidad de extensión mediante *plugins*, y apertura hacia otros sistemas a través de una API de servicios web (Razavi & Iverson, 2006). Existen experiencias para la conexión con otros LMS, como *Moodle* con el que se comunica a través de *MNET* (*Moodle Network*, sistema que proporciona la plataforma de aprendizaje, basado en XML-RPC) (ELGG, 2010). Los mayores inconvenientes son la dificultad para la inclusión de elementos del LMS y la falta de reporte de la actividad del estudiante en el entorno formal.

Pueden citarse otros PLE a partir de contenedores de aplicaciones y *widgets*, pero en la mayor parte de los casos carecen de conexión con el LMS: *My Yahoo* (<http://espanol.my.yahoo.com/>) (Al-Zoube, 2009; Godwin-Jones, 2009); *Windows Live* (<http://home.live.com>) (Godwin-Jones, 2009); *NetVibes* (<http://www.netvibes.com/es>) (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Santos & Pedro, 2009; Torres et al., 2008; Tu, Blocher, & Gallagher, 2010); *GoogleWave* (<http://wave.google.com>) (Palmér et al., 2009; Wilson, Sharples, Griffiths, & Popat, 2009); *Afrous* (<http://www.afrous.com>) (Palmér et al., 2009); *G.ghost* (<http://ghost.cc>) (Palmér et al., 2009); *EyeOs* (<http://eyeos.org>) (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009); etc. En esta relación no se incluyen ciertas herramientas como *iGoogle* (<http://www.google.com/ig>) o *Apache Wookie* (*Incubating*) (Wookie, 2009) ya que se introducen posteriormente debido a tienen en consideración herramientas de integración de cara a concretar los PLE. En cualquiera de los casos estos elementos pueden utilizarse como base de definición de herramientas personalizadas de aprendizaje. Para más información de estas herramientas de integración, así como de las que pueden incluirse en los PLE consúltase el Apéndice A.

Por último, debe mencionarse también *Colloquia* (Liber, 2002), que ya se comentó como uno de las iniciativas precursoras de los PLE. Se trata de una aplicación *software* que una vez instalada permite crear grupos de trabajo en distintos contextos o proyectos. Estos contextos permiten compartir recursos, mensajes, herramientas de gestión de proyectos, etc. Puede entenderse como un PLE basado en la interacción y

conversación (van Harmelen, 2006), aunque se mantiene como el resto al margen del LMS.

Una vez analizado el primer escenario de integración de Wilson y otros (2007), se va a considerar el segundo, donde los LMS abren sus estructuras para la interacción e interoperabilidad con los PLE. A continuación se comentan algunas de las iniciativas que podrían englobarse dentro de esta perspectiva.

Casquero y otros (2008) proponen un modelo que se asienta sobre *iGoogle* y sus *gadgets*, para definir una red corporativa personalizada de aprendizaje. Proponen un PLE denominado *MeMeTeka* (<http://www.memeteka.net>), creado sobre *iGoogle*. Este incluye un grupo de *widgets* determinados y configurados (que pueden tener información institucional), incluye *gadgets* (*widgets* propios del contexto *iGoogle*) y *widgets Open Social* para la gestión referente al entorno social. Utilizan *Google App Engine* (<http://code.google.com/intl/es-ES/appengine/>) para detectar elementos comunes y manejar la inteligencia colectiva, y REST para la comunicación entre servicios. A pesar de ser un prototipo, es una buena iniciativa de apertura e interacción entre los entornos formales e informales. El principal problema es que abren canales de comunicación pero no de interacción, además de no aportar soluciones para problemas de seguridad, de acceso en un único entorno, etc.

Existen también iniciativas derivadas de las plataformas de aprendizaje que permiten conectar estas con entornos sociales. De esa forma se puede definir un PLE formado por un elemento concentrador de aplicaciones, *hub*, conectado con otros sistemas entre los que está el LMS (Torres et al., 2008). Como ejemplo de esto se puede citar *Blackboard Sync*¹, desarrollado por la plataforma de aprendizaje propietaria y que facilita información del LMS en Facebook. En concreto se le aporta información al estudiante acerca de: noticias de sus cursos, notificaciones de nuevo material disponible y contenido *posteado*, notificación sobre nuevas notas publicadas, listados y mapas organizativos del curso; asimismo se le proporciona al usuario la posibilidad de establecer comunicación a través de *Facebook* con los compañeros del campus. Este tipo de comunicación con el LMS, sin embargo, no supone exportar información dentro de la red social, sino que simplemente se aportan notificaciones, *links* a áreas concretas de la plataforma y un sistema para evitar la autenticación ante el cambio de contexto.

¹ <http://kb.blackboard.com/display/SYNC/Blackboard+Learn+for+the+Facebook+Platform>

Debe tenerse también en consideración el *Manchester PLE* (van Harmelen, 2009). Se trata de un entorno personalizado de aprendizaje que integra un conjunto de facilidades para dar soporte al aprendizaje formal e informal. El sistema provee una red social integrada con perfiles de usuario, grupos, *blogs*, foros, espacios de aprendizaje y facilidades para la realización de tareas. Los espacios son lo suficientemente flexibles para que el usuario los pueda utilizar de manera que satisfagan sus necesidades formativas. También se aportan facilidades para que se pueda establecer una integración entre los PLE y los entornos institucionales, para ello propone un protocolo basado en HTTP denominado VPTP (*Virtual Personal Transfer Protocol*) (van Harmelen, 2006, 2008). Este planteamiento tiene el problema del uso de protocolos propios en lugar de protocolos de comunicación estándar, ya que el que proponen no se utiliza en otras iniciativas además de en esta plataforma, con lo que la interoperabilidad se da exclusivamente desde y hacia ella.

Peret, Leroy y Leprêtre (2010) proponen una arquitectura que permita la integración de servicios mediante el uso de diversos protocolos como REST o SOAP, lo que hace más sencillo la transmisión de información. Para ello implementa un *Enterprise Service Bus* que sirve de medio de intercambio de diferentes tipos de aplicaciones y a su vez permite obtener información de distintas fuentes como *Moodle*, *CopperCore*, etc. El planteamiento es adecuado pero no incide en como se establece la comunicación con el LMS en sí, sin embargo si plantea escenarios sobre *Coppercore*¹ mediante un *blog* y a través de la generación de interacción entre ellos.

Es también destacable la existencia de diferentes propuestas en las que una herramienta de portfolio, como *Mahara*, sirve como herramienta integradora del entorno institucional con otros entornos (Moccozet et al., 2011; Salinas, Marín, & Escandell, 2011). En este caso el LMS se integra con la herramienta de portfolio digital que a su vez permite la inclusión de otro tipo de herramientas. De esta forma se introduce un mediador que facilita la integración de los diferentes ambientes. El problema principal de este enfoque es que las soluciones son muy específicas y que la introducción de un elemento mediador complica la comunicación.

Se debe mencionar también la incorporación de iniciativas basadas en servicios de las plataformas de aprendizaje, como por ejemplo en *Moodle* (Conde et al., 2010b), *Blackboard* (Godwin-Jones, 2009; Severance et al., 2008), *Sakai* (Dagger et al., 2007) o .LRN (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008) entre otros; que facilitan su integración en

¹ Motor de ejecución de diseños de aprendizaje para la especificación IMS-LD. <http://coppercore.sourceforge.net/>.

arquitecturas orientadas a servicios y la apertura de las mismas a un nuevo conjunto de funcionalidades. Mediante estos medios es posible el uso de la información y el establecimiento de vías de comunicación entre los LMS y los PLE. Sin embargo, esto no implica necesariamente un intercambio de interacción, ya que la comunicación se da esencialmente en un único sentido. Para conseguir esto, con el objeto de facilitar el intercambio de interacción y no solo de información entre las plataformas y otras herramientas, así como de proporcionar soluciones válidas para diferentes herramientas y contextos, deben utilizarse implementaciones de especificaciones y estándares de interoperabilidad como las revisadas por Severance (2008) (y descritas en el capítulo anterior), entre las que destacan: IMS LTI (IMS-GLC, 2007b), SAML(OASIS, 2002), WSRP (OASIS, 2003a), *Power Links* (Blackboard, 2008), estándares Java (Chabert et al., 1998; SUN, 2003b), OSIDs de OKI (OKI, 2002), *IMS Learning Design* (IMS-GLC, 2003), *Learning Activity Management* (LAMS, 2002), etc. Algunas plataformas que dan soporte a este tipo de iniciativas son (IMS-GLC, 2011a): *Moodle*, *Sakai*, *Atutor*, *Blackboard*, *Angel*, *OLAT*, *Desire2Learn*, etc. Las experiencias relativas al empleo de estas especificaciones de interoperabilidad se ven más detalladamente en el apartado correspondiente a la siguiente pregunta de investigación.

Respecto al tercer escenario propuesto por Wilson y otros (2007), la apertura de los LMS para la introducción de herramientas, existen bastantes experiencias e iniciativas. No obstante, debe tenerse en cuenta que en este caso la personalización del entorno está limitada por las posibilidades que el contexto institucional proporciona. Es decir, el estudiante puede personalizar su aprendizaje con un conjunto limitado de aplicaciones. A continuación se citan algunas de ellas.

Asensio-Pérez y otros (2008) proponen un LMS denominado *Gridcole*. Esta plataforma de aprendizaje permite, mediante un sistema integrador y una herramienta de autor basada en *scripts*, determinar qué herramientas utilizar para complementar el aprendizaje del LMS mediante la definición de un *mash-up* con ellas. De esta forma el usuario del LMS puede utilizar las herramientas como soporte a las actividades. El principal inconveniente es que aunque se le da cierta libertad al usuario, la propuesta es altamente institucional, de manera que el usuario no pueda determinar la forma cómo personalizar su aprendizaje.

Wilson y otros (2009) proponen la integración de *gadgets* de *Google Wave* sobre *Wookie* e integrar estos dentro de una plataforma de aprendizaje. De lo que se trata es de proporcionar servicios síncronos que se salgan del ámbito del LMS y puedan ser

incluidos en otras aplicaciones. El modelo planteado busca establecer una alternativa a los contextos educativos institucionales, pero en ningún momento considera la interacción de los *widgets* con la plataforma de aprendizaje, ni provee medios para poder evaluar la actividad de los estudiantes al usar estas nuevas herramientas.

Al-Zoube (2009) aporta una solución que consiste en la definición de un nuevo LMS que incorpora servicios basados en elementos de la nube, como *Google Docs* o *iGoogle* y utiliza además agentes inteligentes para añadir elementos pedagógicos y estudiar la forma en que adaptar el aprendizaje al estudiante, es decir, adaptar las actividades a las necesidades del estudiante. El mayor inconveniente que presenta este modelo es tener que partir de cero para definir un LMS, al obviar la importancia que tienen hoy en día plataformas de aprendizaje como *Moodle*, *Blackboard*, *Sakai*, etc.; sin tener en consideración la posible resistencia al cambio de instituciones que ya tuvieran adoptadas estas plataformas y hubieran realizado importantes inversiones en ellas.

Verpoorten (2009) va más hacia la personalización basada en el análisis de las acciones de los usuarios según los *logs*. Utiliza para ello una arquitectura basada en capas. En dichas capas se analiza la información de los *logs* de una plataforma de aprendizaje, en este caso *Moodle*, y se devuelve información que se presenta y visualiza por parte del usuario. Este tipo de planteamiento difiere de los anteriores y puede utilizarse para mostrar al usuario una cosa u otra en función de sus acciones. Entre sus inconvenientes destaca que realmente no utiliza canales estándares para interactuar con el LMS y que el usuario no tiene capacidad de determinar qué quiere ver o hacer, todo sigue girando en torno al curso y la institución.

La Fuente-Valentin y otros (2008) se plantean la integración de herramientas en un LMS como es *.LRN* (<http://openacs.org/projects/dotlrn/>). En concreto en función de actividades IMS LD, mediante LISL (*Learner Interaction Scripting Language*) (Wild et al., 2008) como lenguaje de integración, MUPPLE (mencionado anteriormente) y un conjunto de herramientas, se realizan actividades personalizadas para los estudiantes. En este caso, al igual que en los anteriores, el discente no tiene capacidad de decisión con lo que la personalización del aprendizaje se minimiza.

Fontenla, Caeiro y Llamas (2009b) revisan los posibles tipos de integración de herramientas externas en los LMS, de forma que clasifican los LMS en: monolíticos y sin capacidad de evolución, los monolíticos con soporte a extensiones (*plugins*), los que permiten una integración suave sin interacción con el LMS y aquellos que facilitan la integración fuerte con interacción y mayor control con respecto a la plataforma de

aprendizaje. Plantean posteriormente una arquitectura que facilita un nuevo modelo de negocio en el *eLearning* que garantice una integración fuerte de herramientas. Para ello proponen un sistema para la extensión del modelo de datos de la plataforma, extensión de componentes y extensión de interfaces; complementado con un protocolo de gestión de autenticación, de gestión de instancias, de sesiones y de interacción. El modelo es válido pero supone la definición de un nuevo concepto de LMS, con los inconvenientes que esto conlleva (ya comentados), además dicho sistema sigue sin estar centrado en el usuario sino en la institución y el curso.

Alario-Hoyos y Wilson (2010) revisan algunas de las arquitecturas de integración existentes y las comparan. Entre otras presentan *GLUE!* (*Group Learning Unified Environment*) (GSIC, 2010), arquitectura que define contratos REST para una integración ligera de diferentes herramientas en los LMS. Esta arquitectura consta de un adaptador de LMS (definido para la interacción e instanciación de herramientas en el mismo), un almacén de aplicaciones integrables denominado *GLUElet Manager Store*, que incluye información de cómo instanciarlas y adaptadores para las herramientas que se desea integrar. Lo que se pretende en este caso es la integración de un amplio conjunto de herramientas con los LMS, a la vez que se mantiene la estructura de roles y permisos existentes en el LMS, sin embargo, no se aporta capacidad de personalización al usuario, sino que es el profesor el que determina qué herramientas se integran y supone definir adaptaciones específicas para cada nueva herramienta y LMS.

Severance, Hardyn y White (2008) estudian la problemática de la evolución de un LMS hacia el PLE. Tanto estos autores como Booth y Clark (2009) consideran que el LMS debe convertirse en un contenedor capaz de albergar aplicaciones de diferentes tipos. Este tipo de ideas se incorporan en los proyectos *SOCKET*¹ (*Service-Oriented Consumer Kit for ELF Tools*) y *WAFFLE*² (*Wide Area Freely Federated Learning Environment*). Además, en (Booth & Clark, 2009) se plantea una plataforma de aprendizaje escalable y orientada a servicios denominada *SOVLE* (*Service-Oriented Virtual Learning Environment*). Los profesores pueden personalizar el entorno de aprendizaje con un conjunto de herramientas que satisfagan sus necesidades. Además, los usuarios pueden elegir entre diferentes interfaces que mejor respondan a sus necesidades. Entre los inconvenientes de este PLE está que los estudiantes no pueden determinar qué herramientas utilizar (aunque sí las interfaces que más les

¹ http://www.agbooth.com/SOCKETSite/www.socketelf.org_8080/eldg/socket/index.html

² <http://www.elearning.ac.uk/features/socket>

convienen) y que supone la creación de un LMS de cero.

Alario y otros (2010) realizan un estudio de cuáles son las principales características y alternativas a la hora de integrar aplicaciones externas en el los LMS. En este estudio observan como varias de estas alternativas pasan por la definición de un nuevo LMS y su integración en las instituciones, lo que supone que no tenga mucha aceptación. Como ejemplos se tienen algunos de los casos anteriores, además de DARE (*Distributed Activities in a Reflective Environment*) (Bourguin & Derycke, 2001), Symba (Betbeder & Tchounikine, 2003), Pelican (Vélez-Reyes, 2009), LearnWeb2.0 (Abel, Marenzi, Nejd, & Zerr, 2009), que están especialmente preparados para la integración de herramientas, pero como suponen empezar de cero se descartan en muchos casos. Dentro de este estudio, además, se realiza una clasificación de la bibliografía existente en función de si las herramientas integradas se eligen con un determinado propósito o en función de su popularidad; con dependencia de si se conectan a través de métodos bien asentados para reducir la complejidad de la integración; si la integración es específica y, por tanto, se pueden adaptar mejor a las necesidades del LMS o es superficial y de este modo pueden integrar en varios LMS; o si proporcionan API para la integración con un único LMS o con diferentes LMS, en ocasiones basados en una misma tecnología o diferentes.

Por último, no debe olvidarse que la mayor parte de los LMS son extensibles mediante sus propios mecanismos como *Moodle Modules and Plugins* (Moodle, 1999), *Sakai Collaboration Community* (Sakai, 2005), *Blackboard extensions* (Blackboard, 2000), etc. En cualquier caso, estas extensiones son soluciones específicas para un LMS determinado y, aunque fomentan la incorporación de herramientas en el entorno institucional, su portabilidad es realmente escasa y está limitada a una plataforma de aprendizaje, en ocasiones a una versión concreta de la misma (excepto en aquellas extensiones que se incorporan especificaciones de interoperabilidad para tal cometido).

Discusión de las iniciativas de interacción entre los LMS y los PLE

Es evidente, tras esta revisión bibliográfica, que la interacción entre los LMS y los PLE existe y es necesaria. Los LMS no van a desaparecer y es necesario un giro en la forma de aprender y enseñar que se adapte a las necesidades específicas de los estudiantes.

En cuanto a cómo integrar este tipo de herramientas existen diferentes posibilidades que Wilson y otros (2007) clasifican en tres tendencias de las que a continuación se aportan algunas conclusiones.

La primera de las opciones se refiere a la convivencia de ambas herramientas y complementariedad de las mismas. Esta estrategia presenta ventajas, como por ejemplo, que no es necesario preocuparse de problemas de autenticación en distintos contextos, seguridad de los datos, ni necesidad de integración. El usuario tendría dos contextos, uno institucional para en el aprendizaje formal y otro informal. Sin embargo, no es efectiva en muchas circunstancias, ya que el usuario tiene que acceder a dos sitios diferentes, lo que distrae su atención, y hace que tengan que conocer dos herramientas. También se debe considerar que no existe un contexto que recoja el aprendizaje formal, informal y no formal, sino que se localizan en espacios independientes, sin que sea posible considerar la actividad del usuario en el espacio informal dentro del contexto formal, ni introducir elementos formales en el informal. Este tipo de coexistencia hace que la herramienta pierda potencialidad y, aunque permite la personalización del aprendizaje, es muy complicado mantener una evidencia de la actividad del usuario a lo largo de su vida. Respecto a las otras dos posibilidades, que sí que consideran la interacción y están más alineadas con el objetivo de esta tesis, se resumen las diferentes aportaciones en la Tabla 11, donde se observa las iniciativas existentes respecto al segundo escenario propuesto por Wilson y otros (2007), referido a la apertura de los LMS a entornos como los PLE. No son muchas las iniciativas al respecto debido a las dificultades que las instituciones ponen a la apertura del entorno de aprendizaje y a que el *software* no está preparado para proponer nuevas vías de comunicación. Este último caso, sin embargo, se ha solventado con la incorporación de los servicios web y los diferentes protocolos para su implementación. Con la aparición de dichos servicios se facilita la interacción entre herramientas con independencia de su implementación y, por tanto, se abre la posibilidad de comunicar el LMS con entornos como los PLE. Aún así, los canales a establecer no deben ser meras vías comunicadoras de información, sino que deben intercambiar interacción y para ello es necesario adoptar especificaciones de interoperabilidad. En cuanto a las experiencias en este sentido, se puede considerar que son bastantes las plataformas que dan soporte a los servicios web como medio de interacción (como puede observarse en el apartado anterior). Sin embargo, la mayoría de las veces se utilizan para exportar la información y no para su integración. Además, esta posibilidad de intercambio información supone la aparición de algunas problemáticas relativas a la seguridad de los datos, la autenticación y la autorización, por lo que es necesario introducir nuevos protocolos para securizar las transacciones (que se comentan más adelante). Como se observa en la Tabla 11 solamente algunas definiciones de LMS a partir de cero consideran estas características en la comunicación, iniciativas como SOVLE (Booth & Clark, 2009).

Tabla 11. – Distribución de trabajos en función de los escenarios de Wilson y otros (2007) y de las características de las propuestas consideradas

	Escenario 2 de Wilson y otros. Los LMS abren su estructura para comunicarse con los PLE	Escenario 3 de Wilson y otros. Integración de elementos del PLE
Vías de comunicación unidireccionales	(Casquero et al., 2010), (Torres et al., 2008), (van Harmelen, 2006, 2008), (Peret et al., 2010), (Moccozet et al., 2011), (Salinas et al., 2011), (Conde et al., 2010b) (Godwin-Jones, 2009), (Dagger et al., 2007), (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008)	(Asensio-Pérez et al., 2008), (Verpoorten et al., 2009), (Abel et al., 2009)
Vías de comunicación bidireccionales	(Booth & Clark, 2009)	(Fontenla et al., 2009b), (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), (Booth & Clark, 2009), (Vélez-Reyes, 2009)
Uso de servicios web	(Casquero et al., 2010), (Torres et al., 2008), (van Harmelen, 2006, 2008), (Peret et al., 2010), (Conde et al., 2010b) (Godwin-Jones, 2009), (Dagger et al., 2007), (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008)	(Fontenla et al., 2009b), (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), (Fontenla et al., 2009b), (Vélez-Reyes, 2009), (Abel et al., 2009)
Intercambio de información	(Casquero et al., 2010), (Torres et al., 2008), (van Harmelen, 2006, 2008), (Peret et al., 2010), (Moccozet et al., 2011), (Salinas et al., 2011), (Conde et al., 2010b) (Godwin-Jones, 2009), (Dagger et al., 2007), (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008)	(Asensio-Pérez et al., 2008; Fontenla et al., 2009b), (Al-Zoube, 2009), (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), (Bourguin & Derycke, 2001), (Abel et al., 2009)
Intercambio de interacción	(Booth & Clark, 2009)	(Fontenla et al., 2009b), (Booth & Clark, 2009), (Vélez-Reyes, 2009)
Uso de especificaciones de interoperabilidad	(Booth & Clark, 2009)	(Fontenla et al., 2009b), (Booth & Clark, 2009), (Vélez-Reyes, 2009)
Uso de protocolos de comunicación propios	(van Harmelen, 2006, 2008)	
Uso de un elemento mediador	(Peret et al., 2010), (Moccozet et al., 2011), (Salinas et al., 2011)	(Verpoorten et al., 2009), (Alario-Hoyos & Wilson, 2010)
El usuario no controla las herramientas a utilizar		(Asensio-Pérez et al., 2008), (Wilson et al., 2009), (Al-Zoube, 2009), (Fontenla et al., 2009b), (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), (Booth & Clark, 2009), (Bourguin & Derycke, 2001), (Betbeder & Tchounikine, 2003), (Vélez-Reyes, 2009), (Abel et al., 2009)
Definición de un LMS de cero que integre herramientas personales		(Asensio-Pérez et al., 2008), (Al-Zoube, 2009), (Fontenla et al., 2009b), (Booth & Clark, 2009), (Bourguin & Derycke, 2001), (Betbeder & Tchounikine, 2003), (Vélez-Reyes, 2009), (Abel et al., 2009)

Respecto a la tercera de las opciones, Wilson y otros (2007) hablan de la incorporación de herramientas externas dentro del PLE para definir entornos personalizados conducidos por la institución, esto, como ya mencionan estos autores, restringe la capacidad de adaptación del entorno de cara a la personalización del

usuario. En la Tabla 11 se observan algunas de estas iniciativas y sus características. En la mayor parte de ocasiones estas iniciativas se encuentra con problemas de integración real entre herramientas, incongruencias con el contexto, rigidez para la personalización por parte del estudiante, etc. Aquellas que mejor solventan estos inconvenientes son las que definen una plataforma de aprendizaje propia desde cero o a partir de algún desarrollo institucional anterior. Sin embargo, esto limita mucho el ámbito de uso de la solución, por lo que se aplica a contextos muy concretos.

También de la Tabla 11 se puede observar que son muy pocas las iniciativas que soporten ambos escenarios (que estén en ambas columnas de la tabla), es decir, que contemplen la apertura para la comunicación y la integración de herramientas. Esto es fundamental para la definición de soluciones que aborden la interoperabilidad entre PLE y LMS de forma completa. Tan solo algunas soluciones que definen nuevos LMS de cero lo hacen, pero restringen las herramientas a incorporar al estar controladas por la institución y no consideran plataformas existentes en las que se han realizado importantes inversiones en tiempo y dinero.

4.3.2. Uso de especificaciones de interoperabilidad en el contexto PLE – LMS

¿Cómo se están utilizando las especificaciones de interoperabilidad entre PLE y LMS? El concepto de interoperabilidad es algo que aparece ligado al concepto de PLE desde la concepción de este, como se demuestra en el primer artículo de Olivier y Liber (2001) acerca de los PLE, en el que se considera fundamental la comunicación entre los entornos institucionales y los PLE. Para ello proponen el uso de estándares como pueden ser IMS *Enterprise* (IMS-GLC, 2002) o IMS LIP (IMS-GLC, 2005b). A pesar de este pronto comienzo, y a que otros autores como Van Harmelen (2006), Wilson y otros (2007), Downes (2005), Milligan (2006), Schaffert y Hilzensauer (2008), Wild y otros (2009) con diferentes perspectivas de los PLE, consideran fundamental la interoperabilidad y el soporte a estándares (o como algunos lo llaman la compatibilidad entre sistemas). Este campo no ha sido especialmente explotado, al menos en lo que a la aplicación de estándares para la comunicación PLE-LMS se refiere.

A continuación se resumen las iniciativas más representativas que se han dado en cuanto al uso de especificaciones y estándares para garantizar la interoperabilidad entre LMS y PLE.

En algunas ocasiones estas iniciativas contemplan ámbitos y propósitos específicos, es decir, no están diseñadas a propósito como especificaciones de interoperabilidad,

sino que se centran en un contexto determinado como la interoperabilidad en cuanto al intercambio de contenidos, de información personal, de altas de usuarios, de roles, etc.

Un ejemplo puede verse con el trabajo de Olivier y Liber (2001). En él se propone por primera vez el concepto de PLE y se describe *Colloquia*, como la primera iniciativa basada en un sistema de aprendizaje distribuido que se fundamenta en la creación de contextos personalizados, grupos y correos. Este sistema considera la posibilidad de integrarse con otros mediante el uso de especificaciones, como por ejemplo IMS *Enterprise* para intercambiar información de alta de usuarios y roles, IMS LIP para recoger la información de usuario e IMS CP (IMS-GLC, 2007a) y SCORM (ADL, 2009) para la exportación de contenidos. Evidentemente este sistema no facilita como tal la interacción entre LMS y PLE en las diferentes actividades, sin embargo, ya contempla el uso de especificaciones como medio de intercambio de información.

Otro ejemplo es *MUPPLE*, que se basa en modelo arquitectónico multicapa donde la capa inferior se fundamenta en estándares como Atom, RSS y un conjunto de interfaces basadas en la especificación SQL, luego cuenta con una capa mediadora para agrupar y recuperar funcionalidad y un capa de representación en la que se utiliza un conjunto de *widgets* que se comunican mediante un lenguaje definido específicamente (Wild et al., 2009). Debe tenerse en cuenta que esta solución, aunque utilice especificaciones, en ningún momento considera la integración el LMS.

Iniciativas como el LMS *Gridcole* (Asensio-Pérez et al., 2008) (ya mencionada anteriormente) utiliza IMS-LD (IMS-GLC, 2003) como guía para la su organización estructural en un conjunto de herramientas y actividades de *eLearning*. En este caso se trata de un LMS creado específicamente como un iPLE, con lo que no es necesaria la interacción entre ambos sistemas. En este mismo sentido se puede considerar la iniciativa de De la Fuente y otros (2008) en que el LMS *.LRN*, mediante el uso de IMS-LD, *MUPPLE* y el lenguaje de comunicación de *widgets* que este incluye, representa actividades de aprendizaje complementadas con el uso de un conjunto específico de *widgets*. En este caso también la personalización es mínima ya que las aplicaciones que complementan el contenido están predefinidas. Si que existe integración entre LMS y PLE, aunque no comunicación, de forma que el reproductor del diseño instruccional lanza un un conjunto coordinado de *widgets* en función de lo especificado para la actividad LD.

También es bastante común encontrar iniciativas que basan su integración en el uso de sistemas de representación de información como *widgets*, *portlets*, etc. Estas iniciativas se potencian por un conjunto de proyectos como iCamp, Pallette,

TENComptence, LTfLL, LUISA o ROLE, y que han dado lugar a una tendencia en cuanto a la forma de crear PLE recogida en un *workshop* denominado MUPPLE. Entre otros artículos se pueden tener en cuenta los siguientes que consideran el uso de los *widgets* para la definición de los PLE (Casquero et al., 2008; Palmér et al., 2009; Põldoja & Laanpere, 2009; Wilson, Sharples, & Griffiths, 2008; Wilson et al., 2009). Todas estas iniciativas basadas en la agregación de mini-aplicaciones presentan un problema, que su interacción con los LMS suele ser mínima, muy específica y no en demasiados casos fundamentada en especificaciones o estándares.

También existen iniciativas relativas a la integración de LMS con sistema de *portfolio* para recoger la información del estudiante y en ocasiones proporcionarle herramientas diferentes a las existentes en el entorno institucional. En estos casos no suele existir comunicación entre el LMS y las herramientas, pero sí entre el LMS y el *portfolio*, dicha comunicación se suele basar en el intercambio de información personal del estudiante mediante especificaciones como LEAP2A (JISC-CETIS, 2011), formato soportado por *Moodle 2.0* para la integración de *portfolios* (Queirós, Oliveira, Leal, & Moreira, 2011).

A continuación se tienen en cuenta iniciativas que fomentan la interoperabilidad a diferentes niveles y no se limitan a un único contexto, ni solamente al intercambio de información o contenido, sino también de interacción. Por tanto, se considera la aplicación de estas especificaciones, descritas en el capítulo anterior, en contextos relativos a la integración de LMS y PLE.

Una de ellas es la especificación WSRP (*Web Services for Remote Portlets*) (OASIS, 2003b), a pesar de su potencialidad para facilitar la distribución de no solo servicios y sus representaciones, no ha sido especialmente explotada en diferentes implementaciones. Un ejemplo de uso de esta especificación se debe al trabajo de Booth y Clark (2006) en el que definen el bus *WAFFLE* que pretende ser un modelo de referencia para una arquitectura de aprendizaje orientada a servicios. En concreto se trata de definir una capa mediadora que permitiera la transferencia de servicios entre herramientas y plataformas de aprendizaje. Además, esa capa mediadora proporciona un sistema de doble *proxy*, que consta de un subsistema para transformar las funcionalidades de las plataformas en servicios de los componentes *software* involucrados en el sistema y otro, basado WSRP, para transformar las funcionalidades en *portlets* exportables a otros entornos. Además, plantean una implementación de este sistema en el LMS *Bodington* (Bodington, 2001).

Otra implementación que hace uso de WSRP es la integración de un conjunto de

aplicaciones educativas en *Sakai*. Dado que esta plataforma no tiene soporte a *portlets*, se integra en la misma una extensión que haga de WSRP *consumer* y sea, por tanto, capaz de recibir la representación de *portlets* distribuidos de forma remota. Se realiza una implementación de muestra aunque no se complementa con resultados (Yang et al., 2006).

También existen algunas implementaciones en diferentes portales contenedores de *portlets*, como *Liferay* (<http://www.liferay.com>), *OpenPortal* (<http://openportal.sourceforge.net/>), *eXo* (<http://www.exoplatform.com/>) o *Sharepoint* (<http://sharepoint.microsoft.com/>), que soportan la especificación en diferentes niveles (Yang, Wang, & Allan, 2007b) y algunas relacionadas con la definición de entornos de aprendizaje desde de cero (Conde et al., 2006b).

En cualquiera de estos casos, la especificación WSRP plantea diferentes problemas, algunos de ellos se solventan en la versión 2.0 de la especificación, como la comunicación entre *portlets* o el uso de especificaciones para securizar las transacciones, sin embargo, el mayor problema está en la falta de adopción por parte de los desarrolladores de plataformas de aprendizaje (Alario-Hoyos et al., 2010; Severance et al., 2008; Yang et al., 2006). Además, en el contexto PLE-LMS, WSRP proporciona una interfaz para la representación de *portlets* que puede utilizarse para definir un PLE, pero en ningún caso considera la comunicación con la plataforma en que se integran.

Otra especificación como *IMS Tools Interoperability* (IMS-GLC, 2006b) facilita (como se comenta en el capítulo anterior) la integración de herramientas externas en los LMS. No son muchas las implementaciones existentes de esta especificación, y de hecho este es uno de sus mayores limitaciones (Fontenla et al., 2009a). Una de las primeras es la realizada para la demostración durante la conferencia “alt-i-lab 2005” de la que se extrae la guía para la implementación de IMS-TI. Sin embargo, implementaciones reales vienen dadas por autores como Wang (2009) o como Chen (2008) y otros, que pretenden la integración entre un LMS (*MINE LMS*) y un conjunto de aplicaciones colaborativas, que se denominan *Learning Blog (LBlog)*, y que incluyen sistemas para la gestión de *blogs*, la gestión de grupos, el acceso a recursos, etc. Dichas implementaciones utilizan IMS TI, pero en ningún momento las dificultades que se han presentado a ese respecto. También en el Campus Project (Santanach, Casamajó, Casado, & Alier, 2007) se hace uso de IMS TI para lanzar desplegar y los módulos que integra esta iniciativa basada en los OSIDs OKI (OKI, 2002) y que se comenta posteriormente. Otro trabajo en este sentido se debe a Al-Smadi y Gütl (2010), que

proponen la elaboración de un sistema de evaluación de actividades *online* basado en una arquitectura SOA. Para la integración con otras herramientas proponen el uso de IMS-TI, pero sin embargo no provén ningún prototipo. Es evidente que son muy pocas las implementaciones que se han desarrollado de basadas en IMS-TI debido principalmente a lo complicado que resulta su integración.

Ante ese fracaso la especificación evoluciona en dos vertientes IMS LTI y su versión reducida IMS BLTI.

IMS LTI que facilita una integración robusta de herramientas de forma más ligera que la especificación anterior. Según Alario y Wilson (2010) IMS LTI permitirá la integración de diferentes aplicaciones, aunque mediante un tipo de integración fuerte (Fontenla et al., 2009b) generalmente implementada mediante servicios SOAP (aunque algunos servicios puedan basarse en REST). Uno de sus mayores problemas será que la implementación de esta especificación va a ser compleja, al tener que gestionar todos servicios de la especificación, diferentes URL, gestionar políticas de seguridad, etc. Sin embargo, esto supondrá una ventaja, que la comunicación entre los proveedores de servicios (*ToolProvider*, TP) y los consumidores (*ToolConsumer*, TC) será mucho más completa, de manera que se establecerán varias formas de interactuar y se podrá intercambiar información de diferente naturaleza (como los *outcomes*). LTI va a posibilitar la definición de un servicio de configuración adaptado a las necesidades específicas de cada herramienta, por tanto, se puede proporcionar un mayor grado de integración entre las actividades de aprendizaje y las herramientas. La gestión de grupos y usuarios en LTI se basará en direcciones, una dirección instancia un objeto TP, en esta especificación se proporciona un conjunto de direcciones en cada TP, con lo que podrán configurarse diferentes abstracciones del TP en función del usuario, grupo, curso, etc. Existen muy pocas implementaciones en este sentido debido en parte por su complejidad, entre ellas, deben considerarse aquellas realizadas en el contexto del Campus Project (Santanach et al., 2007) y la implementación de IMS LTI en herramientas como *Mediawiki* o *Wordpress* (UOC, 2010).

En cuanto a IMS BLTI puede también adaptarse a cualquier tipo de herramienta, pero la integración es ligera (Fontenla et al., 2009b), basada en servicios web y que utiliza OAuth como protocolo para la autenticación. Esto supone que sea más sencilla la implementación de TC y TP, aunque el intercambio de información entre ellos es menor y las herramientas están menos adaptadas a las necesidades específicas de las aplicaciones. BLTI solamente facilita la puesta en funcionamiento de una aplicación, la autenticación del usuario en ella, y su representación en un entorno de aprendizaje,

no hay intercambio de información (a menos que se utilice IMS LIS) entre las herramientas a integrar y el LMS, ni posibilidad de gestión de estas últimas. En BLTI el grado de configuración de las herramientas es menor, se basa en la información proporcionada inicialmente por el TC con lo que estos parámetros son fijos para cualquier TP. La gestión de grupos por parte de BLTI no está contemplada, y a cada TP solo se le proporciona una dirección (y, por tanto, una posible instancia), para poder llevarla a cabo es necesario implementar diferentes TP para diferentes grupos o usuarios y asignarles manualmente en el TC una dirección diferente a cada TP. Fontenla y otros (2011) añaden además que no es posible la gestión de los roles de los usuarios en las herramientas, ni tampoco la suscripción a eventos que se produzcan en estas. La integración de *outcomes* en BLTI mejora la comunicación entre TP y TC pero, según las versiones preliminares de la especificación, no va a suponer, sin embargo, el intercambio de gran cantidad de información, básicamente valores con la nota de los estudiantes al utilizar la aplicación.

Respecto a las implementaciones de BLTI se pueden considerar varias, como las desarrolladas en el Google *Summer of Code* y presentados en la conferencia Educause 2008 (Severance et al., 2010): *Tool Consumers* para *Sakai*, *Moodle* y *Angel Learning*, soporte mediante el uso de IMS Simple LTI e IMS CC de la integración de contenidos de repositorios como Pearson, McGraw-Hill entre otros, integración de *Cloudsocial* en el LMS como repositorio de contenido abierto que facilita la interacción de los estudiantes con otros usuarios y expertos, integración de diferentes herramientas en la Universidad de Michigan como un sistema de gestión de tareas de los estudiantes, integración de *Google Application Engine*, etc.

Fontenla, Pérez y Caeiro (2011) por su parte llevan a cabo una integración en un sistema de aprendizaje con soporte a televisión interactiva desarrollado ad-hoc en el ámbito del *Game-Tel Project*. En concreto se integran mediante el uso de BLTI un visor de vídeos de *YouTube* y de presentaciones de *Shildeshare*, *Mediawiki*, *Wordpress* y juegos como *e-Adventure games* y *GRADIANT games*. En este caso las mayores dificultades son aquellas debidas a las limitaciones de BLTI (ya comentadas), especialmente en lo que respecta a la creación de grupos, configuración del juego, especificación de los roles en el juego, etc.

Deben destacarse otras implementaciones como la que se presenta en los trabajos de Queirós y otros (2011), que integra una herramienta para resolver ejercicios de programación mediante el uso de BLTI. En concreto realiza una integración de dicha herramienta en *Moodle 1.9.9*, aunque plantea que sería deseable el uso de LTI para la

devolución de la evaluación del estudiante.

Por otro lado, Alier y otros (In press), parten del trabajo desarrollado durante el Google Summer of Code de 2008, en el que se integra *Google App Engine* en *Moodle* y se realiza un ejemplo de integración de *Google Docs* en forma de actividad. En este caso *Google Docs* se integra mediante BLTI como una actividad más dentro del LMS *Moodle*. Concretamente lo que se integra es una herramienta mediadora entre *Google Docs* y *Moodle*, que accede a la herramienta *Google Docs* pero mantiene la información sensible del usuario dentro del ámbito institucional y facilita la evaluación de las actividades por parte del formador desde la plataforma (algo que no está propiamente provisto en *Google Docs* ya que no es una herramienta educativa).

Es evidente que tanto las especificaciones IMS LTI como BLTI favorecen la definición de PLE, sin embargo, estas especificaciones están ceñidos al ámbito institucional, ya que es dicho organismo el que determina qué herramientas pueden integrar y utilizar el estudiante. IMS LTI facilita la comunicación de las herramientas con el LMS y una integración adecuada, aunque su implementación es muy compleja, mientras que BLTI facilita la definición de un iPLE mediante integración de herramientas, pero estas están menos integradas y, por tanto, no satisfacen del todo las necesidades de las instituciones.

Otra especificación a considerar es la propuesta por la *Open Knowledge Initiative* (OKI, 2002), que desarrolla una especificación para describir cómo los componentes de un sistema *eLearning* pueden comunicarse e integrarse con otros de cara a interactuar entre ellos según un modelo arquitectónico orientado a servicios. Esta especificación define un conjunto de servicios comunes a los entornos de aprendizaje y un conjunto de interfaces OSID que faciliten la implementación de dichos servicios y su posible agrupación para proporcionar funcionalidades comunes (para más información puede consultarse el capítulo anterior). Como ejemplo de este tipo de implementación puede observarse el proyecto Campus (<http://www.campusproject.org>), desarrollado por un conjunto de universidades e instituciones para la definición de un campus abierto con facilidad para incorporar funcionalidades de diferentes herramientas y aplicaciones, de forma que estas puedan ser accesibles desde otros contextos. En este proyecto se plantea una arquitectura basada en los OSID de OKI para los que se definiría un bus de comunicación e integración. Dicho bus facilita el acceso transparente a los servicios de diferentes plataformas de aprendizaje (como *Moodle* y *Sakai*) y la incorporación, también transparente, de otro tipo de herramientas que pueden ser útiles en los procesos educativos como: un sistema de soporte de videoconferencia, sistema de

mensajería instantánea, herramientas de evaluación e informe de resultados, corrección automática de problemas, integración de entornos virtuales 3D, herramientas de *portfolio*, *bookmarking*, *wikis*, *blogs*, etc. (Santanach et al., 2007).

Otras implementaciones de esta especificación son *Segue* (<https://segue.middlebury.edu/>) y *Concerto* (<https://segue.middlebury.edu/sites/concerto>), basadas en el *framework PHP Harmony* (Maxime-Bouroumeau-Fuseau, 2008) que implementa la mayor parte de los servicios de OKI. *Segue* es un sistema de gestión de contenidos de aprendizaje basado en una síntesis de herramientas como *wikis*, *blogs* y CMS tradicionales. Este sistema implementa OKI OSID para facilitar la apertura de los servicios que provee, así como la integración de nuevas actividades. *Concerto* por su parte es un sistema para la gestión de un repositorio de contenidos digitales (Franc, 2008).

Otra implementación destacable es la de *Agoravirtual* (<http://agoravirtual.es/>), una plataforma de aprendizaje abierta definida a partir de las experiencias de los docentes y suficientemente flexible como para adaptarse a las necesidades concretas de estos al llevar a cabo una actividad de aprendizaje. Se trata de una plataforma basada en la composición de módulos que se obtienen a partir una serie de servicios implementados según los OSID de OKI (Alfonso, 2006).

Este sistema es muy adecuado para entornos de aprendizaje definidos desde cero, pero la adaptación de plataformas y herramientas existentes es compleja ya que son muchos los servicios a considerar y refactorizar. Este tipo de iniciativas facilitan el establecimiento de canales estándares de interacción entre plataformas de aprendizaje y otras herramientas, de manera que la definición tanto de PLE como de iPLE sea sencilla. Sin embargo, su complejidad para adaptación y su falta de implementaciones supone que su éxito no haya sido el esperado.

Otras alternativas para la integración se deben a iniciativas comerciales, que al no poder extenderse a otros sistemas no han sido profusamente aplicadas como por ejemplo *Blackboard Powerlinks* (Blackboard, 2008).

Discusión acerca de la aplicación de especificaciones de interoperabilidad en el contexto PLE-LMS

El uso de especificaciones para facilitar la interoperabilidad entre los LMS y PLE es algo común y en continua evolución, para tratar de definir formas estandarizadas que faciliten la integración e interacción entre los LMS y los PLE. Es decir, formatos de interacción válidos para cualquier PLE o LMS.

En la actualidad existen gran cantidad de especificaciones que tratan de garantizar la interoperabilidad desde diferentes perspectivas en el ámbito del intercambio de información en contextos de aprendizaje. Por ejemplo, el intercambio de información personal de usuarios (IMS LIP, LEAP2A, etc.), intercambio de contenidos (IMS CP, SCORM, CC), intercambio de información de roles y de información para el alta de usuarios (IMS *Enterprise*), etc. Estas especificaciones se han definido para facilitar este intercambio de información, sin embargo, no suelen considerar más de un ámbito y ni la posibilidad de intercambiar interacción. Para solucionar estos problemas aparecen especificaciones específicas para garantizar la interoperabilidad. De las especificaciones de interoperabilidad existentes se han considerado varias, sus características principales pueden observarse en la Tabla 12.

De entre estas especificaciones WSRP facilita la posibilidad de exportar la funcionalidad de un LMS en forma de *portlets*, con lo que estos pueden incluirse en un PLE (que debe actuar como portal o contenedor) juntamente con otro tipo de herramientas. El mayor problema de esta especificación es su complejidad y la falta de adopción por otras plataformas y herramientas.

Otras especificaciones consideradas son IMS TI y su sucesor LTI. Estas especificaciones tienen gran potencialidad para llevar a cabo una integración robusta las herramientas en el LMS, con lo que se hace factible la definición de un iPLE, en el que, además, las herramientas se pueden comunicar con el LMS y establecer adaptaciones muy específicas para actividades formativas. Sin embargo, el mayor problema que aparece es la dificultad para la implementación de estas especificaciones, así como la gran cantidad de recursos que requieren para su ejecución. Además de esto, las especificaciones suponen la incorporación de un TC en la plataforma y un TP en cada herramienta a integrar, lo que no es sencillo ya que en muchas ocasiones se trata de herramientas propietarias (*Google Docs*, *Youtube*, *Flickr*, etc.). Ambos tipos de aplicaciones a pesar de su robustez y la comunicación bidireccional no cuentan con muchas implementaciones.

Además, IMS BLTI, versión reducida de IMS LTI, que reduce la complejidad de implementación de esa especificación lo que facilita su integración en distintos LMS. BLTI es una alternativa adecuada para la definición de un iPLE, pero sin embargo los servicios que provee puede que no satisfagan las necesidades del contexto institucional (al tratarse de una especificación para la integración ligera de herramientas). Para solventar este problema se ha incluido en diferentes documentos de trabajo de la especificación la posibilidad de incorporar el retorno de calificaciones al LMS en la versión reducida, y parece que así ocurrirá en la nueva versión de LTI.

Tabla 12. – Características y ejemplos de algunas especificaciones de interoperabilidad utilizadas en el ámbito de LMS-PLE para la integración de herramientas

	WSRP (OASIS, 2008)	IMS TI (IMS-GLC, 2006b)	IMS LTI (IMS-GLC, 2007b)	IMS BLTI (IMS-GLC, 2010a)	OSID de OKI (OKI, 2002)
Tienen mucha aceptación	No muchos portales soportan <i>portlets</i>	No mucha debido a su complejidad	No mucha debido a su complejidad	Mucha debido a su facilidad de implementación	Aceptación media
Implementaciones	Escasos ejemplos	Escasos ejemplos	Escasos ejemplos	Bastantes ejemplos	Existen varios ejemplos
Mayor nivel de integración	Solamente facilitan la exportación de servicios <i>eLearning</i> como <i>portlets</i>	Diferentes servicios integrados, en ambas direcciones y de forma robusta. Incluyen descripciones de cómo se despliegan las herramientas integradas	Nivel de integración fuerte entre el elemento a integrar y el integrado. Mayor complejidad. Necesidad de realización de modificaciones en ambos extremos de la integración (proveedor y consumidor)	El nivel de integración es más ligero que en las anteriores. Se proporcionan inicialmente servicios para lanzar aplicaciones integradas y autenticación, pero se puede extender	Integración a un nivel robusto que proporciona servicios tanto para la integración de herramientas como para la exportación de información
Integración ligera	No hay una vinculación con el LMS	La integración es siempre robusta	Integración robusta que puede ser realizada según diferentes protocolos de servicios web	Integración ligera, con pocos servicios involucrados	No se puede considerar una integración ligera en sistemas existentes
Facilitan comunicación bidireccional	Se utilizan especialmente para la exportación de funcionalidad a través de <i>portlets</i> y la actividad en ellos realizada no se refleja en el LMS	Se facilitan servicios hacia la herramientas a integrar y desde ellas para el retorno de resultados e información de su utilización	Se facilitan servicios tanto de lanzamiento de aplicaciones en otros contextos o autenticación, como de devolución de resultados, configuración información de <i>logs</i> , etc.	Sí, aunque mediante la aplicación de extensiones como <i>Outcomes</i> o <i>Memberships</i>	Sí, ya que se pueden definir interfaces para la comunicación desde el consumidor a la herramienta y viceversa
Complejidad en la comunicación	No excesivamente complejo	Compleja	Compleja	Sencilla	Compleja
Pensadas para la definición de sistemas de cero	No especialmente, se aplica bien a sistemas existentes	No especialmente, puede aplicarse a sistemas existentes	No necesariamente, se adapta bien a sistemas existentes	No necesariamente, se adapta bien a los sistemas existentes	Sí, la integración es más sencilla en sistemas definidos desde cero que en los existentes
Ejemplos	Implementaciones (Yang et al., 2006); (Yang et al., 2006). Portales que soportan la especificación (Yang et al., 2007b)	(Wang, 2009), (Chen et al., 2008), (Al-Smadi & Gütl, 2010)	(UOC, 2010), (Santanach et al., 2007)	(Severance et al., 2010), (Fontenla et al., 2011), (Queirós et al., 2011), (Alier et al., In press), aceptación por gran número de LMS (IMS-GLC, 2011a)	(Santanach et al., 2007), (Franc, 2008), (Alfonso, 2006)

Esta familia de especificaciones, como se ha comprobado, está especialmente orientada a la integración de herramientas en el LMS y, por consiguiente, a la definición de iPLEs. Sin embargo, no está considerando la posibilidad de proveer formas estándar para el intercambio de información hacia fuera del entorno institucional. Este problema viene de tiempo atrás, ya que en el ámbito educativo la interoperabilidad se centra especialmente en la integración de sistemas y no en su apertura a otros contextos (Wilson & Velayutham, 2009). Existen algunas especificaciones en este sentido como IMS LIS (incorporada parcialmente en IMS LTI), pero su complejidad y falta de aceptación hacen que no se utilicen. En cualquier caso las especificaciones de interoperabilidad necesitan evolucionar para considerar la exportación y no solo integración de funcionalidad y, por otro lado, deben satisfacer al menos un conjunto de posibilidades básicas de integración de herramientas y retorno de información sin complicar la comunicación e implementación.

Además, se han observado especificaciones más completas desde un punto de vista de interoperabilidad como los OSID de OKI, marco para la definición de servicios de aprendizaje para LMS. Se trata de una especificación que permite definir muy bien sistemas contruidos desde cero, pero cuando se trata de adaptar plataformas existentes el proceso se complica mucho. Esta razón, junto con el hecho de que no haya muchas implementaciones, hace que la misma no haya triunfado.

En cualquiera de los casos es evidente que las especificaciones de interoperabilidad proporcionan soluciones escalables para la interoperabilidad entre sistemas, sin embargo, se debe trabajar en busca de hacer evolucionar estas especificaciones para que sean más fáciles de implementar, tengan mayor aceptación, faciliten una mejor adaptación a las necesidades de los entornos institucionales y no solo consideren la interoperabilidad como procesos de integración de herramientas en los LMS, sino también de interacción con otros sistemas.

4.3.3. Representación de la información en los PLE

En este apartado se considera la pregunta: ¿Cómo se representa la información intercambiada entre LMS y PLE?

Este es otro aspecto bastante crítico a la hora de definir la posible integración LMS- PLE, ya que la integración no consiste solamente en especificar cómo se comunican ambos entornos, sino en cómo se representa la información. La representación de la información intercambiada debe observarse tanto en el contexto del PLE como en el LMS.

De cara a que esta representación sea posible, se habla del mezclar un conjunto de herramientas, fuentes de información y servicios. Esto coincide con la idea de *web mash-up*, entendida como una composición a medida de información y servicios de diferentes fuentes para proporcionar nuevos servicios (Merrill, 2009). Existen diversos tipos de *mash-up* en función de la funcionalidad a la que se orientan (agregación, sindicación, visualización de información, monitorización de procesos en tiempo real, personalización, centrados en la representación de los datos, etc.) (Wong & Hong, 2008), aunque la mayor parte de ellos pueden proveer más de una funcionalidad.

En concreto, si se considera el giro que se ha producido hacia la personalización del aprendizaje, el concepto de *mash-up* más relevante será el de *MUPPLE* (de especial relevancia importante en los *workshops* MUPPLE de los años 2008, 2009 y 2010 y también en la *PLE Conference* de 2010 y 2011). Un *mash-up* PLE describe la idea de los usuarios que utiliza un conjunto abierto y heterogéneo de herramientas para conectarse con otros usuarios, acceder a contenidos y herramientas dentro de las redes de aprendizaje, para permitir, además, colaborar con otros actores a lo largo de las actividades de aprendizaje (Wild et al., 2009).

Un *mash-up* puede tomar diferentes formas: puede facilitar la incorporación de información distribuida en diferentes fuentes y facilitar la agregación y manipulación de los datos; puede suponer el uso de API web públicas (por ejemplo para la interacción social, para la gestión de recursos) y también incluir herramientas de autor para la gestión y definición de recursos *eLearning*; puede incluir servicios con diferentes naturalezas; etc. (Attwell et al., 2008).

El *mash-up* facilita la personalización del aprendizaje al aportar una representación de la información necesaria. Puede hablarse de *mash-up* desde la perspectiva del LMS, que evoluciona para incorporar otras aplicaciones, y desde la perspectiva del PLE, que facilita un conjunto de herramientas, funcionalidades y fuentes de datos a los usuarios. A continuación se describen algunas de las muchas experiencias que existen de estos dos tipos de perspectivas.

Desde el punto de vista de la definición de un PLE, la forma más usual de representar la funcionalidad es mediante el uso de un *mash-ups* de aplicaciones. De hecho, casi todos los PLE que se indican en la primera pregunta de investigación están basados en este tipo de mezcla de aplicaciones. Por ejemplo, *MUPPLE* (Wild et al., 2009), el trabajo de Muñoz y otros (2010), *PLEF* (Chatti et al., 2009), *PLEX* (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006), *LogbookPLE* (Chan et al., 2005), uso de herramientas de tipo portal como *Elgg* (Razavi & Iverson, 2006), *My Yahooo* (Al-Zoube,

2009; Godwin-Jones, 2009), *Netvibes* (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Torres et al., 2008; Tu et al., 2010), *ManchesterPLE* (van Harmelen, 2006), *SIMPLE* (*Social Interactive Mash-up Personal Learning Environment*) (Weber, Nelkner, Schoefegger, & Lindstaedt, 2010), y un largo etc.

Desde el punto de vista del LMS, la representación de la información es más variada, ya que en muchos casos depende de los propios mecanismos de extensión de la plataforma de aprendizaje y, por tanto, se integran en estos sistemas, que generalmente también están formados por un conjunto de actividades y flujos de información. Como ejemplos de LMS que integran aplicaciones en sus *mash-ups* pueden considerarse: la implementación de Peret, Leroy y Leprêtre (2010), los LMS que incorporan especificaciones de interoperabilidad que permiten la integración de aplicaciones como IMS-BLTI entre ellos *Moodle*, *Blackboard*, *Sakai*, *Desire2Learn* y otros (IMS-GLC, 2011a), *GRIDCole* (Asensio-Pérez et al., 2008). Si se habla de iPLE debe tenerse en cuenta *Memeteka* (Casquero et al., 2008), la integración de *Wookie* en plataformas como *Moodle* (Põldoja & Laanpere, 2009), la integración de *Google Wave* (Wilson et al., 2009) o *Google Docs* (Alier et al., In press) en *Moodle*, el trabajo de Al-Zoube para la definición de un LMS basado en aplicaciones *cloud-computing* (Al-Zoube, 2009), integración en *LRN* de herramientas (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008) mediante el uso de LISL y *MUPPLE*, el nuevo modelo de LMS definido por Fontenla, Caeiro y Llamas (2009b), la ampliación de los LMS mediante *GLUE!* (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), *SOVLE* (Booth & Clark, 2009), etc.

Otro factor importante es la tecnología utilizada para la realización de un *mash-up*, se habla de mini-aplicaciones, *plugins*, *widgets*, etc., para referirse al mismo concepto (Palmér et al., 2009). Existen diversas tendencias para su implementación (la descripción de la tecnología utilizada en ellas se puede consultar en el Capítulo anterior y en el Apéndice A):

- **Widgets.** Tipo de mini-aplicación que puede utilizarse en el contexto web. En el ámbito de los PLE un *widget* puede verse como una forma de representar un servicio de aprendizaje en un contexto determinado. Ante la gran proliferación de *widgets* de diferentes tipos la W3C propone en 2009 una especificación para tratar de establecer unos criterios en cuanto a la forma en que deben desarrollarse estos *widgets* (W3C, 2009). Dicha especificación proporciona recomendaciones para el desarrollo, empaquetado, descripción y acceso a API que tratan de armonizar las características de los Mac OS *Widgets*, Microsoft, Nokia, Yahoo, Apple y Opera (Wilson et al., 2008). En cuanto al uso de este

tipo de *widgets* en el ámbito de los PLE se pueden destacar iniciativas como: *Apache Wookie (Incubating)*, que proporciona un servidor de *widgets* de tipo W3C y que se extiende para integrar *Apache Shindig* y, por tanto, la incorporación de *widgets* sociales (Wilson et al., 2008); el proyecto *Pallette* (Sire & Vagner, 2008); *Moodle Wave* relacionado con *Wookie* (Wilson et al., 2009); en el proyecto *LTfLL* (Hoisl et al., 2010); el proyecto *WIDE (Widgets for Inclusive Distributed Environments)* (Pearson & Perrin, 2011); el proyecto *Omelette* (Wilson, Daniel, Jugel, & Soi, 2011); o el proyecto *iTEC* (EUN, 2010), entre otros. A pesar de la existencia de la especificación no todas las iniciativas de PLE la utilizan y muchas giran en torno a otro tipo de *widgets*, lo que supone un problema debido para la portabilidad de funcionalidades entre *mash-ups*. Como ejemplos de iniciativas que utilizan diferentes tipos de *widgets* se pueden considerar *Open Social* (Casquero et al., 2010; Casquero et al., 2008); *UWA widgets* (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Torres et al., 2008; Tu et al., 2010); *eyeApps* (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009); *Google Apps* (Al-Zoube, 2009; Casquero et al., 2008; Hermans & Verjans, 2009); etc. Los *widgets* son una tecnología válida para la implementación de los *mash-ups* pero el mayor problema es su heterogeneidad y la heterogeneidad de sus posibles contendores.

- *Portlets*. Se trata de otra tecnología para representar mini-aplicaciones integrables en los *mash-ups*. Iniciativas relativas a entornos de aprendizaje que utilicen *portlets* se pueden considerar algunas relacionadas con los LMS, como los *Blackboard Building Blocks*, que pueden considerarse como *portlets* (Chumbe, MacLeod, & Kennedy, 2007), su uso en la definición de un LMS (Conde et al., 2006b), o en la ampliación de otros como *Sakai* (Yang et al., 2006) y otras más cercanas al concepto de PLE, como *SOVLE* en el que gracias al *middleware WAFFLE* es posible exportar los servicios como *portlets* debido al uso de WSRP (Booth & Clark, 2006), además algunos proyectos evalúan el uso de este tipo de representación en portales *CREE (Contextual Resource Evaluation Environment)* (Awre & Dolphin, 2005). Los *portlets* no han tenido tanta aceptación como los *widgets* porque se encuentran vinculados a una tecnología muy específica como es Java.
- *Feed mash-ups*. Un *mash-up* como se ha comentado puede estar formado por servicios, herramientas e información. En ocasiones parte de esta información puede comunicarse para su consumo posterior alguna de las denominadas especificaciones ligeras como RSS, Atom para su consumo posterior como un

mash-up de información. Ejemplos de este tipo de *mash-ups* pueden observarse en *Edufeedr*, que proporciona una herramienta facilitadora para que los profesores puedan, mediante *feeds*, obtener información de las actividades que se llevan a cabo en los entornos personales de los estudiantes (Põldoja & Laanpere, 2009). Otro ejemplo es la definición de una herramienta personal para la agregación de *feeds* procedentes tanto del entorno institucional como de aplicaciones 2.0, esta herramienta se denomina *Feedforward* (Wilson & Potat, 2009). Otro ejemplo es el prototipo de PLE denominado *PLEX*, definido en la Universidad de Bolton y que se basa en el *mash-ups* de información mediante la aplicación de estándares y especificaciones como RSS, Atom y FOAF (*Friend Of A Friend*) (Johnson & Liber, 2007; Martindale & Dowdy, 2010). También debe mencionarse *gRSShoper*, que puede considerarse un prototipo de PLE, que facilita la recogida de información acerca de la actividad del estudiante en su entorno personal así como su distribución (Downes, 2010).

- Mecanismos de extensión. La mayor parte de las plataformas de aprendizaje presentan diferentes tipos de mecanismos de extensión, estos pueden utilizarse añadir diferentes herramientas a los LMS, incluso en la definición de iPLE. Ejemplos de este tipo de mecanismos son los bloques de podrían ser *Moodle Modules and Plugins* (Moodle, 1999), *Sakai Add-on contributions* (Sakai, 2005), *Blackboard extensions* (Blackboard, 2000), etc. Sin embargo, este tipo de iniciativas siguen las especificaciones arquitectónicas propias de la plataforma y las mini-aplicaciones definidas en cada una de ellas no son válidas para el resto. Aún así esto se está solventando con la incorporación de especificaciones de interoperabilidad como BLTI (ya comentadas en el apartado anterior).

Aunque los *mash-up* son la forma más común de representar la información, tanto en los PLE como en los LMS, existe otra forma de hacerlo que está relacionada con las herramientas colaborativas para el intercambio de información. Esta forma de plantear los PLE se remonta a las primeras iniciativas para definir entornos personalizados de aprendizaje. En concreto *Colloquia* (que pueden entenderse como el primer PLE) se trata de un entorno de aprendizaje distribuido en que cada estudiante tiene una copia local del sistema en la que recibe la información y recursos correspondientes a las actividades que tenga que realizar. Cómo configure el usuario su entorno personal es independiente para el correcto funcionamiento de la aplicación. De una forma similar funciona *Microsoft Grooves* y puede utilizarse como un contexto de aprendizaje (Bostrom et al., 2008).

Discusión acerca de cómo representar la información intercambiada entre un LMS y un PLE.

La representación de la información e interacción intercambiada entre el LMS y el PLE es fundamental de cara a que realmente se mejore la eficiencia de estos contextos al introducir herramientas personales. El hecho de que se intercambie información no tiene valor si esta no se utiliza de modo eficiente.

De cara a llevar a cabo esta representación de la información se utilizan principalmente dos opciones. Una es el web *mash-up*, que permite integrar un conjunto de servicios, información, aplicaciones para realizar una tarea específica. La otra consiste en proporcionar un entorno de trabajo colaborativo en el que usuario tiene una serie de elementos comunes, una réplica de un entorno de trabajo centralizado y luego puede utilizar las herramientas que considere oportunas en su trabajo. Ambas se basan en principios similares. Buscan proporcionar al usuario un entorno en el que este determine qué herramientas utilizar y pueda tener acceso a la información de forma eficiente, generalmente de un vistazo.

Los *mash-ups* son actualmente la modalidad más utilizada tanto en el ámbito del LMS como del PLE (algo que se puede observar en la Tabla 13). En general los *mash-ups* buscan proporcionar una agregación de aplicaciones y canales de información de una forma estándar. Sin embargo, en el contexto del LMS esta alternativa de representación supone varias dificultades debido a la diversidad de arquitecturas que estos poseen y a que en muchos casos son elementos cerrados.

Tabla 13. – Ejemplos de representación de información entre el LMS y el PLE

Tipo de representación	Ejemplos de representación de la información LMS y PLE	
Mash-up	Como LMS	Peret, Leroy y Leprêtre (2010), los LMS que incorporan especificaciones de interoperabilidad: <i>Moodle</i> , <i>Blackboard</i> , <i>Sakai</i> , <i>Desire2Learn</i> y otros (IMS-GLC, 2011a), <i>GRIDCole</i> (Asensio-Pérez et al., 2008), <i>Moodle Wave</i> (Wilson et al., 2009), <i>Docs4Learning</i> (Alier et al., In press), (Al-Zoube, 2009), (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008), Fontenla, Caeiro y Llamas (2009b), <i>GLUE!</i> (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), <i>SOVLE</i> (Booth & Clark, 2009)
	Como PLE	<i>MUPPLE</i> (Wild et al., 2009), Muñoz y otros (2010), <i>PLEF</i> (Chatti et al., 2009), <i>PLEX</i> (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006), <i>LogbookPLE</i> (Chan et al., 2005), <i>Elgg</i> (Razavi & Iverson, 2006), <i>My Yahooo</i> (Al-Zoube, 2009; Godwin-Jones, 2009), <i>Netvibes</i> (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Torres et al., 2008; Tu et al., 2010), <i>ManchesterPLE</i> (van Harmelen, 2006), <i>SIMPLE</i> (Weber et al., 2010)
Herramientas colaborativas	<i>Colloquia</i> (Olivier & Liber, 2001), <i>Chandler</i> project (OSAF, 2007), <i>Microsoft Grooves</i> (Bostrom et al., 2008)	

En cuanto a las formas de representar la información en los *mash-ups* hay diferentes alternativas. Una de las más representativas son los *widgets*, mini-aplicaciones independientes que se incluyen en un contenedor y representan información obtenida mediante diferentes medios. La gran ventaja que aportan es la facilidad para su implementación y para su representación en multitud de contenedores. El mayor problema es que a pesar de que existe un estándar para la representación propuesto por la W3C, existe gran heterogeneidad en cuanto a los tipos de *widgets* existentes y no todos son compatibles entre sí.

Otra de las formas de representar la información en los *mash-ups* son los *portlets*, que son otro tipo de mini-aplicaciones con características similares a los *widgets*, pero vinculadas a la tecnología Java. Lo que supone que tengan que ejecutarse en contenedores que soporten este tipo de tecnología y además la especificación JSR 168 (SUN, 2003b). No son muchas las iniciativas que implementan este tipo de especificaciones.

También los *mash-ups* pueden incluir *feeds* e información obtenida de otros canales, pero en este caso se basan solo en aportar información y no funcionalidad alguna.

Por último, puede mencionarse el uso de los mecanismos de extensión que incorporan los LMS y que facilitan la integración de herramientas en lo que son los iPLE. Sin embargo, estas interfaces están muy vinculadas a un tipo específico de plataforma y no sirven para otras, situación que puede solventarse con el uso de especificaciones de interoperabilidad.

En la Tabla 14 se observa esa distribución en diferentes formas de implementar un web *mash-up*, debe destacarse que existen varias iniciativas que usan *widgets* W3C, pero muchas más que usan otro tipo de *widgets*, así como que este tipo de implementación de mini-aplicaciones es mucho más popular que otros como los *portlets* o el uso de *feeds*, y proponen un ámbito de aplicación más amplio que los mecanismos de extensión de las plataformas de aprendizaje.

En resumen, cabe destacar que la representación de información es fundamental y que tanto los *mash-up* como herramientas colaborativas, que facilitan el uso de otras aplicaciones, tratan de facilitar esta representación. Sin embargo, llevarla a cabo no es una tarea fácil, especialmente debido a la heterogeneidad de posibles soluciones, las tecnologías a las que dichas soluciones se vinculan y a las barreras definidas por los entornos institucionales en cuanto a la definición de posibles soluciones.

Tabla 14. – Formas de representar estos *mash-ups*

Tipo de implementación del web <i>mash-up</i>	Ejemplos de uso de ese tipo de implementaciones de <i>mash-ups</i> en el contexto del LMS-PLE	
Widgets	Según W3C	<i>Apache Wookie (Incubating)</i> (Wilson et al., 2008); <i>Pallete Project</i> (Sire & Vagner, 2008); <i>Moodle Wave</i> (Wilson et al., 2009); <i>LTfLL project</i> (Hoisl et al., 2010); <i>WIDE Project</i> (Pearson & Perrin, 2011); <i>Omelette project</i> (Wilson et al., 2011); <i>iTEC</i> (EUN, 2010)
	Otros	<i>Open Social</i> (Casquero et al., 2010; Casquero et al., 2008); <i>UWA widgets</i> (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Torres et al., 2008; Tu et al., 2010); <i>eyeApps</i> (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009); <i>Google Apps</i> (Al-Zoube, 2009; Casquero et al., 2008; Hermans & Verjans, 2009)
Portlets	(Chumbe et al., 2007); (Conde et al., 2006b); (Yang et al., 2006); (Booth & Clark, 2006); (Awre & Dolphin, 2005)	
Feeds	(Põldoja & Laanpere, 2009); (Wilson & Potat, 2009); (Johnson & Liber, 2007; Martindale & Dowdy, 2010); (Downes, 2010)	
Mecanismos de extensión	(Moodle, 1999);(Sakai, 2005); (Blackboard, 2000)	

4.3.4. Acceso a la información de los PLE desde otros contextos

La realidad tecnológica actual hace que, a pesar de que un sistema pueda tener gran estabilidad en un contexto determinado, sea fundamental que pueda accederse a él a través de otros contextos. Es decir, no solamente se puede considerar si el LMS y/o PLE pueden comunicarse entre ellos o cómo se va a representar la información en cada uno de ellos, sino que también es necesario tener en cuenta cómo esta información se porta a otros contextos, como los dispositivos móviles, televisiones interactivas, automóviles, etc.; es decir, a los nuevos contextos que conforman el *αLearning*. Ante esta situación se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede acceder a la funcionalidad e información de los PLE desde otros contextos?

De cara a esclarecer esta cuestión debe, en primer lugar, volverse de nuevo sobre el concepto de PLE como un conjunto de herramientas, servicios, flujos de información, expertos con los que el usuario puede interactuar, etc. El usuario es el responsable de su formación y del uso de estos elementos. Esto supone que cuando se habla de otros contextos en muchas ocasiones no sea necesaria excesiva adaptación, ya que el propio contexto en sí proporciona herramientas y *frameworks* que facilitan la formación al estudiante. Por ejemplo, cuando se habla de dispositivos móviles o *tablets*, estos ya incluyen suficientes herramientas por sí mismos para la facilitar al usuario su formación (Attwell, Cook, & Ravenscroft, 2009; Jenkins, Purushotoma, Clinton, Weigel, & Robison, 2006; Pettit & Kukulka-Hulme, 2007). Es por ello que no existen muchas iniciativas para la definición de *mobile Personal Learning Environments*, porque los dispositivos móviles ya son un PLE por ellos mismos.

Sin embargo, dentro de este ámbito sí que deben destacarse iniciativas que utilizan características específicas de los dispositivos en la formación (el GPS, la cámara, etc.). Ejemplo de este tipo de iniciativas es la llevada a cabo en el proyecto *CONTSENS Project (using wireless technologies for CONTEXT SENSitive education and training)* (Cook, in press) en que se utiliza las capacidades de portabilidad de los dispositivos móviles para el aprendizaje de los estudiantes a través de ellos, en concreto hacen uso de los sistemas de conciencia contextual para dos experimentos en aprendizaje en Londres.

Otra iniciativa similar es la propuesta por Thüs, Akbari y Schroeder (2011), basada en un sistema denominado *MPE (Mobile Personal Environment)*. En este caso se define un cliente móvil que facilita a los usuarios el establecimiento de canales de comunicación con otros, así como los expertos relativos a un punto de interés para la formación del estudiante. Además, demuestran la adecuación del modelo según diferentes escenarios formativos.

También existen iniciativas (Perifanou, 2010) que utilizan el dispositivo en sí, así como aplicaciones existentes para el aprendizaje de idiomas. En concreto plantean el uso de un *iPhone* y de un conjunto de aplicaciones de la *AppleStore* (<http://store.apple.com>) como entorno personal para que el usuario mejore su experimentación con el inglés.

Por otro lado existen gran cantidad de proyectos y herramientas móviles que facilitan la explotación del móvil como PLE, mediante la incorporación de funcionalidades en estos dispositivos, así como la integración de las herramientas institucionales. A continuación se muestran algunos casos muy relacionados con la definición de PLE.

MOLLY (2010) es una iniciativa abierta y gratuita, registrada bajo licencia *Academic Free License v3.0*. Se trata de una plataforma web para móviles pensada para que usuarios del mundo académico puedan buscar contactos, acceder a *podcast* de las universidades y a sus bibliotecas, conocer mapas de los campus, noticias y eventos, además de permitir su integración con LMS existentes como *Sakai*. También proporciona una fácil integración con otras plataformas, gracias a sus API basadas en servicios web y con los diferentes dispositivos móviles, al utilizar HTML5 (W3C, 2011) como tecnología para la visualización de la información en el dispositivo (Pardo-Kuklinski & Balestrini, 2010). La ventaja que plantea esta iniciativa es que aporta herramientas y facilidades 2.0 y a su vez acceso a las plataformas de aprendizaje.

CampusM (campusM-TM, 2010) es una solución propietaria que puede verse como otro ejemplo de solución móvil que posibilita el aprendizaje personalizado. Se trata de una aplicación móvil multiplataforma que facilita la generación de información dinámica

y estática a sus estudiantes. Este tipo de aplicación proporciona diferentes tipos de servicios propios que se adaptan a las necesidades y usos de los usuarios (mensajería, *blogs*, portfolio, mapas, calendario, servicios de alertas, etc.) e integra los servicios institucionales (cabe destacar especialmente la integración con LMS como *Moodle* y *Blackboard*) (Jennings, 2011). Ha tenido especial repercusión en el ámbito de las universidades.

En otros casos se utilizan las herramientas propias del móvil (como sus clientes de RSS o las posibilidades para la comunicación mediante el uso de SMS para facilitar la integración como entorno personalizado). *Only Connect Project*¹, desarrollado en la universidad de Bolton, es un ejemplo de este tipo de iniciativas. Se trata de un sistema que trata de reforzar y personalizar la relación entre usuario e institución por diferentes canales. Dicho sistema proporciona elementos como *widgets* que se adapten a sus necesidades específicas. Uno de los contextos a los que se orientan este tipo de sistemas son los dispositivos móviles ya que el sistema envía información personalizada mediante SMS y RSS (Frost, 2009).

En un sentido similar podría hablarse del proyecto REACH - *Researching Emerging Administration Channels*², donde lo que se define es un *software* que facilita el envío de avisos procedentes de los LMS a diferentes contextos mediante el uso de RSS y SMS (Stubbs, 2009). De esta forma y a través de los dispositivos móviles, que ya proporcionan funcionalidades para su uso como entornos personalizados de aprendizaje, se facilita la comunicación entre la institución y el usuario.

Hay iniciativas utilizadas para la definición de PLE, como puede ser el caso de *Elgg* (Razavi & Iverson, 2006), que además proporcionan una versión móvil (Harding, 2010). Esto facilita el acceso desde los móviles a los contextos personalizados y, en algunos casos gracias a su comunicación con plataformas de aprendizaje, también al entorno institucional.

También debe considerarse la posibilidad de utilizar *widgets* ya existentes para representar la interacción en los PLE y su explotación en otros contextos. Deben considerarse iniciativas como la de *Aplix Web Runtime* (Aplix-Corporation, 2009) que posibilita la ejecución de *widgets* W3C en dispositivos móviles (así como *widgets* que siguen otras especificaciones). A través de este tipo de iniciativas los *widgets* que se han incluido en un PLE, por ejemplo mediante el uso de *Apache Wookie (Incubating)*, se pueden reutilizar en el contexto móvil. El principal problema que plantean estas

¹ <http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/emergetechnology/onlyconnect.aspx>.

² <http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/emergetechnology/reach.aspx>.

iniciativas es el soporte para diferentes tipos de dispositivos.

Complementariamente, diferentes consorcios entre compañías de telecomunicaciones han propuesto API que facilitan una forma común de definir aplicaciones para dispositivos móviles (Sachse, 2010). Estas aplicaciones van más allá de las aplicaciones web para móviles, son capaces de manejar los componentes *hardware* de los dispositivos móviles como el GPS, el acelerómetro, etc. Debido a esto son de especial utilidad para adaptar el dispositivo y la aplicación a necesidades específicas del usuario y, por tanto, facilitar el uso del PLE. Ejemplos de estos consorcios son *Joint Innovation Labs* (JIL), *Open Mobile Terminal Platform BONDI* (también conocida como OMTP BONDI), *Wholesale Applications Community* (WAC) que reúne los intereses de los anteriores (Cuesta, 2011; Sachse, 2010). El problema al que se enfrentan estas compañías es, de nuevo, la variedad de *hardware* y *software* existente en el mercado móvil, aunque con la gran difusión de las tecnologías *Android* y *iPhone* se está reduciendo esa brecha en lo que respecta al *software*.

Además de estos, es necesario considerar proyectos como Webinos (2010), que trata de definir una plataforma abierta para compartir aplicaciones web de forma segura en diferentes contextos. La idea es que diferentes aplicaciones web sean accesibles desde un ordenador, una televisión, un dispositivo móvil o el sistema de navegación de un automóvil. En concreto definen una arquitectura y un conjunto de componentes para que este intercambio sea posible, una API para la interacción a través la Red, del dispositivo en que se muestren y el sistema servidor y un *framework* para garantizar la seguridad de las transacciones. De esta forma facilitan el acceso a los entornos personalizados a través de otros contextos. Desde un punto de vista tecnológico extiende los *widgets* W3C para que funcionen adecuadamente en el resto de contextos y con las capacidades de estos, con lo que *widgets* definidos para PLE pueden emplearse en contextos como automóviles o televisores interactivos (WEBINOS-Partnership, 2011).

Por último, aunque no por ello menos importante, tampoco debe obviarse la posibilidad de utilizar las herramientas del dispositivo como PLE combinadas con el acceso a las plataformas de aprendizaje a través de los dispositivos móviles (alternativa de uso muy popular). De hecho, varios de los LMS más populares (*Moodle*, *Blackboard*, *Sakai*, etc.) tienen asociado o están desarrollando alguna iniciativa de implementación de cliente (oficial o no) para su reproducción en dispositivos móviles (Alier & Casany, 2008; Blackboard, 2011; Casany et al., 2009b; Conde et al., 2008c; Meisenberger & Nischelwitzer, 2004; Pratt et al., 2006; Sakai, 2011; Yingling, 2006).

Discusión acerca de la posibilidad de acceder a la información del PLE desde otros contextos.

La evolución tecnológica pujante, el acceso a Internet desde los distintos dispositivos y la aplicación de estos al aprendizaje hacen que sea fundamental considerar los entornos personalizados de aprendizaje más allá de la propia Web, es decir, en otros contextos como móviles, *tablets*, televisores, automóviles, etc.

La forma para llegar a estos dispositivos es diversa y existen muchas y dispares iniciativas en este sentido. Estas iniciativas se resumen en la Tabla 15.

Tabla 15. – Iniciativas de representación de los PLE en otros contextos

Tipos de iniciativas de acceso a otros contextos	Ejemplos de iniciativas móviles	
Uso de las herramientas software y características físicas del móvil	(Attwell et al., 2009); (Jenkins et al., 2006); (Pettit & Kukulska-Hulme, 2007); (Cook, in press); (Thüs et al., 2011); (Perifanou, 2010)	
Explotación académica de las capacidades de los móviles como PLE	(Molly, 2010); (Pardo-Kuklinski & Balestrini, 2010); (campusM-TM, 2010); (Jennings, 2011); (Frost, 2009); (Harding, 2010)	
Widgets	Widgets existentes	(Aplix-Corporation, 2009); (DEV. OPERA, 2011)
	Iniciativas comunes	(Sachse, 2010); (Cuesta, 2011)
	Otros contextos	(Webinos, 2010; WEBINOS-Partnership, 2011)
Versiones de plataformas para móviles	(Alier & Casany, 2008); (Blackboard, 2011); (Casany et al., 2009b); (Conde et al., 2008a); (Meisenberger & Nischelwitzer, 2004); (Pratt et al., 2006); (Sakai, 2011); (Yingling, 2006)	

Una de estas iniciativas consiste en no integrar ninguna funcionalidad adicional, ya que los dispositivos en sí proporcionan un *framework* y un conjunto de aplicaciones que el usuario puede enriquecer, configurar, editar y sobre todo utilizar según sus necesidades específicas. Esta idea es válida en lo que se refiere al concepto de PLE, sin embargo, se pierde el concepto de integración de aplicaciones para una tarea y el estudiante o usuario puede llegar a descentrarse del objetivo de la formación.

Otras iniciativas plantean conjuntos de herramientas y servicios diseñados ad-hoc para una institución, que incorporan en algunos casos tecnologías estándares y, también en ocasiones, facilitan el acceso a alguna plataforma de aprendizaje concreta. En estos casos la mayor problemática se deriva de que se trata de soluciones específicas para una institución y que, a pesar de usar estándares para su definición, no siempre son extrapolables tanto a otros contextos como a otras instituciones. Además, por lo general estos sistemas a pesar de aportar información y aplicaciones válidas, no facilitan medios para llevar a cabo un control de la actividad que sucede en esos contextos.

Además, es posible explotar las capacidades propias de las tecnologías asociadas a cada contexto, por ejemplo, la posición de un dispositivo móvil mediante el uso del GPS, así se puede proporcionar información y funcionalidades específicas. La mayor problemática de este tipo de sistemas es que existen grandes dependencias en cuanto a *hardware* y *software* de cada dispositivo. En busca de solventar estos problemas al menos en lo que respecta al ámbito del *software* aparecen diferentes tipos de *widgets* que tratan de proporcionar soluciones para distintos tipos de dispositivos. Sin embargo, se siguen enfrentando al problema de la gran variedad de *hardware* y *software* de estos ámbitos y a problemas arrastrados de los *widgets* como puede ser la interoperabilidad de dichos elementos con las plataformas en que se integran.

También debe mencionarse la existencia de adaptaciones tanto de herramientas para definir entornos personalizados, como de plataformas de aprendizaje a otros contextos. Esto supone que pueda exportarse un LMS o un PLE a distintos dispositivos, pero sin embargo supone un vínculo con un tipo de herramienta y/o tecnología específica.

En cualquiera de los casos se observa que la apertura hacia otros contextos es perfectamente posible, pero sin embargo, la heterogeneidad de medios, canales de comunicación, *hardware* y la falta en muchos casos de control sobre la actividad en estos contextos lastran el despegue de PLE realmente independientes de contexto. Debe tratarse de proveer soluciones abiertas, independientes de una tecnología y multidispositivo, a ser posible que utilicen estándares para garantizar la portabilidad entre contextos.

4.3.5. Securitización de la información intercambiada entre LMS y PLE

En este apartado se pretende responder a la pregunta de investigación relativa a cómo securizar la información intercambiada entre un LMS y un PLE.

La seguridad de la información es un aspecto a tener en cuenta en sistemas como los PLE, máxime cuando se considera la interacción entre LMS y PLE. En este caso se intercambia información sensible ya que, en muchos casos, se la información es relativa a la actividad del estudiante, a sus resultados, sus notas, realimentación, etc.; es decir, información personal (Mott & Wiley, 2009).

La seguridad en las transacciones entre sistemas pueden considerarse desde diferentes dimensiones: la autenticación, la autorización y la encriptación. La autenticación se refiere a la posibilidad de conocer los actores involucrados en una transacción; la autorización significa que, una vez se conozca la identidad del actor, se debe comprobar si tiene o no la capacidad para poder acceder al recurso; y la

encriptación implica la ocultación de la información transmitida en el canal utilizado (Locke, 2004). En este apartado tienen especial relevancia la autenticación y la encriptación, puesto que la autorización suele estar definida en la lógica de negocio de los entornos conectados.

En cuanto a las soluciones a utilizar, estas dependen de la forma en que se intercambia la información, es decir, de la tecnología utilizada, de forma que la tendencia general va hacia el uso de servicios web en lugar de otros sistemas, aunque no debe de perderse de vista canales de transferencia de información como RSS y/o Atom o el uso de SMS.

En el caso de los servicios web el tipo de seguridad a utilizar depende de si se utilizan servicios de estilo SOAP o REST.

En el estilo arquitectónico de servicios web SOAP se utiliza WS-Security (OASIS, 2004). Como ejemplo de uso de este tipo de protocolos para securización en contextos PLE debe considerarse la implementación *Guanxi* (<http://sourceforge.net/projects/guanxi/>) de un modelo de autenticación SAML, utilizado en contextos federados sobre la extensión WS-Security de SOAP (OASIS, 2004). Este tipo de modelo de seguridad se puede observar en *WAFFLE* (Booth & Clark, 2006) y *SOVLE* (Booth & Clark, 2009), también se usa en la especificación IMS LTI (Alario-Hoyos & Wilson, 2010). Además, puede usarse en combinación con otros mecanismos de autenticación en los PLE como con oAuth (Booth & Clark, 2009; Casquero et al., 2010).

En REST, dado que es una forma de definir servicios web que se basa entre otros protocolos en HTTP, es posible utilizar alguno de los mecanismos para autenticación que este tipo de protocolo facilita, aunque también existen formas estándar de extender este modelo de seguridad. Un ejemplo del uso de estos modelos de autenticación y autorización que goza de gran popularidad en el ámbito de las transacciones web y que se usa en los PLEs es oAuth (IETF, 2010), ya que posibilita el acceso a servicios de terceras partes implicadas en la comunicación sin intercambio de usuario y contraseña. En el ámbito de la comunicación entre LMS y PLE debe mencionarse su uso en *GLUE!* (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), *Apache Shindig* (Shindig, 2007), *PLEF* (Chatti, Agustawan, Jarke, & Specht, 2010), etc.; y la inclusión de una versión muy básica en la especificación IMS BLTI (IMS-GLC, 2010b) y en la futura LTI.

En el caso del uso de *feeds* para transmitir información (Crane, Benachour, & Coulton, 2010; Frost, 2009; Stubbs, 2009), estos se transfieren mediante el uso de HTTP, lo que conlleva que pueda realizarse una autenticación básica o *digest* y en cuanto a encriptación puedan utilizarse HTTPS (Giasson, 2005). Sin embargo, este tipo de implementaciones son complejas, ante lo que han aparecido algunas alternativas como la SWFP (*Secure Web Feed Protocol*) presentada por Giasson (2005) o la patente SWS (*Secure Web Syndication*) (Tarsi, 2007) que simplifican la autenticación sin necesidad de modificaciones sustanciales en clientes o proveedores de *feeds*.

Aunque no es la más común de las formas de comunicación, algunos LMS y PLE basan su intercambio en el uso de SMS (Frost, 2009; Stubbs, 2009), por lo que debe considerarse cómo gestionar la seguridad en este caso. En este escenario no pueden aplicarse protocolos seguros para el transporte de la información con lo que deben definirse formas de encriptación válidas. No existe, por tanto, una forma estándar de securizar SMS, pero sí diversas iniciativas y bibliotecas para diferentes lenguajes de programación (Lo, Bishop, & Eloff, 2008; Santis et al., 2010; Toorani & Beheshti-Shirazi, 2008). Cualquiera de estas técnicas pueden utilizarse tanto en la autenticación como en el firmado de mensajes.

También debe mencionarse, aunque no es el cometido de este apartado, la interacción segura entre los elementos de un *mash-up* (forma más común de representar un PLE), para lo que existen diferentes especificaciones y *frameworks* que tratan de garantizar la seguridad (Jackson & Wang, 2007; Zarandioon, Yao, & Ganapathy, 2008).

Discusión acerca de la securización de la información en las transacciones entre el PLE y el LMS.

Como en cualquier tipo de transacción realizada en Internet, los datos están expuestos a su robo y utilización malintencionada. Los LMS y PLE intercambian información entre sí como ya se ha comentado y en muchas ocasiones dicha información contiene datos sensibles al tratarse de ámbitos educativos (información personal, notas, expedientes académicos, etc.). Además, tampoco deben dejarse puertas abiertas en estos sistemas para el acceso y manipulación de cualquier información. Es por ello que se hacen necesarios sistemas de autenticación, autorización y encriptación de cara a preservar la integridad de la información.

Existen multitud de iniciativas para solventar estos problemas, aunque en este contexto solo deben considerarse aquellas relevantes para los canales de intercambio de información existentes.

Una de las posibilidades a este respecto es reducir la cantidad de información sensible intercambiada o tratar de no incluir información sensible alguna en el PLE. Sin embargo, esto entraña gran dificultad y reduce en gran medida el aprovechamiento de los PLE. Sin información personal en el PLE es complicado que la actividad que en él se lleva a cabo sea tomada en cuenta en el entorno institucional, de forma que al final el PLE se convierte en un mero visor de información genérica.

En caso de que la transferencia de información, el tipo de seguridad a utilizar va a depender del medio que se decide emplear. En la Tabla 16 se muestra una comparativa entre diferentes medios y una concreta dentro de los *web services* entre SOAP y REST. Cada posibilidad se adapta a su medio y tiene sus ventajas e inconvenientes.

Tabla 16. – Medios para posibilitar la seguridad de la información en el intercambio entre LMS y PLE

Característica	Servicios Web		Feeds	SMS
	SOAP WS-Security	REST Protocolos http		
Carga de Mensajes	Muchos mensajes debido al alto nivel de seguridad	Baja, pocos mensajes	-	-
Complejidad	Alta	Baja	Alta	Alta
Extensible	Sí	Sí	Sí	Sí
Puede complementarse con otros modelos	Sí, i.e: WS-Policy, WS-SecurityPolicy, etc.	Sí, i.e: OAuth, <i>Web Services Security Username Token</i>	-	-
Confianza de este tipo de modelos de seguridad	Alto	Medio	Medio	Medio
Necesidad de adaptaciones para soportarlo	No se necesita adaptaciones especiales si se soporta SOAP	No se necesita adaptaciones especiales	Modificaciones en clientes y proveedores	Modificaciones en clientes y proveedores
Ejemplos de uso en el contexto LMS-PLE	<i>WAFFLE</i> (Booth & Clark, 2006); <i>SOVLE</i> (Booth & Clark, 2009); IMS LTI (Alario-Hoyos & Wilson, 2010)	<i>GLUE!</i> (Alario-Hoyos & Wilson, 2010); Apache Shindig (Shindig, 2007); <i>PLEF</i> (Chatti et al., 2010); y la inclusión de una versión muy básica en la especificación IMS BLTI	SWFP (<i>Secure Web Feed Protocol</i>) Giasson (Giasson, 2005); SWS (<i>Secure Web Syndication</i>) (Tarsi, 2007)	(Lo et al., 2008); (Santis et al., 2010); (Toorani & Beheshti-Shirazi, 2008)

Respecto a estas iniciativas, SOAP es la que mayor variedad de modelos de seguridad aporta. El principal problema de las facilidades para seguridad de este estilo de servicios web es que complica mucho la comunicación y supone un número

importante de mensajes. En cuanto al otro estilo de servicios web, REST, al asentarse en el protocolo HTTP, utiliza soluciones seguras propias de este protocolo, y se puede combinar con otros modelos de seguridad y formas de encriptación. El mayor problema de esta opción es que muchas instituciones consideran REST como un protocolo que aporta menos seguridad que SOAP con lo que se descarta.

Otros canales de comunicación como los *feeds* o los SMS también facilitan la difusión de información específicamente a entornos en los que el usuario se autentique y personalice esa información según sus necesidades. En estos casos los datos viajan encriptados y supone complicar la comunicación, así como adaptar los sistemas que consumen la información.

En cualquier caso parece evidente que si se intercambia o se utiliza información sensible esta tiene que protegerse, bien mediante modelos de seguridad existentes u otros definidos ad-hoc, aunque esto supone que la solución definida solo sea válida para ese sistema. En ocasiones el modelo de seguridad viene impuesta por el entorno institucional al que se conecta el PLE, por el propio *software* utilizado y sus posibilidades, por los canales de comunicación y por si se utiliza alguna especificación de interoperabilidad para comunicar sistemas.

4.4. Conclusiones

En este capítulo se ha observado el estado de la cuestión respecto a la interoperabilidad entre los LMS y los PLE, además de tenerse en consideración otros aspectos relacionados con la interoperabilidad, como pueden ser las formas de obtenerla y las consecuencias de la interacción entre los mundos formales e informales, sus principales problemas y las lagunas dentro de la investigación realizada.

Respecto a si se lleva a cabo una interacción entre LMS y PLE es evidente que esta es posible, pero sin embargo, no se implementa con facilidad, en muchos casos no se utilizan soluciones según especificaciones, tampoco siempre se utilizan los LMS existentes debido al coste que supone su adaptación, sino que se pasa por la definición de un LMS desde cero que soporta los PLE, se intercambia solamente información y no interacción, solamente se da comunicación en un sentido, no se valora lo que ocurre en el PLE, etc. Es decir, existen grandes problemas y deben de buscarse soluciones que los solventen.

Las especificaciones y estándares facilitan esta tarea al proporcionar soluciones escalables para la interoperabilidad entre sistemas, sin embargo su implementación

suelen entrañar gran dificultad y una muy baja aceptación por parte de los entornos institucionales, que no ven sus necesidades de integración plenamente satisfechas debido a la rigidez que estas presentan. Además, estas especificaciones integran herramientas cuya comunicación con los entornos institucionales está muy limitada.

Por otro lado, deben considerarse aspectos en cuanto a la forma cómo se representa la información intercambiada. La solución más adecuada es aquella que considere estándares, de manera que los PLE e iPLE pueden ampliarse y evolucionar con facilidad, es decir, serían escalables y fácilmente exportables a otros contextos. Pero encontrar este tipo de soluciones no es sencilla, especialmente por la gran variedad de iniciativas existentes en el mercado.

Además, esa portabilidad no debe considerar solamente otros entornos web, sino otros contextos como móviles, televisores digitales interactivos, automóviles, etc. Existen experiencias en estos sentidos, pero encuentran básicamente la barrera de la gran variedad de *hardware* y *software* de estos entornos y la dificultad para reflejar la actividad en ellos realizada en el entorno institucional.

Por último, la seguridad de la información intercambiada es también muy relevante, especialmente por lo delicado de los datos que se manipulan en contextos educativos. Existen diferentes iniciativas en este sentido para securizar la información y los canales de comunicación de la misma, aunque algunas tienen problemas de aceptación, otras de complejidad en el intercambio de mensajes, etc. En cualquier caso es algo a tener en cuenta dentro del intercambio de información entre los LMS y PLE.

Con todas estas soluciones, sus problemas y cómo se afrontan, puede concluirse que aún se está muy lejos de la definición de entornos personalizados de aprendizaje efectivos, escalables, portables que se comuniquen de forma segura con los LMS. La apertura de los LMS con la incorporación de servicios web y la posibilidad de utilizar especificaciones de interoperabilidad facilita esta tarea, pero salvo iniciativas muy concretas debidas al autor y directores de esta tesis (Alier et al., 2009; Alier, Casañ, & Piguillem, 2010b; Conde et al., 2008b; Conde et al., 2008c; García-Peñalvo et al., 2011a), no existen sistemas que permitan dar un enfoque personalizado a la formación, en los que el estudiante sea el responsable de la misma, que puedan incluir elementos del LMS y en los que cualquier interacción sea reflejada en el entorno institucional.

Dado este contexto y mediante el uso de las soluciones que mejor permiten solventar los problemas expuestos para cada pregunta se define una propuesta arquitectónica basada en un *framework* de servicios que se expone en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 5. – Framework de Servicios para la integración de los LMS y los PLE

El presente capítulo pretende describir un *framework* basado en servicios para comunicar los LMS y los PLE. Dicho *framework* debe considerar los componentes involucrados, las interfaces que facilitan la comunicación, los contextos en los que se da esa comunicación y una serie de posible escenarios de interoperabilidad que recogen las principales posibilidades interacción entre ellos. Estos elementos básicos son instancias de LMS, PLE que pueden incluir distintos tipos de aplicaciones, interfaces basadas en especificaciones de interoperabilidad y servicios web. En cuanto a los escenarios que se tienen en cuenta, hay que considerar la exportación de funcionalidades del LMS a otros contextos, la posibilidad de que no haya una interoperabilidad explícita y esta deba ser gestionada con un esfuerzo adicional del profesor, y la integración de la actividad del alumno en herramientas externas dentro del LMS, independientemente de si se han definido con fines educativos o no.

A partir de estos componentes, interfaces y escenarios se lleva a cabo una implementación a modo de prueba de concepto que en capítulos posteriores va a validarse mediante experiencias piloto.

En cuanto a la distribución del capítulo en el primer apartado se introduce el propósito del *framework*. Posteriormente, se plantea una propuesta de referencia para dicho *framework*, en la que se describe cada elemento que lo compone, los medios de comunicación utilizados y un conjunto de posibles escenarios de interoperabilidad. Después se describe la implementación que se va a llevar a cabo para la realización de una prueba de concepto y, por último, se finaliza el capítulo con unas conclusiones.

5.1. Introducción

Como se ha venido comentando, la evolución tecnológica, la irrupción de las herramientas 2.0, el acceso al aprendizaje desde contextos cada vez más variados y la necesidad de un giro hacia el usuario en el planteamiento actual del *eLearning*, supone que se tengan que plantear nuevas soluciones entre las que destacan los PLE.

En el capítulo anterior se presentó la necesidad de facilitar la interacción de los PLE con los entornos institucionales, de manera que fuera posible conseguir tanto que funcionalidades del entorno formal se incorporen al entorno personal del estudiante, como que los PLE faciliten la integración de la actividad que ocurre en entornos informales en el entorno institucional.

Sin embargo, plantear una solución completa, escalable, portable, que aporte flexibilidad al estudiante y cubra con las necesidades de la institución es una tarea compleja de realizar. Además, esta solución debe ser capaz de reutilizar las plataformas de aprendizaje existentes, en las que las instituciones han invertido una cantidad elevada de tiempo, esfuerzo y dinero.

En este capítulo se propone una solución para cubrir estas necesidades desde un punto de vista arquitectónico, para ello se tienen en cuenta diversas posibilidades para garantizar la interoperabilidad entre entornos de aprendizaje. Esta solución principalmente se basa en:

- El uso especificaciones de interoperabilidad que garanticen la escalabilidad y portabilidad de la solución.
- El uso de plataformas de aprendizaje existentes para que la implantación de estas soluciones sea lo más económica y se haga en el menor tiempo posible.
- El uso de protocolos que garanticen la seguridad de los datos intercambiados.
- La apertura a más contextos que los tradicionales de aprendizaje *online* (como la web) como respuesta a la realidad que supone el *αLearning*.
- Proporcionar soluciones que aporten flexibilidad real al estudiante en el aprendizaje, satisfagan sus necesidades y a su vez puedan ser considerados desde la institución.

Para poder garantizar todo esto se propone un *framework* basado en servicios que utiliza plataformas de aprendizaje y un entorno personalizado de aprendizaje (construido a partir de la agregación de mini-aplicaciones) que representan tanto funcionalidades institucionales como herramientas que el usuario pueda añadir con

finés educativos. Esta solución facilita el intercambio de información entre los mundos formales e informales.

5.2. Propuesta de referencia

El cometido principal del *framework* de servicios que se propone es facilitar la comunicación e interacción del entorno institucional con el entorno personal, donde el primero viene representado por uno o varios LMS y el segundo por un PLE.

Dado este contexto es necesario considerar cómo posibilitar esa comunicación e interacción, y para esto se debe tener presente el resultado de la primera pregunta de investigación del Capítulo 4. Es decir, si es posible la interoperabilidad entre PLE y LMS y en caso de que sea así cómo se va a llevar a cabo. La comunicación de información e interacción entre LMS y PLE debe hacerse de manera que las funcionalidades de la plataforma de aprendizaje puedan exportarse al PLE y, a su vez, la actividad que se realiza en el entorno personal quede reflejada dentro del LMS. Para poder conseguir esto se opta por una solución basada en el uso de servicios web y especificaciones de interoperabilidad.

Dentro de las especificaciones de interoperabilidad existen varias opciones que se han revisado durante la segunda pregunta de investigación del Capítulo 4 (en concreto se considera cómo se aplican dichas especificaciones para facilitar la interacción PLE-LMS), como WSRP, las especificaciones de IMS-GLC o OSID de OKI. El *framework* propuesto no va a imponer el uso de una especificación concreta, sin embargo, si que considera necesaria la incorporación de un consumidor de herramientas (*Tool Consumer*) del lado del LMS y de un proveedor de herramientas (*Tool Provider*) del lado de algunas de las aplicaciones incluidas el PLE. De esta manera se facilita la inclusión de cualquiera de las especificaciones comentadas previamente y de otras que puedan basarse en ese modelo.

También el *framework* propuesto tiene que considerar cómo representar la información y funcionalidad intercambiada entre el LMS y el PLE, cuestión descrita en la tercera pregunta de investigación del Capítulo 4. Es decir, como va a representarse el resultado de la interacción entre ambos contextos. En el caso del LMS se trata de representar esta información de una forma coherente con la estructura tanto funcional como visual de la plataforma, para que al estudiante no le parezca que se ha incorporado un elemento extraño. En el PLE se debe pensar en cómo combinar diferentes herramientas y, según se ha mencionado el susodicho Capítulo, la mejor

opción pasa por un *mash-up* de miniaplicaciones, independientemente de que estas sean *widgets*, *gadgets*, *portlets*, etc.

Además, el *framework* debe facilitar el uso de las funcionalidades consideradas no solo en los entornos web tradicionales, sino en otros contextos como pueden ser los dispositivos móviles. Para afrontar este problema se tiene en cuenta lo descrito en el Capítulo 4 y se considera la posibilidad de utilizar los servicios web para consumir información de los LMS en estos dispositivos, así como la posibilidad de incluir miniaplicaciones compatibles con los nuevos contextos (como pueden ser *widgets* W3C, *widgets* WAC, Webinos, etc.).

Por otro lado, el intercambio de información e interacción que se da a través de este *framework* de servicios tiene que tener en cuenta la seguridad. Los modelos de seguridad a aplicar dependen del medio de comunicación que se emplee. Esto supone que, puesto que en el *framework* la comunicación se basa en el uso de servicios web o especificaciones de interoperabilidad, la estrategia de seguridad a emplear depende de dichos medios de comunicación. El modelo de servicios web propuesto es abierto para que admita diferentes posibilidades de implementación (REST, SOAP, XML-RPC) y algo similar ocurre con las especificaciones de interoperabilidad, con lo que no se especifica una estrategia de seguridad concreta.

Dado este conjunto de características básicas del *framework*, y desde un punto de vista conceptual, se puede considerar que este incluye tres elementos fundamentales: el contexto institucional, el entorno personalizado y los canales de comunicación. Adicionalmente pueden aparecer otros elementos como mediadores (que facilitan la comunicación entre instancias de ambos tipos de plataformas) y/o representaciones del entorno personalizado en otros contextos como los dispositivos móviles. Estos elementos se observan en la Figura 38.

El **contexto institucional** incluye una o varias plataformas de aprendizaje en las que el estudiante se encuentra involucrado en diferentes contextos, por ejemplo en una Universidad, en la Escuela de idiomas, etc. Este elemento representa los diferentes entornos formales de aprendizaje del estudiante, regulados por las instituciones y centrados mayoritariamente en el curso y no en el usuario. El entorno institucional debe abrirse a la incorporación de nuevas funcionalidades que le permitan evolucionar, además de exportar la información e interacción, de forma que la actividad que proporciona no solo pueda llevarse a cabo en entornos formales sino en otros contextos y en combinación con otras herramientas.

Por otro lado, existe un **entorno personalizado** centrado en el estudiante que facilita el aprendizaje informal. El entorno personalizado posibilita que el usuario pueda añadir todo tipo de herramientas para su formación, entre ellas herramientas institucionales. De cara a hacer esto se considera idóneo que cada herramienta pueda utilizarse de forma independiente, pero dentro de un entorno que actúe como contenedor. Estos contenedores pueden tener diferentes naturalezas según el entorno en que se encuentren, por ejemplo en entorno web, en entorno móvil, en televisiones interactivas, etc.

Los **canales de comunicación e interacción** son otro de los elementos fundamentales para proporcionar medios independientes para el intercambio bidireccional (del LMS al PLE y del PLE al LMS) de información e interacción. Para poder llevar esto a cabo, como ya se ha comentado, se utilizan los servicios web, que facilitan la interacción entre sistemas independientemente del lenguaje de programación en que se implementen, y las especificaciones de interoperabilidad, que favorecen la portabilidad de las soluciones a diferentes plataformas, así como la integración de la interacción llevada a cabo en contextos ajenos a los LMS.

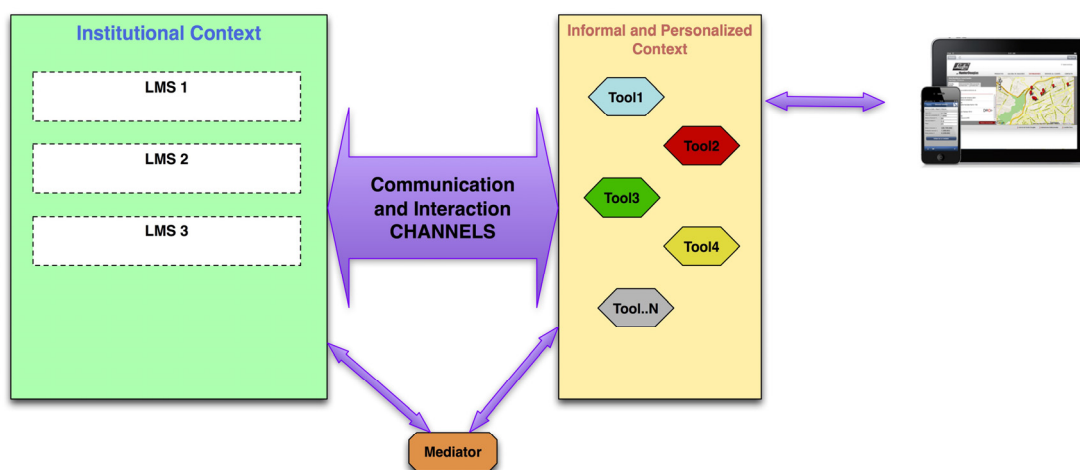


Figura 38. – Elementos constituyentes del *Framework* de servicios

Además, el sistema puede incorporar elementos mediadores para labores de adaptación de la información y la funcionalidad transferida, además de considerar entornos diferentes al contexto web como son los dispositivos móviles.

A continuación se realiza una descripción pormenorizada de los elementos que constituyen el entorno institucional, el entorno personal y las interfaces que utilizan e implementan.

5.2.1. Componentes del framework arquitectónico

Los contextos previamente descritos incluyen diferentes tipos de componentes y pueden distribuirse según distintas configuraciones. Se pueden tener varios nodos en el ámbito institucional y otros en el ámbito personalizado, pero estos entornos se comunican entre sí mediante interfaces e intercambian información a través del uso de servicios web y especificaciones de interoperabilidad.

En la Figura 39 se observa un diagrama de despliegue del *framework* con una posible distribución de los elementos. En este diagrama, el entorno institucional está formado por dos nodos diferentes (aunque podría considerarse cualquier otro número de nodos) que incluyen uno o varios LMS de diferente tipo. Dichos LMS proporcionan soporte al uso de servicios web y de especificaciones de interoperabilidad para permitir la comunicación con el entorno personalizado.

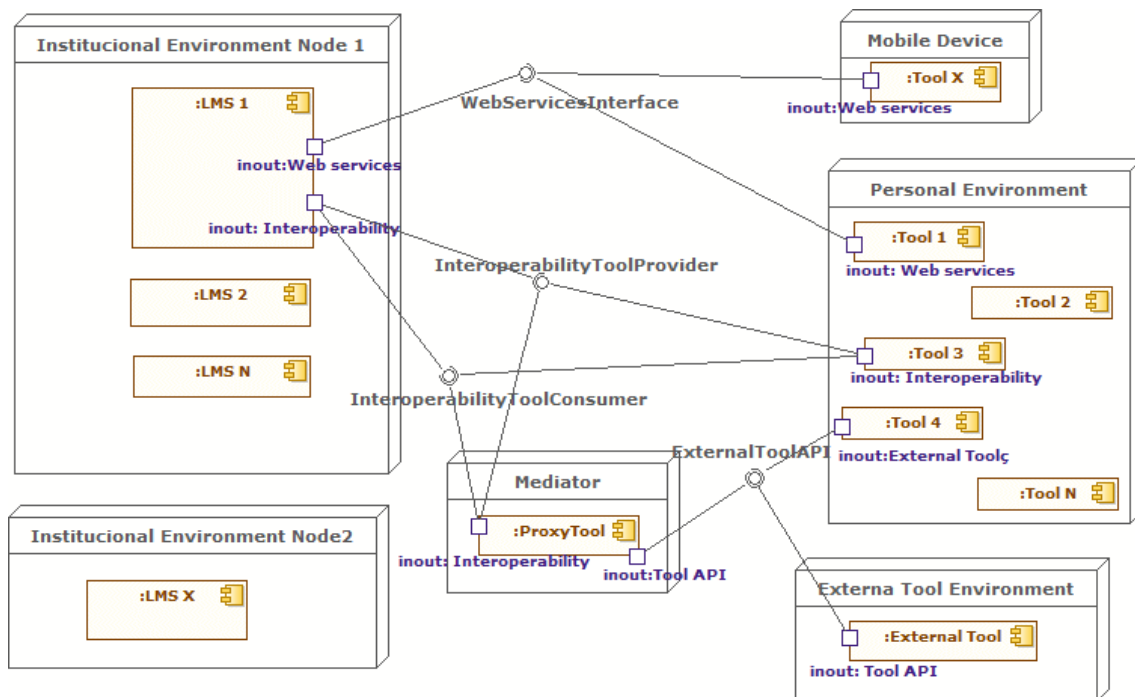


Figura 39. – Diagrama de despliegue del *framework* propuesto

El PLE puede estar formado por diferentes nodos, alguno de los cuales puede pertenecer a contextos diferentes del ámbito web. El entorno personal incluye herramientas que pueden no tener interacción alguna con el LMS, así como otras que pueden utilizar las API provistas por las plataformas de aprendizaje en forma de servicios web (para acceder a funcionalidades o información de los entornos institucionales), y/o especificaciones de interoperabilidad (para facilitar la integración de la actividad que se realizan en esas herramientas dentro del LMS).

Por otro lado, en el diagrama de despliegue se observa un nodo con un elemento mediador y una herramienta externa. Los elementos mediadores tienen dos cometidos principales: facilitar la integración de las especificaciones de interoperabilidad en herramientas que no se pueden modificar (por ejemplo en herramientas propietarias) y proporcionar interfaces de evaluación a herramientas que no tienen que haber sido concebidas como herramientas educativas.

A continuación se describe detalladamente cada uno de los componentes incluidos en los nodos considerados:

- LMS. Es la herramienta básica del entorno institucional. Cada nodo puede incluir uno o varios LMS y el *framework* propuesto no determina que tenga que usarse un tipo específico de plataforma de aprendizaje o que puedan utilizarse varias durante una actividad de aprendizaje. Sin embargo, un requisito mínimo que deben satisfacer los LMS, es, como ya se ha comentado, que proporcionen soporte a servicios web y a especificaciones de interoperabilidad. En la Figura 40 se observa el diagrama de componentes correspondiente a la estas plataformas.

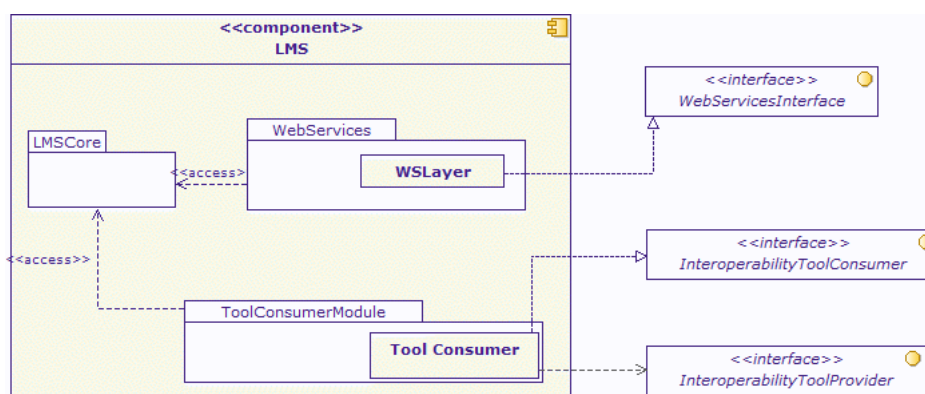


Figura 40. – Diagrama de componentes del LMS

En dicho diagrama se observa que el LMS posee un núcleo (*LMSCore*) que engloba las principales funcionalidades de la plataforma de aprendizaje. También existe un paquete que se encarga de implementar los servicios web (*WebServices*) y que va ser capaz de interactuar con el *LMSCore*. Dicho paquete implementa una interfaz utilizada por las herramientas externas para acceder, mediante el uso de servicios web, a cierta funcionalidad e información del LMS. Además, se puede observar otro paquete (*ToolConsumerModule*), que también se comunica con el núcleo del LMS y da soporte al uso de especificaciones de interoperabilidad a través de un consumidor de herramientas, representado por la clase *ToolConsumer*. Esta clase implementa una interfaz de tipo consumidor (*InteroperabilityToolConsumer*) que permite la

instanciación y configuración de actividades en herramientas externas, y utiliza una interfaz proveedora (*InteroperabilityToolProvider*), implementada por las herramientas, que permite recuperar información de la actividad que se lleva a cabo en cada herramienta integrada.

- Herramientas incluidas en el PLE. Se trata de las aplicaciones que el estudiante puede utilizar para aprender e incluir en su entorno personalizado.

Dentro de estas se consideran tres tipos de herramientas:

- Herramientas que no interaccionan con el LMS. Muchas de las herramientas que se incluyen en el PLE no interaccionan con el LMS, estas herramientas pueden utilizarse en actividades de aprendizaje pero, para tener en cuenta desde el entorno institucional lo que hace el usuario en dichas aplicaciones, el profesor debe abandonar el LMS y comprobarlo. En este grupo se incluyen también todas aquellas herramientas que el estudiante utiliza en su proceso formativo y sobre las que la institución no tiene control ni, en muchos casos, conocimiento.
- Herramientas que hacen uso de los servicios web del LMS. Este tipo de herramientas utilizan los servicios web provistos por las plataformas de aprendizaje para acceder a información y funcionalidad desde fuera de ellas. En la Figura 41 se observa el diagrama de componentes correspondiente a una de esas herramientas.

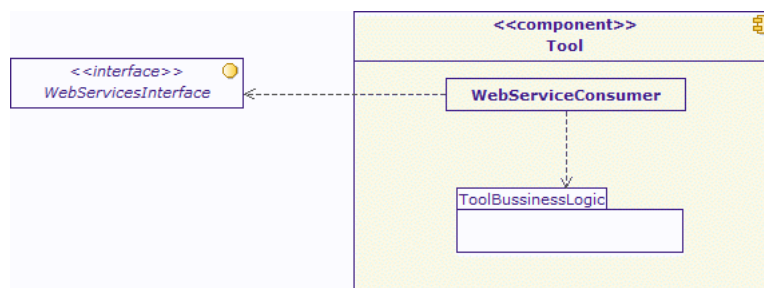


Figura 41. – Diagrama de componentes de herramienta que hace uso de los servicios web del LMS

En dicho diagrama se distingue una clase consumidora de servicios web (*WebServiceConsumer*), que utiliza la interfaz de acceso a servicios web del LMS (*WebServicesInterface*) y se comunica con la lógica de negocio de la herramienta (*ToolBusinessLogic*). Esta clase accede a la información y funcionalidad de la plataforma y la pone a disposición de la aplicación.

- Herramientas que pueden integrar la actividad del estudiante a través del uso de especificaciones de interoperabilidad. Estas aplicaciones, gracias a las especificaciones de interoperabilidad, se configuran e

instancian como actividades de aprendizaje por el profesor desde el LMS, de forma que los estudiantes las utilizan en el PLE, y es posible además devolver la actividad del usuario al entorno institucional. En la Figura 42 se observa un diagrama de componentes en el que se describe una herramienta con una clase proveedora de herramientas (*ToolProvider*) que implementa la interfaz para facilitar el lanzamiento y configuración de la aplicación (*InteroperabilityToolProvider*) y utiliza la definida en el LMS para devolver información de la actividad del usuario (*InteroperabilityToolConsumer*). Además, se comunica con la lógica de negocio de la herramienta (*ToolBusinessLogic*).

Debe mencionarse que una herramienta podría implementar el soporte para consumir servicios web del LMS y a su vez dar soporte al uso de especificaciones de interoperabilidad.

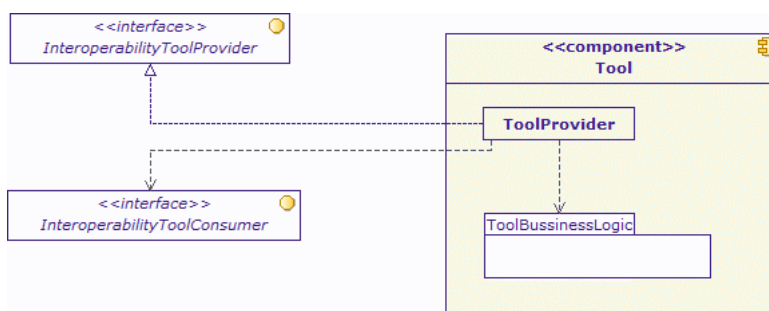


Figura 42. – Diagrama de componentes de la herramienta que soporta las especificaciones de interoperabilidad

- Elementos Mediadores. Los elementos mediadores, también denominados *ProxyTools*, facilitan la comunicación entre herramientas de aprendizaje y los entornos institucionales. Uno de sus principales cometidos es facilitar la integración de herramientas que no soporten la implementación de un proveedor de aplicaciones (*ToolProvider*), como pueden ser herramientas a cuyo código no se tiene acceso para su modificación. En la Figura 43 se observa la clase *ToolProvider* que implementa la interfaz para proveer herramientas (*InteroperabilityToolProvider*) y utiliza la interfaz de consumo de herramientas definida en el LMS (*InteroperabilityToolConsumer*). Además, esta clase se encarga de interactuar con la herramienta externa a través de una interfaz que esta provee (*ExternaToolAPI*). En ocasiones el mediador puede incluir lógica de negocio para el acceso a la aplicación externa y/o para proveer otras funcionalidades, como pudiera ser una interfaz de evaluación de la actividad del estudiante para herramientas no concebidas con fines educativos.

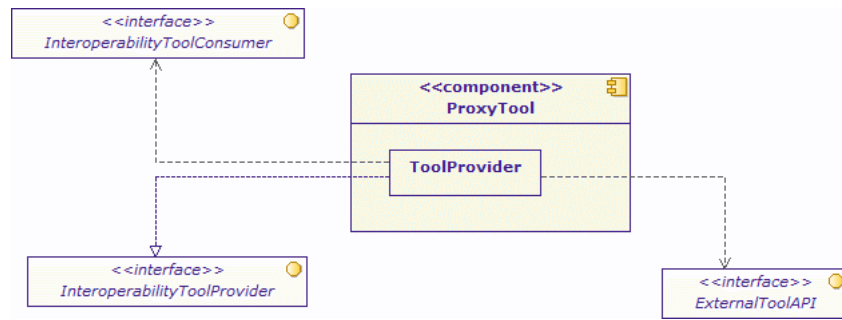


Figura 43. – Diagrama de componentes de un elemento mediador

- Interfaces. Un elemento fundamental del *framework* son las interfaces que se han podido observar en los diagramas anteriores. Estas interfaces abstraen la forma en que se implementan los servicios y las especificaciones de interoperabilidad. En concreto el *framework* incluye tres interfaces principales para la comunicación y una para el acceso a herramientas externas.
 - Interfaz de servicios web (*WebServicesInterface*). Interfaz implementada por el LMS y que facilita el acceso a funcionalidades e información básica de la plataforma de aprendizaje. Puede incluir servicios relativos a: la autenticación, la gestión de usuarios, la gestión de recursos, la gestión de actividades, la gestión de resultados, etc. Cada plataforma de aprendizaje implementa un conjunto de servicios según un determinado lenguaje de programación.
 - Interfaces de interoperabilidad (*InteroperabilityToolConsumer* e *InteroperabilityToolProvider*). En este *framework* se utilizan las especificaciones de interoperabilidad para permitir el uso de herramientas externas al LMS en actividades educativas, así como para devolver a este entorno institucional el resultado de tales tareas. Esto supone que el LMS y las herramientas a integrar deban implementar servicios para facilitar dicha integración. Para abstraer la implementación de estos servicios se utilizan estas interfaces (no es determinante cómo se implementan los servicios en cada extremo de la relación). Dichas interfaces deben proporcionar al menos servicios para poder instanciar y configurar una actividad en la herramienta externa desde el LMS (en lo que se conoce como servicio *Launch*) y para poder devolver los resultados de tal actividad (*Outcomes*).
 - Interfaces de acceso a herramientas externas. Ciertas aplicaciones empleadas en actividades de aprendizaje no pueden incluirse en el PLE, ni es posible acceder a su código, lo que supone que se tenga que acceder a ellas a través de las interfaces que proporcionan. Estas

interfaces pueden utilizarse por los mediadores o por representaciones de las herramientas en forma de mini-aplicaciones en el PLE.

Los elementos presentados configuran el *framework* de servicios, pero de cara a describir claramente su interacción es necesario plantear una serie de escenarios de interoperabilidad que se presentan en el próximo apartado.

5.2.2. Escenarios de interoperabilidad

Los componentes propuestos en el *framework* de servicios interoperan entre sí para facilitar la comunicación entre el PLE y el entorno institucional, para lo que existen diferentes medios. Se plantean una serie de escenarios que tratan de recoger las posibilidades de interoperabilidad del *framework* propuesto. Es decir, definen las posibilidades de interacción para facilitar la exportación de funcionalidades del LMS a otros contextos e integrar la actividad que el estudiante lleva a cabo en el entorno personalizado en las plataformas de aprendizaje. Estos escenarios consideran dos actores: el profesor, que utiliza principalmente el contexto institucional para gestionar las actividades de aprendizaje, y el estudiante, que desarrolla sus actividades de aprendizaje en los entornos institucionales pero también en los PLE (contexto que, en este caso, se tiene especialmente en cuenta). Los escenarios que se proponen son:

- Escenario 1 - Exportar funcionalidades institucionales a entornos personalizados. Este escenario persigue que funcionalidades de los LMS puedan exportarse a entornos controlados por el estudiante. Para ello se utilizan los servicios web que proporcionan los LMS. En concreto, una herramienta del entorno personalizado puede emplear la interfaz provista por el LMS para representar una funcionalidad o información dentro del PLE. Por ejemplo, puede llevarse la funcionalidad de un foro de la plataforma de aprendizaje en el que participa el estudiante al PLE, de forma que dicha herramienta pueda combinarse con otras que el estudiante utilice para aprender. De este modo este se representa una herramienta del LMS desde el PLE y la actividad que lleve a cabo quedará reflejada en el entorno institucional. En la Figura 44 se observa cómo el componente herramienta se comunica con el componente LMS a través de una interfaz provista por la capa de servicios web (*WSLayer*) de la plataforma de aprendizaje. El consumidor de servicios web de la herramienta (*WebServiceConsumer*) recupera la información o funcionalidad y se la envía a la lógica de negocio de la herramienta.

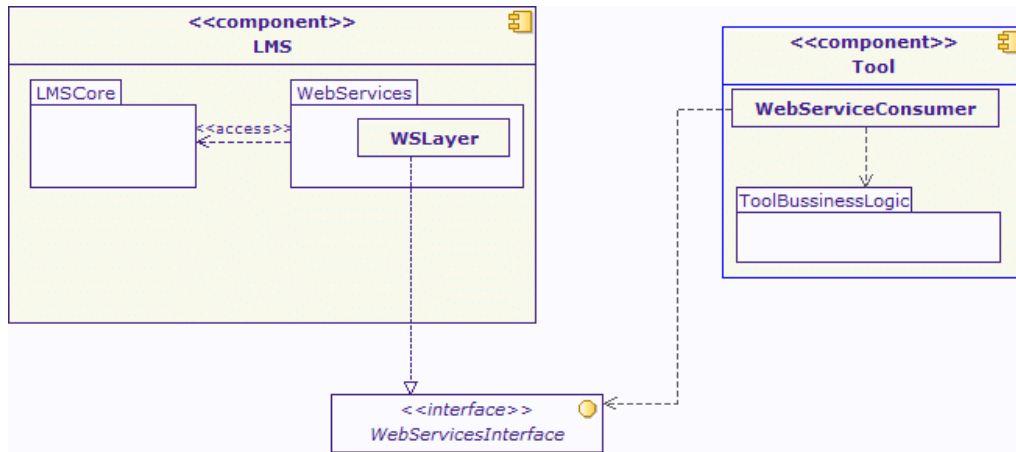


Figura 44. – Descripción de la conexión entre los componentes del escenario 1

De cara a clarificar las actividades involucradas en esta comunicación se puede considerar el diagrama BPMN (OMG, 2008) de la Figura 45. En él se observa como la herramienta solicita un servicio al LMS (*Request service*), este procesa la petición (*Process Request*), ejecuta el servicio (*Execute service*) y devuelve los resultados a la herramienta que los muestra (*Show results*). Un servicio, por ejemplo, puede ser obtener el listado de los *post* para un foro.

Es necesario mencionar que este escenario es el mismo con independencia del contexto en el que se ubique la herramienta, con lo que puede utilizarse por herramientas que se encuentren en otros dispositivos, por ejemplo móviles. Esto supone que pueda derivarse un escenario del Escenario 1 que va a denominarse Escenario Móvil.

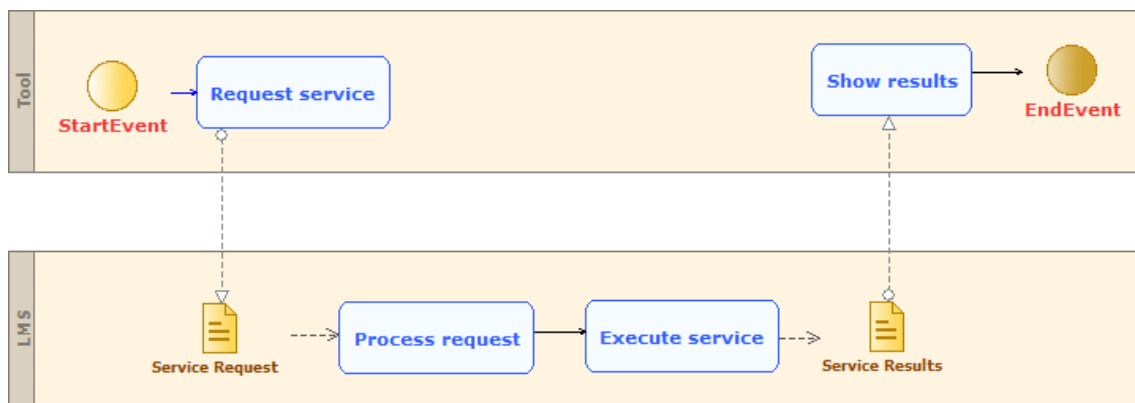


Figura 45. – Diagrama BPMN del escenario 1

- Escenario 2 - Usar herramientas externas en el entorno personalizado y su consideración en el entorno institucional. En este escenario no se plantea ningún tipo de interacción entre el LMS y el PLE, pero sí que se tiene en cuenta la actividad que el usuario realiza en este último dentro del entorno institucional. En este caso el estudiante lleva a cabo su actividad en esas

herramientas dentro del PLE y el profesor tiene que abandonar el entorno institucional y acceder a ellas para valorar la actividad del estudiante y posteriormente evaluarlo dentro del LMS. Por ejemplo, el profesor podría evaluar la realización de un *post* en un *blog* externo como una actividad de aprendizaje. En este escenario no hay interacción de entre PLE y LMS, aunque se facilita que el estudiante no tenga que acceder al LMS, ni el profesor al entorno personalizado del discente. De esta manera la actividad del entorno informal se tiene en cuenta.

- Escenario 3 – Adaptar herramientas *online* educativas externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS. Este escenario plantea un escenario en que la actividad realizada en las herramientas educativas adaptadas del contexto externo a la institución se considera en el LMS. Para ello se usan especificaciones de interoperabilidad y, por tanto, un consumidor de herramientas del lado del LMS (*ToolConsumer* o TC) y un proveedor de herramientas del lado de la aplicación (*ToolProvider* o TP). El TC utiliza una interfaz provista por el TP (*InteroperabilityToolProvider*) para configurar y lanzar la aplicación inicialmente y el TP usa una interfaz provista por el TC (*InteroperabilityToolConsumer*) para devolver los resultados de la actividad del estudiante en la aplicación. Dicha estructura se observa en la Figura 46.

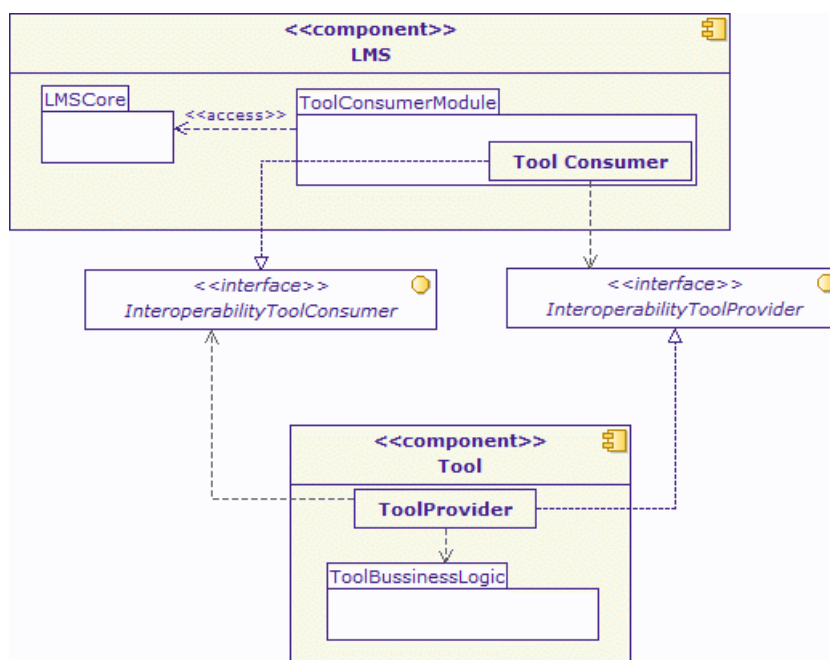


Figura 46. – Descripción de la conexión entre componentes del escenario 3

En este escenario el estudiante accede a su entorno personalizado y puede utilizar, entre otras, una herramienta que ha sido adaptada para devolver información de la actividad del estudiante al LMS. El profesor puede configurar, instanciar la actividad de aprendizaje y recuperar la actividad del discente en ella.

En la Figura 47 se muestra el diagrama BPMN para el lanzamiento (instanciación y configuración) de una actividad en una herramienta externa. En este diagrama se observa que el profesor lanza la aplicación (*Application Launching*) a través del LMS y este solicita mediante el TC el lanzamiento de tal actividad (*Launch Request*) al TP. Este trata de asociar la actividad (*Associate Activity*) para lo que comprueba si ya existe una instancia de la actividad en la herramienta, en caso de que no exista se crea (*Create Activity Instance*) y después se genera la vista de la actividad (*Generate Activity View*), que es devuelta al profesor mediante los mismos elementos, TP, TC y LMS.

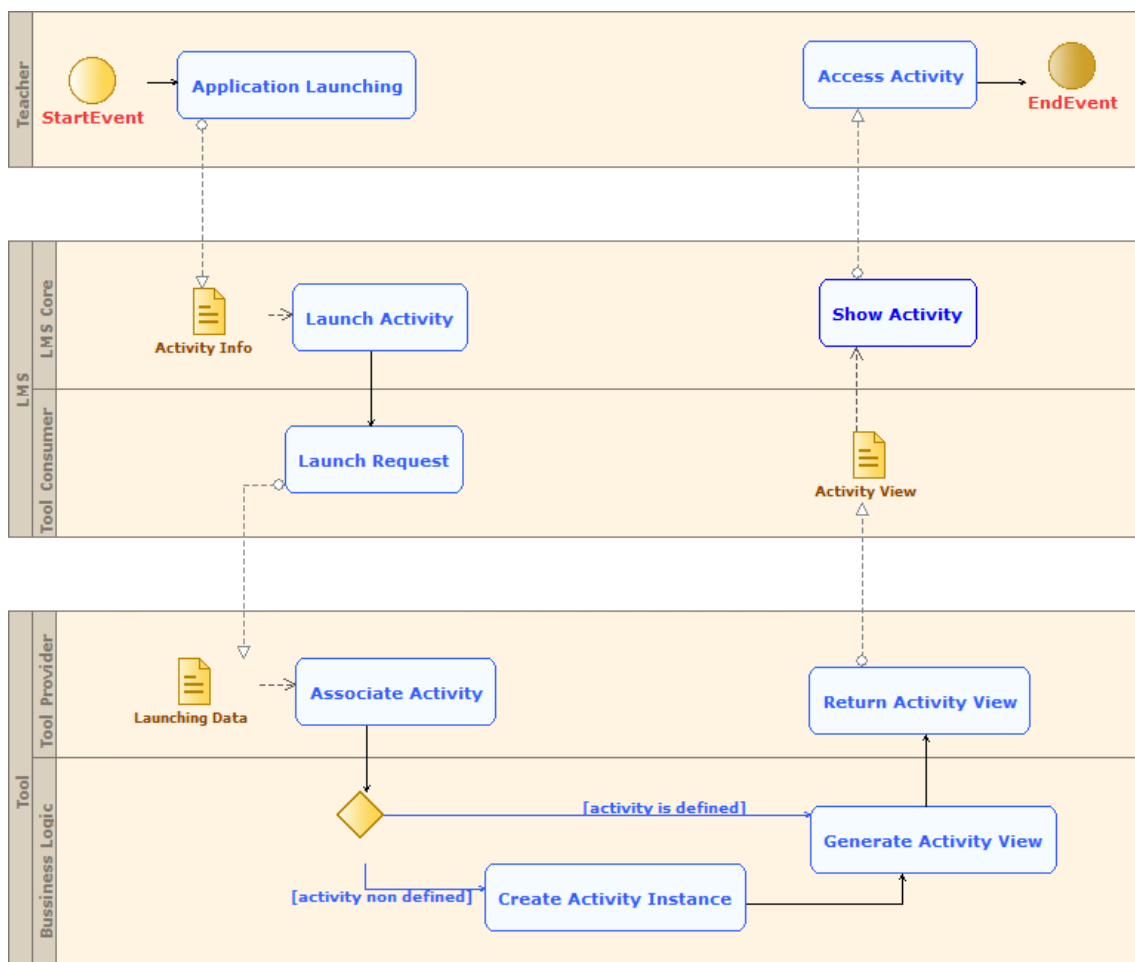


Figura 47. – Diagrama BPMN para el lanzamiento de una instancia de una aplicación educativa por parte del profesor

También es posible que el profesor quiera recuperar los resultados de la actividad del estudiante en la aplicación. En este caso se sigue la secuencia de actividades del diagrama BPMN de la Figura 48. En él, el profesor solicita a la herramienta proveedora los resultados (*Outcomes Request*) a través de la lógica de negocio. Esta recupera los resultados de la actividad concreta (*Get Outcomes*) y se los envía al TC del LMS mediante el TP (*Send Outcomes*). El TC redirige los resultados al LMS que se encarga de procesarlos (*Process Outcomes*).

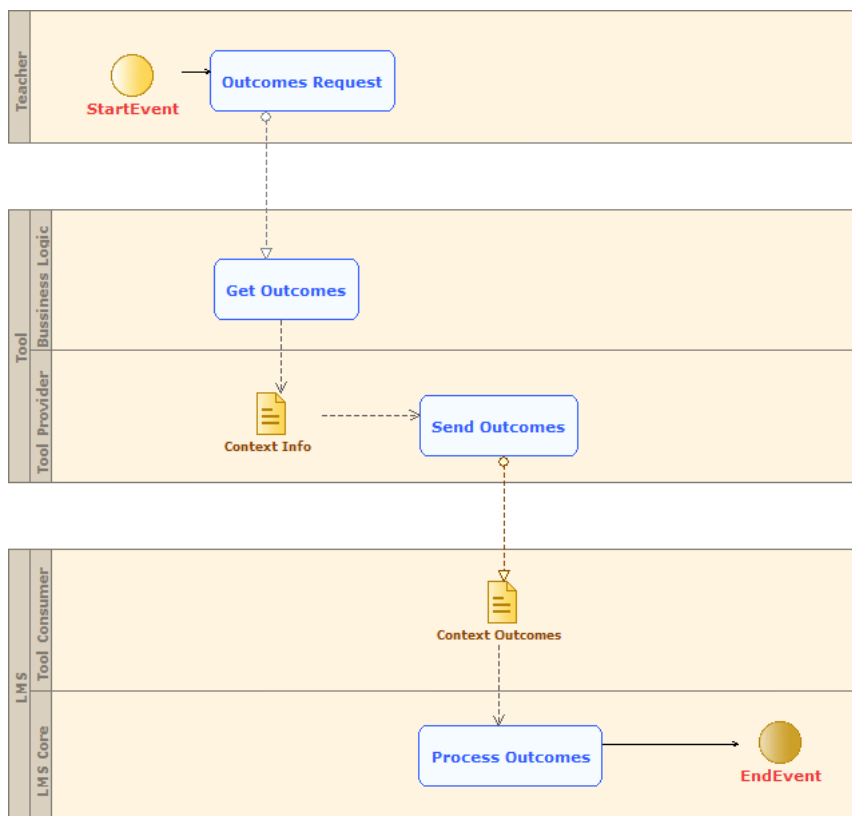


Figura 48. – Diagrama BPMN para la recuperación de los resultados de una herramienta educativa externa

- Escenario 4 - Adaptar herramientas *online* externas para su uso desde el PLE y considerar la actividad en el LMS mediante el uso de mediador como interfaz de evaluación. Este escenario pretende recoger la actividad del estudiante en el entorno personalizado y llevarlo al entorno institucional, pero sin modificar las herramientas y sin que haya necesidad de que estas posean la capacidad de valorar la actividad del estudiante. En este caso la conexión entre los elementos involucrados se presenta en la Figura 49. El TC del LMS interactúa con el TP, que se encuentra en el mediador, a través de la interfaz que este provee (*InteroperabilityToolProvider*) y el TP lo hace con el LMS a través de la interfaz provista por el LMS (*InteroperabilityToolConsumer*).

Además, el TP del mediador utiliza una interfaz provista por la herramienta externa, de forma que puede interactuar con ella (*ExternalToolAPI*).

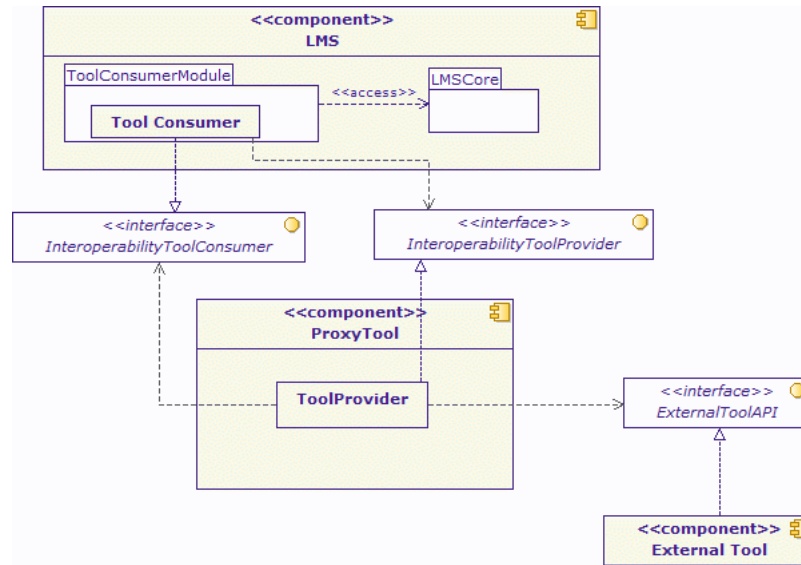


Figura 49. – Descripción de la conexión entre componentes del escenario 4

Como en el caso anterior el estudiante accede a su entorno personalizado y puede utilizar, entre otras, una herramienta que ha sido adaptada para representar la herramienta externa. El profesor puede configurar e instanciar la actividad de aprendizaje y recuperar la actividad del discente en ella.

En la Figura 50 se muestra el diagrama BPMN para el lanzamiento (instanciación y configuración) de una actividad en una herramienta externa a través del mediador (*ProxyTool*). En este diagrama se tiene que el profesor lanza la aplicación (*Application Launching*) a través del LMS y este solicita mediante el TC el lanzamiento de tal actividad (*Launch Request*) al TP. Este trata de asociar la actividad (*Associate Activity*) para lo que comprueba si ya existe una instancia de la actividad en la herramienta, en caso de que no exista se crea (*Create Activity Instance*) dentro de la herramienta externa (*External Tool*) y después retorna la vista de la actividad a través del TP, TC y LMS.

Como en el escenario anterior, también es posible que el profesor recupere los resultados de la actividad del estudiante en la aplicación. En ese caso se sigue la secuencia de actividades del diagrama BPMN de la Figura 51. En dicho diagrama profesor solicita a la herramienta proveedora (el *ProxyTool*, algo que para él es transparente) los resultados (*Outcomes Request*). Esta recupera los resultados de la actividad concreta (*Get Outcomes*) de la herramienta externa (*ExternalTool*) y se los envía al TC del LMS mediante el TP (*Send Outcomes*). El TC redirige los resultados al LMS que se encarga de procesarlos (*Process Outcomes*).

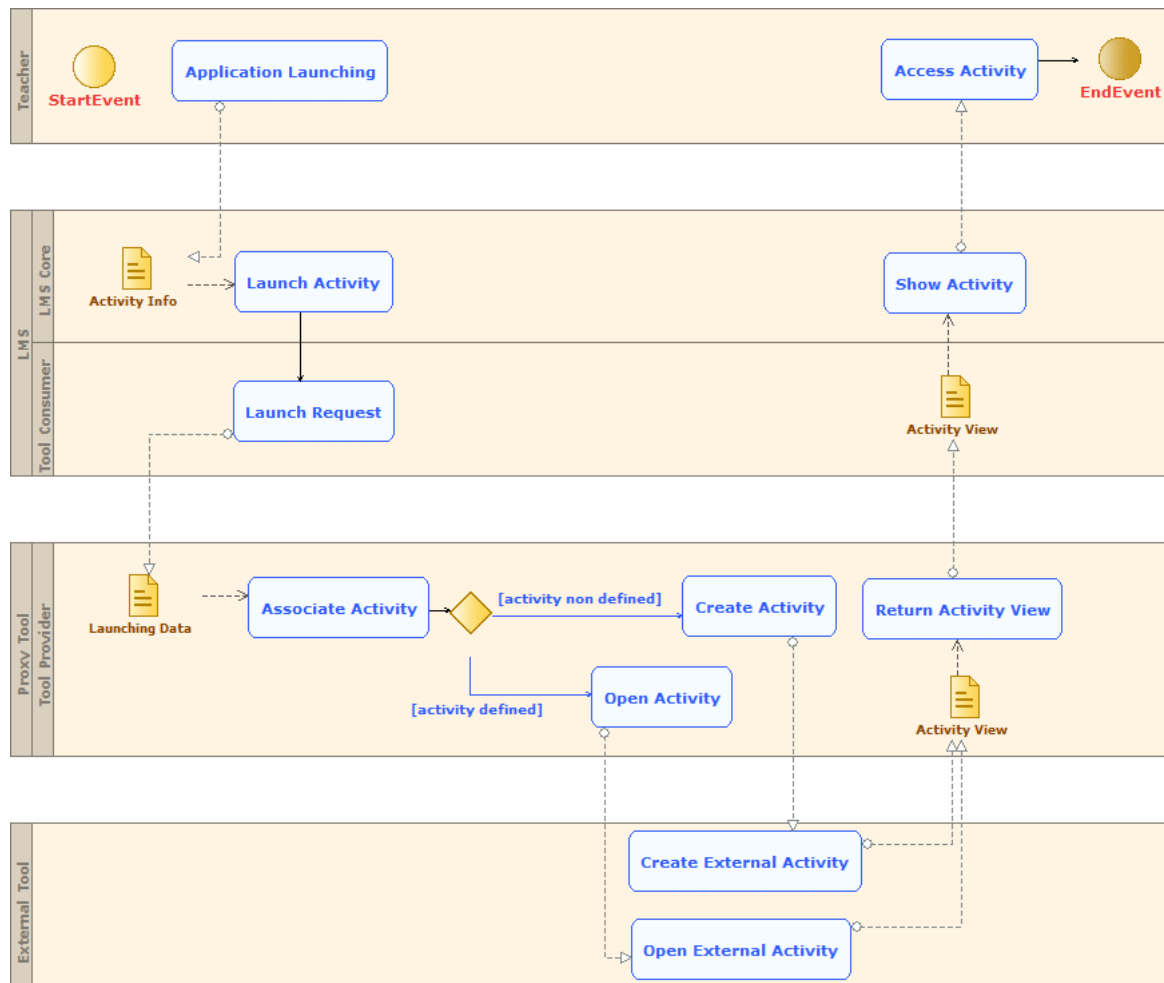


Figura 50. – Diagrama BPMN para lanzamiento de una actividad por parte del profesor en una herramienta externa mediante el uso del mediador

A través de estos escenarios y la explicación de los componentes que configuran el *framework* de servicios se ha descrito el marco de referencia en el que se asienta la investigación. A continuación se va a describir una implementación del *framework* y los escenarios a modo de prueba de concepto.

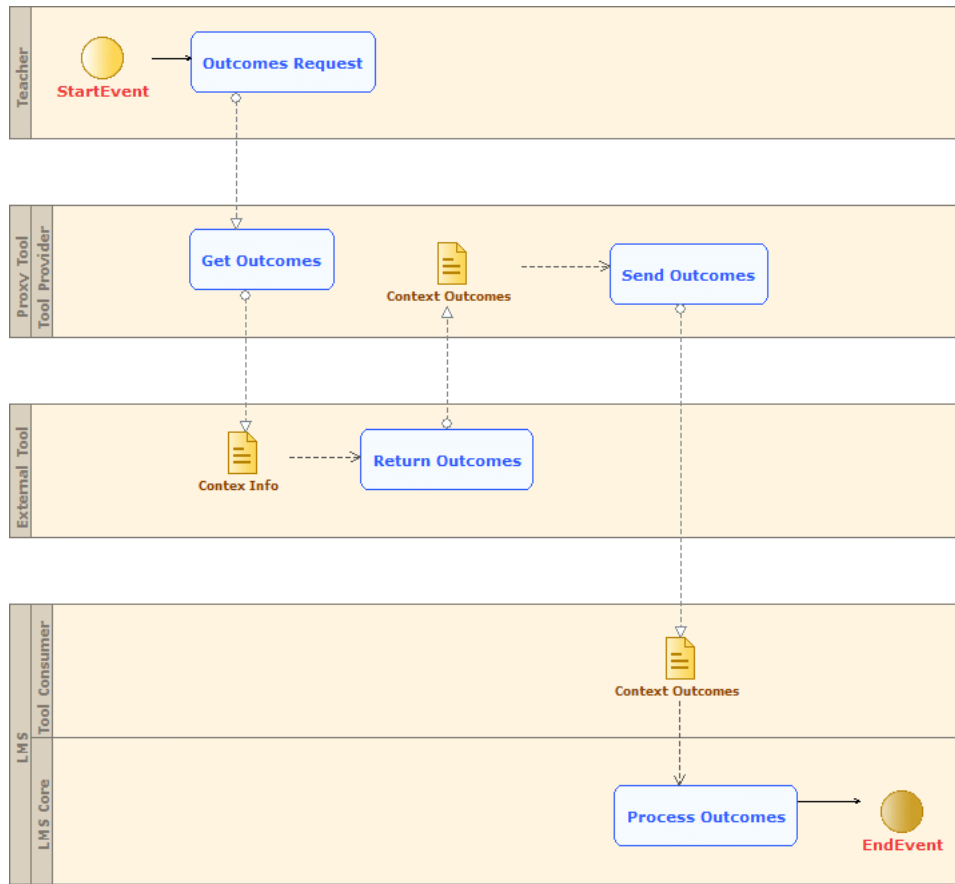


Figura 51. – Diagrama BPMN para recuperar los resultados de una actividad realizada en una herramienta externa

5.3. Prueba de concepto

Para poder chequear la adecuación del *framework* se elabora una prueba de concepto que supone la introducción en el modelo de una serie de restricciones de diseño:

- Contexto Institucional. Se pueden incorporar diferentes LMS, aunque en este caso se propone utilizar varias instancias de la plataforma de aprendizaje *Moodle* en su versión 2.1. Las razones principales del uso de *Moodle* son: 1) Sus características como *software* libre (posibilidad de modificar el código fuente, redistribuirlo, tener soporte en comunidades, etc.); 2) Su expansión a nivel mundial, según <http://moodle.org/stats> más de 68.000 sitios, más de 54 millones de usuarios, en 219 países, etc.; 3) La aceptación que ha tenido en diferentes instituciones (Molist, 2008); 4) En especial, la incorporación de una capa de servicios web que abre las puertas a nuevas tecnologías y a la integración en arquitecturas orientadas a servicios (Casany et al., 2009a).
- Canales de comunicación. Para facilitar la comunicación entre LMS y PLE se utilizan los servicios web proporcionados *Moodle* y BLTI como especificación

de interoperabilidad. Los servicios web se emplean para exportar la funcionalidad de *Moodle* al entorno personalizado. Dicha plataforma de aprendizaje proporciona un conjunto de servicios web y diferentes conectores para acceder a ellos (conector REST, SOAP, XML-RPC), sin embargo, si tanto los servicios como los conectores no fueran suficientes, *Moodle* también proporciona unos mecanismos para extenderlos y adecuarlos a necesidades específicas. El problema que presenta el hecho de que solo se utilicen servicios web es que la solución debe adaptarse a la capa de servicios de cada plataforma, lo que conduce, por tanto, a una solución por plataforma y herramienta. Esto se resuelve mediante el uso de BLTI, implementado por un número elevado de plataformas de aprendizaje (IMS-GLC, 2011a) y que facilita la integración de aplicaciones con los LMS. Dentro de la presente propuesta BLTI se utiliza para integrar la actividad realizadas fuera del entorno institucional y no para la integración de herramientas en sí, ya que esto limita la libertad para elegir aplicaciones por parte de los estudiantes en el entorno de aprendizaje (Wilson et al., 2008). En cuanto a los protocolos de seguridad soportados, esto depende del tipo de servicio web que se utilice, ya que se pretende flexibilizar esta elección, aunque el uso de la especificación BLTI condiciona que ese tipo de transacciones se realicen según una versión inicial de oAuth (Alario-Hoyos & Wilson, 2010; IETF, 2010).

- Entorno personalizado. Debe facilitar que el usuario pueda añadir todo tipo de herramientas que utilice para su formación, entre ellas herramientas institucionales. Como ya se ha comentado, se hace uso de un contenedor de aplicaciones, pero lo más importante en este sentido no es el contenedor en sí, sino que dichas aplicaciones puedan exportarse y representarse en otros entornos y contenedores. Es por ello que se opta por uso de formas estándar de representación de estas mini-aplicaciones, como son los *widgets* W3C, que pueden utilizarse en diferentes entornos web (W3C, 2009), como *widgets* de escritorio, en dispositivos móviles y, con leves modificaciones, en televisores interactivos, automóviles, etc. En cuanto al contenedor se elige *Apache Wookie* (*Incubating*), que facilita la incorporación de ese tipo de *widgets* y otros como *gadgets* (<http://www.google.com/webmasters/gadgets/>) o *widgets* de tipo *Open Social* (<http://code.google.com/intl/es-ES/apis/opensocial/>).

Ante estas restricciones de diseño, el sistema queda como se observa en la Figura 52.

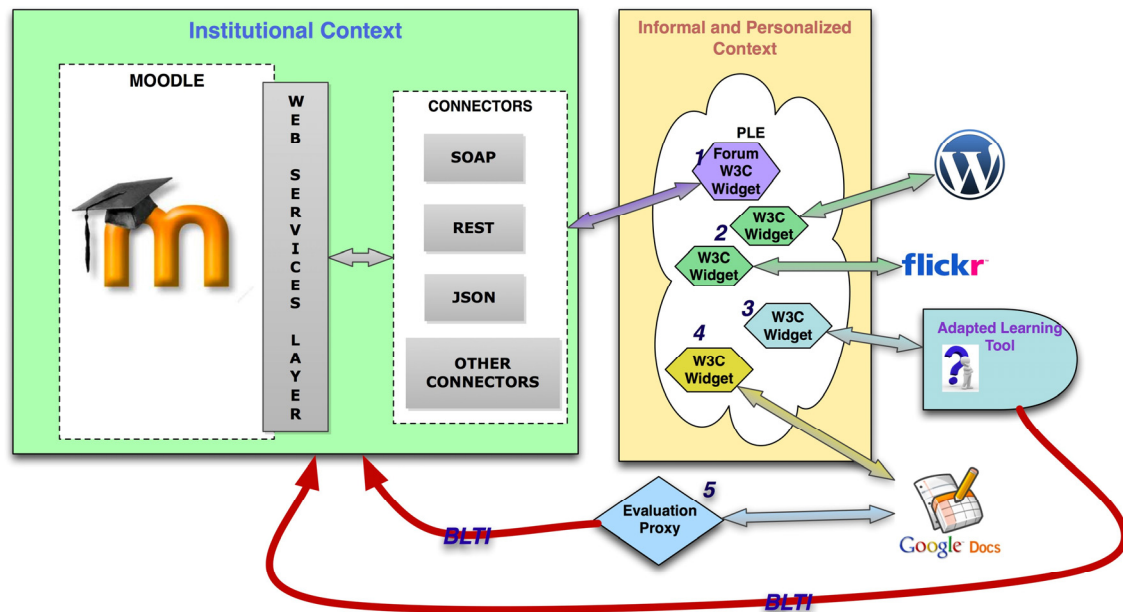


Figura 52. – Configuración del *framework* propuesto según las restricciones de diseño de la prueba de concepto

Estas restricciones de diseño también afectan a los escenarios de interoperabilidad de la propuesta de referencia, puesto que para la prueba de concepto el LMS a considerar es *Moodle*, las herramientas son *widgets* W3C y para cada uno de los escenarios se determinan las aplicaciones a emplear, con lo que la representación del sistema queda como se ilustra en la Figura 52. En ella se observa que el Escenario 1 va a exportar el foro de *Moodle* (punto 1), el Escenario 2 considera dos herramientas *online* que no interaccionan con el sistema como son *Flickr* y *Wordpress* (punto 2), el Escenario 3 utiliza una herramienta educativa basada en cuestionarios, *quiz* (punto 3) y el Escenario 4 utiliza *Google Docs* (punto 4) y un mediador (punto 5).

A continuación se describen los componentes arquitectónicos con las restricciones de la prueba de concepto y posteriormente la implementación de los escenarios planteados.

5.3.1. Componentes de *framework* arquitectónico para la prueba de concepto

El *framework* de servicios planteado involucra la interacción de un conjunto de componentes como se ha podido comprobar. Estos componentes intercambian interacción e información mediante el uso de servicios web y especificaciones de interoperabilidad. Básicamente el *framework* propuesto se divide en un entorno institucional, formado por una o varias plataformas de aprendizaje, un entorno informal, basado en un contenedor de *widgets* personalizados, y una serie de elementos

adicionales que facilitan la comunicación. Para realizar la prueba de concepto se tiene una serie de restricciones de diseño como el uso de *Moodle*, de *widgets* w3c, la aparición de elementos mediadores, etc.

A continuación se hace un recorrido por cada uno de esos componentes. Se parte de un diagrama de despliegue general y se especifica cada uno de los componentes mediante diagramas de componentes y clases.

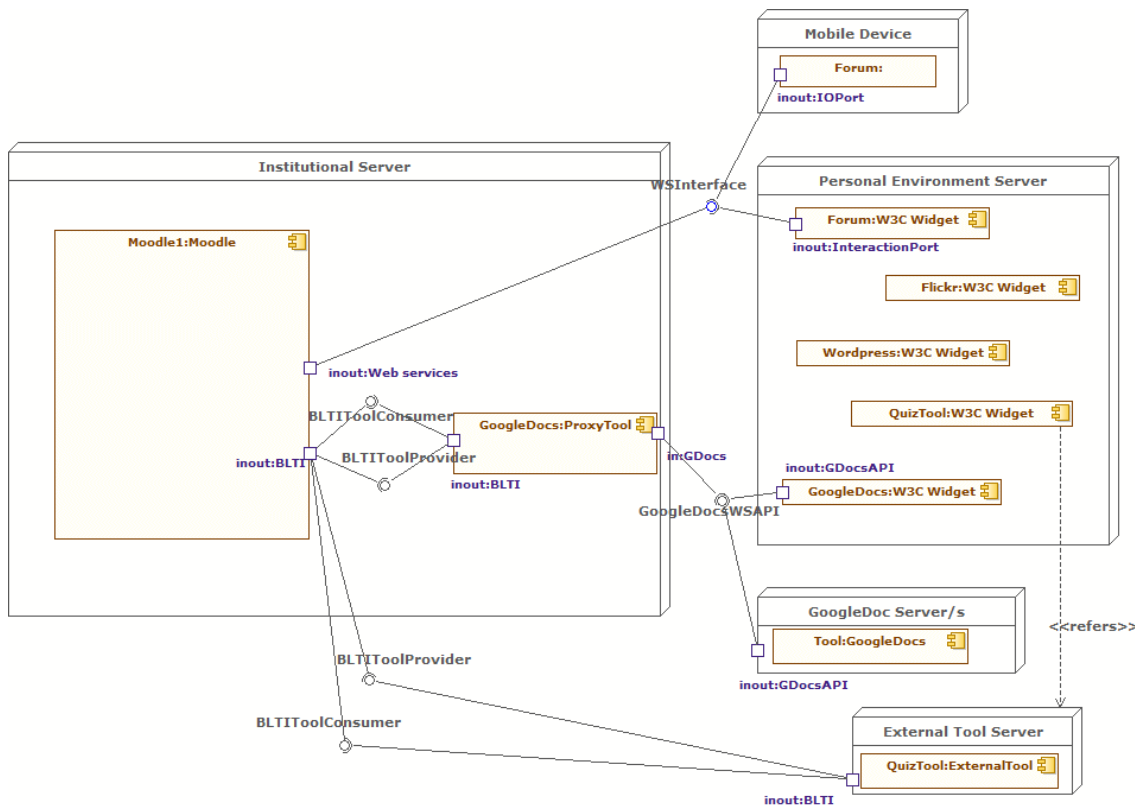


Figura 53. – Diagrama de despliegue del sistema para la prueba de concepto

En la Figura 53 se observa el despliegue arquitectónico de estos componentes en nodos con capacidad de computación. Se destacan dos elementos, el servidor institucional y el servidor personalizado.

Dentro del servidor institucional se pueden observar dos componentes principales. El primero de ellos es el componente *Moodle*. Dicho componente define el entorno de aprendizaje establecido por la institución y presenta varias interfaces de comunicación con el entorno personalizado, para soportar los diferentes escenarios de interoperabilidad descritos anteriormente (en concreto para los escenarios 1,3 y 4). En este caso solo se muestra una instancia del componente *Moodle*, aunque podrían existir varias y diferentes. Además, dentro también de este servidor está un componente mediador que se encarga de facilitar la evaluación de la actividad del estudiante en herramientas educativas externas que no proponen interfaces para tal

fin (que se corresponde con el escenario de interoperabilidad 4). El hecho de que el servidor se encuentre en el nodo del entorno institucional no es indispensable.

En el espacio correspondiente al entorno personalizado se observan varios *widgets*, que representan la posibilidad del estudiante de utilizar herramientas de forma personalizada sin necesidad de acceder al entorno institucional. El primero de los *widgets* soporta la posibilidad de exportar la funcionalidad del LMS, específicamente el foro (que además puede portarse a dispositivos móviles como se muestra en el diagrama); el segundo y tercer *widget* se corresponden con la posibilidad de utilizar herramientas externas y que no tengan interacción con el entorno institucional; el cuarto *widget* sustenta la posibilidad de acceder a otras herramientas externas con capacidad de evaluación de la actividad del estudiante y que dicha información se pueda devolver a este; y, por último, el quinto *widget* accede a una herramienta colaborativa, como *Google Docs*, y añade mediante el mediador, elementos para facilitar la evaluación de la actividad del estudiante. De esta forma se establece un entorno con el que el usuario no requiere acceder al espacio institucional y que puede personalizar según sus necesidades.

A continuación se describe cada uno de estos componentes, así como sus interfaces de comunicación:

- *Moodle*. Como ya se ha comentado anteriormente, la plataforma de aprendizaje viene representada por *Moodle*. En este caso se puede utilizar una o varias instancias de esta plataforma. Cada una de estas instancias va a seguir una distribución en componentes como la que se muestra en la Figura 54. En ella se diferencian tres componentes fundamentales, el núcleo de *Moodle* (*Moodle Core*), la capa de acceso a funcionalidades externas (*External API*) y el componente de servicios web (*Web services*).
 - *Moodle Core*. La funcionalidad básica de la plataforma de aprendizaje se implementa como un conjunto de módulos (foro, *chat*, glosario, lección, etc.), *plugins*, que garantizan la escalabilidad del sistema, y una serie de funciones distribuidas en función de la actividad que facilitan.
 - *External API*. Componente que proporciona una biblioteca de funciones para la interacción con la plataforma de aprendizaje sin necesidad de conocer cómo se implementan dentro de *Moodle*, con lo que se posibilita la interacción con la plataforma de aprendizaje sin tener acceso al núcleo ni “harcodearlo”. Es decir, sin tener que cambiar el código de *Moodle*, acceder a información o funcionalidad no facilitada

por la plataforma. Esa biblioteca de funciones se estructura en una serie de contextos de aplicación como el Foro, el Usuario, el Curso, etc. Por cada una de las funciones que componen esta biblioteca se establece un contrato *software* que describe los parámetros esperados y los devueltos, para luego utilizarse como descripción base para los servicios web.

- *Web Services*. Componente que facilita la interacción con la plataforma según diferentes protocolos y desde distintos contextos. En concreto proporciona conectores para que pueda accederse al sistema mediante diferentes protocolos de implementación de servicios web. Cuando el servicio recibe una petición, invoca a la funcionalidad correspondiente del *External API* y este accede a las funciones necesarias en el *Core*.
- *Interfaces*. Dentro del componente *Moodle* se encuentran además diferentes interfaces. Una de ellas es la interfaz de servicios web (*WSInterface*) que puede ser de tipo REST, SOAP, JSON-RPC, etc.; es extensible a otros tipos y garantiza la escalabilidad del sistema en cuanto a protocolos. A dicha interfaz accede el *widget* del foro para utilizar y representar la funcionalidad desde el entorno personalizado (Figura 52, punto 1). Además de esa interfaz, el *External API* proporciona otra al componente de los conectores (*ExternalFunctionInterface*) con la que se facilita el acceso a la biblioteca de funciones y se evita que el componente servicios web deba tener conocimiento de cómo se implementa la función requerida. Otra de las interfaces que se debe destacar es la interfaz *BLTIToolConsumer*, que facilita la integración de actividades externas al LMS, en este caso concreto se utiliza para incorporar los resultados de una actividad realizada en el entorno informal. Esta interfaz se utiliza en los escenarios de interoperabilidad 3 y 4 por los *widgets* 4 y 5 de la Figura 53.

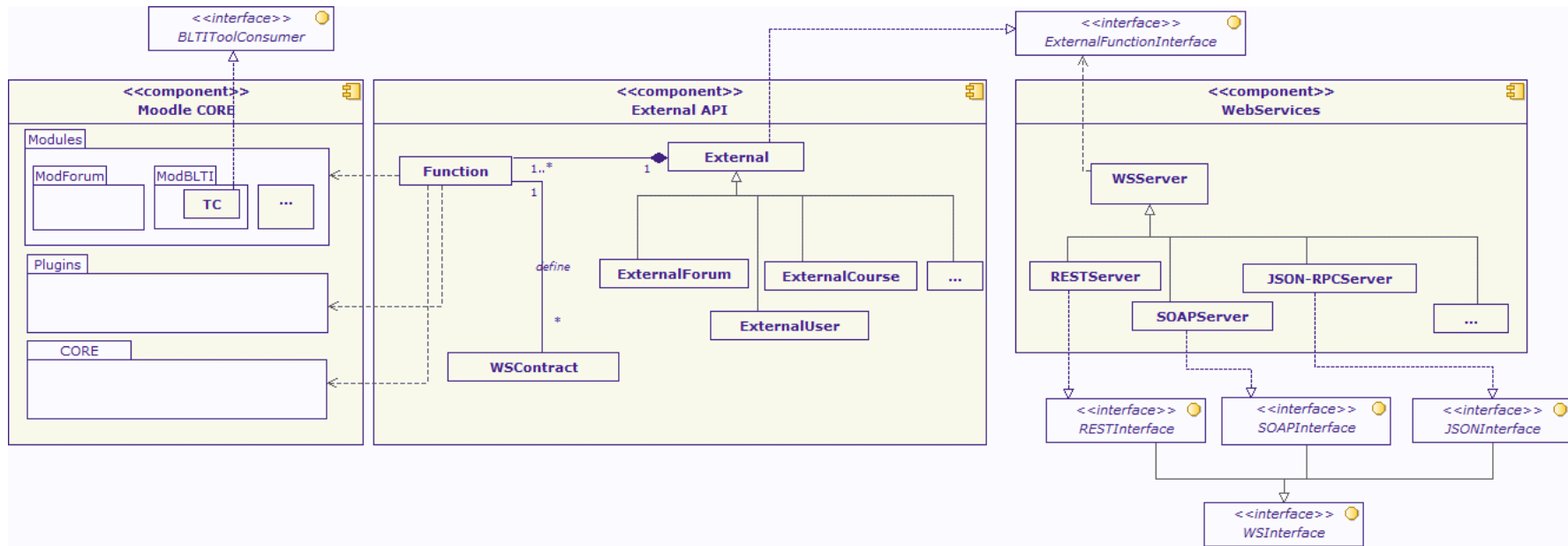


Figura 54. – Diagrama de componentes de Moodle

- **Mediador.** En el escenario de interoperabilidad 4 se considera el uso de una herramienta mediadora para comunicar la plataforma con otras herramientas. En este caso dichas herramientas no disponen de una interfaz que facilite la evaluación de la actividad del estudiante ya que no han sido definidas como herramientas para el aprendizaje, aunque puede usarse con tal cometido. Como ejemplo se tiene *Google Docs*, herramienta colaborativa que permite compartir y escribir junto con otros usuarios un documento. Esta herramienta no está pensada como herramienta educativa, pero puede ser interesante incorporarla como actividad y valorar la actividad que estudiante desempeña en ella. Es por esto que se introduce el mediador como elemento para facilitar la evaluación de la actividad del discente. Otra de las razones de la necesidad de este elemento es que el uso especificaciones de interoperabilidad como BLTI supone que deban implementarse un *ToolConsumer* y un *ToolProvider* (como se ha comentado en capítulos anteriores). El primero se implementa como un módulo en la plataforma y el segundo debe incluirse en la herramienta a integrar. Sin embargo, herramientas como *Google Docs* tienen licencia propietaria, con lo que no es posible modificar su código por terceros. El mediador solventa este problema, ya que se encarga de implementar el *ToolProvider* para dicha especificación y además hacer de puente entre la herramienta (*Google Docs* en este caso) y el entorno institucional. En la Figura 55 se observa el diagrama de componentes de este elemento.

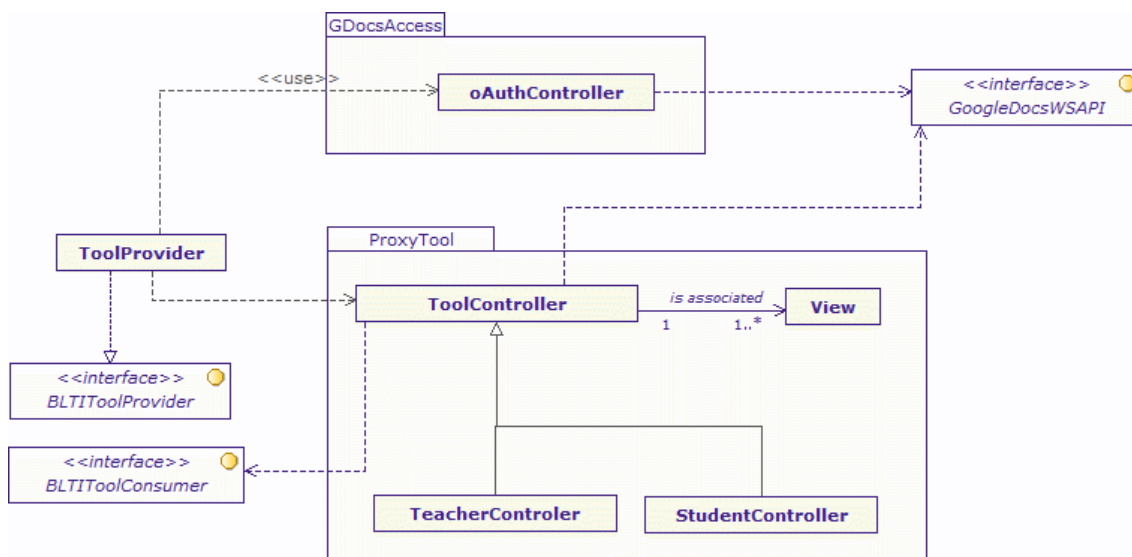


Figura 55. – Diagrama de clases del componente Mediador

El Mediador incluye una clase *ToolProvider* que implementa la interfaz *BLTIToolProvider* y utiliza la interfaz *ToolConsumer* que provee *Moodle*. A través de esta clase y este conjunto de interfaces se vincula una actividad en

Moodle con *Google Docs*; se proporciona una interfaz de evaluación para los profesores en el entorno de aprendizaje; y se facilita el retorno de los resultados de la evaluación llevada a cabo por los profesores. Para poder proporcionar estos resultados se utiliza el paquete *ProxyTool*, que consta de un controlador para facilitar las funcionalidades para el profesor (*TeacherController*) y el estudiante (*StudentController*) sobre *Google Docs* y una o varias vistas diferente para cada uno de ellos. Además, puesto que el acceso a *Google Docs* a través de su API requiere autenticación por *oAuth*, se tiene una clase *oAuthController* que realiza las actividades de firma de mensajes y obtención del *token* que facilita posteriormente el uso de *Google Docs* por el *ToolController*.

- Widgets W3C. El entorno personalizado está compuesto por un conjunto de *widgets* de tipo W3C que permiten interactuar con el LMS, lo que facilita la portabilidad a otros contextos. Estos *widgets* definen un entorno de herramientas no institucionales que el usuario usa con fines educativos. Los *widgets* se estructuran según el diagrama de clases de la Figura 56. En dicha figura se observa como el *widget* está formado por una configuración y una lógica de negocio. La lógica de negocio es la encargada de gestionar la comunicación con otras herramientas, por ejemplo con *Google Docs*, *Flickr* o *Wordpress* en la prueba de concepto, bien mediante el uso de servicios web o por acceso a las API que estas herramientas proveen. Además, la lógica de negocio proporciona una representación de la información según diferentes vistas y hojas de estilo.

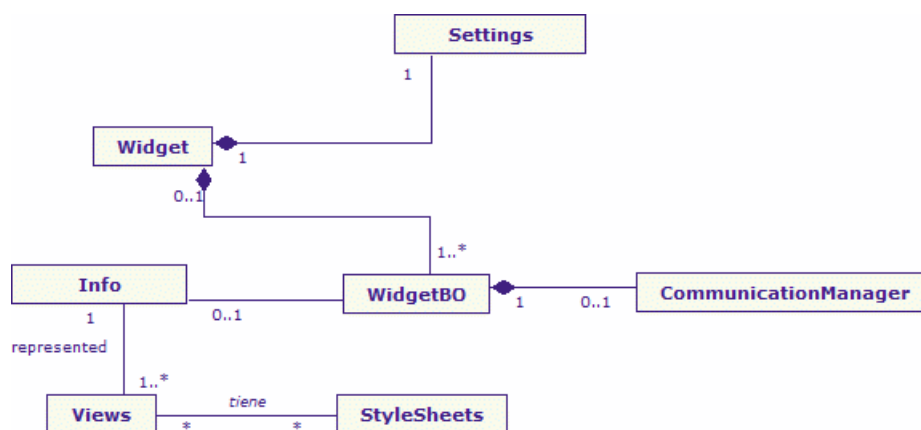


Figura 56. – Diagrama de clases del componente WidgetW3C

La W3C con este tipo de *widgets* define una forma estándar de empaquetar y estructurar miniaplicaciones. Estas tienen una extensión *.wgt* y representan un conjunto de archivos bajo compresión zip. Dicha estructura de archivos es

similar a la mostrada en la Figura 57. Esta figura considera los elementos estructurales fundamentales de cualquier *widget* W3C y para ello incluye: una vista inicial para el *widget* (index.html), un archivo de configuración (config.xml), y/o una serie de directorios en los que se almacenan los archivos correspondientes a la lógica de negocio en forma de archivos *javascript* (engine.js), las imágenes utilizadas y los recursos traducidos en caso de ser una aplicación multidioma (directorio locales).

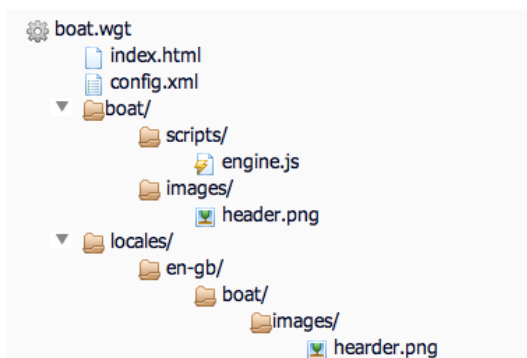


Figura 57. – Estructura de archivos de un *widget* W3C

En concreto la prueba de concepto consta de *widgets* que permiten el acceso: al foro de *Moodle* (escenario 1), a *Flickr* (escenario 2), a *Wordpress* (Escenario 2), a una herramienta educativa *online* (escenario 3) y a *Google Docs* (escenario 4).

Debe mencionarse que los *widgets* W3C, como ya se ha comentado anteriormente, pueden visualizarse desde dispositivos móviles y exportarse a otros contextos dentro de los entornos personalizados. En el diagrama de despliegue de la Figura 53 se muestra un componente foro (*Forum*) dentro del ámbito del dispositivo móvil, dicho elemento se representa bien a través de un *widget* o bien mediante otro tipo de aplicaciones que puedan acceder a él y representarlo usando la capa de servicios web.

- Herramienta educativa externa. El escenario 3 plantea la comunicación de una herramienta educativa externa con el LMS a través de BLTI, en concreto para la devolución de las notas. Este escenario se puede asociar a cualquier tipo de herramienta externa definida ad-hoc o no que se emplee en el proceso educativo y que facilite una interfaz para evaluar la actividad del estudiante. Dicha herramienta tiene que incluir un *ToolProvider* y además la lógica de la aplicación (Figura 58). El estudiante accede a la herramienta gracias a un *widget* creado para ese propósito.



Figura 58. – Diagrama de clases correspondiente al componente *ExternalTool*

- *Google Docs*. Al describir el componente mediador se utiliza *GoogleDocs* como herramienta colaborativa y se evalúa la actividad del estudiante en este espacio. *Google Docs* facilita una API con la que actuará tanto el *widget* como el Mediador.

5.3.2. Medios de comunicación

Los entornos involucrados en esta propuesta, especialmente los LMS, entornos personalizados y herramientas, se comunican entre ellos. Para llevar a cabo esta tarea se utilizan básicamente servicios web y especificaciones de interoperabilidad (que también utilizan servicios web). Además, existen algunas API abiertas que se están utilizando para acceder desde los *widgets* a las herramientas, como son la API de *Flickr* y la API de *Google Docs*. A continuación se describen estos elementos, con especial hincapié en los servicios web de *Moodle* y BLTI que se detallan mediante SOAml.

5.3.2.1. Los servicios web de Moodle

La definición de servicios web para *Moodle* surge hacia el 2008 ante la necesidad de que la plataforma de aprendizaje no se quedara estancada y pudiera evolucionar hacia las nuevas necesidades (Moodbile, 2012). En concreto, el Grupo GRIAL, conjuntamente con el Grupo GESSI de la Universidad Politécnica de Cataluña, han participado activamente en el desarrollo de la capa de servicios web de *Moodle* (Conde et al., 2009a). Definir esta capa de servicios web y adaptarla a *Moodle* no es una tarea fácil, requiere de un conocimiento profundo de sus bibliotecas principales, de las funcionalidades proporcionadas, de las capacidades de cada usuario, etc. Para poder facilitar el acceso a esas funcionalidades se desarrolló una API que aísle a los usuarios y las aplicaciones de la implementación interna de *Moodle* y de versiones específicas de esta plataforma (MoodleDocs, 2008; MoodleTracker, 2008) (*External API* definida en el componente *Moodle*). En octubre de 2008 la capa de servicios web se integró en algunas distribuciones de *Moodle* a modo de prueba y en 2010 se incorporó a la versión oficial de *Moodle 2.0*. No obstante dicha versión del LMS solo ha incorporado unos pocos servicios de los definidos inicialmente, principalmente relativos a usuario, grupos y archivos, aunque en las próximas versiones se harán

públicos más servicios. *Moodle 2.0* provee además herramientas para la extensión de los servicios web de forma estándar, con lo que pueden añadirse servicios de terceros.

Los servicios desarrollados para *Moodle* en su versión 2.X son los que se muestran en la Figura 59. Esta figura muestra un diagrama arquitectónico de *Moodle* con un participante genérico, el *Consumer* (la aplicación que acceda a *Moodle*), y el *External* que es el proveedor del servicio. En este diagrama se agrupan los servicios por contextos del *external* (foro, *user*, *group*, *blog*, etc.) aunque pueden describirse a un nivel de abstracción menor. La aplicación de dichos servicios se ilustra con mayor profundidad en el próximo apartado.

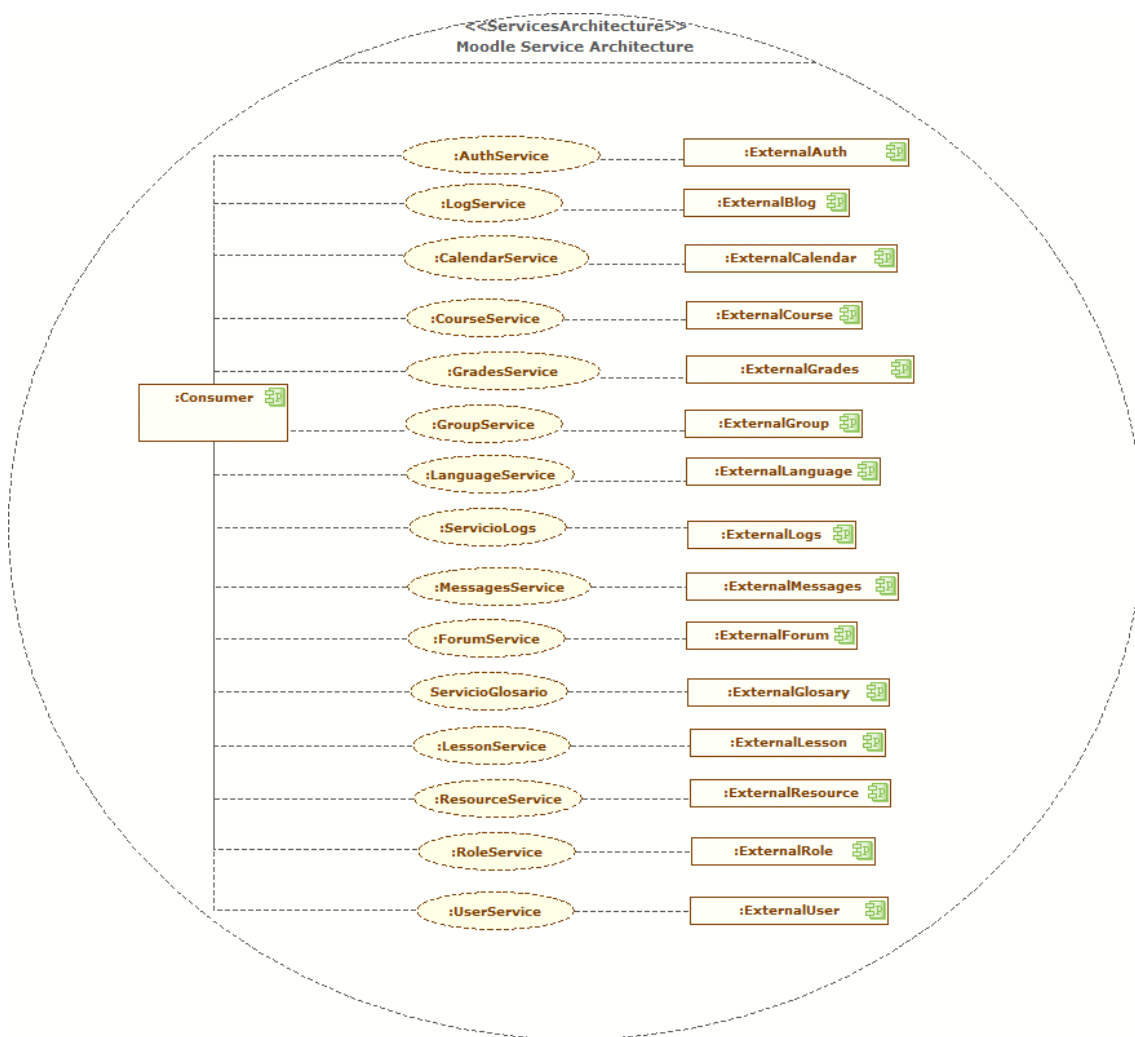


Figura 59. – Arquitectura de servicios de Moodle

En la Figura 60 se observa el diagrama de contrato de servicios para el foro (*ForumService*) que se utiliza en el escenario 1 (el de exportación de funcionalidades del LMS) durante la prueba de concepto. En el diagrama de contrato en la parte izquierda se muestra un consumidor anónimo (no va a ser de ningún tipo específico),

en la parte derecha el proveedor que implementa la interfaz *ExternalForum* y en la parte de abajo de forma detallada los métodos que forman parte de esta interfaz.

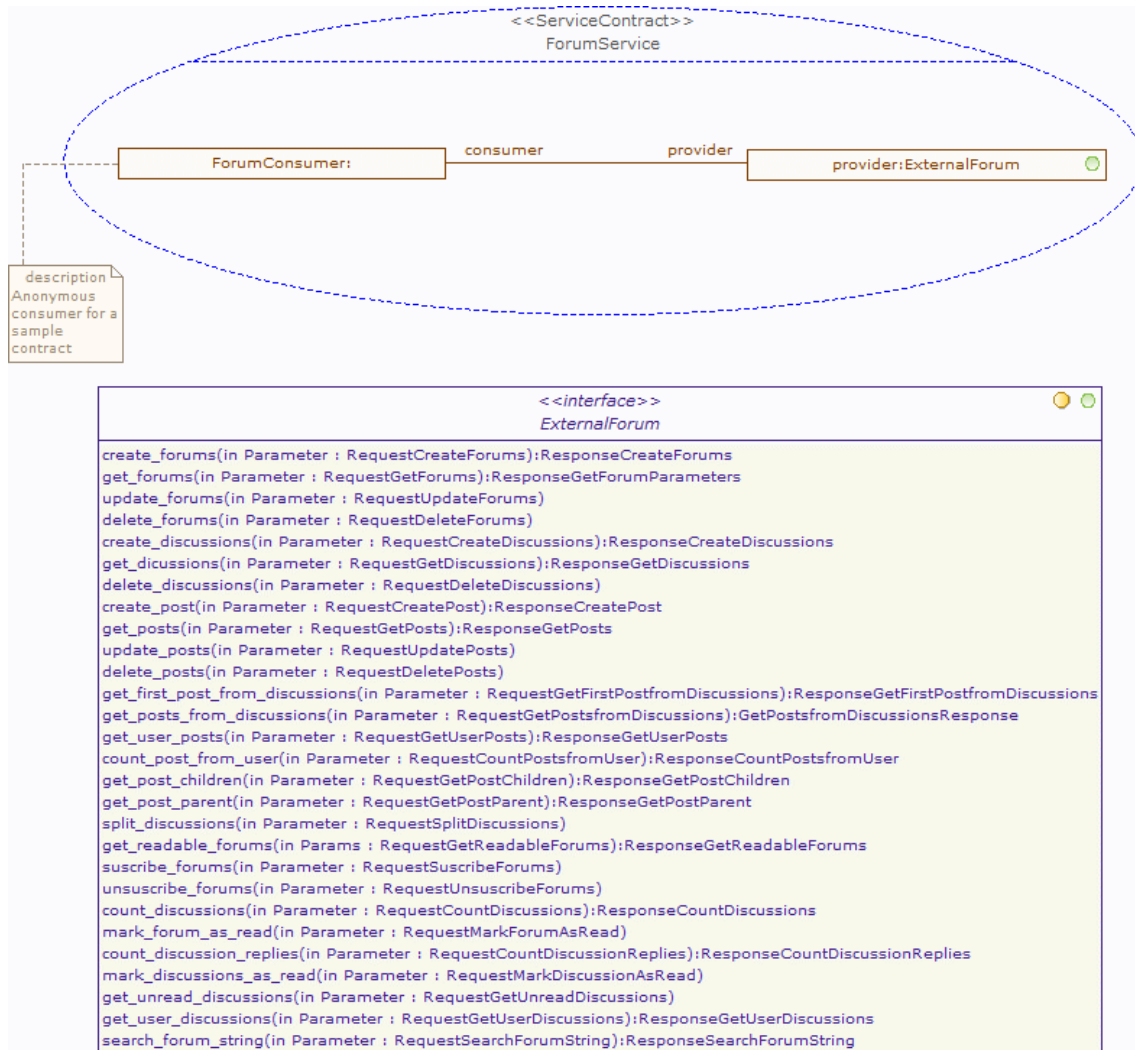


Figura 60. – Diagrama de contrato del ServicioForo (*Forum Service*)

Cada uno de los métodos de la interfaz *ExternalForum* utiliza una serie de parámetros y mensajes. Estos mensajes utilizan una estructura de tipos con dos clases principales *ExternalMultipleDescription* y *ExternalSingleDescription*, que son subtipos de *ExternalDescription*. Un elemento de tipo *ExternalMultipleDescription* pueden incluir elementos de tipo *ExternalSingleDescription* y *ExternalMultipleDescription* (Figura 61). A partir de esos tipos, se definen los parámetros que se utilizan en los métodos del contrato arriba descrito y se muestran en un diagrama de mensajes de SOAml. Un ejemplo de los diagramas de mensajes correspondientes al contrato del *ServicioForo* se muestran en la Figura 62, el resto pueden consultarse en el apéndice B.

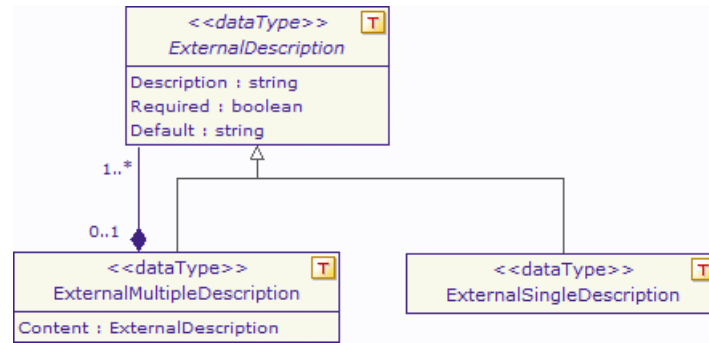


Figura 61. – Tipos de Mensajes en los servicios web de Moodle

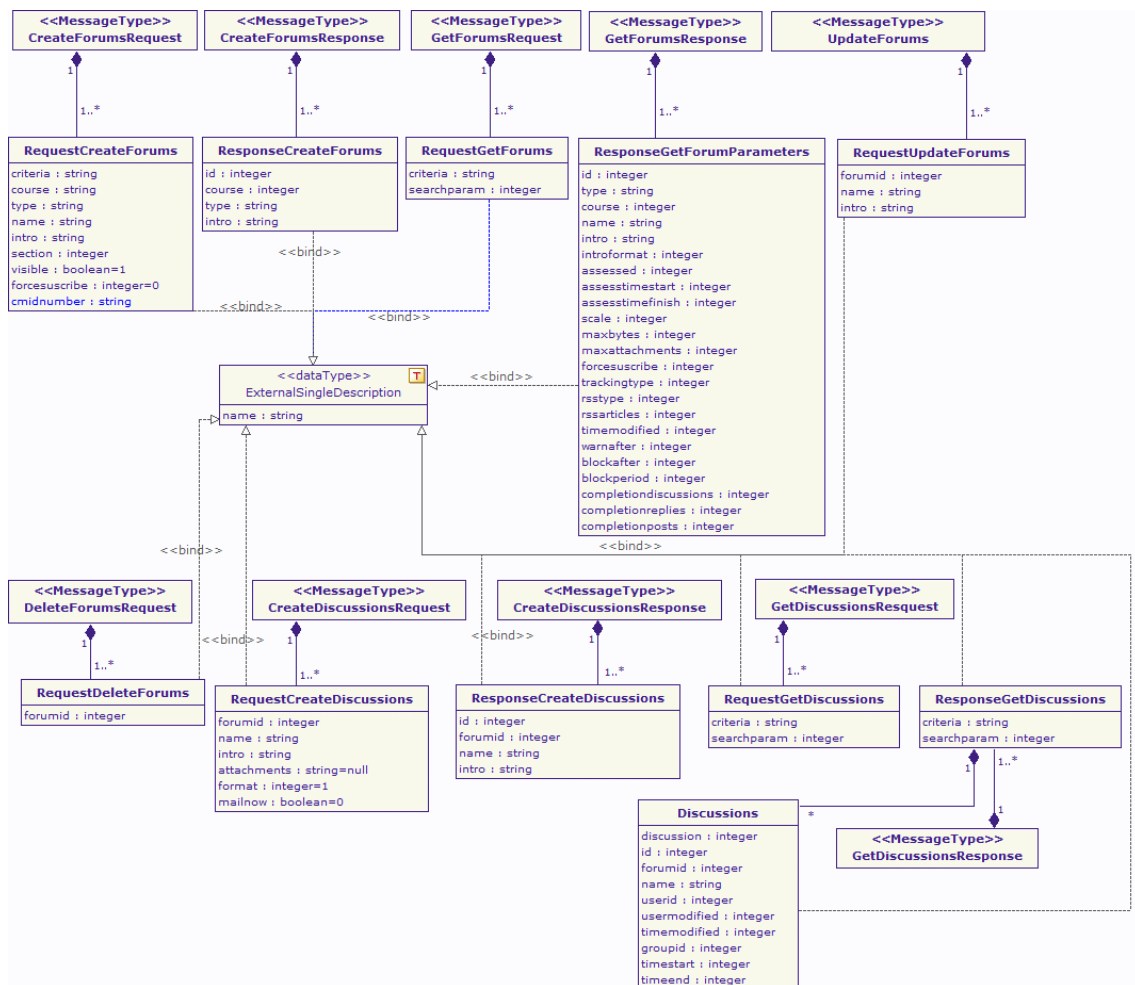


Figura 62. – Diagrama de mensajes para el servicio foro

Cada contrato y el conjunto de los servicios web se describe en un archivo *externallib*, en la estructura de directorios de *Moodle*, y cada *externallib* se encarga de determinar los parámetros de entrada, la lógica de negocio y los parámetros de salida. Como ejemplo en el Algoritmo 1 se muestra un fragmento de código en el que se definen cómo tienen que ser los parámetros de entrada para la búsqueda de parámetros de un foro por id. En concreto se define un *array* a partir del tipo *ExternalMultipleStructure*

que incluye un elemento del tipo *ExternalSingleStructure* con dos parámetros, el criterio de búsqueda, que es un valor textual obligatorio que describe el concepto por el que se busca, y el parámetro de búsqueda, que es un entero con el valor para el criterio previamente considerado (el id del foro a buscar).

```
/**
 * Returns description of method parameters
 * @return external_function_parameters
 */
public static function get_forums_parameters() {
    return new external_function_parameters (
        array(
            'forums' => new external_multiple_structure (
                new external_single_structure (
                    array(
                        'criteria' => new external_value(PARAM_TEXT, 'The
criteria to search for. It can be "forumid" or "courseid"', VALUE_REQUIRED),
                        'searchparam' => new external_value(PARAM_INT, 'A forum Id
or course Id, depends on the specified criteria', VALUE_REQUIRED)
                    )
                )
            )
        )
    );
}
```

Algoritmo 1. – Definición de los parámetros de entrada para la función *get_forums*

En la descripción de los escenarios se tiene más información de cómo se definen esos contratos web.

5.3.2.2. Basic LTI

La especificación de interoperabilidad a utilizar para facilitar la integración entre el LMS y las herramientas, así como para el intercambio de información e interacción es Basic LTI.

En primer lugar debe situarse el uso de BLTI y su finalidad dentro del *framework* de servicios. En concreto BLTI se utiliza en dos escenarios, los Escenarios 3 (integración en el LMS de la actividad en una herramienta *online* educativa externa) y 4 (integración en el LMS de la actividad en un herramienta *online* externa) y con una finalidad similar, ser capaz de devolver la evaluación de la actividad del estudiante en la herramienta externa al LMS. En el Escenario 3 se plantea la existencia de un herramienta educativa externa al LMS, en la que el estudiante puede realizar una actividad y obtener una nota en función de esta; dicha nota es devuelta al LMS, mediante el uso de BLTI, para su consideración en el entorno institucional. El Escenario 4 plantea el uso de una herramienta externa, que puede ser o no de carácter educativo, y a través de un mediador se facilita al profesor una interfaz para la evaluación de la actividad del discente; en este caso, también mediante el uso de BLTI, se devuelve al LMS la nota de cada estudiante a la plataforma de aprendizaje.

La especificación supone el uso de un *ToolConsumer*, que en este caso está en *Moodle* y un *ToolProvider*, que forma parte de la herramienta externa a integrar

(Escenario 3) o el mediador (Escenario4). En ambos escenarios es necesario el uso del servicio principal de BLTI, el servicio *Launch*, y devolver resultados mediante la extensión *Outcomes*. El servicio *Launch* es necesario porque, a pesar de que en estos escenarios no se integra la aplicación en el LMS, se tiene que crear una instancia de la actividad que se propone y esto supone establecer un vínculo entre el contexto concreto del LMS (curso, módulo, sección, etc.) y la herramienta. El servicio *Outcomes* permite la comunicación entre el TP y el TC para intercambiar la nota del estudiante en la actividad. Además, de cara a poder recuperar los estudiantes involucrados en la realización de la actividad y devolver la nota adecuadamente, también es necesario utilizar el servicio *Memberships*, que devuelve un listado de los estudiantes de un contexto determinado.

En la Figura 63 se observa un diagrama de arquitectura de servicios en el que se tiene por un lado el participante TC y por otro el TP, y entre ellos los servicios mencionados. El TC en los escenarios que se plantean forma parte de *Moodle* y el TP de la herramienta externa.

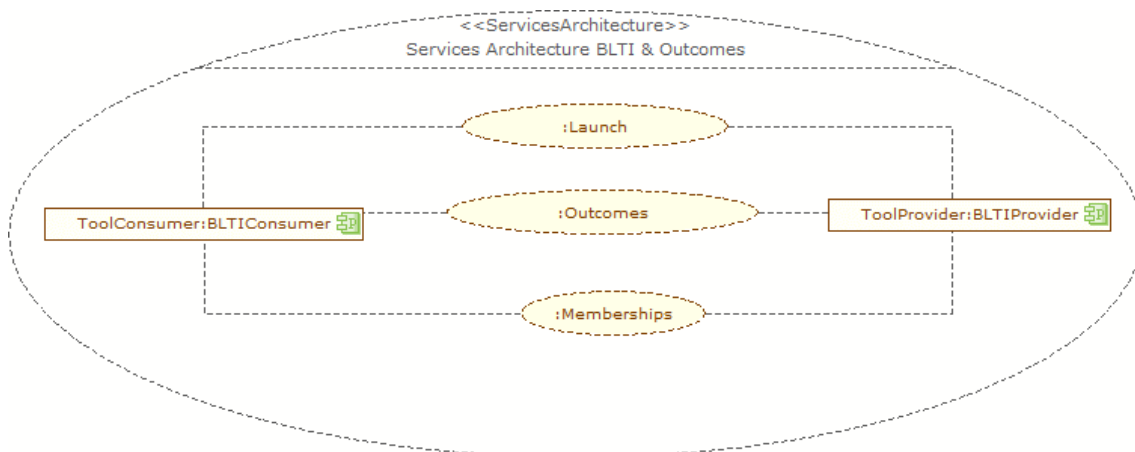


Figura 63. – Arquitectura de servicios de BLTI.

El servicio *Launch* se corresponde con la Figura 64 en la que se muestra la relación entre las interfaces proveedora y consumidora. En ella se observa el método incluido en dicha interfaz, esto es, el método *Launch*.

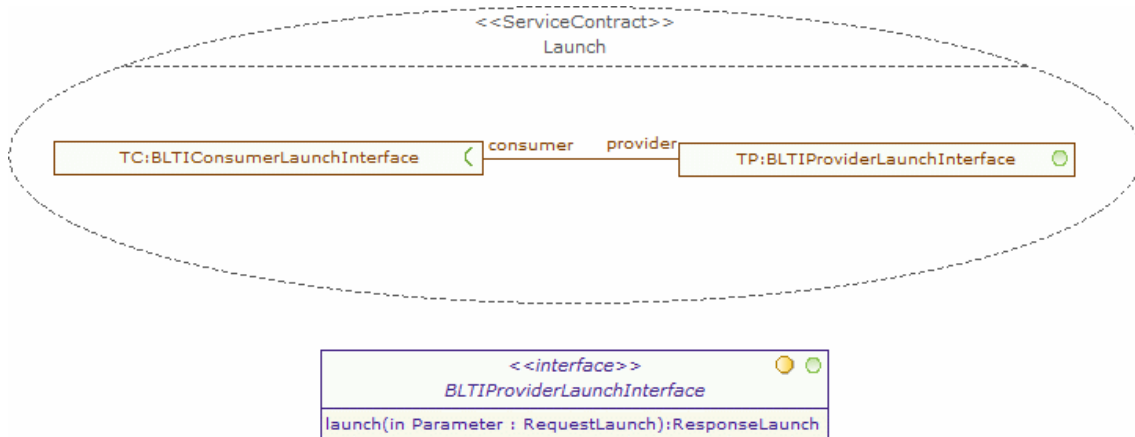


Figura 64. – Diagrama de contrato de servicio para *Launch*

En este caso se va a intercambiar un mensaje con una serie de atributos definidos en la especificación de BLTI y se retorna un HTML (a través de una URL) que es la representación de la aplicación y puede integrarse en contextos como Moodle. Estos mensajes son de los tipos definidos en la Figura 65, en la que se observa un tipo de mensaje que está formado por un conjunto de atributos relativos a la forma en que se gestiona la seguridad de la información en la especificación (*SecurityModelType*) y uno o varios atributos que extienden la especificación inicial (por ejemplo atributos necesarios en el mensaje para integrar *Outcomes*).

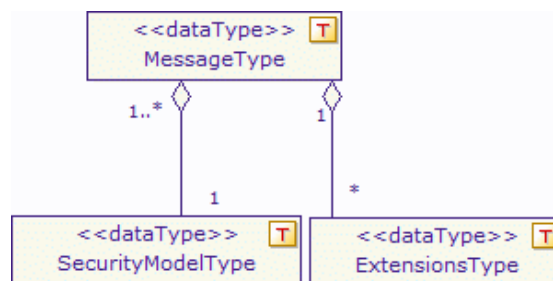


Figura 65. – Descripción de los tipos de mensajes en BLTI

En el caso específico de los mensajes del servicio *Launch* (Figura 66) se tienen un petición (*LaunchRequest*) y una respuesta (*LaunchResponse*), aunque este último solamente devuelve la URL de la aplicación a representar. El *request* consta de una lista de atributos, un modelo de seguridad basado en OAuth con el que se garantiza el firmado de los mensajes, atributos opcionales para poder extender la especificación (*SimpleExtension*) y atributos opcionales relativos a las extensiones *Outcomes* y *Membership* para posibilitar el retorno de la información en forma de *Outcomes*.

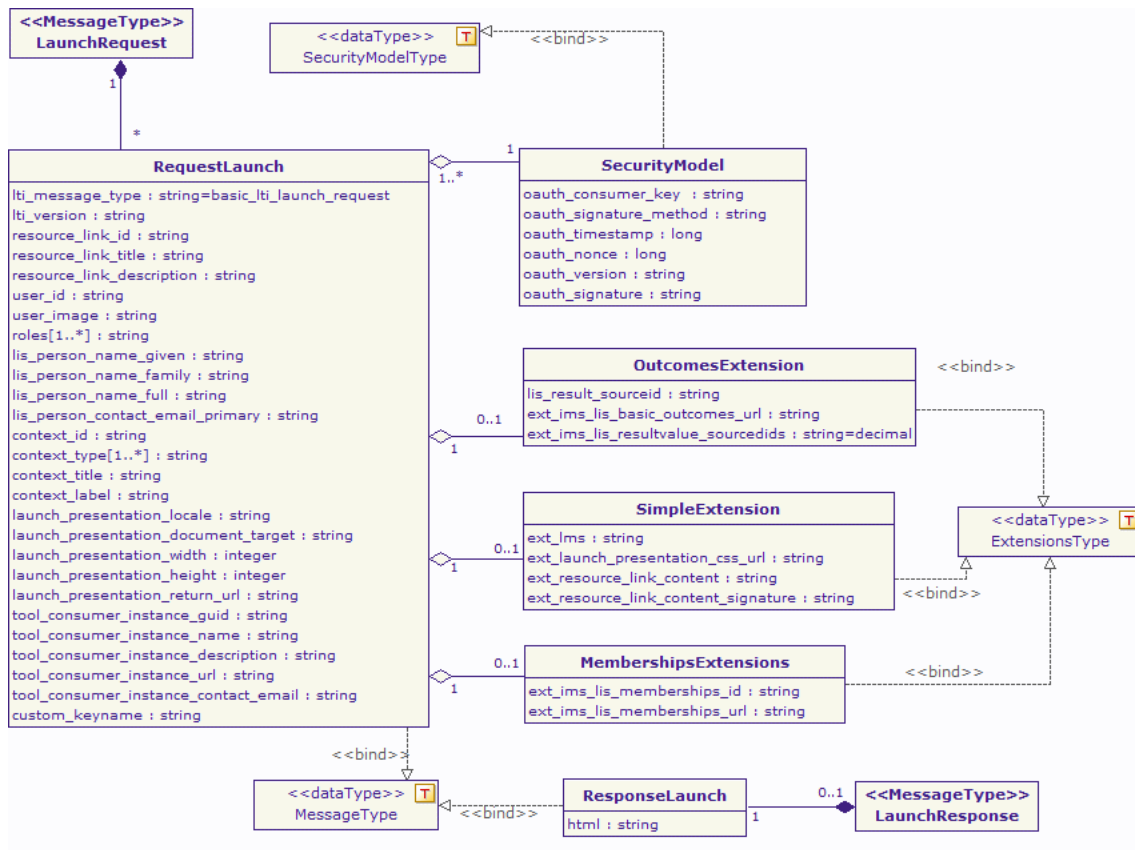


Figura 66. – Diagrama de mensajes para el contrato *Launch* de BLTI

Además del servicio *Launch* se usa también el servicio *Outcomes*. En este caso el *ToolProvider* invoca al *ToolConsumer* pasándole la información de la nota de usuario en la actividad que se produce dentro de la herramienta. En el diagrama de contrato (Figura 67) se observan ambas interfaces, además de como es el *ToolProvider* el que solicita el envío de notas al *ToolConsumer*.

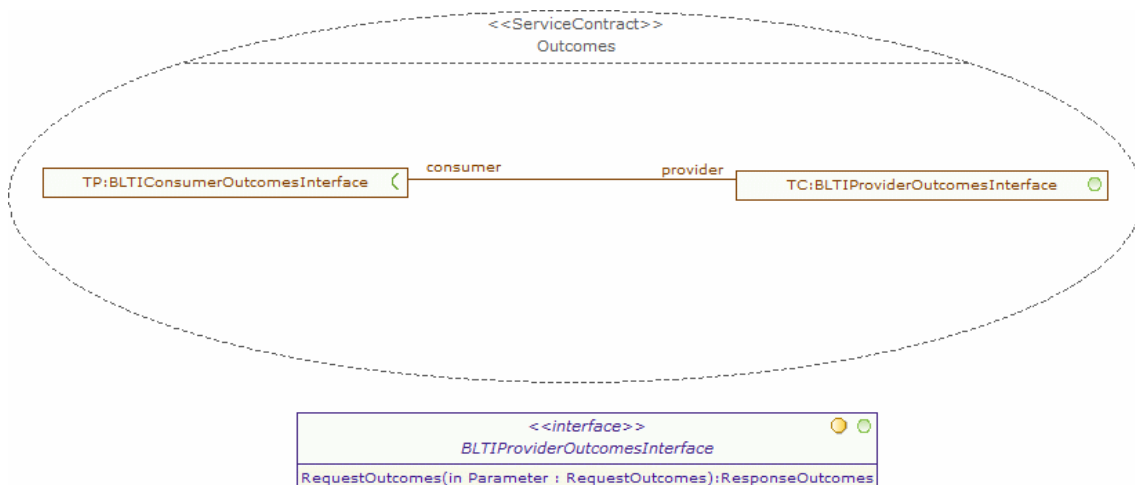


Figura 67. – Contrato de servicio BLTI *Outcomes*

La petición del TP al TC proporciona los resultados a través de un mensaje *RequestOutcomes*, estos se procesan por el TC y se devuelve un mensaje de respuesta con información acerca de si la acción, ha sido correcta y el resultado (este resultado puede incluir información del éxito de la acción, pero también puede devolver otro tipo de datos como notas, ya que este servicio también permite ese tipo de peticiones – Figura 68).

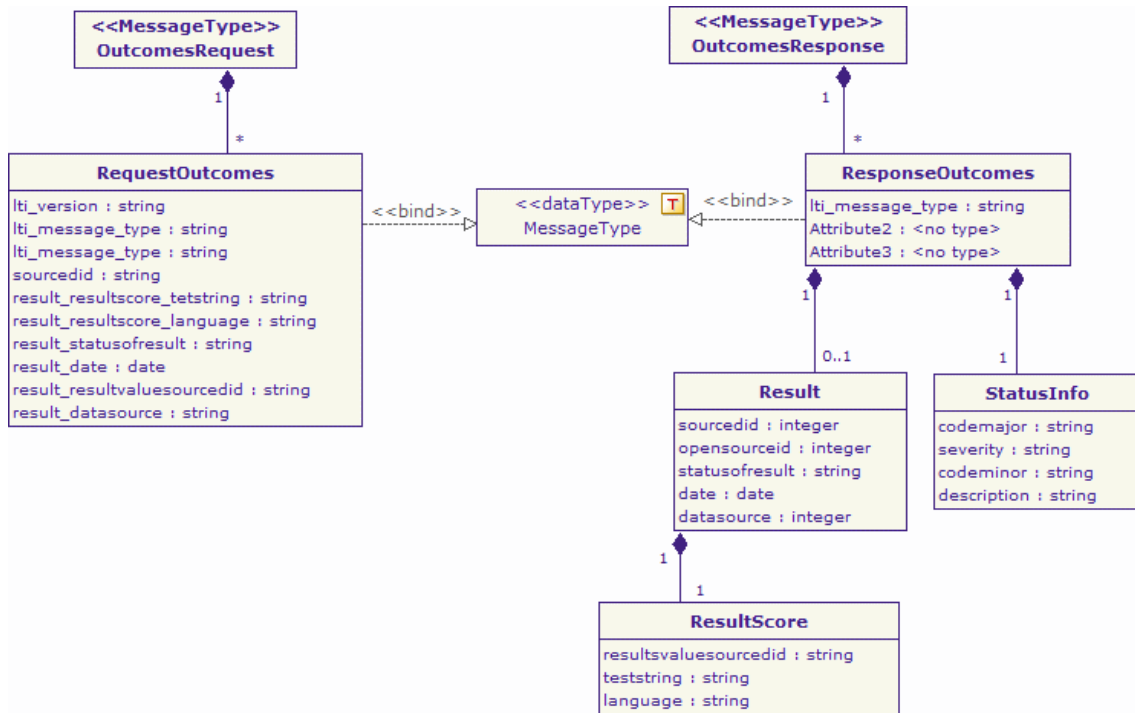


Figura 68. – Diagrama de Mensajes de BLTI Outcomes

Puesto en el caso de los escenarios 3 y 4 es necesario devolver una lista de notas, se tiene que invocar al servicio de *Outcomes* una vez por cada usuario involucrado en la actividad. Para que esto sea posible, sin necesidad de que todos los estudiantes entren al menos una vez en la actividad desde el LMS, se recupera un listado de miembros de un contexto. Después desde el TP se puede iterar sobre esta lista y actualizar la nota de cada uno de los usuarios. En la Figura 69 se observa el diagrama de contrato del servicio y en la Figura 70 los mensajes correspondientes, entre los que destaca que en el *response* existe una clase *Membership* compuesta de elementos *Member* que aportan el *sourcedid* (que es el identificador de usuario) necesario para devolver la nota correspondiente.

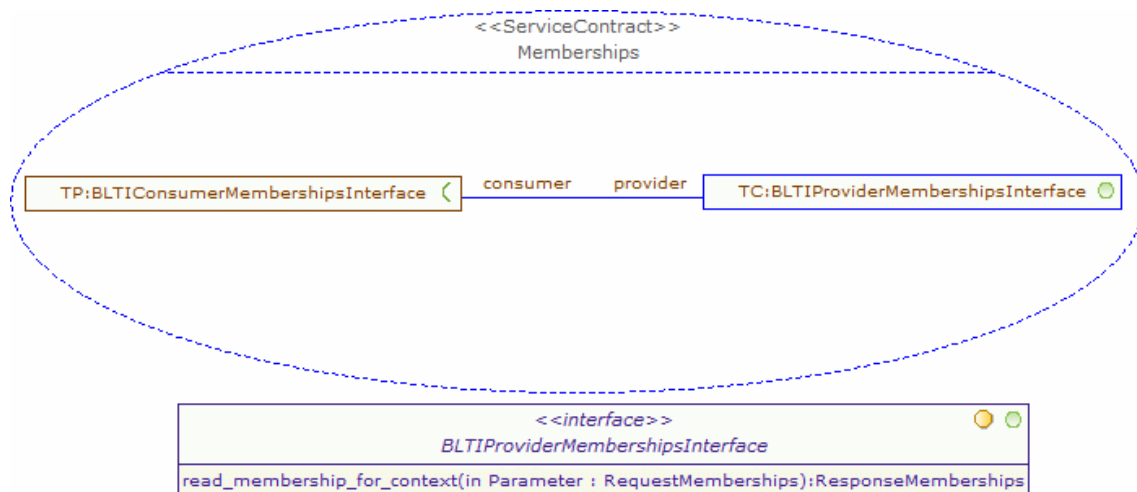


Figura 69. Diagrama de Contrato de servicio *Memberships*

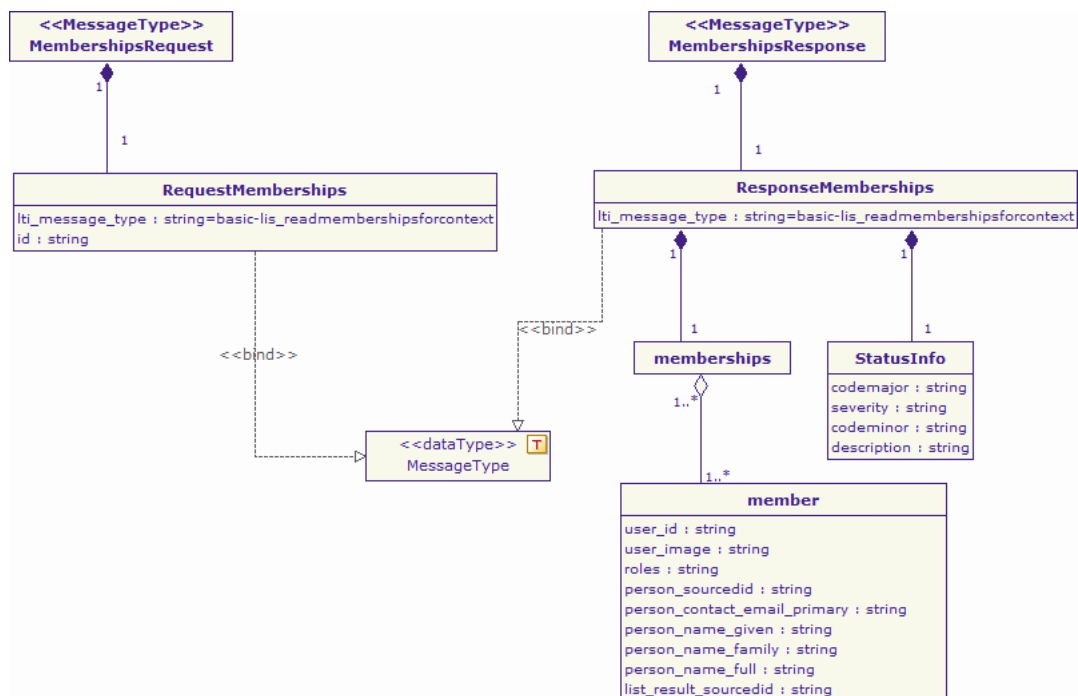


Figura 70. – Diagrama de Mensajes del servicio *Memberships*

5.3.2.3. IMS LTI

En Noviembre de 2011 *IMS Global Consortium* fusiona las especificaciones BLTI y LTI en una (IMS-GLC, 2011e). Esta fusión da como resultado la especificación LTI, en cuya versión preliminar se está trabajando durante la realización de esta tesis. Dicha especificación, se basa en BLTI y en las extensiones existentes para esta especificación, así como ciertas características de seguridad.

En concreto, la especificación incluye la extensión *Outcomes*, cambia la forma de representar los mensajes, utiliza POX (*Plain Old XML*) como envoltorio, los firma con OAuth, y se considera el *user profile* para describir la información de usuario y la idea

de *proxy tools* como representaciones de herramientas. Sin embargo, por ahora, no incluye la posibilidad de recuperar un conjunto de usuarios mediante el uso de la extensión *Memberships*.

Ante esta situación, para la prueba de concepto, y dado que los LMS aún no dan soporte a esta especificación, ya que se trata de una versión preliminar, se ha considerado el uso de BLTI, aunque se sigue explorando la nueva especificación para no tomar decisiones de diseño vinculantes que no sean válidas para la nueva versión.

5.3.3. Descripción de los escenarios de interoperabilidad

En este apartado se realiza una descripción pormenorizada de cada uno de los escenarios de interoperabilidad contemplados desde una perspectiva de ingeniería. Dichos escenarios se describen según las restricciones de diseño impuestas por la prueba de concepto a realizar.

5.3.3.1. Escenario 1 – Exportación de una funcionalidad del LMS fuera del entorno institucional

Este escenario busca abrir las puertas de las plataformas al uso de su funcionalidad en otros entornos. En este caso se plantea la definición de un entorno personalizado al que accede el estudiante. Este puede configurar dicho entorno e incluir las aplicaciones que considere adecuadas, entre ellas las que pueden incorporar funcionalidades del LMS. En la prueba de concepto se facilita al usuario la incorporación en su entorno personalizado de un foro de la plataforma de aprendizaje *Moodle*. De esta forma el usuario combina dicha herramienta con otras que considere de su interés o que utilice para estudiar, como *Wikipedia*, *Youtube*, *Flickr*, *Slideshare*, otros foros de expertos, etc.

Para describir mejor este escenario se utiliza SOAml para especificar el intercambio de mensajes entre los componentes involucrados, junto con diagramas navegacionales modelados con OOWS (*Object Oriented Approach for Web Solutions*) (Pastor, Abrahão, & Fons, 2001) para especificar la interfaz del *widget* de foro.

El *widget* del foro sigue la estructura de la especificación de la W3C para *widgets* (W3C, 2008b) e incluye básicamente un conjunto de archivos HTML y *Javascript*. Este *widget* permite listar las discusiones de un foro, leer dichas discusiones y sus *posts* asociados, crear una nueva discusión y responder a un determinado *post*. El diagrama navegacional del *widget* para el usuario autenticado se observa en la Figura 71, donde existe un contexto directamente accesible, que es el listado de discusiones, desde el que se pasa al contexto de *posts*, para posteriormente acceder al contexto de mensaje

(la descripción pormenorizada de los diagramas de contexto puede encontrarse en el Apéndice B). Además, la Figura 71 también incluye una imagen del listado de discusiones.

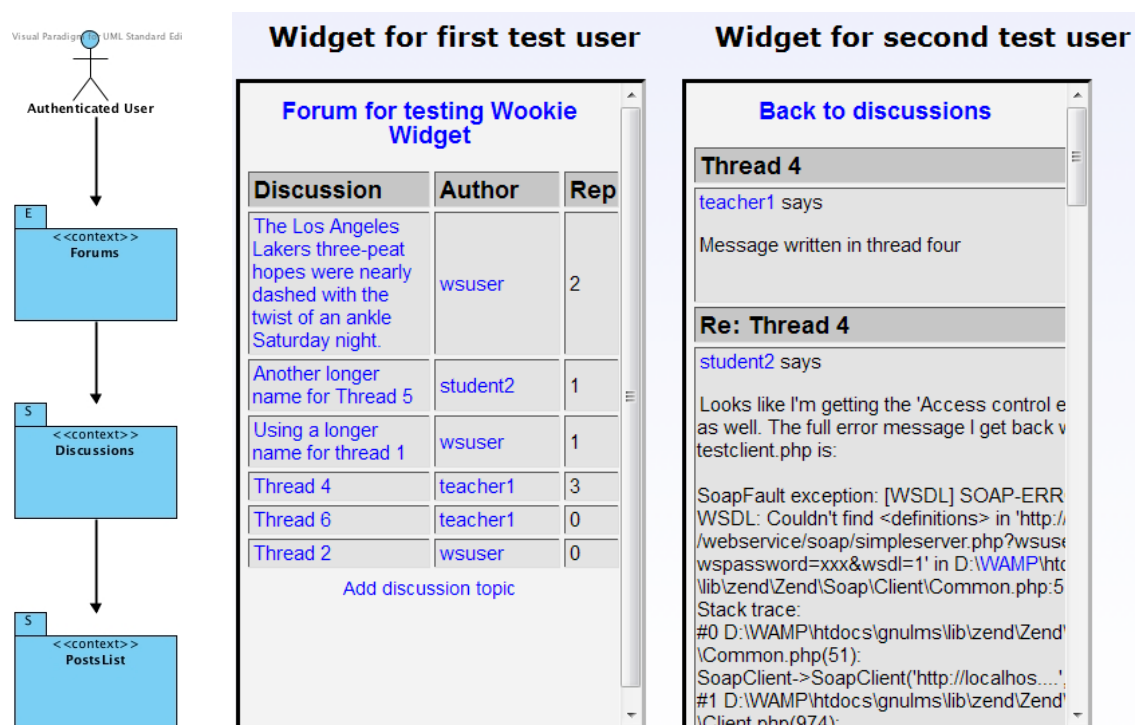


Figura 71. – Diagrama navegacional e imagen del *widget* de Foro y captura del mismo

Una vez descrita la interfaz del *widget*, se define cómo se lleva a cabo la acción de listar discusiones mediante el uso de servicios web. No se muestran todos los diagramas, solo algunos de los más representativos (para más información puede consultarse el Apéndice B).

Para describir este proceso además de diagramas SOAml se utilizan diagramas BPMN, según la notación de modelado de procesos de negocio propuesta por la OMG. En dicho diagrama se muestra el intercambio de mensajes entre los participantes involucrados en una determinada actividad. En la Figura 72 se muestra en concreto el intercambio de mensajes necesario para listar las discusiones. En esta figura se aprecian dos participantes principales, el *WidgetForo* y *Moodle*, y dentro de *Moodle* se pueden observar además otros tres: el manejador de peticiones, el procesador de peticiones y el sistema de autenticación. La actividad de listar discusiones consiste en el envío de una petición del *widget* al manejador de peticiones de *Moodle* con información sobre el foro. El manejador de peticiones procesa esta información (la decodifica y adecúa según el servicio web que se esté utilizando) y se la transfiere al procesador de peticiones, el cual con la información de usuario incluida en la petición llama al sistema de autenticación para ver si el usuario tiene permiso para acceder a la

funcionalidad solicitada. Si el usuario tiene permisos se procesa la petición y se devuelve la lista de discusiones al manejador de peticiones, en caso de que no los tuviera se devuelve un error. La información retornada se procesa según un protocolo específico y se envía al *widget* de foro.

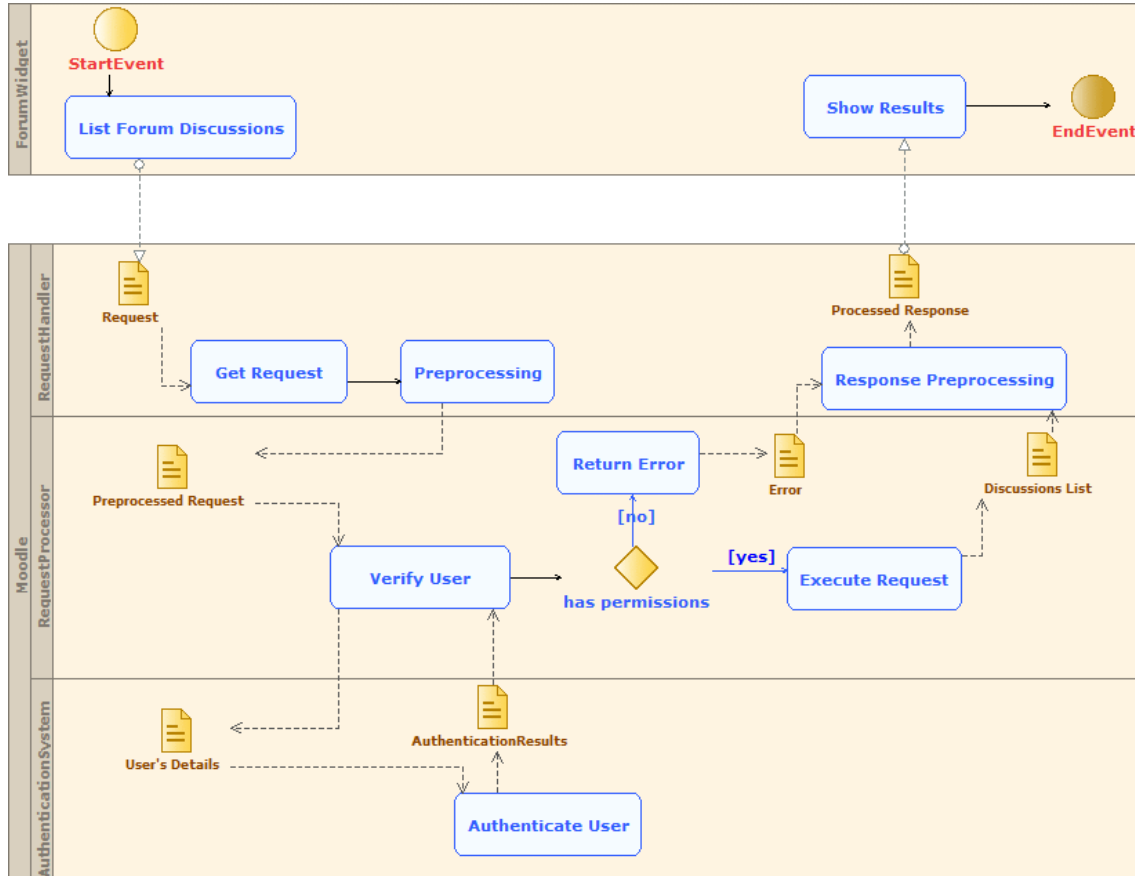


Figura 72. – Diagrama de procesos de negocio para la actividad de listar discusiones

Desde un punto de vista de modelado de servicios se consideran dos participantes principales (*Moodle* y el *widget*) con lo que el diagrama de arquitectura de servicios se corresponde con el que se muestra en la Figura 73, sin embargo puede considerarse este también desde la perspectiva de *Moodle* (Figura 74), o lo que es lo mismo, se consideran todos los participantes involucrados en esta herramienta. En este último se aprecian los participantes y los servicios existentes entre ellos.

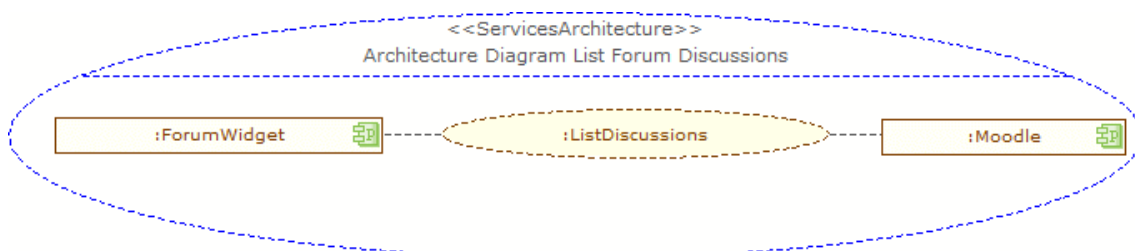


Figura 73. – Diagrama de arquitectura para Listar Discusiones

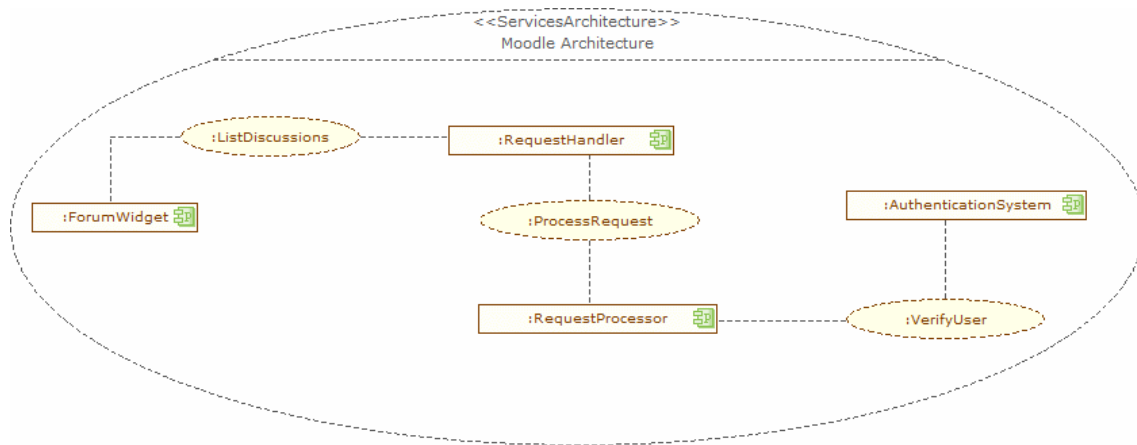


Figura 74. – Arquitectura para Listar Discusiones desde la perspectiva de Moodle

Estos servicios describen a través de una serie de diagramas de contratos (que pueden encontrarse en el Apéndice B). Como ejemplo puede verse el diagrama de contrato para el procesamiento de una petición (Figura 75). Este diagrama incluye las interfaces de preprocesado y la de procesado y los mensajes que dichas interfaces pueden intercambiar. El manejador de peticiones requiere la interfaz de procesado de peticiones y el procesador la interfaz de preprocesado para el intercambio de mensajes de cara a generar el listado de discusiones. En la Figura 76 se observan además los mensajes intercambiados de ambas interfaces, que incluyen una especificación del tipo de autenticación (por usuario y contraseña, por *token* temporal, *token* permanente, etc.) y el tipo de procesado (SOAP, XML-RPC, REST).

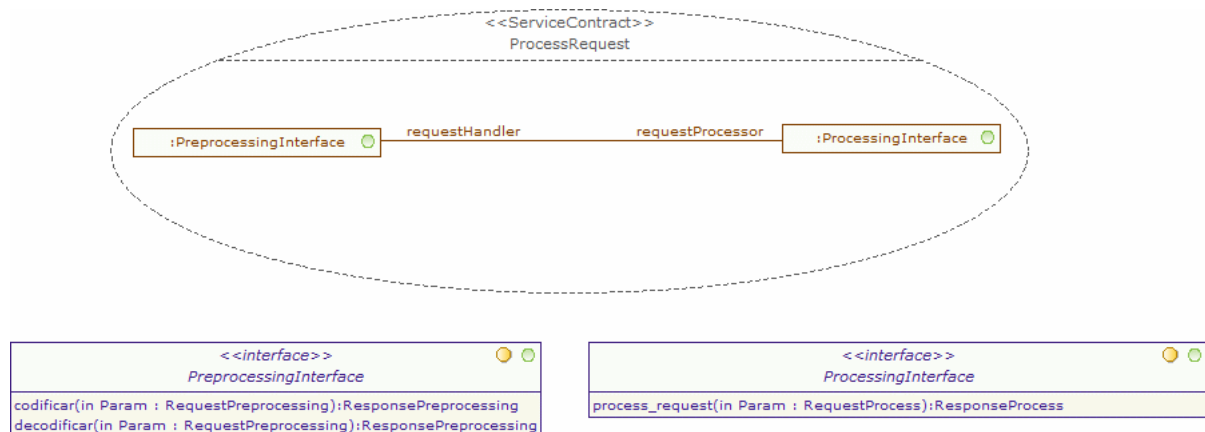


Figura 75. – Diagrama de contrato para el servicio de procesar petición (*ProcessRequest*)

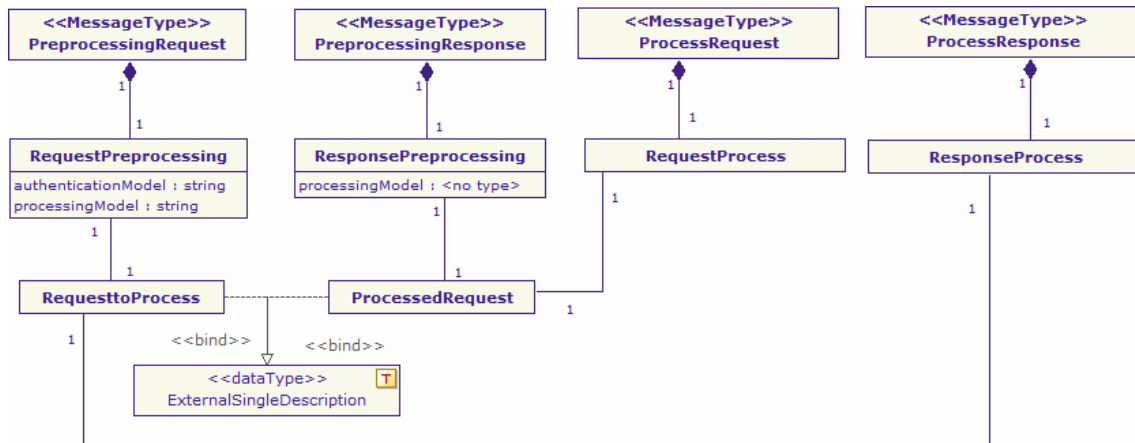


Figura 76. – Mensajes intercambiados durante el procesamiento de peticiones

Los participantes de cualquiera de estos servicios se presentan de forma más detallada en el diagrama de participantes de la Figura 77. En esta figura se muestra cada uno de esos participantes y los servicios que proveen y requieren. Debe observarse que los participantes incluidos en *Moodle* aparecen dentro de él en el diagrama.

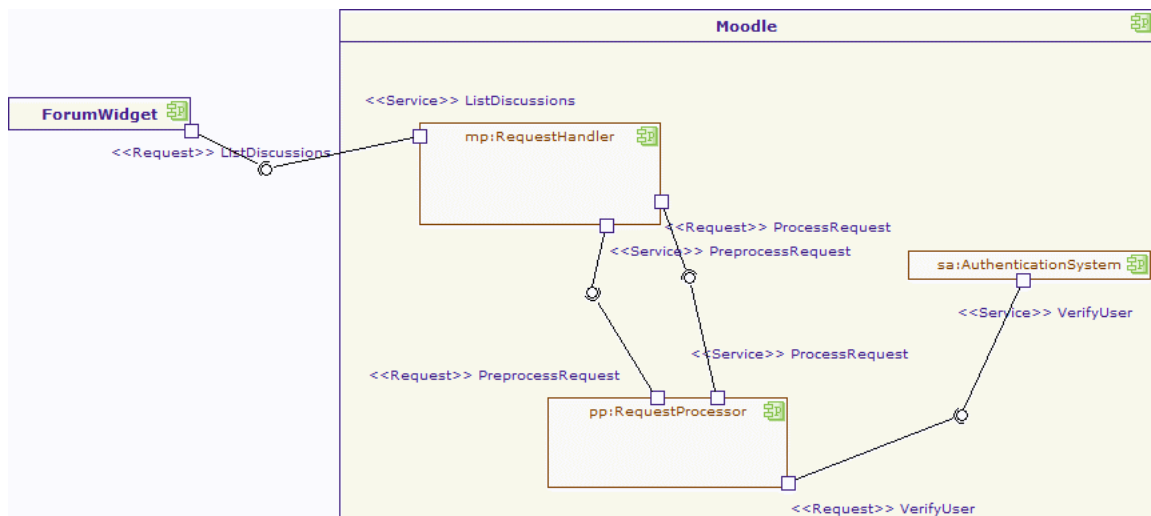


Figura 77. – Diagrama de participantes para el listado de Discusiones (*ListDiscussions*)

Estos participantes se corresponden con componentes del sistema, el *widget* es el *ForumWidget* y los participantes de *Moodle* como el manejador de peticiones, el procesador de peticiones y el sistema de autenticación en el componente *Web Services*, *External API* y *Moodle Core* respectivamente. Estos componentes interactúan entre sí para proporcionar una funcionalidad, en este caso devolver el listado de discusiones para un foro. Para ilustrar este intercambio de mensajes entre componentes se ha realizado un diagrama de secuencia (Figura 78) en el que se puede observar dicho intercambio, así como las posibles alternativas. En esta figura se observa que en caso de estar autorizado se obtienen las discusiones.

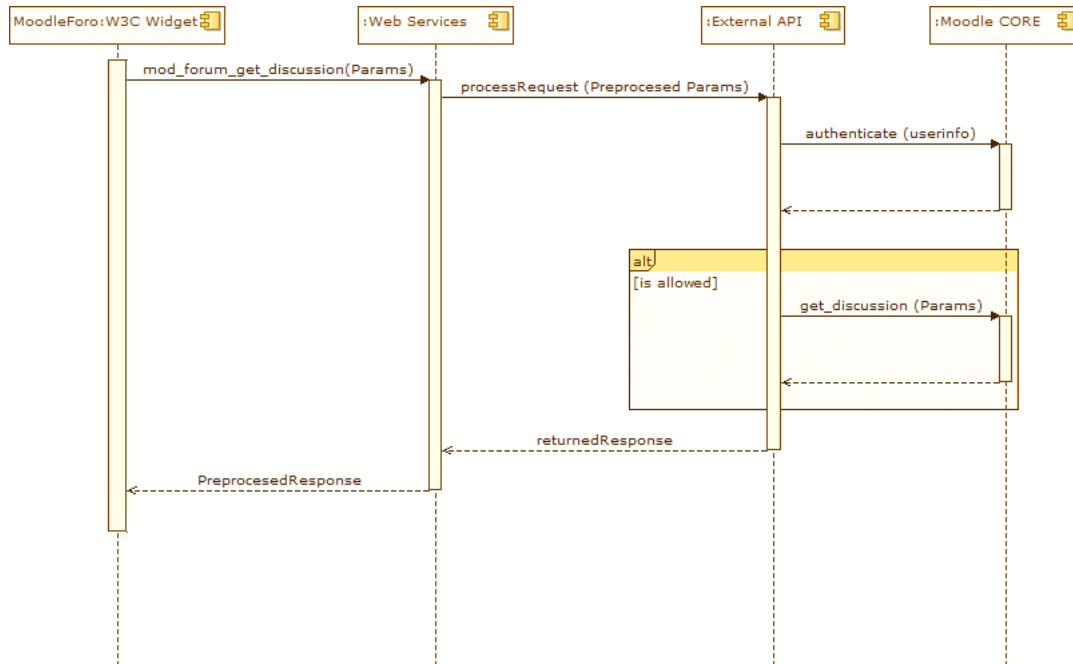


Figura 78. – Diagrama de secuencia de los mensajes intercambiados entre los componentes del sistema para devolver el listado de discusiones (*ListDiscussions*)

Parte de la lógica de esta función se muestra en el Algoritmo 2, en concreto cómo se recuperan las discusiones a partir del id del foro. Se comprueban las capacidades para poder recuperar la información de esa función y si existen se compone un *array* con los hilos de esa discusión.

```

public static function get_discussions($params) {
    ...
    $params = self::validate_parameters(self::get_discussions_parameters(),
    array('discussions' => $params));

    foreach ($params['discussions'] as $param) {
        switch ($param['criteria']) {
            case 'forumid':
                if (!$scm = get_coursemodule_from_instance('forum',
                $param['searchparam'])) {
                    throw new moodle_exception('forumnotexists'); // TODO
                }
                $context = get_context_instance(CONTEXT_MODULE, $scm->id);
                self::validate_context($context);
                require_capability('mod/forum:viewdiscussion', $context);

                if (!$scm->visible) {
                    require_capability('moodle/course:viewhiddenactivities',
                    get_context_instance(CONTEXT_COURSE, $scm->course));
                }
                $discussions = forum_get_discussions($scm);
                $alldiscussions = array();
                foreach ($discussions as $disc) {
                    $disc->forumid = $param['searchparam'];
                    $alldiscussions[] = (array)$disc;
                }
                $return[] = array('criteria' => $param['criteria'], 'searchparam'
                => $param['searchparam'],
                                'discussions' => $alldiscussions);
                break;
            ...
        }
        return $return;
    }
}
    
```

Algoritmo 2. – Función para la recuperación de las discusiones del foro

El Escenario 1 puede considerar no solamente el contexto web sino otros contextos, como en la prueba de concepto se utiliza un dispositivo móvil para acceder a funcionalidades institucionales, se define una variación de este escenario denominada Escenario Móvil.

ESCENARIO MÓVIL

Este escenario consiste en la exportación de las funcionalidades institucionales a otros contextos y utiliza como ejemplo un dispositivo móvil. El usuario final incluye estos elementos en entornos personalizados integrados en otros dispositivos. En este caso se utiliza la capa de servicios web de la misma forma que en el Escenario 1, con lo cual ha quedado descrito previamente, pero varía sin embargo el contenedor de la funcionalidad exportada.

Existen dos posibilidades básicas en cuanto a tal recomendación, una es el uso de los *widgets* W3C y su representación en dispositivos móviles a través de contenedores como el *Opera Widgets* para Android (DEV.OPERA, 2011) o *Aplix* (Aplix-Corporation, 2009). Además, cabe la posibilidad de utilizar alguna implementación existente de clientes móviles para plataformas de aprendizaje que utilicen ese tipo capa de servicios web como *Moodbile* (<http://www.moodbile.org/>). Para la prueba de concepto se han utilizado los dos contenedores de *widgets* anteriores. Sin embargo se encontraron algunas complicaciones para realizar las conexiones de los *widgets* y en especial los redireccionamientos para cambiar pasar de unas pantallas a otras (listado de foros, de discusiones, de *posts*). Ante esta situación, y aunque se entiende que con las mejoras de estos contenedores (que evolucionan constantemente) los *widgets* se podrán visualizar correctamente, se ha decidido utilizar una herramienta como Moodbile para la representación del foro (Figura 79).

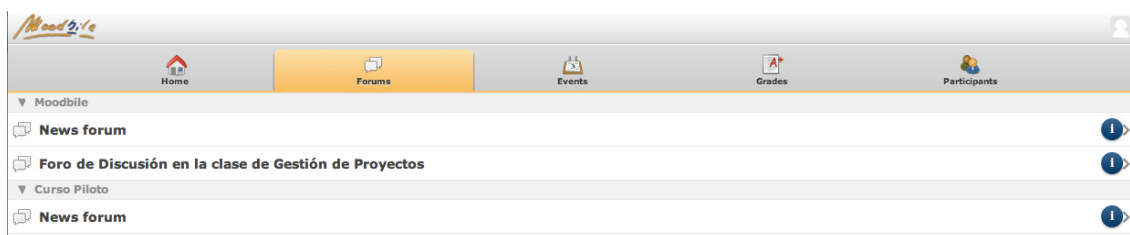


Figura 79. – Imagen de la versión de la aplicación para el foro accesible desde el dispositivo móvil

5.3.3.2. Escenario 2 - Uso de herramientas externas en el entorno personalizado y su consideración en el entorno institucional

En este escenario se plantea la utilización de herramientas *online* para el aprendizaje del estudiante que inicialmente no se encuentran incluidas entre las que el usuario

tiene disponibles en la plataforma de aprendizaje, como pueden ser herramientas para gestionar y compartir fotos, herramientas para la gestionar y compartir presentaciones, herramientas de opinión, etc. Este escenario no supone interacción alguna entre esas herramientas externas y el LMS. El estudiante realiza su actividad en un entorno externo, que en este caso puede ser su entorno personalizado y, posteriormente, el profesor debe acceder a la herramienta para evaluar la actividad del estudiante y asignarle una nota dentro del LMS.

Por ejemplo podrían seguirse los siguientes pasos:

- 1) El profesor plantea una actividad que consiste en subir un diagrama de clases a *Flickr* y añadirlo a un grupo en el que están todos los estudiantes del curso.
- 2) Los estudiantes suben, desde su entorno personalizado (a través del *widget*) o desde la herramienta *Flickr*, una foto al grupo correspondiente.
- 3) El profesor observa la contribución de cada estudiante desde su cuenta en *Flickr* y le da una nota dentro del LMS.

En concreto, para la prueba de concepto se utiliza *Moodle* (específicamente su “actividad no en línea”) y dos herramientas como *Flickr* y *Wordpress*, que son accesibles por parte de los estudiantes a través de sendos *widgets*. Los profesores plantean actividades externas mediante la actividad no en línea de *Moodle* (Figura 80) y los estudiantes las realizan a través de los *widgets*. Una vez pasado un plazo, el profesor accede a las herramientas (al grupo de *Flickr* y al servidor de *Wordpress*), comprueba la actividad del discente y le evalúa a través de la interfaz que se muestra en la Figura 81.

Como en este caso no existe intercambio de información entre el LMS y las herramientas, no se considera una descripción basada en SOAml, aunque sí se muestran los diagramas navegacionales y las representaciones de cada uno de los *widgets*.

En la Figura 82 se observa el diagrama navegacional del *widget* de Flickr junto a una imagen del mismo que muestra las colecciones de fotos. Este *widget* presenta un contexto de entrada, que es el inicio (*Home*) desde el que se puede acceder al resto de contextos. Estos son el que muestra los colecciones de fotos (*Photosets*), el que muestra los grupos y facilita la interacción con los mismos (*Groups*) y la funcionalidad de subir fotos (*Uploads*). En la parte derecha de la figura se muestra una imagen del *widget* con las colecciones de fotos del usuario. Para ver los diagramas de contexto correspondientes a este *widget* puede consultarse el Apéndice B.



Figura 80. – Creación de una actividad no en línea en Moodle

The screenshot shows the 'Gestión de proyectos' (Project Management) page in Moodle. It displays a table with the following columns: 'Nombre / Apellido', 'Calificación', 'Comentario', 'Última modificación (Estudiante)', 'Última modificación (Profesor)', 'Estado', and 'Calificación final'. The table contains several rows of data, with the 'Estado' column showing 'Calificación' (Grading) for each entry.

Nombre / Apellido ↓	Calificación	Comentario	Última modificación (Estudiante)	Última modificación (Profesor)	Estado	Calificación final
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-
-	-	-	-	-	Calificación	-

Figura 81. – Calificación de una actividad no en línea

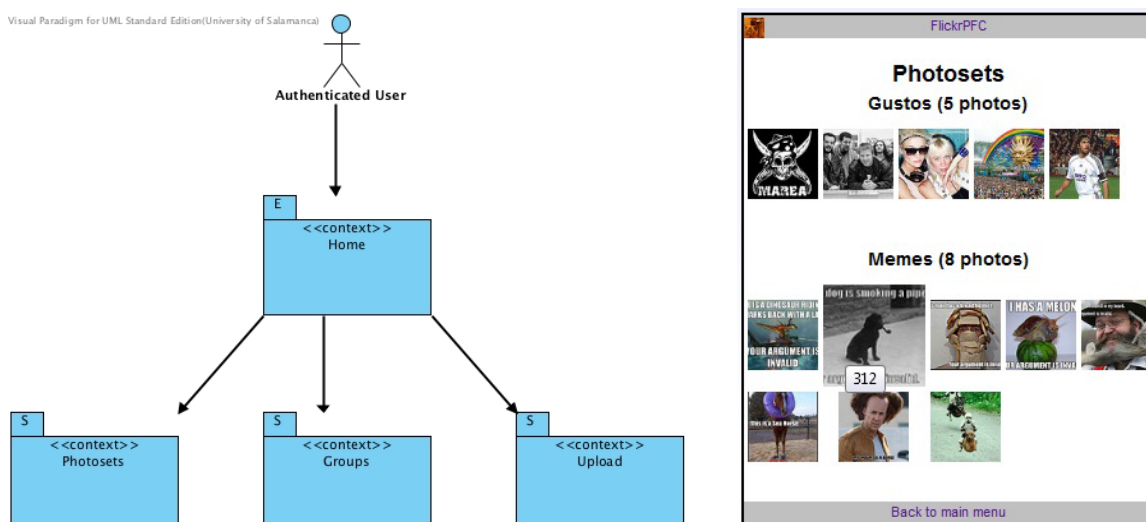


Figura 82. – Diagrama navegacional del *widget* de Flickr e imagen del mismo

En la Figura 83 se observa, al igual que en el caso anterior, el diagrama de navegación del *widget* de *WordPress* y una imagen de esta mini-aplicación. En el diagrama de navegación se observa que el usuario tiene a dos contextos, el contexto listado de *posts* (*PostList*), que es el inicial y que muestra un listado de mensajes (que son los que se observan en la parte derecha de la figura), y un contexto postear (*Post*) que facilita la creación de un nuevo *post* en el *blog*. Para ver los diagramas de contexto específicos puede consultarse el Apéndice B.

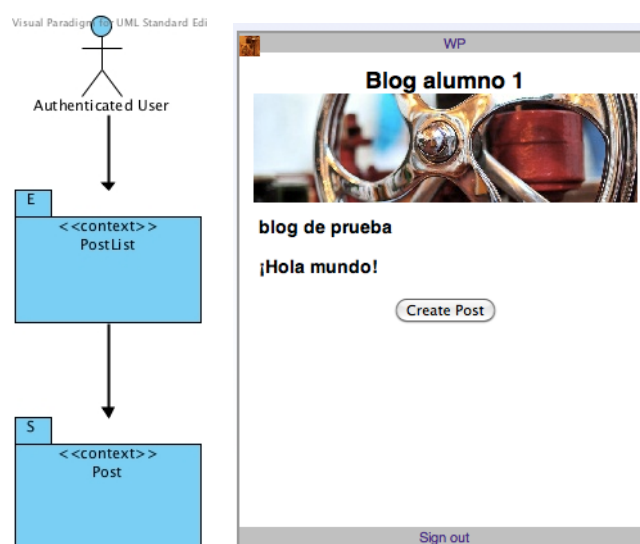


Figura 83. – Diagrama navegacional del *widget* de Wordpress e imagen del mismo

5.3.3.3. Escenario 3 - Adaptación de herramientas online educativas externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS

En este escenario se considera la posibilidad de utilizar herramientas educativas fuera del LMS, de tal manera que cuando el profesor lo desee, y sin necesidad de salir del

entorno institucional, pueda recuperar información relativa a la nota del estudiante en dicho entorno. Se consideran específicamente herramientas educativas, ya que estas herramientas incluyen una interfaz de evaluación de la actividad del estudiante (bien por parte del profesor o bien automáticamente). De esta forma es en la herramienta dónde se lleva a cabo la evaluación y el resultado de esta se transmite al LMS. Este escenario posibilita, por tanto, tener en cuenta la actividad del discente en el entorno informal desde la institución, ya que se recupera el resultado de esta actividad a través de especificaciones de interoperabilidad definidas a tal efecto.

Para poder llevar a cabo la prueba de concepto se utiliza una herramienta de carácter educativo con una interfaz para la evaluación de la actividad del usuario, un *widget* que permita la representación de esa herramienta en el PLE del estudiante, y la plataforma de aprendizaje *Moodle 2.0*. Además, se utiliza IMS BLTI para el intercambio de información referente a las notas, con lo que es necesario un TC del lado de la plataforma y un TP del lado de la herramienta.

De cara a describir este escenario se utilizan diagramas de navegación para la interfaz del foro y SOAml, combinado con diagramas BPNM, para describir cómo funcionan los servicios involucrados en el *framework*.

El *widget* desarrollado representa una herramienta de autoevaluación para el usuario. Concretamente un sistema para crear cuestionarios externos a la plataforma. Para la prueba de contexto se ha definido de cero dicho sistema de autoevaluación. En la Figura 84 se observa el diagrama de navegación de la adaptación de esa herramienta en forma de *widget*, una imagen (en la parte central), del listado de cuestionarios y una imagen (en la parte derecha) de la realización de un cuestionario. El diagrama de navegación muestra un contexto inicial con la lista de actividades para el usuario autenticado, es decir, la lista de cuestionarios. En este contexto el usuario puede ver el acceso a un cuestionario y la nota de este si se ha completado. Cada cuestionario constituye otro contexto en el que el usuario puede responder a una serie de preguntas y obtener una evaluación. Una vez un usuario completa un cuestionario, vuelve a la lista de actividades en la que se muestra las actividades que le restan por realizar y la nota obtenida en la actividad realizada.

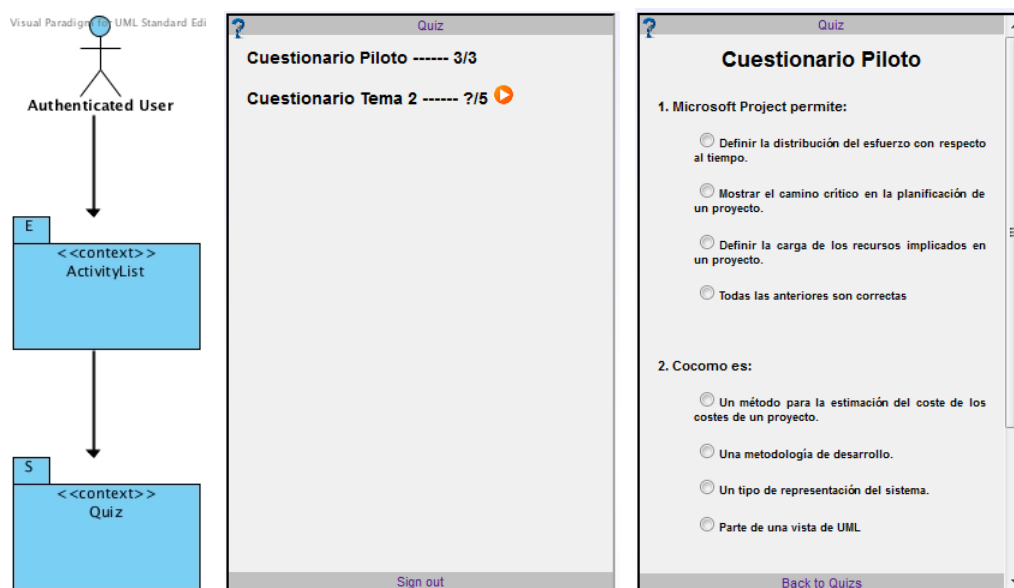


Figura 84. – Diagrama de navegación del *widget* y representación del mismo en el PLE

En este escenario, al igual que en los anteriores, se requiere el planteamiento de la actividad por parte del profesor desde el entorno institucional. Una vez establecida se realiza por los estudiantes desde su entorno personalizado y cuándo el profesor estime que la actividad ha concluido, puede, también desde el entorno institucional, recuperar la información correspondiente a la evaluación de la actividad de los usuarios. Para hacer esto, y como ya se ha comentado, se utiliza BLTI y sus extensiones BLTI *Outcomes* y *Membership*. Esto supone que no se usa BLTI de la forma habitual. Por defecto, si solamente se utilizara BLTI lanzaría la herramienta en un contenedor HTML, con un *look&feel* similar al de la plataforma del usuario, para permitir que este se autentique automáticamente y, por tanto, que pueda llevar a cabo la actividad desde *Moodle*, como si la herramienta estuviera integrada en el LMS. En ese caso, al lanzar la aplicación el profesor (tratar de acceder a ella en el LMS), se crea una instancia de la actividad y al lanzarla los estudiantes (tratar de acceder a ella), se pasa información de cada usuario y se vincula a la aplicación. Sin embargo, lo que aquí se pretende es que el profesor cree la actividad en *Moodle* y los usuarios la puedan llevar a cabo a través del PLE y no mediante el LMS, y se refleja después la nota obtenida por el estudiante para esa actividad. Esto es posible puesto que se va a utilizar la extensión *Outcomes* para recuperar las notas y la actividad *Memberships* para poder recuperar los usuarios de un contexto sin necesidad de que estos accedan uno a uno desde el LMS (Figura 85). Desde el LMS, cuando se lance la actividad BLTI, se muestra una vista al usuario (proporcionada por el *ToolProvider*), en el caso del profesor se trata de una interfaz con un botón para recuperar las notas y en el caso del estudiante de una pantalla en la que simplemente se le informa que puede acceder a

esta actividad desde su PLE. De esta forma el profesor puede desarrollar toda su actividad desde el entorno institucional y el estudiante a través de su entorno personalizado.

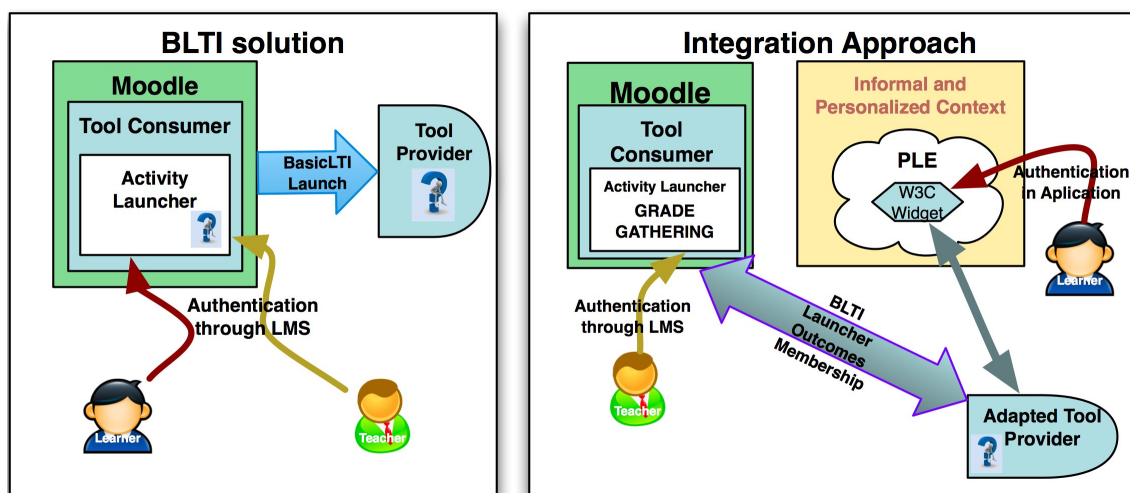


Figura 85. – Comparación entre BLTI y la propuesta del presente escenario

Para poder llevar esta implementación a cabo es necesario instalar un BLTI *ToolConsumer* en *Moodle* e indicar a este los datos necesarios para facilitar la integración de la actividad de la herramienta definida (intercambiar datos de seguridad como es el *resource-key* y *password* establecidos por la versión de OAuth que utiliza BLTI, la URL de la herramienta, opciones de privacidad, parámetros de la herramienta, etc.). Una vez hecho esto debe instanciarse la actividad dentro del contexto de un curso concreto, Figura 86, y después lanzar la aplicación como profesor y acceder a ella desde el PLE como estudiante.

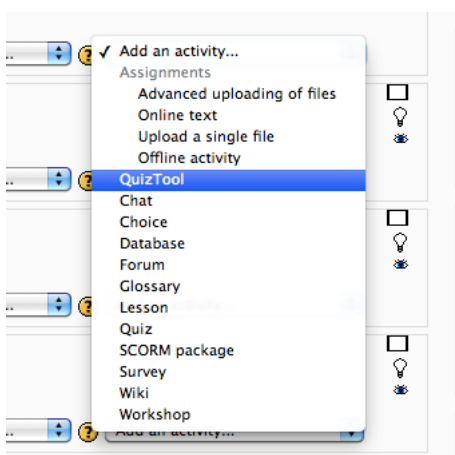


Figura 86. – Creación de la instancia de una actividad de la herramienta educativa en Moodle

Para una mejor descripción estas etapas, el lanzamiento de la actividad y la recuperación de las notas, se utilizan dos diagramas BPMN (Figura 87 y Figura 88).

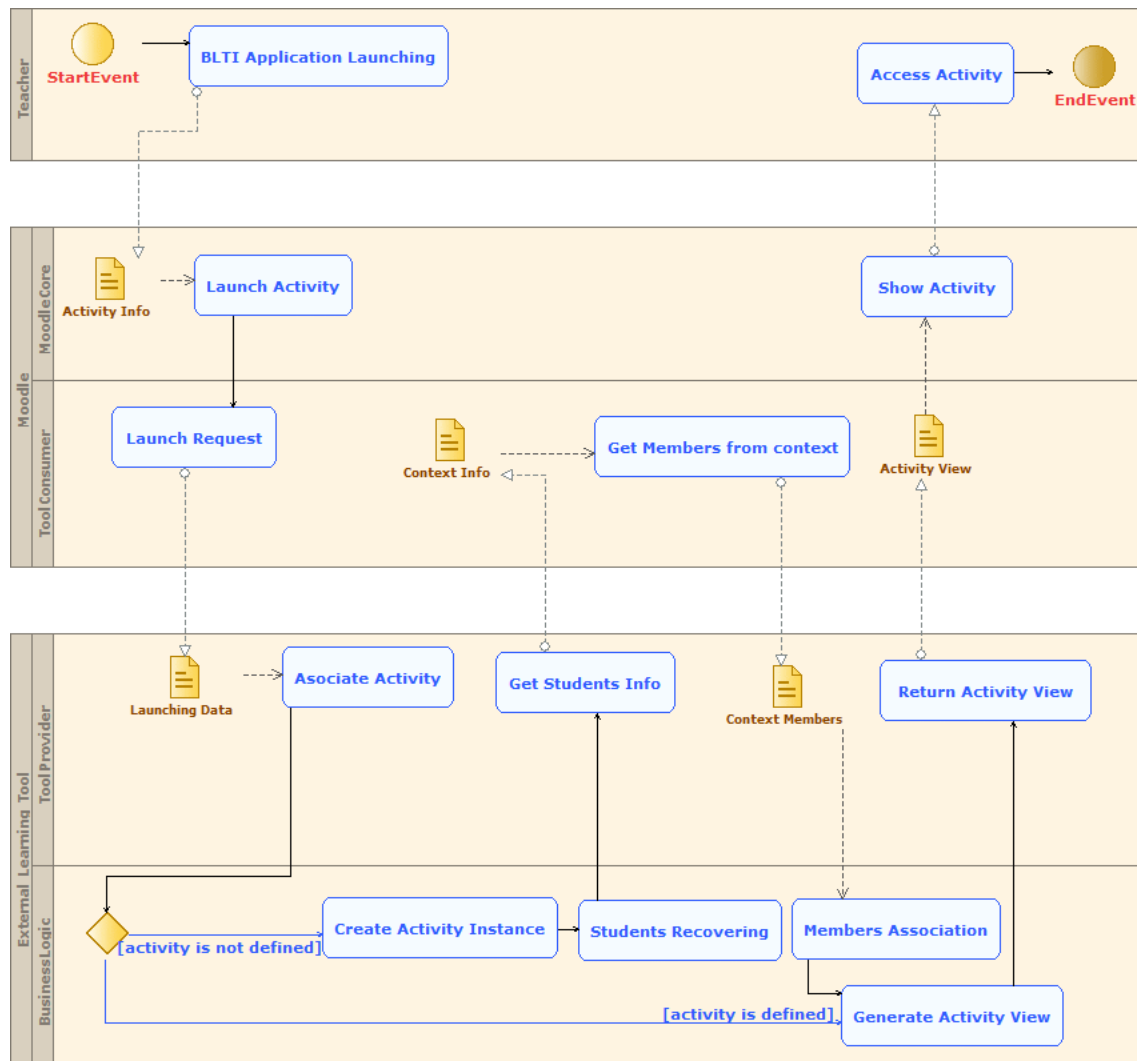


Figura 87. – Diagrama BPMN para describir el lanzamiento de una aplicación desde Moodle

En la Figura 87 se observa como el profesor solicita el lanzamiento de una actividad a través de la interfaz de *Moodle*, desde ella se genera la petición de lanzamiento de la actividad desde el *ToolConsumer*, cuyo diagrama SOAml se ha descrito anteriormente en la Figura 63 (con cada uno de los servicios) y en Figura 64 (con el servicio para lanzar la aplicación) y Figura 66 con los mensajes que se intercambian. Los mensajes siguen una estructura similar para el mensaje de *launching* a la que se muestra en el Algoritmo 3.


```
[...]
oauth_version = 1.0
oauth_nonce = ecc3991eb99648ad7104960be97c4703
oauth_timestamp = 1330424981
oauth_consumer_key = grial.usal
resource_link_id = 14
resource_link_title = Quiz App
resource_link_description = <p>testing</p>
user_id = 2
roles = Instructor
context_id = 2
context_label = Demo
context_title = Quizz
launch_presentation_locale = en
lis_result_sourcedid =
00e7c2c6e29e46edfa564fc94d3f86b998e5ca5c478f61f7b5976af560aab73b:::2:::14
ext_ims_lis_basic_outcome_url = http://grial3.usal.es/moodle2/mod/basiclti/service.php
ext_ims_lis_memberships_id =
00e7c2c6e29e46edfa564fc94d3f86b998e5ca5c478f61f7b5976af560aab73b:::2:::14
ext_ims_lis_memberships_url = http://grial3.usal.es/moodle2/mod/basiclti/service.php
ext_ims_lti_tool_setting_id =
00e7c2c6e29e46edfa564fc94d3f86b998e5ca5c478f61f7b5976af560aab73b:::2:::14
ext_ims_lti_tool_setting_url = http://grial3.usal.es/moodle2/mod/basiclti/service.php
ext_ims_lti_tool_setting =
lis_person_name_given = Miguel Angel
lis_person_name_family = Conde
lis_person_name_full = Miguel Angel Conde
lis_person_contact_email_primary = mconde@usal.es
ext_lms = moodle-2
oauth_callback = about:blank
lti_version = LTI-1p0
lti_message_type = basic-lti-launch-request
tool_consumer_instance_guid = upc.edu
ext_submit = Press to launch this activity
oauth_signature_method = HMAC-SHA1
oauth_signature = bgxyAMEFHATNZQzLSH6AG4lEGxs=
[...]
```

Algoritmo 3. – Mensaje BLTI de lanzamiento de una actividad de la herramienta educativa de cuestionarios.

Una vez el mensaje sea recibido por el *ToolProvider* en la parte de la aplicación externa, esta lo asocia a una actividad dentro de ella, si es la primera invocación se genera una instancia de la actividad y se recuperan los estudiantes que deben asociarse a tal instancia. Para esto último se utiliza la extensión *Membership*, cuyos servicios se pueden observa en la Figura 69 y mensajes en la Figura 70 (descritas con anterioridad) que se representan cómo se recupera el conjunto de los usuarios de un contexto, esto se hace así para que no sea necesario que los estudiantes accedan la primera vez desde el LMS y puedan hacerlo desde el primer momento a través del PLE. Una vez recuperados los estudiantes y asociados a la actividad en la herramienta externa, lo siguiente que se hace es devolver la vista de la aplicación con la interfaz de retorno de las notas de los discentes. Esta se le muestra al profesor en una ventana integrada en *Moodle* (interacción descrita en la Figura 88 mediante un diagrama de secuencia). Si no fuera la primera vez que se trata de lanzar la aplicación y ya se hubiera creado la instancia de la actividad, se muestra al profesor esa misma interfaz sin crear una instancia de la aplicación (Figura 89). Si el que trata de acceder a la actividad desde *Moodle* es el estudiante, lo que se muestra es un mensaje para redirigirle al PLE para completar la actividad.

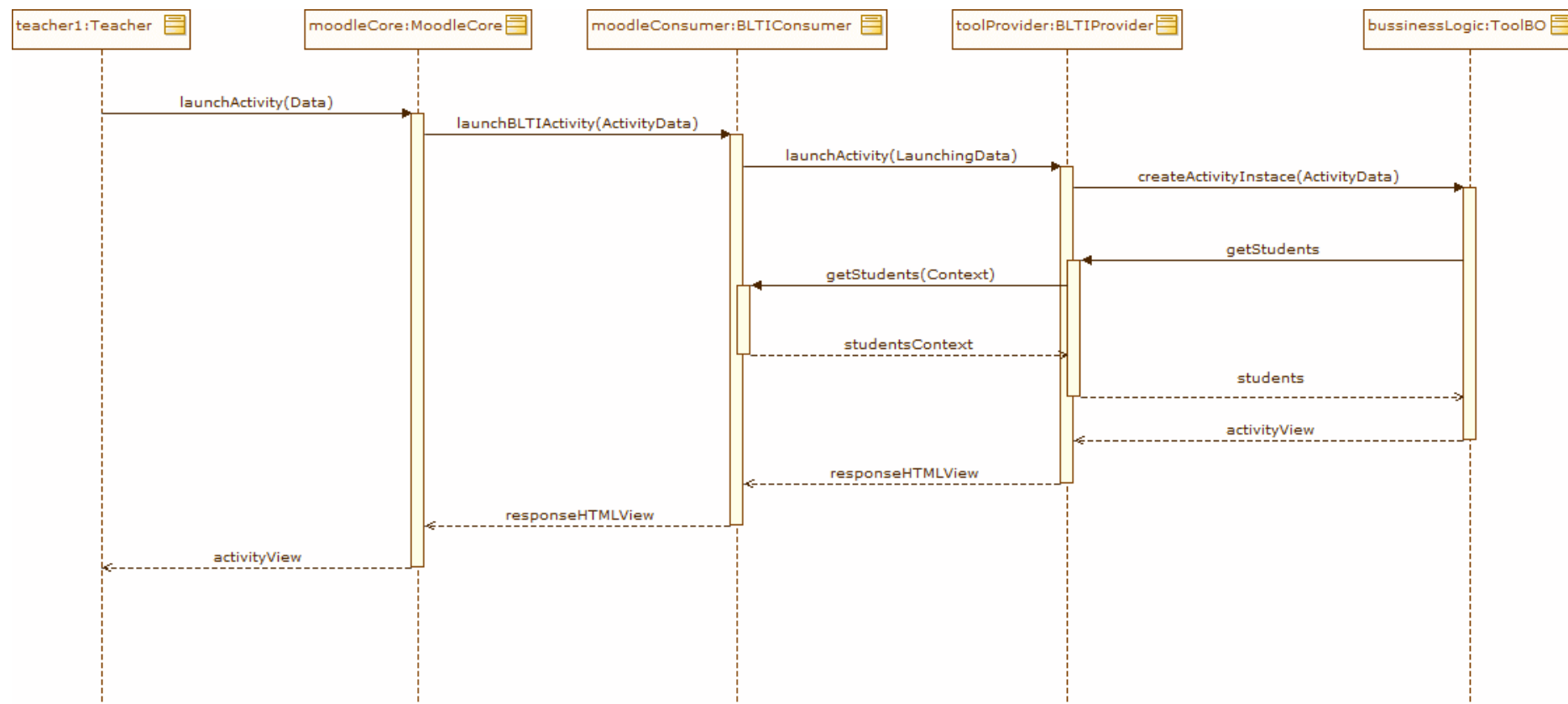


Figura 88. – Diagrama de secuencia correspondiente al lanzamiento de la actividad por primera vez

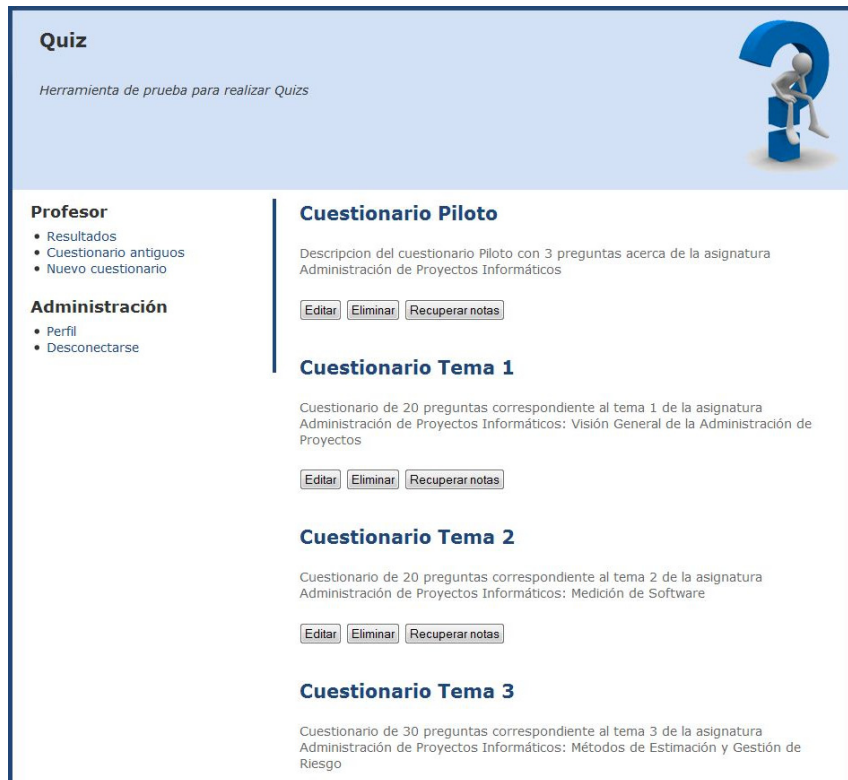


Figura 89. – Vista del profesor de la actividad

A partir de esta interfaz el profesor puede recuperar las notas, actividad descrita en el diagrama BPMN de la Figura 90.

El profesor utiliza la interfaz que se muestra en la Figura 89 para solicitar las notas. Desde la lógica de negocio de la aplicación se construye la petición de envío de notas, que se lleva a cabo desde el *ToolProvider*. En este caso se emplea el servicio *Outcomes* de BLTI, descrito previamente en este Capítulo según SOAml en la Figura 67 y mensajes en la Figura 68. Por cada uno de los estudiantes se envía un mensaje (como el que se observa en el Algoritmo 4) al *ToolConsumer*. Este se encarga de procesar las notas y de asignarlas en el sistema de calificación de curso a la actividad correspondiente.

Este escenario proporciona una forma de considerar actividades educativas externas desde el LMS, sin necesidad de que el profesor tenga que abandonar su entorno institucional ni el estudiante su entorno personalizado. En el próximo escenario se considera una situación similar, pero en herramientas no necesariamente de carácter educativo.

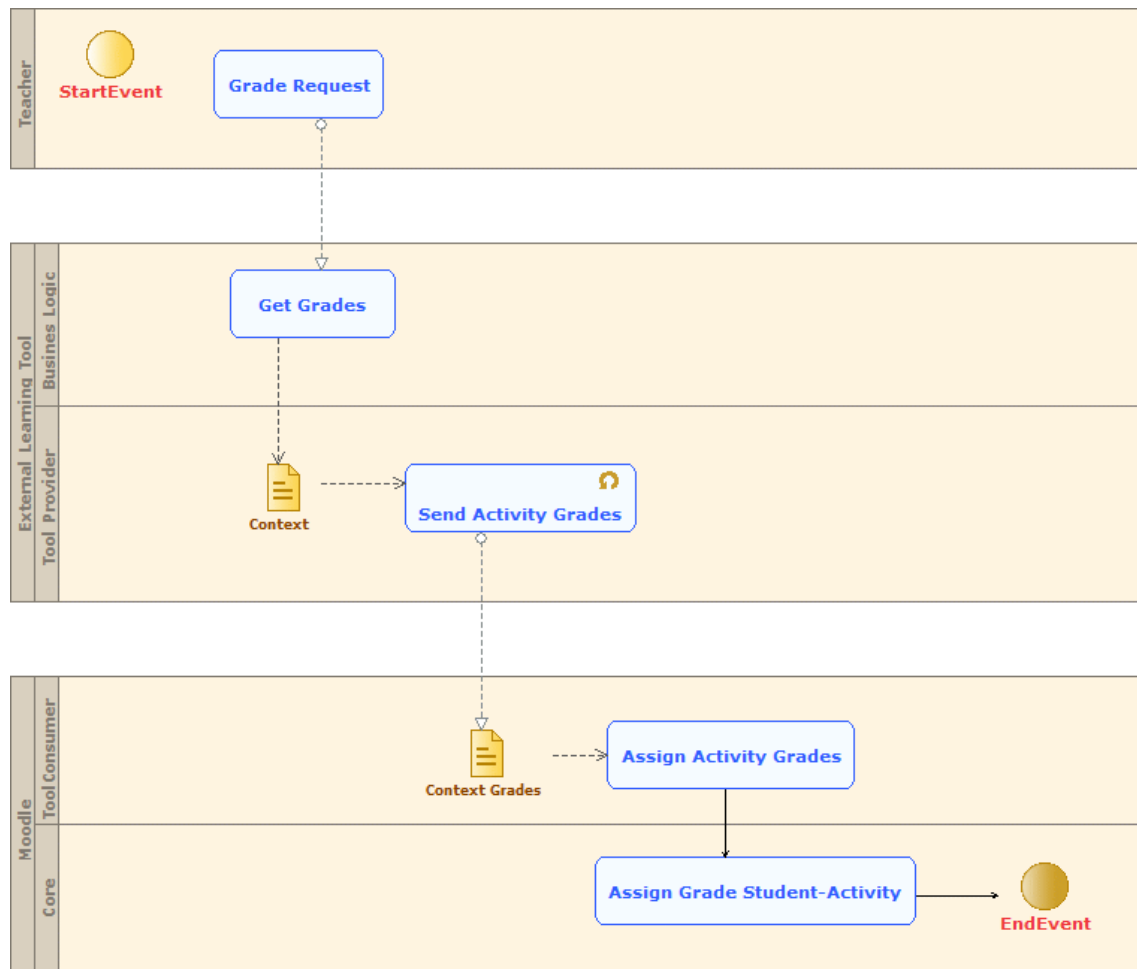


Figura 90. – Diagrama BPMN para describir la solicitud de notas

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<message_response>
  <lti_message_type>basic-lis-updateresult</lti_message_type>
  <statusinfo>
    <codemajor>Success</codemajor>
    <severity>Status</severity>
    <codeminor>fullsuccess</codeminor>
  </statusinfo>
  <result>
    <sourcedid>123456</sourcedid>
    <personsourceid>9789</personsourceid>
    <statusofresult>interim</statusofresult>
    <date>2010-07-18T10:55Z</date>
    <resultscore>
      <resultvaluesourcedid>ratio</resultvaluesourcedid>
      <textstring>18/20</textstring>
      <language>en-US</language>
    </resultscore>
    <datasource>75757</datasource>
  </result>
</message_response>
  
```

Algoritmo 4. – Mensaje de ejemplo con la nota de un estudiante ficticio

5.3.3.4. Escenario 4 - Adaptación de herramientas online externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS mediante el uso de mediador como interfaz de evaluación

Con la irrupción de la Web 2.0 aparecen multitud de herramientas susceptibles de ser utilizadas para llevar a cabo actividades formativas, como pueden ser *Twitter*, *Slideshare*, *Flickr*, *Wordpress* o herramientas en colaborativas en la nube como *Google Docs*. Sin embargo, este tipo de herramientas no se han concebido para soportar actividades de aprendizaje y, generalmente, no proporcionan interfaces para el seguimiento y valoración de la actividad. En este escenario lo que se considera es la posibilidad de utilizar estas herramientas desde el PLE y que sean tenidas en cuenta desde el LMS.

El presente escenario se basa en la iniciativa de Alier y otros (In press) para la integración de herramientas como *Google Docs* en el LMS. Se utiliza un elemento mediador, también denominado *ProxyTool*, para proporcionar una interfaz de evaluación de las actividad llevada a cabo en la herramienta colaborativa. Sin embargo, lo que aquí se pretende no es la integración de las herramientas, sino su uso desde el PLE y su consideración en el entorno institucional. Para poder probar este escenario se utiliza un *widget* que facilita el acceso y la edición de documentos *Google Docs* que se instancian como actividades educativas desde *Moodle*. Este *widget* se representa por el diagrama de navegación de la Figura 91, junto con una imagen de su representación en la parte su derecha. El diagrama de navegación para el usuario registrado constar de un contexto inicial, que es el del listado de documentos disponibles, desde el que se puede navegar al contexto de lectura y edición los documentos (en caso de que pudieran editarse).

En este escenario, al igual que en los anteriores, es necesario plantear la actividad por parte del profesor desde el entorno institucional. Una vez establecida, se realiza por los estudiantes desde su entorno personalizado y cuándo el profesor estime que se ha terminado la actividad, puede, a través de un mediador que se integra mediante BLTI en el servidor institucional, evaluar la actividad del discente. Este escenario incluye un elemento mediador debido a que herramientas como *Google Docs* no facilitan de por sí una interfaz de evaluación de lo que hace el usuario y, además, porque no es posible incluir un *ToolProvider* en el código de dicha herramienta al ser este restringido. El mediador puede acceder a la herramienta a través de su API (<http://code.google.com/intl/es-ES/apis/documents/>) e incluir un *ToolProvider* para integrar la actividad realizada en herramienta en *Moodle*. Devolver esta información

requiere, al igual que en el caso anterior, del servicio *Outcomes*, sin embargo, en esta prueba de concepto no se va a utilizar la extensión *Memberships* (para demostrar el funcionamiento sin este tipo de contrato). Esto supone que el profesor y el estudiante acceden a la herramienta desde *Moodle*, pero mientras que el profesor evalúa las actividades realizadas por el discente desde la plataforma institucional, al estudiante se le redirige al PLE para llevar a cabo su actividad.

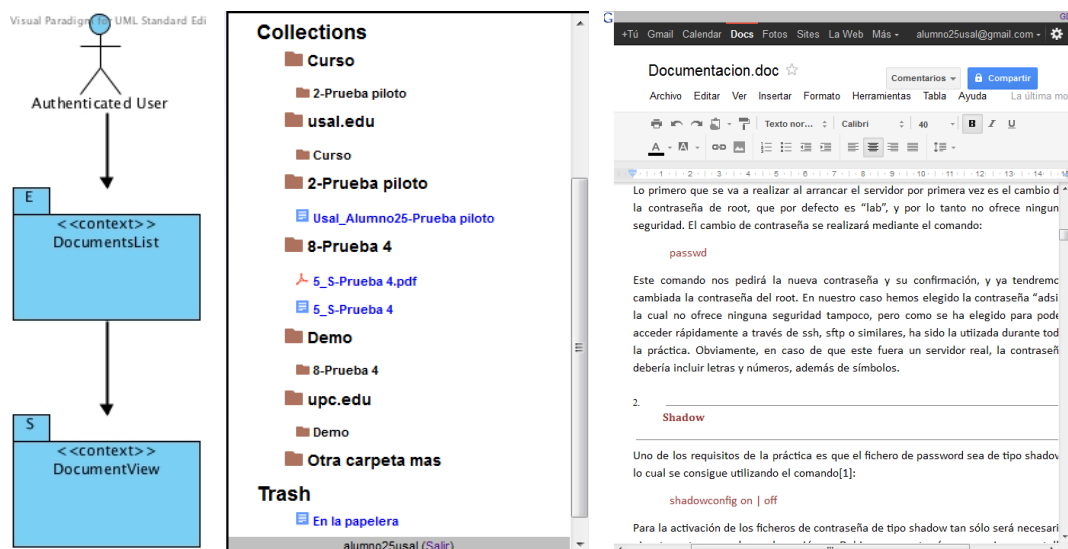


Figura 91. – Diagrama de navegación e imágenes del *widget* para Google Docs

Como en el caso anterior, es necesario instalar un *ToolConsumer* en *Moodle*, configurar la herramienta *Google Docs* como una herramienta BLTI y crear una actividad *Google Docs* (Figura 92 y Figura 93) tras lo que se procede a la instanciación y configuración de la actividad.

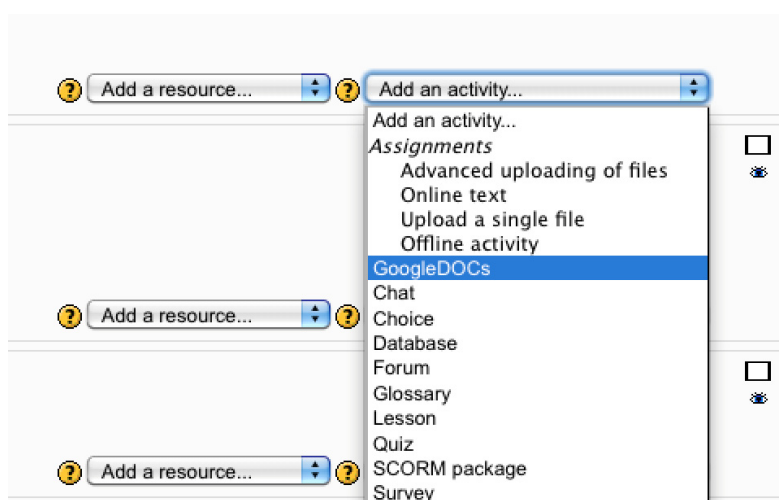


Figura 92. – Instanciación de la actividad de tipo Google Docs

Adding a new Basic LTI

General

Basicliti Name* Testing GoogleDocs Activity

Basicliti Description*

Font family Font size Paragraph

B I U ABC X₂ X₁

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nam eleifend scelerisque ipsum placerat egestas. Phasellus lectus sem, ultrices ac vehicula eget, facilisis sed risus. Nunc arcu massa, malesuada quis rutrum non, laoreet non massa. Pellentesque sit amet euismod urna. Vestibulum pharetra, ipsum a porta scelerisque, felis tellus interdum justo, ut luctus eros ligula id elit. Vestibulum metus tortor, lobortis et posuere non, congue id purus. Proin cursus, mauris commodo interdum molestie, mauris est iaculis arcu, eu scelerisque justo arcu vitae ligula. Maecenas diam dui, porttitor sit amet tempus non, sollicitudin eu nibh. Morbi est libero, rhoncus sed accumsan non, rhoncus vitae risus. Suspendisse in lacus id dui lacinia tincidunt.

Path: p

HTML format

Privacy

Send naming details Send

Send email address details Send

Basic LTI Extension Services

Figura 93. – Configuración de la actividad Google Docs

Una vez creada la instancia de la aplicación, el profesor la lanza y define así una actividad basada en la aplicación *Google Docs*. Cuando los estudiantes accedan a la actividad, se les crea un documento compartido con el profesor que este va a poder evaluar.

En la Figura 94 se observa como el profesor lanza la aplicación a través del enlace que proporciona el *core* de *Moodle*, tras instanciar la actividad dentro del contexto curso. El *ToolConsumer* envía un mensaje al *ToolProvider* similar al del Algoritmo 3. El *ToolProvider* recibe la petición y el mediador, en función de si la instancia está creada o no, define una nueva actividad basada en *Google Docs*. Tanto en un caso como en el otro se devuelve la vista de actividad al profesor con el listado de documentos de los estudiantes (Figura 95), desde el que se puede acceder ellos y evaluarlos a través de una interfaz de evaluación definida para tal propósito por el mediador (Figura 96).

Los mensajes intercambiados para el lanzamiento de la actividad, al igual que en el caso anterior, se corresponden con los diagramas SOAml descritos con anterioridad en la Figura 64 (diagrama de servicios) y la Figura 66 (diagrama de mensajes intercambiados).

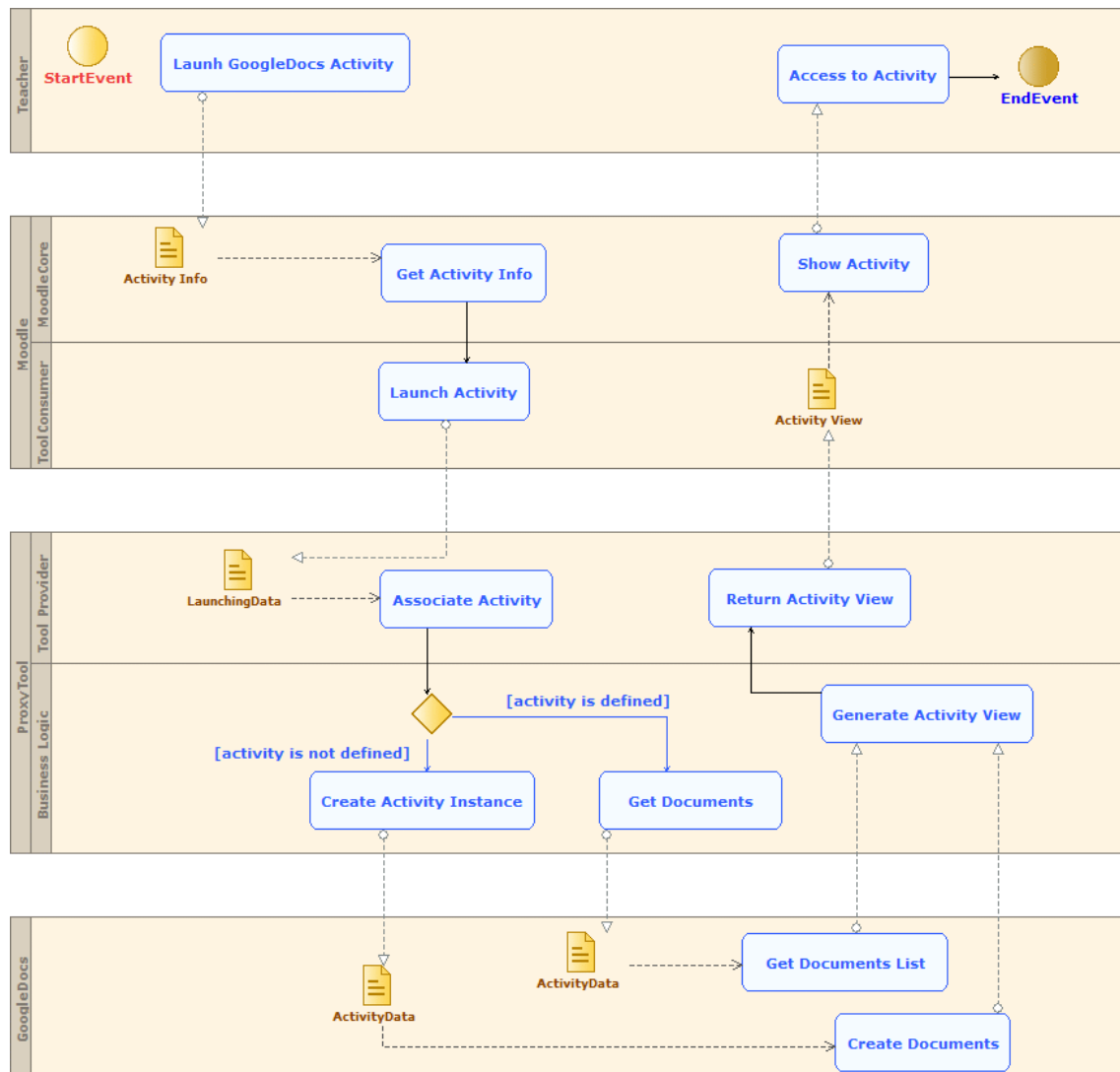


Figura 94. – Diagrama BPMN para el lanzamiento de la actividad por parte del profesor

Curso Piloto You are logged in as Profesor Prc

Home ► My courses ► Curso ► Topic 1 ► Prueba piloto

Navigation

- Home
- My home
- Site pages
- My profile
- My courses
 - Curso
 - Participants
 - Reports
 - General
 - Topic 1
 - Piloto Google Docs
 - Prueba piloto
 - MBL

Settings

- Basic LTI administration
 - Edit settings
 - Locally assigned roles
 - Permissions
 - Check permissions

Prueba piloto

Esta es una actividad de prueba en la que se crea un documento GoogleDoc para cada usuario y que luego será evaluado por el profesor

[View submissions and gra](#)



Activity Dashboard

Title	View document	Grade Document
Usa1_Alumno25-Prueba piloto	View document	Update Grade

Figura 95. – Listado de documentos y acceso a la visualización y a evaluación

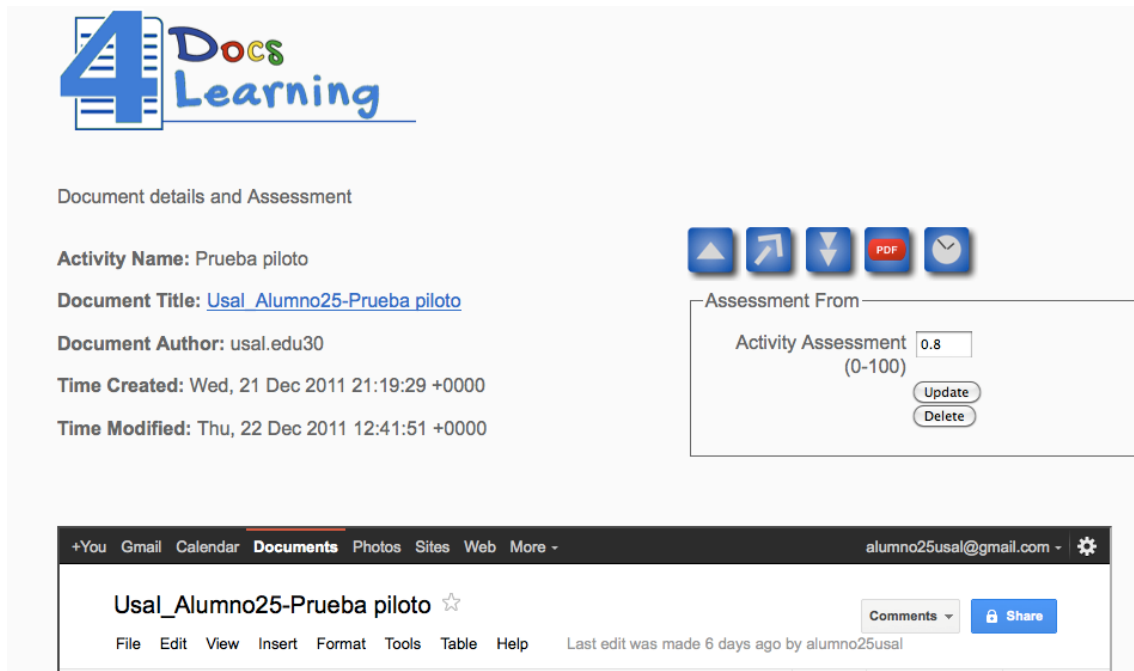


Figura 96. – Interfaz para la evaluación de la actividad del estudiante

En cuanto a la forma de recuperar las notas se hace de un forma similar a la que se muestra en la Figura 90, es decir, mediante la extensión BLTI *Outcomes*, pero en este caso la lógica de la aplicación es la lógica de negocio del mediador, que es el que proporciona la interfaz de evaluación al sistema.

Como se ha comentado, en este caso cuando el usuario lance la aplicación (haga clic en el enlace) además de mostrarle un mensaje con la explicación de que debe acceder a la actividad desde el PLE, se le asocia un documento que es accesible desde su cuenta de *Google Docs* y del *widget*. Es decir, el usuario proporciona información de su contexto, y desde el mediador (a través del API de *Google Docs*), se crea un documento y se comparte con el profesor. Esto ocurre la primera vez que se produzca la conexión, en caso de que ya se hubiera creado la instancia de la aplicación se devuelve el mensaje para que el usuario lleve a cabo la actividad en el PLE. Este comportamiento se observa en el diagrama BPMN de la Figura 97.

5.4. Conclusiones

A lo largo de este Capítulo se ha presentado la infraestructura tecnológica en la que se asienta el *framework* de servicios. Se ha partido de un modelo de referencia general, para el que se detallan los componentes y escenarios básicos de interoperabilidad. Después se describe cómo este marco se implementa según las restricciones impuestas por una prueba de concepto y cómo se llevan a cabo también los escenarios.

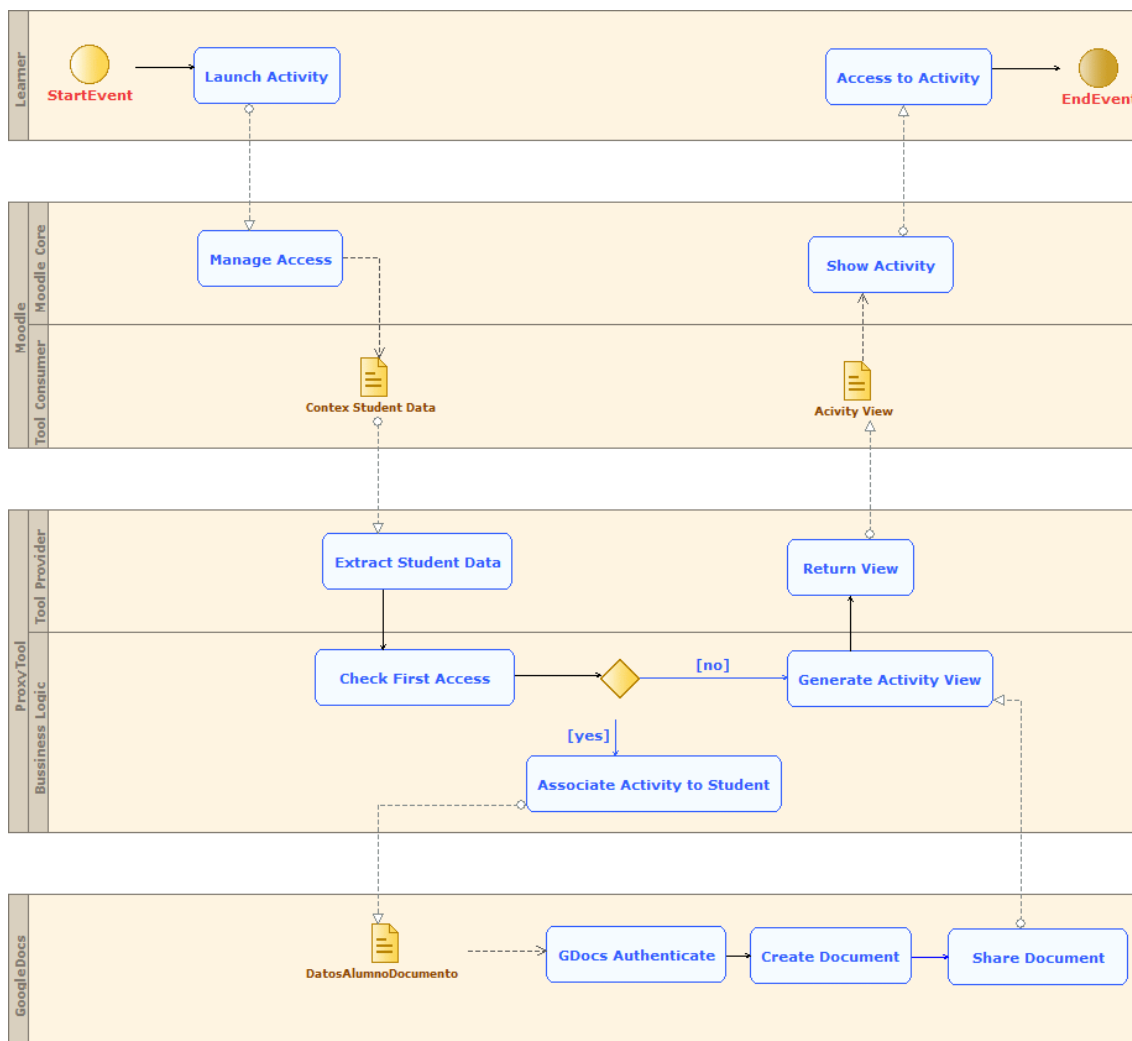


Figura 97. – Diagrama BPMN de lanzamiento de la actividad externa por el estudiante.

Con la base de este *framework* se trata de facilitar un conjunto de componentes y servicios que permitan una comunicación efectiva, bidireccional y que no consista en el mero intercambio de datos, sino de interacción entre el/los entornos institucionales y el entorno personalizado del estudiante.

Sobre dicho *framework* se han planteado cuatro escenarios de interoperabilidad, para abarcar el mayor espectro de posibilidades de interacción, aunque pueden ampliarse si no se consideraran las especificaciones de interoperabilidad, además es posible aumentarlos si se consideran otro tipo de dispositivos.

Dentro de los escenarios de interoperabilidad que se plantean:

- a) El primero ha considerado la posibilidad de exportar funcionalidades fuera de la plataforma de aprendizaje, de manera que el estudiante pueda combinar esas funcionalidades del entorno institucional con otras herramientas que él usa en su día a día. Durante la prueba de concepto se ha utilizado para la exportación el foro de *Moodle* como ejemplo de herramienta a utilizarse en el PLE. Puede

llevarse a cabo la adaptación de otras herramientas de la plataforma, así como la generación de formas de representación válidas para otros contextos además de los ordenadores y los dispositivos móviles.

- b) El segundo escenario de interoperabilidad se ha centrado en el uso de herramientas externas y que estas se tengan en cuenta en el entorno institucional, sin que medie interacción entre ambos contextos. Para ello, durante la prueba de concepto se adaptan las herramientas *Wordpress* y *Flickr* gracias a dos *widgets* que se utilizan en el PLE y, posteriormente, el profesor puede acceder a ellas y valorar la actividad en el entorno institucional. En este caso cabe la posibilidad de introducir *widgets* para otras aplicaciones como *Slideshare*, *Twitter*, etc.
- c) El tercero de los escenarios planteados ha tratado de contemplar herramientas educativas que pueden utilizarse desde el entorno personalizado y los resultados de las actividades desarrolladas con ellas pueden recuperarse desde el entorno institucional. De esta manera es posible facilitar el control de la actividad en entornos externos y enriquecer las posibilidades educativas de las que los profesores disponen. Al igual que en los anteriores escenarios cabe la posibilidad e incluir nuevas herramientas, así como utilizar en un futuro IMS LTI una vez se haya establecido la nueva versión de la especificación.
- d) El cuarto y último escenario ha planteado la incorporación de herramientas externas, pero que inicialmente no han sido concebidas como instrumentos educativos y que, por tanto, no tienen interfaces de evaluación de las actividades realizadas. En este escenario también se incluyen aquellas herramientas cuyo código no sea accesible y modificable, ya que, mediante el mediador que se ha propuesto se pueden, tanto evaluar las actividades como devolver el resultado de dicha evaluación al LMS. Al igual que en el caso anterior, es posible definir nuevas actividades e incorporar la nueva versión de la especificación IMS LTI para devolver las notas. También debe tenerse en cuenta que puede ser necesario ampliar la especificación para devolver otra información que no sea meramente la nota de la actividad, por ejemplo para incluir información como el tiempo que se tarda en completar, las herramientas utilizadas, etc. o lo que es lo mismo información de *log* del usuario.

Tras considerar estos escenarios es evidente que es mucho el trabajo restante, que puede pasar por añadir nuevas herramientas en cada uno de los escenarios, utilizar las nuevas versiones de las especificaciones, extender estas, considerar nuevos contextos de aplicación, etc. De hecho, algunos de estos conceptos se plantean como

líneas de trabajo futuro de esta tesis. También debe entenderse que el conjunto de escenarios propuestos trata de abarcar el abanico de posibles actividades que se pueden utilizar, pero ni mucho menos esto significa que se incluyan todas las posibilidades, con lo que el *framework* queda abierto a la incorporación de nuevas alternativas que puedan utilizar los servicios web y los componentes definidos.

Debe mencionarse que gracias al uso de especificaciones de interoperabilidad, servicios web y estándares de representación, la propuesta arquitectónica planteada es escalable (para soportar con facilidad incluir otros escenarios), flexible (para soportar posibles cambios de tecnología y ser “independiente” de los LMS y las herramientas) y portable (puede llevar la funcionalidad proporcionada a otros contextos cómo los dispositivos móviles).

Sin embargo, el hecho de que se haya podido plantear un *framework* de interoperabilidad y un conjunto de escenarios no sirve por sí mismo para garantizar su validez, es necesario realizar experimentos para validarlo con los *stakeholders* (estudiantes y profesores) y esto es lo que se plantea en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 6. – EXPERIMENTACIÓN

El presente capítulo pretende describir el proceso de validación cualitativa del *framework* planteado en la tesis. Para ello se llevan a cabo una serie de experiencias piloto, basadas en la implementación realizada como prueba de concepto, en las que participan los principales actores del sistema: los profesores y los estudiantes. Cada una de esas experiencias tiene en cuenta uno o varios de los escenarios de interoperabilidad planteados durante la propuesta. Para comprobar la validez de estos escenarios se sigue una metodología basada en un diseño cuasi-experimental. Esto supone que por cada uno de ellos se plantee una hipótesis que se valida mediante la realización de un pretest y un posttest sobre un grupo experimental y un grupo de control. A través de la comparación de los resultados de estos tests es posible evaluar la hipótesis planteada y determinar si los escenarios son o no viables.

El capítulo presenta en primer lugar la necesidad de esta validación. Posteriormente, se describen los experimentos piloto, con incidencia en cómo se aplica la metodología cuasi-experimental. Después se facilitan los resultados de esa aplicación para cada piloto, desde las perspectivas de los estudiantes y los profesores tras el uso de las herramientas. Para finalizar se cruzan los datos recopilados y se aporta una serie de conclusiones respecto a la validez de los escenarios.

6.1. Introducción

La interoperabilidad es la base del *framework* de servicios planteado. Se pretende garantizar la interoperabilidad entre un entorno institucional y un entorno personalizado y, en particular, ser capaz de facilitar el uso de ambos mundos con una interacción transparente entre ellos.

Determinar si el planteamiento de interoperabilidad expresado es correcto requiere llevar a cabo una serie de experiencias piloto para su validación. Durante estos pilotos se han utilizado las implementaciones definidas en el capítulo anterior. Se parte de un conjunto de *widgets* dentro de un entorno personalizado y uno o varios entornos institucionales. Mediante el uso de estas herramientas, los servicios web y especificaciones de interoperabilidad es posible conectar dichos entornos.

En el capítulo anterior se plantearon una serie de escenarios de interoperabilidad y estos son los elementos a validar mediante el uso de los pilotos. Es decir, se trata de validar los escenarios en un contexto real a partir de la implementación desarrollada como prueba de concepto.

De cara a llevar a cabo esta acción se han planteado tres pilotos. El primero se corresponde con los escenarios de interoperabilidad 1 y 2, la exportación de una funcionalidad del LMS al PLE, la utilización de herramientas externas en el PLE y su consideración en el LMS sin interacción entre ambos, respectivamente. El segundo piloto se corresponde con el escenario 3, que describe cómo las herramientas educativas externas pueden emplearse en el contexto del entorno personalizado y recuperar la información desde el entorno institucional. El tercer piloto considera una variación del escenario 1 para su explotación desde dispositivos móviles y el escenario 4, la posibilidad de acceder a una herramienta colaborativa como *Google Docs* desde el entorno personalizado y que la actividad llevada a cabo se refleje en el entorno institucional gracias a especificaciones como BLTI. Un esquema de esta distribución de escenarios en experimentos piloto se observa en la Figura 98.

La validación cualitativa que se plantea en cada uno de estos escenarios se basa en una metodología de diseño cuasi-experimental (Campbell & Stanley, 1963, 1970), que ya se ha descrito en el apartado de metodología del Capítulo 1. La razón principal de su aplicación es que se parte de grupos ya formados de forma natural (Dendaluze, 1994; Nieto & Necamán, 2010), ya que se realizan estos pilotos sobre grupos de estudiantes de diferentes asignaturas y titulaciones de la Universidad de Salamanca. Es decir, sin utilizar grupos aleatorios.

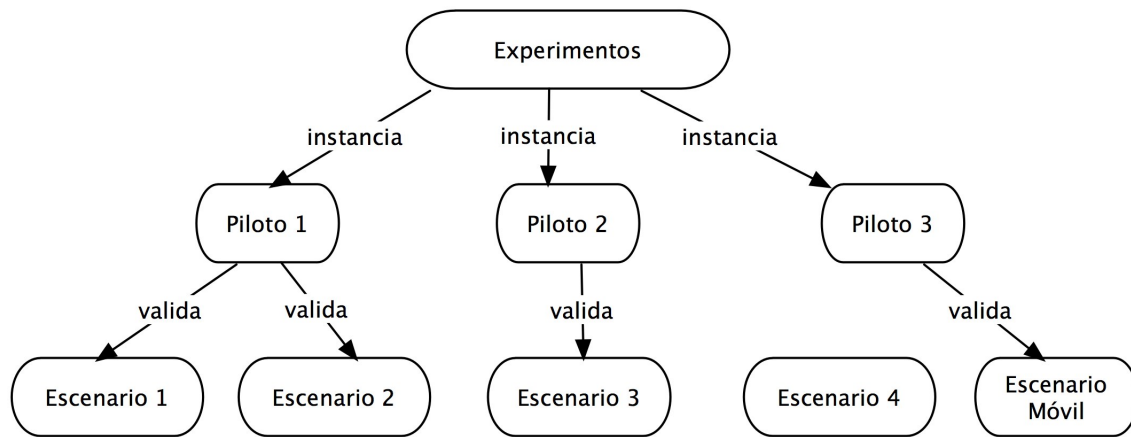


Figura 98. – Descripción de la distribución de escenarios en pilotos

6.2. Pilotos

En el presente apartado se describe cómo se aplica la metodología (las herramientas a utilizar, la estructura de los pilotos, las pruebas estadísticas) y se presentan los resultados de los pilotos tanto desde la perspectiva de los estudiantes (para cada piloto se define su planteamiento, resultados y conclusiones) como de los expertos.

6.2.1. Aplicación de la metodología

Para la validación de los experimentos se utiliza un diseño cuasi-experimental, es decir, una metodología de experimentación que, como ya se ha comentado, es adecuada para contextos en los que no se tiene control sobre todos los factores relativos al experimento, como puede ser la asignación aleatoria de individuos a grupos. Dentro de las categorías de diseños cuasi-experimentales existentes se van a considerar los “Grupos no equivalentes”, ya que se cuenta con grupos definidos en una asignatura. En este caso los experimentos se realizan sobre los grupos de la asignatura Gestión de Proyectos de la titulación de adaptación al Grado en Ingeniería Informática y de la asignatura Administración de Proyectos Informáticos de la titulación de Ingeniería Informática, ambas se imparten en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca.

Cada experimento piloto presenta una hipótesis por escenario a validar. A partir de esta hipótesis se deduce una variable dependiente (el factor derivado de la hipótesis, que varía en función de la experimentación) y una variable independiente (el tratamiento que se da a cada grupo de individuos que participan en el piloto). En cada piloto participan entre 40 y 50 sujetos (número que depende de la titulación de la asignatura empleada) que se dividen en un grupo de control y un grupo experimental propios de los diseños cuasi-experimentales.

Por ejemplo, para el escenario 1 se ha definido la siguiente hipótesis:

La exportación de funcionalidades de las plataformas de aprendizaje y su uso en otros contextos permite la personalización del aprendizaje y, por tanto, facilita su adquisición por parte del estudiante.

A partir de la que se define la siguiente variable dependiente:

La mejora del aprendizaje, percibida por el estudiante¹, derivada de la posibilidad de exportar funcionalidades del LMS (como los foros de *Moodle*) fuera del entorno institucional, así como de su combinación con otras herramientas web.

En este piloto participaron 40 individuos divididos en dos grupos de 20, un grupo de control y un grupo experimental. A los participantes del grupo experimental se les muestra y permite manipular los componentes que conforman la implementación llevada a cabo para la prueba de concepto (variable independiente). Tras esta experiencia se evalúan los resultados de ambos grupos y en función de esto se trata de demostrar la variación de la variable dependiente.

Para llevar a cabo esta evaluación se han utilizado un pretest y un postest que se divide en una serie de ítems que operativizan la variable dependiente (en función de la variación en esos ítems se puede estimar como cambia la variable dependiente). Dichos ítems se corresponden con cuestiones o afirmaciones del pretest y el postest. El pretest consta de una serie de cuestiones o elementos de control, como son el sexo, la edad o el grado de conformidad con afirmaciones generalistas (por ejemplo, “Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías”) y, por otro lado, de una serie de afirmaciones sobre las que el usuario expresa su percepción según un valor en una escala ordinal (en este caso: 1=Totalmente en desacuerdo; 2=Desacuerdo; 3=Indiferente; 4=De acuerdo; 5=Totalmente de acuerdo), como por ejemplo “Utilizo otras herramientas *online* para el aprendizaje que no se encuentran dentro de *Moodle* (*Youtube*, *Wikipedia*, foros, *Slideshare*, entre otras)”.

Los estudiantes del grupo experimental y el grupo de control deben completar el pretest. Después se procede de forma diferente con los dos grupos. El grupo de control recibe una explicación y se les comenta alguna de las técnicas y metodologías relativas al escenario/s a considerar y, tras un tiempo, se pone a su disposición el postest. Por otro lado, el grupo experimental prueba las herramientas y comprueba su

¹ Debe destacarse que según diferentes autores (Batista & Cornachione, 2005; Gosen & Washbush, 2004; Pike, 1993), el hecho de que el alumno perciba que aprende va a significar que este aprende, es decir hay una correlación entre aprendizaje percibido y aprendizaje real.

efectividad, en este caso cómo se facilita la interoperabilidad, una vez hecho esto se rellena el postest. El postest, al igual que el pretest, incluye una serie de afirmaciones, generalmente relacionadas con las afirmaciones del pretest, que el usuario debe rellenar según su grado de conformidad al igual que en el caso anterior. Un ejemplo de estas afirmaciones puede ser: “La posibilidad de participar en foros sobre mis asignaturas de *Moodle* combinado con otras herramientas, como *Youtube*, *Wikipedia*, u otros foros de expertos, favorece mi aprendizaje”. Además, dicho test también incluye ciertas cuestiones, medidas según la misma escala que permiten evaluar la opinión del participante en el experimento como la siguiente: “Me gustaría que la actividad que hago en *Flickr*, en mi *blog* o en otras herramientas web relacionadas con aspectos de la asignatura sea tenida en cuenta dentro de *Moodle*”.

Posteriormente, se unen los resultados de cada usuario en el pretest y el postest y se comparan los usuarios del grupo experimental y del grupo de control. De estos resultados debe comprobarse que en el pretest las respuestas de ambos grupos son muy similares y en el postest son diferentes. Para comparar estos valores se hace uso de una prueba estadística denominada T de Student, con un grado de significación del 0,05, y puesto que no se cuenta con demasiadas muestras, y que el tipo de variable utilizado para medir la percepción del usuario es una escala ordinal y, por tanto, poco precisa, se aplica, además, una prueba no paramétrica denominada U de Mann-Whitney, de forma que se considera en esta prueba como hipótesis nula que los resultados de ambos grupos son iguales.

La prueba de T de Student utilizada para el contraste de diferencia de medias en muestras independientes permite la comparación de resultados diferentes en grupos pequeños, en este caso, un grupo experimental con respecto a un grupo control. Para ello se sigue la Ecuación 2, donde se tiene que el valor de la prueba de contraste (t) es igual al cociente entre: 1) La diferencia entre la diferencia de medias del grupo experimental y de control ($\overline{X_E} - \overline{X_C}$) y la diferencia entre las medias poblacionales del grupo experimental y de control ($\mu_E - \mu_C$) (valor este que al considerar la hipótesis nula va a ser 0); y 2) El error típico de la diferencia de medias (S_D).

Ecuación 2. Ecuación de la prueba T de Student para muestras independientes

$$t = \frac{(\overline{X_E} - \overline{X_C}) - (\mu_E - \mu_C)}{S_D}$$

Si la probabilidad asociada al valor de t , denominada p o significación bilateral, se acerca a la distribución normal (en grupos grandes), se acepta la hipótesis nula $H_0: \mu_E = \mu_C$. Esto supone que p sea mayor o igual que 0,05, lo que implica que ambos

grupos son iguales o que no existe diferencia significativa. Sin embargo, si la probabilidad es menor que 0,05 se rechaza que los resultados de ambos grupos sean iguales y, por tanto, no se cumple la hipótesis nula. En la Figura 99 se observa la zona de aceptación para la T de Student.

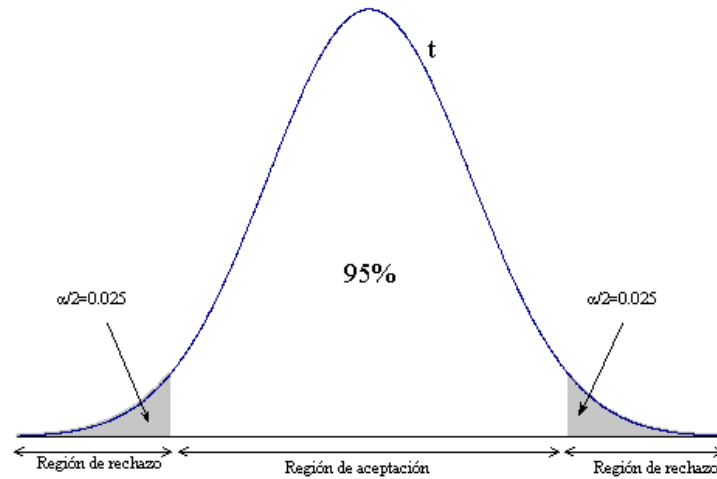


Figura 99. – Regiones de aceptación y rechazo en el contraste de hipótesis

La prueba U de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica con la que se identifican diferencias de rangos entre dos poblaciones basadas en el análisis de dos muestras independientes, cuyos datos han sido medidos al menos en una escala de nivel ordinal. Para realizarla se lleva a cabo una ordenación de los resultados de las dos muestras como si fuesen una sola y cada valor se le asigna un rango, después se calcula el estadístico a partir de la suma de los rangos de la muestra de menor tamaño. La ecuación Ecuación 3 muestra cómo se calcula el valor de U para muestras de grupo de control y un grupo experimental, donde se considera que el grupo de control es la muestra de menor tamaño. En esta ecuación n_E es el tamaño de la muestra experimental, n_C el tamaño de la muestra de control y T la suma de los rangos de la muestra de control.

Ecuación 3. – Ecuación de la prueba U de Mann-Whitney para un grupo de control y experimental

$$U = n_E * n_C * + \frac{n_C + 1}{2} - T$$

A partir de esta U se calcula la probabilidad de que la distribución se acerque a la distribución normal con lo que se cumpliría la hipótesis nula, de forma similar a la distribución mostrada en la Figura 99. En este caso también el grado de significación bilateral es 0,05. Si el valor de p es mayor o igual se acepta la hipótesis nula y ambos grupos tienen una distribución similar. En caso contrario existe una diferencia significativa entre los grupos.

Como instrumentos de recogida de datos de los tests se ha utilizado *Google Docs*, en concreto la utilidad para la definición de cuestionarios, que facilita introducir el cuestionario, su publicación en una ubicación web (Figura 100) y la recuperación de la información en una hoja de *Excel* (Figura 101).

Piloto 1. Pretest

El siguiente cuestionario va a tratar de medir cualitativamente la capacidad de personalización de los entornos institucionalizados de aprendizaje y la posibilidad de que estos puedan abrirse para su utilización en ambientes definidos por el usuario.

***Obligatorio**

Introduzca las 4 últimas cifras del DNI. Esto solamente se hace con caracter de poder cruzar las respuestas de este y el siguiente test *

Sexo: *

Hombre

Edad *

Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías *

	1	2	3	4	5
(1=Totalmente en desacuerdo; 2= Desacuerdo; 3= Indiferente; 4= De acuerdo, 5= Totalmente de acuerdo	☐	☐	☐	☐	☐

Utilizo Internet a diario *

	1	2	3	4	5
(1=Totalmente en desacuerdo; 2= Desacuerdo; 3= Indiferente; 4= De acuerdo, 5=	☐	☐	☐	☐	☐

Figura 100. – Cuestionario en GoogleDocs accesible via web

Piloto 1. Pretest ☆

	A	B	C	D	E
1					
	Marca temporal	Sexo:	Edad	Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías [(1=Totalmente en desacuerdo; 2= Desacuerdo; 3= Indiferente; 4= De acuerdo, 5= Totalmente de acuerdo)]	Utilizo Internet a diario [(1=Totalmente en desacuerdo; 2= Desacuerdo; 3= Indiferente; 4= De acuerdo, 5= Totalmente de acuerdo)]
2	17/11/2011 17:09:53	Hombre	25	5	5
3	17/11/2011 17:09:58	Hombre	31	5	5
4	17/11/2011 17:10:13	Hombre	23	5	5
5	17/11/2011 17:10:20	Mujer	25	4	5

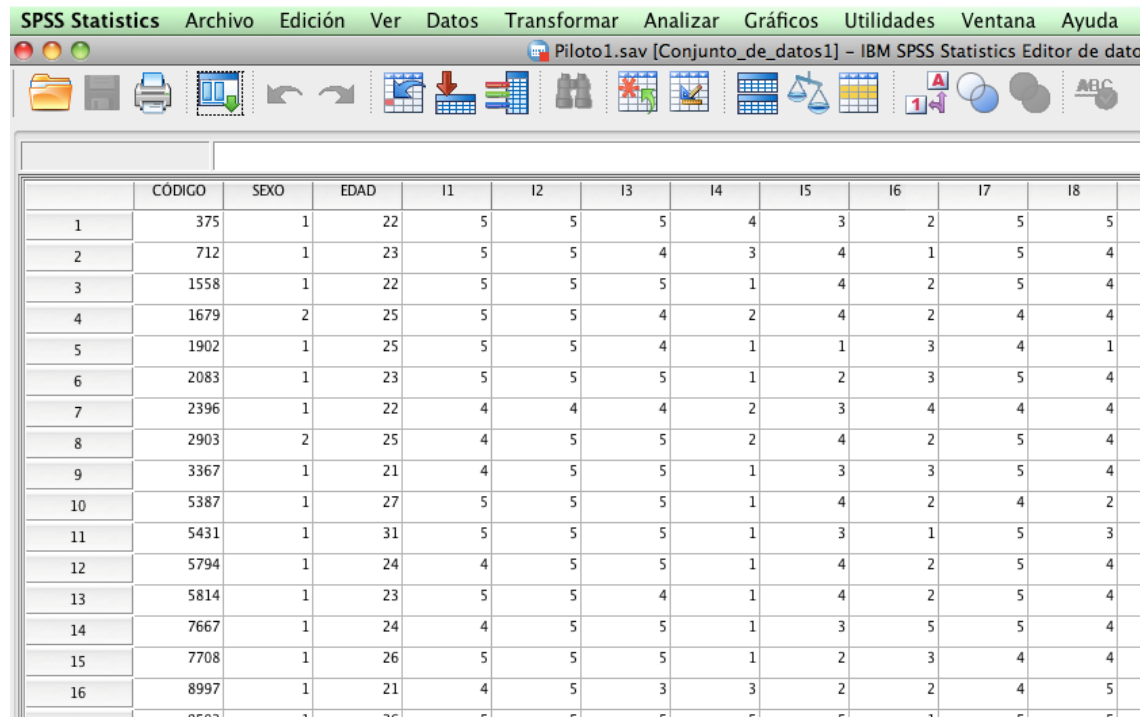
Figura 101. – Excel de resultados generada automáticamente a partir de los intentos de los estudiantes

Para llevar a cabo la comparación de los datos y las pruebas estadísticas se utiliza el *software* de control estadístico *SPSS* (Figura 102).

Los pilotos no van a ser la única prueba a realizar. De cara a afianzar los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios se evalúa la opinión de expertos en relación con los diferentes escenarios de interoperabilidad, de esta forma no solo se observa la validez de los escenarios, sino la opinión de los otros usuarios involucrados en ellos. Este cuestionario también se basa en un conjunto de afirmaciones y una escala determinada, un ejemplo es: “La exportación de funcionalidades de *Moodle* puede favorecer la participación del estudiante y, por tanto, ser positivo para la impartición de las asignaturas”.

A continuación se describen las hipótesis y variables involucradas en cada piloto, las herramientas utilizadas durante la experimentación, los resultados obtenidos y los

resultados de la consulta a expertos. Además, por cada piloto se proponen una serie de conclusiones.



	CÓDIGO	SEXO	EDAD	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
1	375	1	22	5	5	5	4	3	2	5	5
2	712	1	23	5	5	4	3	4	1	5	4
3	1558	1	22	5	5	5	1	4	2	5	4
4	1679	2	25	5	5	4	2	4	2	4	4
5	1902	1	25	5	5	4	1	1	3	4	1
6	2083	1	23	5	5	5	1	2	3	5	4
7	2396	1	22	4	4	4	2	3	4	4	4
8	2903	2	25	4	5	5	2	4	2	5	4
9	3367	1	21	4	5	5	1	3	3	5	4
10	5387	1	27	5	5	5	1	4	2	4	2
11	5431	1	31	5	5	5	1	3	1	5	3
12	5794	1	24	4	5	5	1	4	2	5	4
13	5814	1	23	5	5	4	1	4	2	5	4
14	7667	1	24	4	5	5	1	3	5	5	4
15	7708	1	26	5	5	5	1	2	3	4	4
16	8997	1	21	4	5	3	3	2	2	4	5

Figura 102. – Datos en el SPSS

6.2.2. Piloto 1

En este apartado se describe la experiencia piloto 1 que comprende la validación de los escenarios 1 y 2. Para facilitar su entendimiento se puede observar un resumen de sus características en la Tabla 17.

La estructura de esta sección incluye una descripción de la experiencia en el planteamiento, para después plantear los resultados y finalizar con unas conclusiones.

6.2.2.1. Planteamiento

Este primer piloto trata de probar la validez de la exportación de funcionalidades de *Moodle* al contexto personalizado del estudiante y también validar la posibilidad del uso de herramientas *online* externas al entorno institucional en el PLE del estudiante. Es decir, abrir el entorno de aprendizaje hacia modelos personalizados y facilitar el uso de funcionalidades del entorno institucional con otras herramientas que el usuario utiliza en su formación, así como considerar otro tipo de herramientas adicionales en el proceso de aprendizaje que puedan incluirse dentro del entorno personalizado sin tener una interacción directa con el entorno institucional. Este piloto se corresponde, por tanto, con dos de los escenarios de interoperabilidad planteados en la propuesta, el escenario 1 y el escenario 2.

Tabla 17. – Descripción de la experiencia piloto 1

Piloto 1		
Escenarios	Escenario 1 - Exportación de una funcionalidad del LMS fuera del entorno institucional	
	Fecha de realización	17/11/2011
	Número de participantes	40 (20 en el grupo de control y 20 en el grupo experimental)
	Hipótesis científica	La exportación de funcionalidades de las plataformas de aprendizaje y su uso en otros contextos permite la personalización del aprendizaje y, por tanto, facilita su adquisición por parte del estudiante
	Variable dependiente	La mejora del aprendizaje, percibida por el estudiante, que se deriva de la posibilidad de exportar funcionalidades del LMS (como los foros de <i>Moodle</i>) fuera del entorno institucional, así como su combinación con otras herramientas web
	Ítems que operativizan la variable dependiente	- Habitualmente utilizo los foros de <i>Moodle</i> en el contexto de mis asignaturas (pretest) - Solamente utilizo los foros de <i>Moodle</i> en <i>Studium</i>¹ porque son de participación obligatoria (pretest) - Utilizo otras herramientas <i>online</i> para el aprendizaje que no se encuentran dentro de <i>Moodle</i> (<i>Youtube</i>, <i>Wikipedia</i>, foros, <i>Slideshare</i>, entre otras) – (pretest) - Los foros de <i>Moodle</i> se adaptan a mi forma de aprender y a mis necesidades, lo que mejora mi motivación (postest) - La participación en foros, sobre temas tratados en mis asignaturas, me ayuda a aprender mejor los contenidos (postest) - La posibilidad de participar en foros sobre mis asignaturas de <i>Moodle</i> combinado con otras herramientas, como <i>Youtube</i>, <i>Wikipedia</i>, u otros foros de expertos, favorece mi aprendizaje (postest)
	Variable independiente	Tratamiento que se le da a los grupos experimentales y de control en el experimento
	Escenario 2 - Uso de herramientas externas en el entorno personalizado y su consideración en el entorno institucional	
	Fecha de realización	17/11/2011
	Número de participantes	40 (20 en el grupo de control y 20 en el grupo experimental)
	Hipótesis científica	El hecho de tener en cuenta en el ámbito institucional la actividad informal del estudiante que utiliza herramientas web puede mejorar el conocimiento que se tiene acerca del mismo y de sus competencias
	Variable dependiente	Mejora de la evaluación y el conocimiento que se tiene del estudiante al considerar lo que este hace fuera de <i>Moodle</i> mediante el uso de herramientas web
	Ítems que operativizan la variable dependiente	- Utilizo herramientas <i>online</i> (<i>Flickr</i>, <i>Wordpress</i>, <i>Wikipedia</i>, <i>Slideshare</i>, etc.) para apoyarme en el aprendizaje y/o para compartir información, recursos y opiniones con otras personas (pretest) - Considero que el uso de herramientas <i>online</i> (<i>Flickr</i>, <i>Wordpress</i>, <i>Wikipedia</i>, <i>Slideshare</i>, <i>Twitter</i>, etc.) me aporta otras perspectivas válidas que enriquecen mi aprendizaje (pretest) - Las plataformas de aprendizaje como <i>Moodle</i> tienen en cuenta lo que haga en otros contextos, como compartir fotos en <i>Flickr</i> u opiniones en <i>Wordpress</i>, y mi actividad en esas herramientas se tiene en cuenta durante mi evaluación (postest) - Desde <i>Moodle</i> no tienen noción de lo que hago en herramientas <i>online</i> externas al entorno de la institución (postest)
	Variable independiente	Tratamiento que se le da a los grupos experimentales y de control en el experimento

¹ Plataforma de aprendizaje Moodle de la Universidad de Salamanca. <http://studium.usal.es>.

Como ya se ha comentado, a los estudiantes se les plantea una prueba de pretest y una prueba de posttest, que se recogen en el Apéndice C. A continuación se describen las hipótesis, variables dependientes y forma de actuar para validar cada uno de estos escenarios.

ESCENARIO 1

Para el escenario 1 dentro del primer piloto se ha planteado la siguiente hipótesis:

La exportación de funcionalidades de las plataformas de aprendizaje y su uso en otros contextos permite la personalización del aprendizaje y, por tanto, facilita su adquisición por parte del estudiante.

De dicha hipótesis se deduce la siguiente variable dependiente:

La mejora del aprendizaje, percibida por el estudiante, derivada de la posibilidad de exportar funcionalidades del LMS (como los foros de *Moodle*) fuera del entorno institucional, así como su combinación con otras herramientas web.

A partir de esa hipótesis se da un tratamiento diferente a los individuos del grupo experimental y de control (variable independiente). Se realiza una actividad con el sistema implementado con los estudiantes pertenecientes al grupo de experimental, mientras que el grupo de control no realiza tal experimentación. En este caso se exporta funcionalidad del LMS *Moodle* a un entorno personalizado basado en *widgets*. En concreto, se realiza la exportación de un foro de la asignatura Gestión de Proyectos a un *widget* y se muestra a cada estudiante en un contenedor de *widgets* (*Apache Wookie* específicamente – Figura 103).

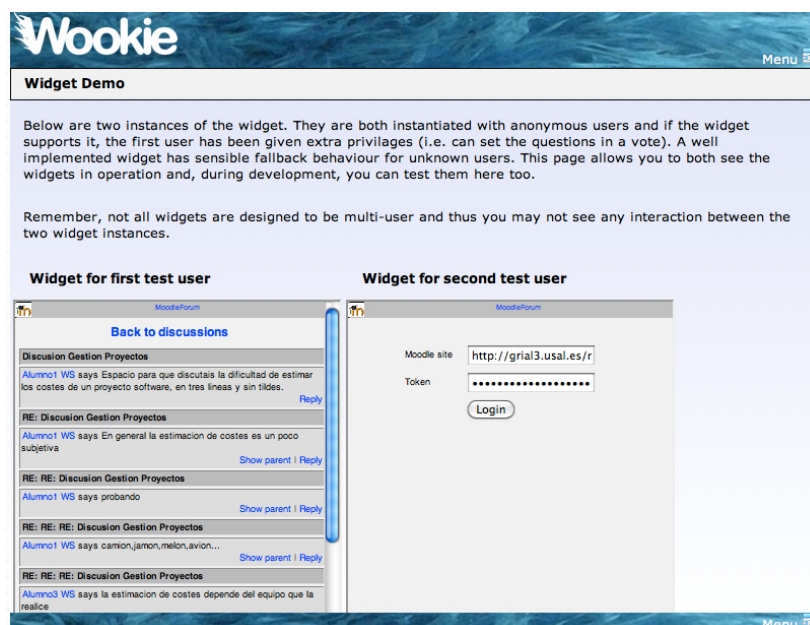


Figura 103. – Imagen del foro de Moodle como *widget*

En dicho contenedor los estudiantes pueden usar el foro como si estuvieran en la plataforma y combinar su uso con el de otras herramientas que deseen utilizar en su actividad. Además, cualquier acción que lleven a cabo en el foro es accesible desde el LMS, con lo que se puede evaluar la actividad del estudiante en el entorno personal (Figura 104).



Figura 104. – Reflejo de la actividad en de los estudiantes en el foro observada desde el contexto institucional

Ante esta situación, y para validar la hipótesis planteada, se hacen una serie de afirmaciones que el usuario debe contestar en una escala de conformidad del 1 al 5. En concreto en el pretest se plantean las siguientes afirmaciones:

- Habitualmente utilizo los foros de *Moodle* en el contexto de mis asignaturas.
- Solamente utilizo los foros de *Moodle* en *Stadium* porque son de participación obligatoria.
- Utilizo otras herramientas online para el aprendizaje que no se encuentran dentro de *Moodle* (*Youtube*, *Wikipedia*, foros, *Slideshare*, entre otras).

En el postest se plantean las siguientes afirmaciones, cuyos resultados deberían ser diferentes para los estudiantes que hacen el experimento con respecto a los que no lo realizan:

- Los foros de *Moodle* se adaptan a mi forma de aprender y a mis necesidades, lo que mejora mi motivación.
- La participación en foros, sobre temas tratados en mis asignaturas, me ayuda a aprender mejor los contenidos.

- La posibilidad de participar en foros sobre mis asignaturas de *Moodle* combinado con otras herramientas, como *Youtube*, *Wikipedia*, u otros foros de expertos, favorece mi aprendizaje.

Después de realizado la experiencia y recogidos los datos, estos se introducen en el *SPSS* y se aplican las técnicas estadísticas comentadas para poder afirmar que se cumple la hipótesis planteada para el escenario, cuyos resultados se explican en el próximo apartado.

ESCENARIO 2

Para el escenario 2 dentro del primer piloto se plantea la siguiente hipótesis:

El hecho de tener en cuenta en el ámbito institucional la actividad informal del estudiante que utiliza herramientas web puede mejorar el conocimiento que se tiene acerca del mismo y de sus competencias.

De dicha hipótesis se deriva la siguiente variable dependiente:

Mejora de la evaluación y el conocimiento que se tiene del estudiante al considerar lo que este hace fuera de *Moodle* mediante el uso de herramientas web.

Para medir esto, al igual que para el escenario 1, se realiza un experimento con los estudiantes involucrados en el grupo de experimental. En este caso se han implementado *widgets* que representen herramientas *online* que pueden complementar la formación del estudiante desde un punto de vista informal. En concreto se han desarrollado dos *widgets*, uno que permite la edición de un *blog* y otro que permite compartir fotos mediante la cuenta *Flickr* del usuario. Ambas herramientas se plantean como actividades educativas en la plataforma *Moodle* de la Universidad de Salamanca. En concreto se define para ello una actividad externa (*offline assignment*) por cada herramienta desde la que el profesor puede evaluar la actividad que el estudiante desempeña en otro entorno. Este otro entorno es el *blog* del estudiante y *Flickr*, a los que el profesor puede acceder directamente desde el entorno web y el estudiante tiene disponible a través de sus *widgets* en su entorno personalizado (Figura 105). Una vez los estudiantes han probado los *widgets*, han puesto una entrada en el *blog* y subido unas fotos a un grupo de *Flickr* el profesor puede acceder al *blog* del estudiante y valorar la entrada que haya aportado en relación con la actividad y entrar en *Flickr* y ver las imágenes que ha añadido al grupo, relacionadas también con la actividad educativa que se plantea. La evaluación por parte del profesor se da en *Moodle* y considera lo que ocurre fuera de dicho entorno. Para llevar a cabo el piloto se crearon 20 cuentas en *Gmail* (una por cada estudiante

del grupo experimental, para desde estas cuentas acceder a *Flickr*, y como cuentas de correo de prueba para el resto de experimentos) y 20 cuentas en un servidor de *Wordpress*, que fueron facilitadas a los estudiantes que realizan el experimento.

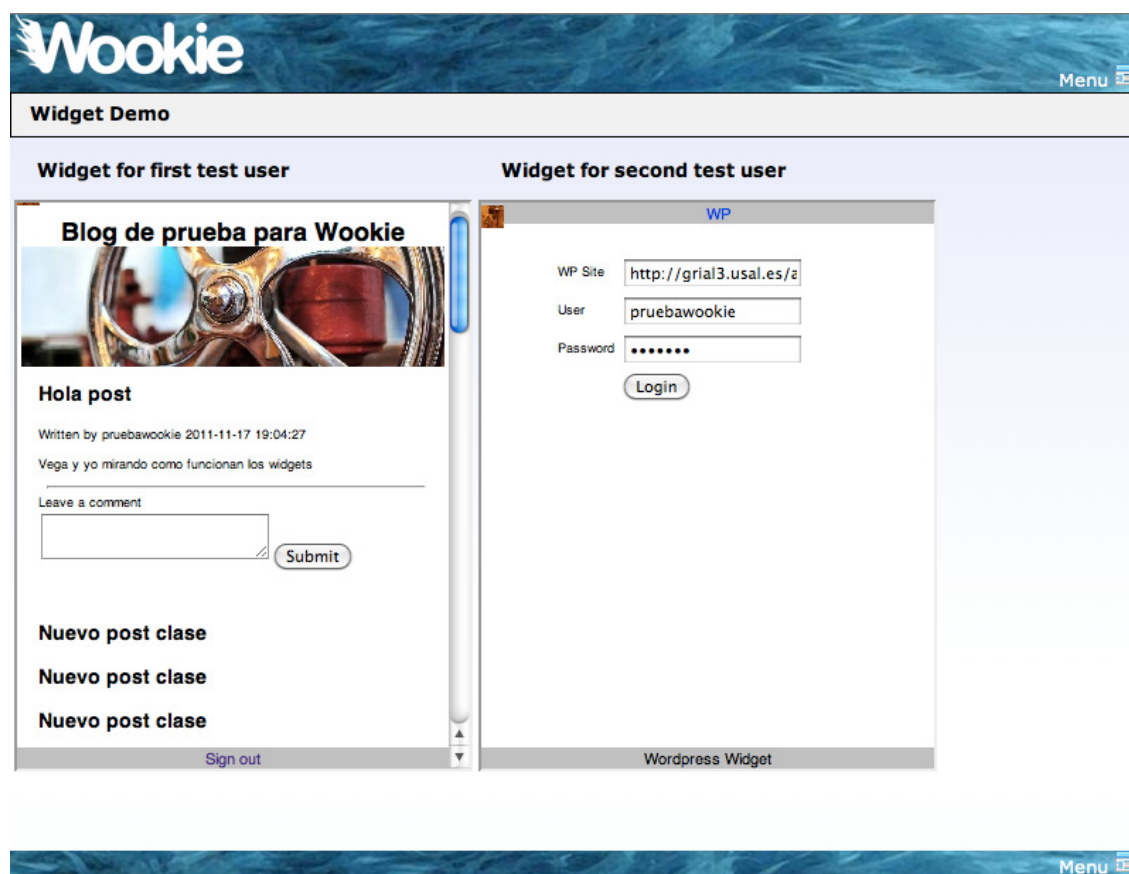


Figura 105. – *Widget de Wordpress dentro de Wookiee*

Antes de que los estudiantes probaran estos *widgets*, debieron contestar el pretest que, en este caso, contenía preguntas relativas al uso de herramientas online externas (como las mencionadas, por ejemplo: *Flickr*, *Wordpress*, *Shildeshare*) para facilitar el aprendizaje:

- Utilizo herramientas *online* (*Flickr*, *Wordpress*, *Wikipedia*, *Slideshare*, etc.) para apoyarme en el aprendizaje y/o para compartir información, recursos y opiniones con otras personas.
- Considero que el uso de herramientas *online* (*Flickr*, *Wordpress*, *Wikipedia*, *Slideshare*, *Twitter*, etc.) me aporta otras perspectivas válidas que enriquecen mi aprendizaje.

Una vez los estudiantes han llevado a cabo esta experiencia piloto se recogen los datos del posttest y se analizan utilizando *SPSS* para comprobar la validez de la

hipótesis planteada para el este escenario. Concretamente las afirmaciones planteadas en el postest para este escenario son:

- Las plataformas de aprendizaje como *Moodle* tienen en cuenta lo que haga en otros contextos, como compartir fotos en *Flickr* u opiniones en *Wordpress*, y mi actividad en esas herramientas se tiene en cuenta durante mi evaluación.
- Desde *Moodle* no tienen noción de lo que hago en herramientas *online* externas al entorno de la institución.

A continuación se describen los resultados obtenidos para ambos escenarios.

6.2.2.2. Resultados

Durante el piloto se recogen unos resultados para el pretest y otros para el postest, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control. Dichos resultados tienen que contrastarse de cara a evaluar la validez de las hipótesis planteadas para los escenarios 1 y 2.

En primer lugar dentro de este apartado se describe la muestra de la que se parte para realizar el experimento. Esta muestra consta de 20 individuos en el grupo de control y 20 en el experimental, que se corresponden con los estudiantes de cada grupo que acuden a clase el día del experimento. Dicha muestra se distribuye como se observa en la Tabla 18, donde se puede ver la distribución de hombres y mujeres de ambos grupos (se tiene un total de un 87,5% de hombres en la muestra y un 12,5% de mujeres).

Tabla 18. – Distribución de la muestra entre los grupos experimentales y de control

Tabla de contingencia SEXO * Grupo					
			Grupo		Total
			Experimental	Control	
SEXO	Hombre	Recuento	18	17	35
		% dentro de SEXO	51,4%	48,6%	100,0%
		% dentro de Grupo	90,0%	85,0%	87,5%
	Mujer	Recuento	2	3	5
		% dentro de SEXO	40,0%	60,0%	100,0%
		% dentro de Grupo	10,0%	15,0%	12,5%
Total		Recuento	20	20	40
		% dentro de Grupo	100,0%	100,0%	100,0%

De cara a aceptar la validez científica de las hipótesis planteadas, los resultados entre el grupo experimental y control tienen que ser similares en cuanto al pretest y diferentes en cuanto a postest.

Para poder demostrar esto se han aplicado varias técnicas estadísticas que requieren la definición una hipótesis estadística denominada hipótesis nula ($H_0: \mu_E = \mu_C$), o lo que es lo mismo que los resultados del grupo experimental y el grupo de control sean similares con una significatividad del 0,05. Esta hipótesis se cumple si la significación bilateral para cada afirmación varía del grupo de control al grupo experimental por encima de del grado de significatividad. Es decir, si es mayor o igual de un 0,05 se acepta la hipótesis nula y en caso contrario se rechaza. Para determinar esa significación se utiliza una prueba de comparación de medias denominada Prueba T de Student para muestras independientes y la prueba U de Mann-Whitney, previamente descritas.

Ambos escenarios cuentan, además, con una serie de preguntas comunes denominadas preguntas de control que se plantean una única vez a todas las personas involucradas en la experiencia piloto. Los resultados para estas preguntas permiten conocer el contexto de los usuarios involucrados en los experimentos y comprobar si los usuarios de diferentes grupos tienen contextos similares. Puesto que las personas involucradas en ambos grupos son las mismas el resultado las preguntas de control solamente se muestra en el primero de ellos.

ESCENARIO 1

Durante el escenario 1 se plantean diferentes preguntas a los usuarios del grupo de control y el grupo experimental. A continuación se describen sus resultados.

Para los grupos de control y experimental se han planteado, en primer lugar, ciertas variables de control (como el sexo y la edad) y afirmaciones (sobre las que el usuario tiene que expresar su percepción) que permiten comprobar que los estudiantes de ambos grupos tienen unos conocimientos iniciales similares. Estas cuestiones se han presentado a ambos grupos durante el pretest y se han etiquetado con una letra I y el número correspondiente para facilitar las pruebas estadísticas (por ejemplo I1). Los resultados de estas preguntas se pueden observar en la Tabla 19 (grupo experimental) y en la Tabla 20 (grupo experimental).

Tabla 19. – Resultados de las cuestiones de control para el grupo experimental

ID	I.1 - Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías	I.2 Utilizo Internet a diario	I.3 Utilizo la plataforma Moodle (Studium) en mis asignaturas de la Facultad	I.4 Utilizo la plataforma Moodle en otros contextos que no sean solo el universitario
375	5	5	5	4
712	5	5	4	3
1558	5	5	5	1
1679	5	5	4	2
1902	5	5	4	1
2083	5	5	5	1
2396	4	4	4	2
2903	4	5	5	2
3367	4	5	5	1
5387	5	5	5	1
5431	5	5	5	1
5794	4	5	5	1
5814	5	5	4	1
7667	4	5	5	1
7708	5	5	5	1
8997	4	5	3	3
9503	5	5	5	5
9975	4	5	5	1
34188	5	5	4	1
7583	4	5	5	3

Tabla 20. – Resultado de las cuestiones de control para el grupo de control

ID	I.1 - Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías	I.2 Utilizo Internet a diario	I.3 Utilizo la plataforma Moodle (Studium) en mis asignaturas de la Facultad	I.4 Utilizo la plataforma Moodle en otros contextos que no sean solo el universitario
2256	4	5	4	1
6136	4	5	5	1
640	5	5	5	4
223	4	5	5	3
5830	3	5	5	1
2838	5	5	5	1
6056	5	5	4	3
5860	5	5	4	2
6599	5	5	5	1
8821	4	5	4	1
7759	5	5	5	3
5827	4	5	5	3
662	4	4	5	1
497	5	5	3	1
4815	5	5	5	3
3746	5	5	2	5
1822	5	5	5	2
5632	5	5	4	1
5426	5	5	5	2
14	4	5	5	3

Con estos resultados se ha llevado a cabo un análisis mediante el uso de la prueba T de Student para comparación de medias. En concreto se consideran si los valores de estas cuestiones difieren o no entre ambos grupos. Para ello se formula hipótesis nula $H_0: \mu_E = \mu_C$. (que significa que los resultados del grupo de control y experimental son iguales) y se aplica la prueba mencionada. En la Tabla 21 se pueden observar los resultados para el grupo de control y el grupo experimental. En dicha tabla la primera columna muestra el identificador del ítem a considerar, la segunda y tercera muestran la media ($\bar{X}_E$) y desviación típica (S_{X_E}) de los resultados del grupo experimental, la cuarta y quinta la media ($\bar{X}_C$) y la desviación típica (S_{X_C}) de los resultados del grupo de control, la sexta los resultados de la prueba de contraste de hipótesis para diferencia de medias (t) y la última columna muestra el grado de significación bilateral (ρ). Esta estructura es similar para la descripción del resto de pruebas T de Student del presente apartado.

Tabla 21. – Resultados de la prueba T de Student para muestras independientes para comparar los valores de los ítems de control

V_{control}	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.1	4,60	0,503	4,55	0,605	0,284	0,778
I.2	4,95	0,224	4,95	0,224	0,000	1,000
I.3	4,60	0,598	4,50	0,827	0,438	0,664
I.4	1,80	1,196	2,10	1,210	-0,789	0,435

En cuanto a los valores obtenidos se puede observar que la significación bilateral se encuentra en todos los casos por encima de 0,05. Como ejemplo, para el ítem I.1 se observa una media en el grupo experimental ($\bar{X}_E$) de 4,60 y una desviación típica (S_{X_E}) de 0,503, mientras que en el grupo de control se tiene una media ($\bar{X}_C$) de 4,55 y una desviación típica (S_{X_C}) de 0,605. En cuanto a la prueba de contraste (t) se tiene un valor de 0,284 y una significación bilateral (ρ) de 0,778, que es muy superior a 0,05. Algo similar ocurre para el resto de los criterios de control contemplados en este escenario, lo que supone que la hipótesis nula planteada es cierta y, por tanto, ambos grupos tienen una percepción similar respecto de su uso de Internet y de las TIC, así como del uso y conocimiento de la plataforma *Moodle*.

Puesto que se ha aplicado la prueba sobre un número no muy elevado de muestras y el tipo de variable utilizada no es muy exacta (al tratarse de una escala ordinal) se ha decidido el uso de una prueba estadística no paramétrica para comprobar los resultados. En concreto la U de Mann-Whitney. Los resultados de dicha aplicación se observan en la Tabla 22.

Tabla 22. – Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para compara los valores de los ítems de control

V _{control}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.1	La distribución de I.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,899	Aceptar hipótesis nula
I.2	La distribución de I.2 es la misma entre el grupo de control y experimental	1,000	Aceptar hipótesis nula
I.3	La distribución de I.3 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,897	Aceptar hipótesis nula
I.4	La distribución de I.4 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,353	Aceptar hipótesis nula

Al igual que en el caso anterior, la hipótesis nula se acepta cuando el valor de la significación está por encima de 0,05, en este caso para todos los ítems se da este resultado.

De dicha comparación se puede intuir que la forma de comportarse de ambos grupos con respecto al uso de Internet y *Moodle* es similar.

A continuación se describen los resultados del pretest y posttest para los grupos experimental y de control. Los resultados del pretest para el grupo experimental y el escenario 1 se muestran en la Tabla 23 y los del posttest en la Tabla 24.

Tabla 23. – Resultados del pretest para el grupo experimental y escenario 1

ID	I.5. Habitualmente utilizo los foros de <i>Moodle</i> en el contexto de mis asignaturas	I.6. Solamente utilizo los foros de <i>Moodle</i> en <i>Studium</i> porque son de participación obligatoria	I.7. Utilizo otras herramientas <i>online</i> para el aprendizaje que no se encuentran dentro de <i>Moodle</i> (<i>Youtube</i> , <i>Wikipedia</i> , foros, <i>Slideshare</i> , entre otras)
375	3	2	5
712	4	1	5
1558	4	2	5
1679	4	2	4
1902	1	3	4
2083	2	3	5
2396	3	4	4
2903	4	2	5
3367	3	3	5
5387	4	2	4
5431	3	1	5
5794	4	2	5
5814	4	2	5
7667	3	5	5
7708	2	3	4
8997	2	2	4
9503	5	1	5
9975	3	3	5
34188	4	3	5
7583	4	2	4

Tabla 24. – Resultados del postest para el grupo experimental y escenario 1

ID	I5.1 Los foros de Moodle se adaptan a mi forma de aprender y a mis necesidades, lo que mejora mi motivación	I5.2 La participación en foros, sobre temas tratados en mis asignaturas, me ayuda a aprender mejor los contenidos	I7.1 La posibilidad de participar en foros sobre mis asignaturas de Moodle combinado con otras herramientas, como Youtube, Wikipedia, u otros foros de expertos, favorece mi aprendizaje
375	4	1	4
712	3	5	5
1558	4	4	4
1679	4	4	4
1902	3	3	2
2083	4	5	5
2396	4	4	4
2903	4	3	5
3367	3	4	4
5387	3	2	3
5431	5	5	5
5794	4	5	5
5814	3	4	5
7667	4	4	4
7708	3	3	4
8997	2	5	5
9503	5	5	5
9975	4	4	5
34188	4	4	4
7583	4	4	4

En dichas tablas debe observarse que se han etiquetado las preguntas como I5, I6, etc.; esto se hace para facilitar la evaluación de ítems en las pruebas estadísticas. Además, en algunos casos estas etiquetas incluyen niveles de identificación, por ejemplo I5.1, en este caso se hace de este modo por si los resultados de las pruebas no fueran suficientemente significativas y hubiera que comparar ítems relacionados dentro del mismo grupo (por ejemplo la pregunta I5.1 e I5.2 del postest con la pregunta I5 del pretest dentro del cada grupo).

La Tabla 25 y la Tabla 26 muestran los resultados para el grupos de control y el escenario 1.

Al igual que en el caso anterior con los ítems de control, se ha comprobado si la percepción por parte de los individuos del grupo de control y experimental es la misma para los ítems del pretest. Dicha comprobación se lleva a cabo mediante la realización de una prueba T de Student, cuyos resultados se observan en la Tabla 27. Para ello se emplea un hipótesis nula que supone que el grupo experimental y de control son iguales ($H_0: \mu_E = \mu_C$).

Tabla 25. – Resultados del pretest para el grupo de control y escenario 1

ID	I.5 Habitualmente utilizo los foros de Moodle en el contexto de mis asignaturas	I.6 Solamente utilizo los foros de Moodle en Studium porque son de participación obligatoria	I.7 Utilizo otras herramientas online para el aprendizaje que no se encuentran dentro de Moodle (Youtube, Wikipedia, foros, Slideshare, entre otras)
2256	3	2	1
6136	2	1	2
640	2	1	1
223	4	3	1
5830	2	2	1
2838	5	1	1
6056	4	3	1
5860	4	2	2
6599	2	5	1
8821	3	1	1
7759	4	1	1
5827	5	3	1
662	2	1	1
497	3	3	1
4815	3	2	1
3746	4	1	1
1822	5	1	1
5632	2	4	1
5426	3	4	1
14	4	2	2

Tabla 26. – Resultados de posttest para el grupo de control y escenario 1.

ID	I5.1 Los foros de Moodle se adaptan a mi forma de aprender y a mis necesidades, lo que mejora mi motivación	I5.2 La participación en foros, sobre temas tratados en mis asignaturas, me ayuda a aprender mejor los contenidos	I7.1 La posibilidad de participar en foros sobre mis asignaturas de Moodle combinado con otras herramientas, como Youtube, Wikipedia, u otros foros de expertos, favorece mi aprendizaje
2256	3	1	3
6136	3	5	1
640	3	2	4
223	4	4	4
5830	3	3	4
2838	4	3	3
6056	3	3	3
5860	3	1	5
6599	4	2	4
8821	4	1	5
7759	1	1	5
5827	1	1	5
662	3	1	5
497	3	2	4
4815	4	1	4
3746	4	1	5
1822	3	1	5
5632	3	1	5
5426	3	1	5
14	3	2	4

Tabla 27. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes comparando los resultados de pretest

VD _{pretest}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.5	3,30	0,979	3,30	1,081	0,000	1,000
I.6	2,40	0,995	2,15	1,226	0,708	0,483
I.7	4,65	0,489	4,55	0,686	0,531	0,599

Como se puede comprobar la significación bilateral (ρ) para todos los ítems que constituyen la variable dependiente está por encima de 0,05. Como ejemplo, para el ítem I.5 se observa una media en el grupo experimental ($\overline{X}_E$) de 3,30 y una desviación típica (s_{X_E}) de 0,979, mientras que en el grupo de control se tiene una media ($\overline{X}_C$) de 3,30 y una desviación típica (s_{X_C}) de 1,081. En cuanto a la prueba de contraste (t) se tiene un valor de 0,000 y una significación bilateral (ρ) de 1,000, que es muy superior a 0,05. Es decir, se acepta la hipótesis nula, por tanto los pretest son similares para ambos grupos, lo cual demuestra que el uso de los foros por parte de los estudiantes de grupo de control y del grupo experimental es similar y que los miembros de ambos grupos utilizan herramientas no incluidas en *Moodle* para aprender.

Como en el caso de los ítems de control, también en esta comparativa se dispone de pocas muestras (40 entre el grupo de control y el grupo experimental) y la variable utilizada para la medición no es exacta al tratarse de una variable ordinal, esto supone que se aplique la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney y se obtienen los resultados de la Tabla 28 que mantienen que se retengan las hipótesis para cada uno de los ítems, es decir, que ambos grupos son similares (con diferentes grados de significación para cada ítem). Por ejemplo, en el I.6. el grado de significación es de 0,338 que está muy por encima del valor umbral 0,05.

Tabla 28. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el Pretest en el escenario 1

VD _{pretest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.5	La distribución de I5 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,899	Aceptar hipótesis nula
I.6	La distribución de I6 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,338	Aceptar hipótesis nula
I.7	La distribución de I7 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,821	Aceptar hipótesis nula

Una vez considerado el caso del pretest se pasa a tener en si cuenta con los ítems del posttest se cumple también la hipótesis nula, o lo que es lo mismo que la respuesta del grupo de control y experimental sea similar. Se espera que entre ambos grupos haya diferencias en todos sus ítems ya que el grupo experimental ha probado el sistema.

Para comprobar si se cumple o no la hipótesis nula se aplican de nuevo las pruebas T de Student y U de Mann-Whitney. El resultado de la aplicación de la primera de estas pruebas se observa en la Tabla 29.

Tabla 29. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes comparando los resultados del posttest para el escenario 1

VD _{posttest}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.5.1	3,70	0,733	2,90	0,852	3,183	0,003
I.5.2	3,90	1,071	3,35	0,813	1,829	0,075
I.7.1	4,30	0,801	3,10	0,852	4,588	0,000

Todos los ítems excepto el I.5.2 tienen una significación menor que 0,05. Como ejemplo, para el ítem I.5.1 se observa una media en el grupo experimental ($\overline{X}_E$) de 3,70 y una desviación típica (s_{X_E}) de 0,733, mientras que en el grupo de control se tiene una media ($\overline{X}_C$) de 2,90 y una desviación típica (s_{X_C}) de 0,852. En cuanto a la prueba de contraste (t) se tiene un valor de 3,183 y una significación bilateral (ρ) de 0,003, que es inferior a 0,05 con lo que se rechaza para ellos la hipótesis nula, es decir, hay una diferencia significativa entre el grupo de control y el grupo experimental, para el ítem I.5.1. Algo similar ocurre con el ítem I.7.1, aunque, sin embargo, se acepta la hipótesis nula para el I.5.2. Esto se debe a se trata de una cuestión muy genérica que no se ve alterada en función del si se ha realizado o no el experimento. En concreto la cuestión planteada es: “I.5.2. La participación en foros, sobre temas tratados en mis asignaturas, me ayuda a aprender mejor los contenidos”. Esto es algo que puede contestarse independientemente de haber realizado o no el experimento. Aún así para comprobar los resultados de esta prueba se aplican las pruebas no paramétricas de U de Mann-Whitney, cuyos resultados se recogen en la Tabla 30.

Tabla 30. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el posttest

VD _{posttest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.5.1	La distribución de I.5.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,004	Rechazar hipótesis nula
I.5.2	La distribución de I.5.2 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,036	Rechazar hipótesis nula
I.7.1	La distribución de I.5.3 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,000	Rechazar hipótesis nula

En este test se observa que las hipótesis planteadas deben rechazarse todas al tener una significación menor de 0,05 en cada una de ellas, de hecho el ítem I.5.2 tiene una significación menor que 0,05 lo que supone rechazar ese ítem. Este rechazo significa que hay una diferencia significativa entre los resultados del grupo experimental y de control. En la Figura 106 se observa una comparación gráfica de los valores de la

media para reflejar esta diferencia significativa en el posttest entre los resultados del grupo de control y experimental.

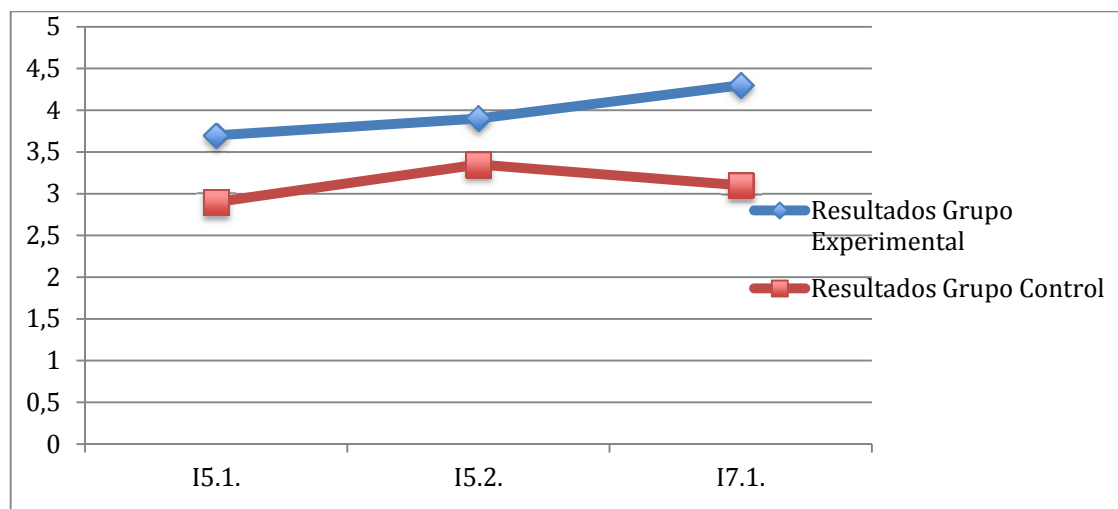


Figura 106. – Gráfico de comparación de valores medios de los resultados de cada ítem entre el grupo de control y el experimental

Esta diferencia en el posttest y la similitud de distribuciones en el pretest significa que la hipótesis planteada para el escenario 1 es correcta, aunque siempre desde la perspectiva del estudiante, después de experimentar con las herramientas y haber utilizado como herramienta de medición un cuestionario de autopercepción.

ESCENARIO 2

El escenario 2 se valida de una forma similar a como se ha realizado en el escenario 1, pero en este caso no se muestran las pruebas realizadas sobre las cuestiones de control puesto que son las mismas y están involucrados los mismos individuos que en el escenario anterior.

Los resultados del pretest para el grupo experimental y el escenario 2 se muestran en la Tabla 31 y los del posttest en la Tabla 32. En estas tablas puede observarse que se han etiquetado las preguntas como I8 e I9; esto se hace para facilitar la evaluación de ítems en las pruebas estadísticas.

En las Tabla 33 y Tabla 34 se muestran los resultados de las preguntas del formulario para el grupo de control en el escenario 2.

Tabla 31. – Resultados del pretest en el grupo experimental para el escenario 2

ID	I.8 Utilizo herramientas <i>online</i> (Flickr, Wordpress, Wikipedia, Slideshare, etc.) para apoyarme en el aprendizaje y/o para compartir información, recursos y opiniones con otras personas	I.9 Considero que el uso de herramientas <i>online</i> (Flickr, Wordpress, Wikipedia, Slideshare, Twitter, etc.) me aporta otras perspectivas válidas que enriquecen mi aprendizaje
375	5	4
712	4	5
1558	4	4
1679	4	4
1902	1	2
2083	4	5
2396	4	5
2903	4	4
3367	4	4
5387	2	2
5431	3	5
5794	4	4
5814	4	5
7667	4	4
7708	4	5
8997	5	5
9503	5	5
9975	3	4
34188	4	4
7583	4	4

Tabla 32. – Resultados del postest en el grupo experimental para el escenario 2

ID	I8.1 Las plataformas de aprendizaje como Moodle van a tener en cuenta lo que haga en otros contextos, como compartir fotos en Flickr u opiniones en Wordpress, y mi actividad en esas herramientas va a ser tenida en cuenta durante mi evaluación	I8.2 Desde Moodle no tienen noción de lo que hago en herramientas <i>online</i> externas al entorno de la institución
375	5	2
712	5	2
1558	4	2
1679	5	1
1902	5	1
2083	5	1
2396	4	3
2903	4	2
3367	4	2
5387	4	2
5431	5	1
5794	5	1
5814	5	1
7667	4	2
7708	4	2
8997	4	2
9503	5	1
9975	4	2
34188	5	1
7583	4	2

Tabla 33. – Resultados pretest del grupo de control para el escenario 2

ID	I.8 Utilizo herramientas online (<i>Flickr, Wordpress, Wikipedia, Slideshare, etc.</i>) para apoyarme en el aprendizaje y/o para compartir información, recursos y opiniones con otras personas	I.9 Considero que el uso de herramientas online (<i>Flickr, Wordpress, Wikipedia, Slideshare, Twitter, etc.</i>) me aporta otras perspectivas válidas que enriquecen mi aprendizaje
223	4	5
497	4	5
640	5	5
662	5	5
1822	2	3
2256	5	3
2838	5	4
3746	4	4
4815	4	5
5426	5	5
5632	4	5
5827	4	4
5830	2	2
5860	3	3
6056	4	4
6136	5	5
6599	4	5
7759	3	2
8821	4	5
14	4	4

Tabla 34. – Resultados del posttest del grupo de control para el escenario 2

ID	I8.1 Las plataformas de aprendizaje como <i>Moodle</i> van a tener en cuenta lo que haga en otros contextos, como compartir fotos en <i>Flickr</i> u opiniones en <i>Wordpress</i> , y mi actividad en esas herramientas va a ser tenida en cuenta durante mi evaluación	I8.2 Desde <i>Moodle</i> no tienen noción de lo que hago en herramientas <i>online</i> externas al entorno de la institución
223	1	3
497	5	1
640	2	4
662	4	4
1822	3	4
2256	3	3
2838	3	3
3746	1	5
4815	2	4
5426	1	5
5632	1	5
5827	1	5
5830	1	5
5860	2	4
6056	1	4
6136	1	5
6599	1	5
7759	1	5
8821	1	5
14	2	4

Con estos resultados se comprueba si los individuos grupos de control y experimental tienen una percepción similar para los pretest y posttest mediante el uso de las pruebas antes mencionadas T de Student y U de Mann-Whiney.

Para el pretest se han obtenido los resultados de la Tabla 35 al aplicar de la Prueba T de Student para muestras independientes. En concreto se comparan los resultados de los ítems que constituyen el pretest para el grupo experimental y el grupo de control según la hipótesis nula $H_0: \mu_E = \mu_C$.

Tabla 35. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes para los resultados del pretest del escenario 2

VD _{pretest}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.8	3,80	0,951	4,00	0,918	- 0,677	0,503
I.9	4,20	0,894	4,15	1,040	0,163	0,871

Como se puede comprobar la significación bilateral para todos los ítems que constituyen la variable dependiente está por encima de 0,05. Sirva como ejemplo el ítem I.8, para él se observa una media en el grupo experimental ($\overline{X}_E$) de 3,80 y una desviación típica (S_{X_E}) de 0,951, mientras que en el grupo de control se se tiene una media ($\overline{X}_C$) de 4,00 y una desviación típica (S_{X_C}) de 0,918. En cuanto a la prueba de contraste (t) se tiene un valor de -0,677 y una significación bilateral (ρ) de 0,503, que es muy superior a 0,05. Algo similar ocurre para el ítem I.9, lo que supone que se pueda afirmar que ambos grupos tienen una percepción similar respecto a si utilizan herramientas externas al LMS en su proceso de aprendizaje y a la validez del uso de dichas herramientas como soporte.

Al igual que en los anteriores casos, al tratarse de un número pequeño de muestras y estar utilizando una variable inexacta por usar una escala ordinal, se vuelven a validar los datos mediante la prueba U de Mann-Whitney, con los resultados de la Tabla 36, que mantiene que se retengan las hipótesis para cada uno de los ítems, es decir, que ambos grupos son similares (con diferentes grados de significación para cada ítem).

Tabla 36. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para los datos del pretest del escenario 2

VD _{pretest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.8	La distribución de I.8 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,449	Aceptar hipótesis nula
I.9	La distribución de I.9 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,930	Aceptar hipótesis nula

Una vez considerado el caso del pretest, se pasa a tener en cuenta si los ítems planteados en el posttest presentan una distribución similar entre ambos grupos, es

decir, si se cumple la hipótesis nula o existe una percepción diferente para aquellas personas que pertenecen al grupo de control y las del grupo experimental.

Se realizan las mismas pruebas para demostrar si debe aceptarse la hipótesis nula para el posttest, es decir, si se cumple $H_0: \mu_E = \mu_C$. Se aplica la prueba T de Student para muestras independientes y, además, la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, al igual que en el caso anterior.

El resultado de la prueba T de Student para muestras independientes sobre los resultados de posttest se observa en la Tabla 37.

Tabla 37. – Resultado de la prueba T para muestras independientes comparando los resultados del posttest para el escenario 2

VD _{posttest}	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.8.1	4,50	0,513	1,85	1,182	9,197	0,000
I.8.2	1,65	0,587	4,15	1,040	-9,362	0,000

Todos los ítems tienen una significación menor que 0,05. Sirva como ejemplo el ítem I.5, para él se observa una media en el grupo experimental ($\bar{X}_E$) de 4,50 y una desviación típica (S_{X_E}) de 0,513, mientras que en el grupo de control se tiene una media ($\bar{X}_C$) de 1,85 y una desviación típica (S_{X_C}) de 1,182. En cuanto a la prueba de contraste (t) se tiene un valor de 9,197 y una significación bilateral (ρ) de 0,000, que es inferior a 0,05, con lo que se rechaza para ellos la hipótesis nula para dicho ítem. Algo similar ocurre para ítem I.8.2, es decir, hay una diferencia significativa entre el grupo de control y el grupo experimental. Debe, además, destacarse que las medias del grupo de control y experimental para los ítems son contrapuestas. Para ítem I.8.1 la media es muy alta en el grupo experimental y muy baja para el grupo de control mientras que para el I.8.2 pasa lo contrario, esto se debe a que ambas preguntas se refieren a la misma cuestión abordada positivamente o negativamente.

Para refrendar la validez de la hipótesis, comprobada con la prueba anterior se aplica la prueba U de Mann-Whitney de la Tabla 17.

Tabla 38. – Resultados de la prueba U de Mann Whitney para los datos del posttest en el escenario 2

VD _{posttest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.8.1	La distribución de I.8.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,000	Rechazar hipótesis nula
I.9.1	La distribución de I.9.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,000	Rechazar hipótesis nula

Como se puede observar, las hipótesis nulas correspondientes a los ítems de posttest para el escenario 2 todas deben rechazarse (al igual que ocurría con la prueba

anterior). Se refrenda la diferencia entre el grupo experimental y el grupo de control en este sentido y, por tanto, la hipótesis planteada en el escenario 2 es correcta, siempre desde la perspectiva del estudiante que utiliza el sistema medida mediante el uso de un cuestionario de autopercepción.

En la Figura 107 se muestra una representación de la diferencia entre los ítems planteados en posttest del escenario 2. Se observa que las medias se cruzan, algo lógico ya que las afirmaciones planteadas son contrapuestas.

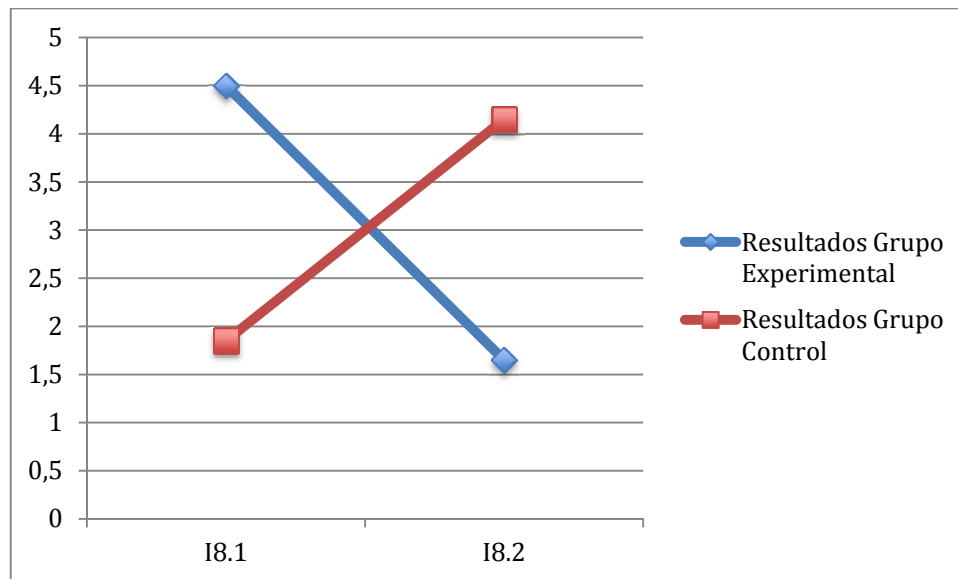


Figura 107. – Diferencia de medias de los resultados del posttest para el escenario 2

6.2.2.3. Conclusiones

Como conclusiones del primer piloto debe comentarse que, desde la perspectiva del estudiante y tras experimentar con las herramientas, se consideran correctas las dos hipótesis planteadas inicialmente:

- “La exportación de funcionalidades de las plataformas de aprendizaje y su uso en otros contextos permite la personalización del aprendizaje y, por tanto, facilita su adquisición por parte del estudiante”.
- “El hecho de tener en cuenta en el ámbito institucional la actividad informal del estudiante que utiliza herramientas web puede mejorar el conocimiento que se tiene acerca del mismo y de sus competencias”.

Esto supone que el *framework* de servicios planteado facilita el cumplimiento de tales hipótesis y, por tanto, que los escenarios considerados para la interoperabilidad sean válidos.

La primera hipótesis reafirma que la comunicación entre el LMS y PLE no debe hacerse solo de cara a integrar aplicaciones, sino que también puede ser muy útil para el usuario que estas puedan exportarse a otros contextos. De tal manera que la funcionalidad de las plataformas institucionales pueda incorporarse a entornos personalizados.

Además, para respaldar esta idea se plantean unas cuestiones relativas a la opinión a los encuestados dentro del grupo experimental, cuestiones cuya respuesta varía del 1-5 al igual que en los casos anteriores:

- Considero que la posibilidad de exportar funcionalidades de *Moodle* y combinarlas con otras herramientas *online* facilita mi aprendizaje.
- La exportación de funcionalidades de *Moodle* me ayuda a la definición de mis propios entornos de aprendizaje.

Respecto a la primera afirmación, el 85% de los encuestados están de acuerdo o totalmente de acuerdo con la ella, algo que se muestra en el grafico de la Figura 108. Esto supone que las personas que han probado la exportación del foro de *Moodle* en este caso, y tras comprobar que puede utilizarse conjuntamente con otros elementos, les parece que se facilita su aprendizaje.

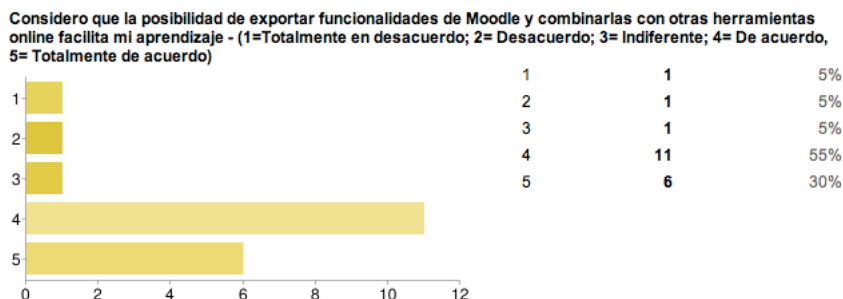


Figura 108. – Resultado a la afirmación de opinión 1 para el escenario 1

En cuanto a la segunda afirmación, el 70% de los encuestados está de acuerdo o totalmente de acuerdo con ella. Esto quiere decir que los encuestados ven útil para la definición de sus entornos personalizados de aprendizaje el hecho de exportar la funcionalidad de la plataforma de aprendizaje (Figura 109).

Ante esto se puede concluir que la hipótesis se cumple y la opinión de los estudiantes es positiva al respecto de la exportación de funcionalidades a un entorno personalizado. Sin embargo, el hecho de que a la segunda pregunta no haya respondido más gente positivamente puede deberse a que ellos no disponen de entornos que personalizar más allá del que han podido acceder con el piloto.

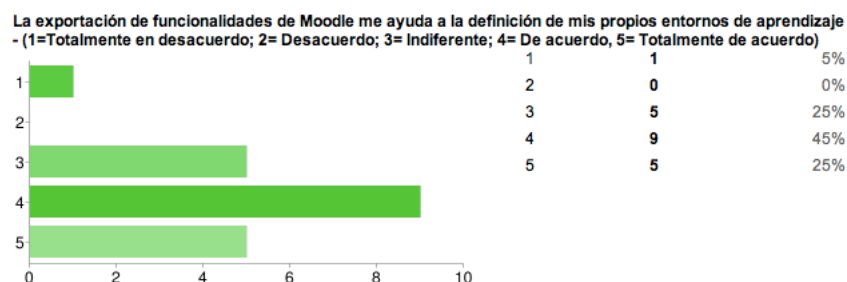


Figura 109. – Resultado de la afirmación de opinión 2 para el escenario 1

En cuanto al cumplimiento de la segunda hipótesis se observa que el estudiante utiliza más herramientas que las que proporciona el LMS para aprender. Esas herramientas enriquecen el aprendizaje de dichos estudiantes y deben considerarse desde el entorno institucional. Además, como en el caso anterior, también se plantea una afirmación para conocer el grado de conformidad de los participantes que han probado el sistema.

- Me gustaría que la actividad que hago en *Flickr*, en mi *blog* o en otras herramientas web que pueda utilizar para en mis actividades de aprendizaje, sea tenida en cuenta dentro de *Moodle*.

Respecto a esta afirmación el 75% está de acuerdo o completamente de acuerdo con lo afirmación de que les gustaría que se tuviera en cuenta la actividad que se lleva a cabo en herramientas externas relacionadas con la asignatura (Figura 110).

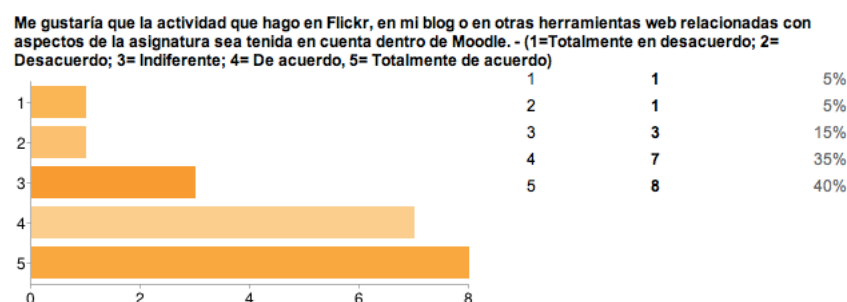


Figura 110. – Resultado de la opinión de los estudiantes que prueban el sistema respecto a la afirmación planteada para el escenario 2

Esto pone de manifiesto que, además de existir herramientas *online* externas al LMS que pueden enriquecer el aprendizaje del estudiante, este considera necesario que se tenga en cuenta la actividad que lleva a cabo en tales aplicaciones.

6.2.3. Piloto 2

En este apartado se describe la experiencia piloto 2, que se encarga de validar el escenario de interoperabilidad 3 relativo a la integración de la actividad del estudiante

llevada a cabo en herramientas educativas externas. Puede observarse información resumida del mismo en la Tabla 39.

Tabla 39. – Tabla resumen de la información del piloto 2

Piloto 2		
Escenarios	Escenario 3 - Adaptación de herramientas <i>online</i> educativas externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS	
	Fecha de realización	20/02/2012
	Número de participantes	50 (20 en el grupo de control y 30 en el grupo experimental). El grupo experimental se corresponde con estudiantes de la asignatura Gestión de Proyectos de Adaptación al Grado en Ingeniería Informática y el grupo experimental con estudiantes de Administración de Proyectos Informáticos de quinto curso de Ingeniería Informática de la Universidad de Salamanca
	Hipótesis científica	La inclusión de la actividad realizada por el estudiante en herramientas educativas dentro de los LMS, facilitan la evaluación del estudiante, mejoran el conocimiento que sobre él se tiene y pueden favorecer su aprendizaje
	Variable dependiente	La mejora experimentada en el proceso formativo al complementar el LMS con nuevas herramientas educativas externas a la institución y complementar la evaluación del estudiante con su actividad en ellas
	Ítems que operativizan la variable dependiente	- <i>Moodle</i> proporciona gran variedad de herramientas para utilizar en una asignatura, no es necesaria ninguna más (pretest) - Utilizo herramientas <i>online</i> educativas adicionales a las que me proporciona <i>Moodle</i> para mis actividades formativas (simuladores, bibliotecas de recursos, cuestionarios externos de autoevaluación, herramientas <i>online</i> para modelado, etc.) (pretest) - El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas <i>online</i> de modelado, cuestionarios de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que esta se quede corta en algunos aspectos (postest) - El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas <i>online</i> de modelado, cuestionarios de externos de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que mis actividades de aprendizaje solo se evalúen parcialmente (postest)
	Variable independiente	Tratamiento que se le da a los grupos experimentales y de control en el experimento

La estructura de esta sección comprende un planteamiento inicial que describe pormenorizadamente la experiencia piloto, unos resultados y por último unas conclusiones.

6.2.3.1. Planteamiento

Este piloto busca probar la validez de la incorporación de herramientas educativas *online* en el PLE. Es decir, se plantea la apertura del entorno de aprendizaje institucionalizado a la incorporación de nuevas herramientas de carácter educativo. Para ello se proporcionan interfaces para la evaluación de la actividad sin que el

profesor deba abandonar la plataforma en ningún momento. Este piloto se corresponde, por tanto, con el escenario 3 y, al igual que en los casos anteriores, se plantea a los estudiantes una prueba de pretest y una de posttest que pueden observarse en el Apéndice C. A continuación se describen las hipótesis, variables dependientes y forma de actuar para validar cada uno de esos escenarios.

ESCENARIO 3

Para el escenario 3, dentro del segundo piloto, se ha planteado la siguiente hipótesis:

La inclusión de la actividad realizada por el estudiante en herramientas educativas dentro de los LMS, facilitan la evaluación del estudiante, mejoran el conocimiento que sobre él se tiene y pueden favorecer su aprendizaje.

De esta hipótesis se deriva la siguiente variable dependiente:

La mejora experimentada en el proceso formativo al complementar el LMS con nuevas herramientas educativas externas a la institución y complementar la evaluación del estudiante con su actividad en ellas.

Para evaluar la hipótesis planteada, como ya se ha comentado, se realiza un piloto con los estudiantes involucrados en el grupo de experimental. En este caso se plantea el uso de una herramienta educativa no incluida en *Moodle*. En concreto, dado que como herramienta educativa *online* tienen cabida muchas posibles herramientas (simuladores, foros de expertos, herramientas de modelado, etc.) y se pretende realizar un ejemplo a modo de prueba de concepto, se define una herramienta para hacer cuestionarios *online* de autoevaluación externos a la plataforma. Esta aplicación se incorpora en el contexto del PLE en forma de *widget*. El *framework* de servicios se usa para que se planteen estas actividades como si fueran actividades de *Moodle* mediante el uso de BLTI y sea posible crear un test para cada estudiante y devolver las notas de la actividad que estos realizan en la herramienta educativa.

Los estudiantes pueden llevar a cabo la actividad que plantea el profesor directamente en la aplicación web o en el *widget* (Figura 111) que se ha creado al efecto y, además, combinarlo con otras herramientas que tuvieran en el entorno personalizado. Concretamente, para la experiencia piloto se plantea una actividad en el LMS consistente en la realización de una actividad de cuestionario en la herramienta externa. Esto supone la definición una instancia de esa actividad y la recuperación por parte de la herramienta de los identificadores de los estudiantes para asignarles acceso. El discente no puede acceder a esta aplicación mediante el LMS, sino que debe hacerlo desde su PLE, mientras que el profesor, pasado el

tiempo de entrega de la actividad, puede solicitar desde una interfaz dentro del LMS (solamente accesible para este rol) la recuperación de las notas de la actividad planteada.

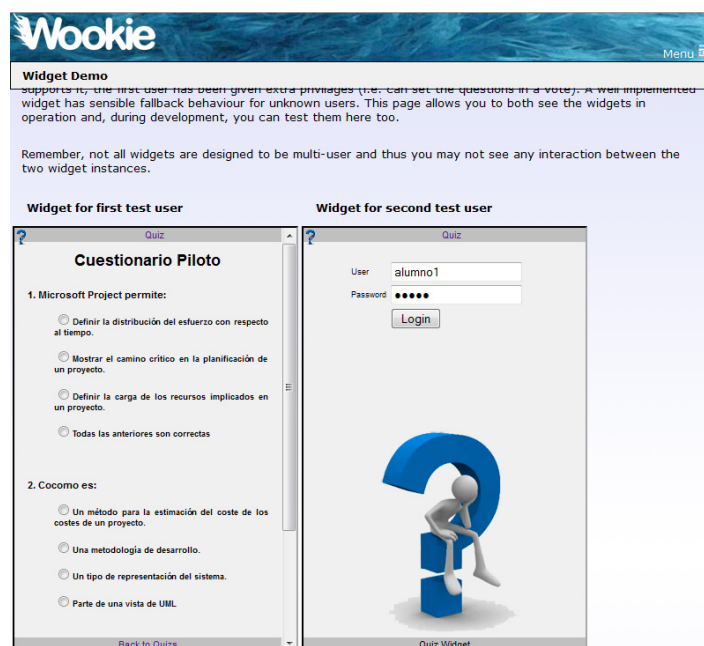


Figura 111. – Imagen del *widget* de cuestionario *online* desplegado en un contenedor de *widgets*

Ante esta situación, y para validar la hipótesis de esta experiencia, se operativiza la variable dependiente en un conjunto de ítems en forma de afirmaciones que el estudiante debe confirmar con una escala del 1 al 5 (este caso: 1=Totalmente en desacuerdo; 2=Desacuerdo; 3=Indiferente; 4=De acuerdo; 5=Totalmente de acuerdo). En concreto en el pretest se plantean los siguientes ítems:

- *Moodle* proporciona gran variedad de herramientas para utilizar en una asignatura, no es necesaria ninguna más.
- Utilizo herramientas *online* educativas adicionales a las que me proporciona *Moodle* para mis actividades formativas (simuladores, bibliotecas de recursos, cuestionarios externos de autoevaluación, herramientas *online* para modelado, etc.).

Y para el postest se plantean los siguientes ítems, cuyos resultados deberían ser diferentes para los estudiantes que realizan el piloto con respecto a los que no lo hacen:

- El hecho de que *Moodle* no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas *online* de modelado, cuestionarios de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que esta se quede corta en algunos aspectos.

- El hecho de que *Moodle* no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas *online* de modelado, cuestionarios de externos de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que mis actividades de aprendizaje solo se evalúen parcialmente.

Después de realizada la experiencia piloto y recogidos los datos, estos se introducen en el *SPSS* y se aplican las técnicas estadísticas antes comentadas para poder afirmar que se cumple la hipótesis planteada para el escenario, cuyos resultados se explican en el próximo apartado.

6.2.3.2. Resultados

En este apartado se describen los resultados de comparar la percepción de los estudiantes del grupo de control y del grupo experimental con respecto a los diferentes ítems del pretest y posttest.

En este caso la muestra de individuos involucrados varía, el grupo de control está formado por 20 estudiantes de la asignatura de Adaptación al grado en Ingeniería Informática de la Universidad de Salamanca, y participan 30 estudiantes en el grupo experimental, correspondientes al quinto curso de la titulación de Ingeniería Informática de la Universidad de Salamanca. La distribución por grupo y sexo de estos individuos se puede observar en la Tabla 40 (con un 78% de hombres un 22% de mujeres en la muestra). Dado que en este caso los miembros involucrados en la experiencia piloto difieren de los planteados para el Piloto 1, se muestran en primer lugar los resultados de la comparación de las cuestiones de control que se plantean a los miembros de ambos grupos durante el pretest. Después se comparan los resultados del pretest y posttest por grupo para ver si se puede o no validar la hipótesis científica planteada.

Tabla 40. – Distribución de la muestra del experimento en función del sexo y grupo de individuos

Tabla de contingencia SEXO * GRUPO					
			GRUPO		Total
			Control	Experimental	
SEXO	Hombre	Recuento	17	22	39
		% dentro de SEXO	43,6%	56,4%	100,0%
		% dentro de GRUPO	85,0%	73,3%	78,0%
	Mujer	Recuento	3	8	11
		% dentro de SEXO	27,3%	72,7%	100,0%
		% dentro de GRUPO	15,0%	26,7%	22,0%
Total		Recuento	20	30	50
		% dentro de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Los resultados para las cuestiones de control planteadas se observan en la Tabla 41 para el grupo experimental, mientras que para el grupo de control son las mismas respuestas obtenidas para estas cuestiones en el piloto 1 (ya que el grupo de control no varía) luego pueden observarse en la Tabla 20.

Tabla 41. – Resultados de las cuestiones de control para el grupo experimental para piloto 2 y el escenario 3

ID	I.1 Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías	I.2 Utilizo Internet a diario	I.3 Utilizo la plataforma Moodle (Studium) en mis asignaturas de la Facultad	I.4 Utilizo la plataforma Moodle en otros contextos que no sean solo el universitario
5859	5	5	4	2
1682	4	5	4	2
1317	4	5	5	3
6947	5	5	5	1
342	5	5	5	1
3692	5	5	5	1
9682	4	5	4	2
3587	5	5	5	3
4131	5	5	4	2
7089	5	5	5	2
4499	4	5	5	2
7754	4	5	5	1
7583	5	5	5	1
9066	5	5	3	2
8952	5	5	4	1
1235	5	5	5	2
9490	4	5	5	1
4080	5	4	4	4
4343	5	5	4	3
1137	5	5	5	2
5374	4	5	5	2
5015	4	5	4	2
9971	5	5	4	3
3893	5	5	5	2
4992	4	5	5	2
3714	4	5	5	1
4523	5	5	4	1
4262	5	5	5	1
7081	5	5	5	2
8949	4	4	4	2

Con estos resultados se lleva a cabo una comparación entre ambos grupos para comprobar que, a pesar de ser estudiantes de asignaturas diferentes en titulaciones distintas, tienen un contexto y conocimientos similares. Para ello se aplican como en los casos anteriores la prueba T de Student y la prueba U de Mann-Whiney. En concreto se trata de comprobar que se cumple la hipótesis nula ($H_0: \mu_E = \mu_c$), o lo que es lo mismo, que individuos de ambos grupos tienen respuestas similares para un conjunto de ítems.

Los resultados para la prueba T de Student se observan en la Tabla 42. En dicha tabla la primera columna muestra el identificador del ítem a considerar, la segunda y tercera muestran la media ($\overline{X_E}$) y desviación típica (S_{X_E}) de los resultados del grupo

experimental, la cuarta y quinta la media ($\overline{X}_C$) y la desviación típica (S_{X_C}) de los resultados del grupo de control, la sexta los resultados de la prueba de contraste de hipótesis para diferencia de medias (t) y la última columna muestra el grado de significación bilateral (ρ). Esta estructura es similar para la descripción del resto de pruebas T de Student del presente apartado.

Tabla 42. – Resultados de la prueba T de Student para muestras independientes para comparar los valores de los ítems de control

V_{control}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.1	4,63	0,490	4,55	0,605	0,536	0,594
I.2	4,93	0,254	4,95	0,224	-0,238	0,813
I.3	4,57	0,568	4,50	0,827	0,338	0,737
I.4	1,87	0,776	2,10	1,210	-0,832	0,409

En cuanto a los valores obtenidos se puede observar que la significación bilateral (ρ) se encuentra en todos los casos por encima de 0,05. Sirva como ejemplo el ítem I.5, para él se observa una media en el grupo experimental ($\overline{X}_E$) de 4,63 y una desviación típica (S_{X_E}) de 0,490, mientras que en el grupo de control se tiene una media ($\overline{X}_C$) de 4,55 y una desviación típica (S_{X_C}) de 0,605. En cuanto a la prueba de contraste (t) se tiene un valor de 0,536 y una significación bilateral (ρ) de 0,594, que es superior a 0,05. Esto supone que para ese ítem se cumple la hipótesis nula, y como esto ocurre para el resto de ítems se puede decir que, a pesar de pertenecer a contextos diferentes (clases en titulaciones diferentes), tanto el grupo de control como el grupo experimental tienen una percepción similar de su uso de Internet, las TIC y Moodle.

Puesto que se ha aplicado la prueba sobre un número no muy elevado de muestras y el tipo de variable utilizada no es muy exacta (al tratarse de una escala ordinal) se ha decidido el uso de una prueba estadística no paramétrica para comprobar los resultados. En concreto la U de Mann-Whitney. Los resultados de dicha aplicación se observan en la Tabla 43.

Tabla 43. – Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para compara los valores de los ítems de control

V_{control}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.1	La distribución de I1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,717	Aceptar hipótesis nula
I.2	La distribución de I2 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,810	Aceptar hipótesis nula
I.3	La distribución de I3 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,889	Aceptar hipótesis nula
I.4	La distribución de I4 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,690	Aceptar hipótesis nula

Al igual que en el caso anterior, la hipótesis nula se acepta cuando el valor de la significación está por encima de 0,05 y para todos los ítems se da este resultado.

De dicha comparación se confirma la conclusión obtenida de la prueba T de Student, que la forma de comportarse de ambos grupos con respecto al uso de Internet y *Moodle* es similar.

A continuación se consideran los resultados obtenidos de la percepción de los usuarios de los grupos experimental y control, con respecto a los ítems planteados en los pretest y posttest. Los resultados del pretest para el grupo experimental y el escenario 3 se muestran en la Tabla 44 y los del posttest en la Tabla 45 (tablas en las que las preguntas se identifican con etiquetas como I10, I11, etc. para facilitar las pruebas estadísticas).

Tabla 44. – Resultados del pretest para el grupo experimental en el escenario 3

ID	I.10. <i>Moodle</i> proporciona gran variedad de herramientas para utilizar en una asignatura, no es necesaria ninguna más	I.11. Utilizo herramientas <i>online</i> educativas adicionales a las que me proporciona <i>Moodle</i> para mis actividades formativas (simuladores, bibliotecas de recursos, cuestionarios externos de autoevaluación, herramientas <i>online</i> para modelado)
342	2	4
1137	2	2
1235	1	4
1317	3	5
1682	4	5
3587	3	5
3692	2	1
3714	2	5
3893	2	3
4080	1	1
4131	2	5
4262	3	2
4343	4	4
4499	1	5
4523	2	4
4992	1	5
5015	1	1
5374	3	4
5859	4	5
6947	2	5
7081	2	4
7089	3	5
7583	2	4
7754	2	5
8949	3	2
8952	4	4
9066	2	5
9490	4	4
9682	3	4
9971	2	5

Tabla 45. – Resultados del postest para el grupo experimental en el escenario 3

ID	I11.1. El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas <i>online</i> de modelado, cuestionarios de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que esta se quede corta en algunos aspectos	I.11.2. El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas <i>online</i> de modelado, cuestionarios de externos de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que mis actividades de aprendizaje solo se evalúen parcialmente
342	4	3
1137	4	3
1235	3	4
1317	4	3
1682	3	3
3587	3	3
3692	4	4
3714	4	4
3893	3	4
4080	5	5
4131	3	5
4262	3	3
4343	5	5
4499	4	4
4523	5	4
4992	3	3
5015	3	3
5374	3	2
5859	3	3
6947	4	5
7081	3	4
7089	2	2
7583	2	4
7754	4	2
8949	5	3
8952	3	2
9066	3	4
9490	4	3
9682	4	5
9971	4	2

En la Tabla 46 y la Tabla 47 se resumen los resultados del grupo de control para el escenario móvil. Sobre estos resultados se aplican las pruebas previamente mencionadas. Para el pretest se obtienen los resultados de la Tabla 48 al aplicar de la prueba T de Student para muestras independientes. En concreto se comparan los resultados de los ítems que constituyen el pretest para el grupo experimental y el grupo de control según la hipótesis nula $H_0: \mu_E = \mu_C$.

Tabla 46. – Resultados del pretest para el grupo de control en el escenario 3

ID	I.10 <i>Moodle</i> proporciona gran variedad de herramientas para utilizar en una asignatura, no sería necesaria ninguna más	I.11 Utilizo herramientas <i>online</i> educativas adicionales a las que me proporciona <i>Moodle</i> para mis actividades formativas (simuladores, bibliotecas de recursos, cuestionarios externos de autoevaluación, herramientas <i>online</i> para modelado)
14	2	5
223	2	4
497	3	5
640	2	5
662	2	4
1822	2	3
2256	3	4
2838	2	4
3746	3	3
4815	1	3
5426	1	3
5632	3	4
5827	2	3
5830	2	1
5860	2	3
6056	3	1
6136	2	5
6599	2	2
7759	2	4
8821	2	5

Tabla 47. – Resultados del postest para el grupo de control en el escenario 3

ID	I.11.1 El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas <i>online</i> de modelado, cuestionarios de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que la esta se quede corta en algunos aspectos	I.11.2 El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas <i>online</i> de modelado, cuestionarios de externos de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que mis actividades de aprendizaje solo se evalúen parcialmente
14	3	3
223	3	3
497	3	3
640	3	4
662	1	3
1822	1	1
2256	1	1
2838	3	3
3746	3	3
4815	3	2
5426	3	3
5632	3	3
5827	1	1
5830	2	3
5860	2	2
6056	2	2
6136	3	3
6599	2	3
7759	3	2
8821	3	3

Tabla 48. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes, se comparan los resultados del pretest para el escenario 3

VD _{pretest}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_c$	S_{X_c}	t	ρ
I.10	2,40	0,968	2,15	0,587	1,033	0,307
I.11	3,90	1,348	3,55	1,234	0,930	0,357

Como se puede comprobar la significación bilateral (ρ) para los ítems que constituyen la variable dependiente está por encima de 0,05. Por ejemplo para el I.10 la media para el grupo experimental ($\overline{X}_E$) está en 2,40 y la media del grupo de control ($\overline{X}_c$) en 2,15, son medias diferentes pero bastante próximas, la prueba de contraste (t) tiene un valor de 1,033, al calcular la significación bilateral se comprueba que ambos grupos son muy similares con un valor de 0,307 superior a 0,05. Algo que también ocurre con el ítem I.11. Esto supone que ambos grupos tengan una percepción similar respecto a si necesitan algún otro tipo de herramienta para aprender que no sea las que facilita el LMS (con una media de un 2,40 lo que significa que no estén muy conformes con las aplicaciones proporcionadas) y respecto a si utilizan otro tipo de herramientas para aprender (con una media de 3,90 lo que significa que en general se utilizan otro tipo de herramientas).

Al igual que en el caso de las variables de control, y por las mismas razones (falta de exactitud de la variable ordinal y bajo número de muestras), se refuerza esta evaluación con una prueba estadística no paramétrica de U de Mann-Whitney, con los resultados de la Tabla 49, que mantiene que se retenga las hipótesis.

Tabla 49. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el pretest en el escenario 3

VD _{pretest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.10	La distribución de I.10 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,412	Aceptar hipótesis nula
I.11	La distribución de I.11 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,186	Aceptar hipótesis nula

En este caso, al igual que con la prueba T de Student, se observa que para las distribuciones de grupo de control y experimental se tiene una significación bilateral superior a 0,05 con lo que se acepta la hipótesis nula.

Una vez considerado el caso del pretest, se pasa a tener en cuenta si el ítem planteado en el postest cumple también la hipótesis nula (que las percepciones de ambos grupos sean similares), algo que no debería ser de este modo puesto que el grupo experimental ha podido probar el sistema. Para llevar a cabo esta evaluación se han utilizado las mismas pruebas que sobre los ítems de control y los asociados al pretest, esto es la prueba T de Student para muestras independientes y, además, la

prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. También como en casos anteriores, se comprueba la hipótesis nula $H_0: \mu_E = \mu_C$. El resultado de la prueba T de Student para muestras independientes sobre los resultados de posttest se observa en la Tabla 50.

Tabla 50. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes, se comparan los resultados del posttest para el escenario 3

VD _{posttest}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.11.1	3,57	0,817	2,40	0,821	4,937	0,000
I.11.2	3,47	0,973	2,55	0,823	3,461	0,001

Como se puede comprobar la significación bilateral (ρ) para los ítems que constituyen la variable dependiente está por encima de 0,05. Por ejemplo para el I.11.1 la media para el grupo experimental ($\overline{X}_E$) está en 3,57 y la media del grupo de control ($\overline{X}_C$) en 2,40, son medias diferentes y bastante distantes, la prueba de contraste (t) tiene un valor de 4,937, al calcular la significación bilateral se comprueba que ambos difieren al obtenerse un valor de 0,000 inferior a 0,05. Algo que también ocurre con el ítem I.11.2. Esto supone que los grupos experimental y de control tengan una percepción diferente respecto a si el hecho de que *Moodle* no incorpore actividades educativas externas supone que la plataforma se quede corta en algunos aspectos y respecto a si eso supone que la evaluación del estudiante sea parcial.

Todos los ítems tienen una significación menor que 0,05 con lo que se rechaza para ellos la hipótesis nula, es decir, hay una diferencia significativa entre el grupo de control y el grupo experimental. Para comprobar esta afirmación puesto que, como ya se ha comentado, no hay demasiadas muestras, se aplica la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, cuyos resultados se observan en la Tabla 51.

Tabla 51. – Resultados de la prueba U de Mann Whitney para los datos del posttest en el escenario 3

VD _{posttest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.11.1	La distribución de I.11.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,000	Rechazar hipótesis nula
I.11.2	La distribución de I.11.2 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,003	Rechazar hipótesis nula

Como se puede observar con respecto a los ítems planteados para en el posttest del escenario 3, la significación de los ítems es menor de 0,05, por lo que la hipótesis nula debe rechazarse, con lo que se refrenda la diferencia entre el grupo experimental y el grupo de control y, por tanto, la hipótesis científica planteada en dicho escenario es correcta. En la Figura 112 se muestra una representación de la diferencia, respecto a la media de los ítems planteados en el escenario 3, entre el grupo experimental y el grupo de control.

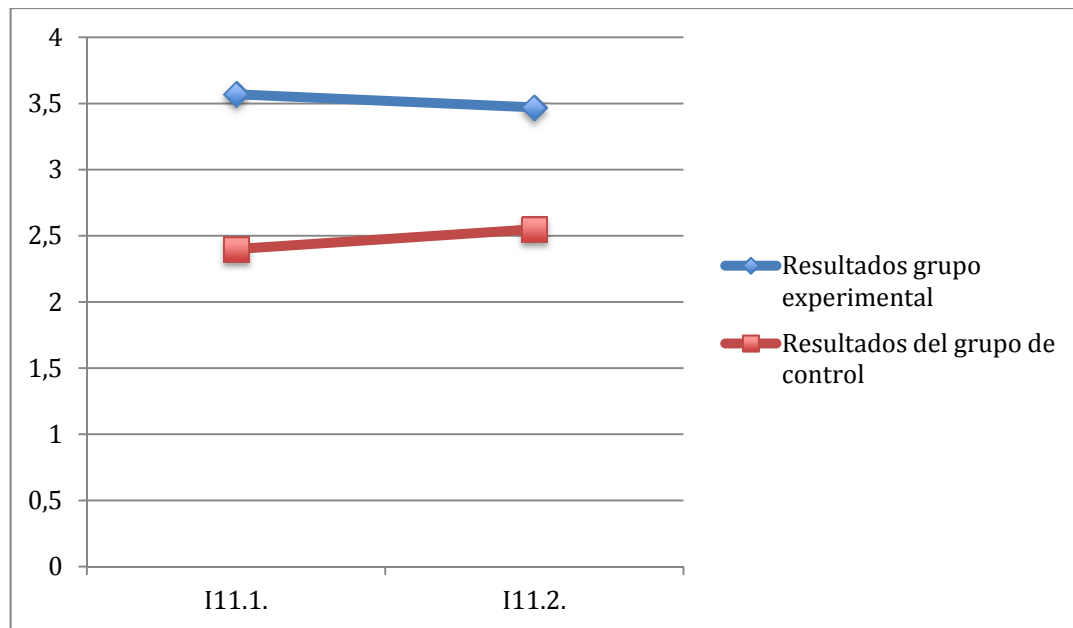


Figura 112. – Comparación de medias de los ítems del postest para el grupo de control y experimental del escenario 3

6.2.3.3. Conclusiones

Como conclusiones del segundo piloto se considera correcta la hipótesis planteada inicialmente (siempre desde la perspectiva del estudiante que utiliza el sistema y medido a través de cuestionarios de autopercepción):

- “La inclusión de la actividad realizada por el estudiante en herramientas educativas dentro de los LMS, facilitan la evaluación del estudiante, mejoran el conocimiento que sobre él se tiene y pueden favorecer su aprendizaje”.

Esto supone que el *framework* de servicios planteado facilita el cumplimiento de esa hipótesis y, por tanto, que este escenario de interoperabilidad es válido.

El cumplimiento de la hipótesis reafirma que la comunicación entre el LMS y el PLE debe facilitar la incorporación de herramientas educativas en los entornos institucionales. De esta forma es posible que otras herramientas educativas que van más allá de las que proporcionan los LMS, y que pueden incluirse dentro de los entornos personalizados, puedan tenerse también en cuenta desde el contexto institucional. Un ejemplo de este tipo de actividades es el que se ha usado durante la experiencia piloto, que consiste en un sistema de cuestionarios de autoevaluación, aunque pueden incluirse muchas otras como herramientas educativas como simuladores, herramientas CASE, herramientas para compartir recursos con otros estudiantes, etc. Para refrendar esta idea se plantea una cuestión para recabar la opinión a los encuestados dentro del grupo experimental, cuestión cuya respuesta varía del 1-5 al igual que en los casos anteriores:

- La inclusión de mi actividad en herramientas educativas externas dentro de *Moodle* favorece mi aprendizaje.

Respecto a la esta afirmación el 80% de los encuestados está de acuerdo o totalmente de acuerdo con la afirmación, algo que se muestra en el gráfico de la Figura 113 y no hay ninguno de los entrevistados que esté totalmente en desacuerdo o en desacuerdo. Esto supone que las personas que han podido probar la herramienta adaptada para el experimento valoran que se pueda incorporar su calificación dentro de *Moodle*, de forma que se abre, por tanto, la posibilidad de tener en cuenta herramientas educativas adicionales para mejorar su aprendizaje.

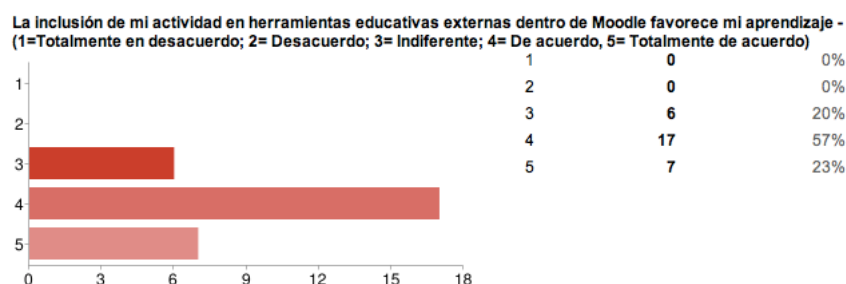


Figura 113. – Resultado a la afirmación de opinión para el escenario 3

Ante esto se puede concluir que la hipótesis se cumple y la opinión de los estudiantes es positiva al respecto de la utilización de herramientas educativas externas durante el aprendizaje y su integración con plataformas como *Moodle*.

6.2.4. Piloto 3

El presente apartado describe el piloto 3 que incluye el escenario de interoperabilidad 4 y el escenario móvil. A modo de resumen las principales características de pueden observar en la Tabla 52.

A continuación se describe el planteamiento de los pilotos, sus resultados y unas conclusiones al respecto de estos.

6.2.4.1. Planteamiento

Este piloto busca probar la validez de la incorporación de la introducción de herramientas *online* no pensadas como herramientas de aprendizaje en el PLE y la extensión del escenario 1 en cuanto a la exportación de funcionalidades de la plataforma, pero no solo al PLE sino también a dispositivos móviles. Es decir, por un lado se trata de abrir el aprendizaje mediante la incorporación de nuevas herramientas, para lo que hay que proporcionar interfaces para la evaluación de la actividad sin que el profesor deba abandonar la plataforma en ningún momento. Por

otro lado se intenta extraer funcionalidades de la plataforma al dispositivo móvil, lo que implica definir de este modo un nuevo espacio de aprendizaje personalizado fuera de los contextos habituales. Este piloto se corresponde, por tanto, con el escenario 4 y con una ampliación del escenario 1 de interoperabilidad. Como ya se ha comentado, a los estudiantes se les plantea una prueba de pretest y una prueba de postest que pueden observarse en el Apéndice C. A continuación se describen las hipótesis, las variables dependientes y la forma de actuar para validar cada uno de estos casos.

Tabla 52. – Tabla resumen de la información del piloto 3

Piloto 3		
Escenarios	Escenario 4 - Adaptación de herramientas <i>online</i> externas para su uso desde el PLE y la consideración de la actividad en el LMS mediante el uso de mediador como interfaz de evaluación	
	Fecha de realización	22/12/2011
	Número de participantes	40 (20 en el grupo de control y 20 en el grupo experimental)
	Hipótesis científica	El planteamiento de actividades, en herramientas no definidas específicamente para su uso educativo, en los LMS, pueden enriquecer el aprendizaje
	Variable dependiente	Mejora en el aprendizaje, percibida por el estudiante, al permitir la consideración en <i>Moodle</i> de herramientas <i>online</i> no diseñadas para fines educativos
	Ítems que operativizan la variable dependiente	- Utilizo herramientas <i>online</i>, con fines educativos, adicionales a las que me proporciona Moodle independientemente de que estas estén pensadas como herramientas de educativas o no (<i>Flickr</i>, <i>Wordpress</i>, <i>Google Docs</i>, <i>Twitter</i>, <i>Slideshare</i>, etc.) (pretest) - El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la integración de actividades a realizar en herramientas externas (como <i>Flickr</i>, <i>Wordpress</i>, <i>Google Docs</i>, <i>Twitter</i>, <i>Slideshare</i>, etc.) a la plataforma, supone que esta se queda corta en algunos aspectos (postest)
	Variable independiente	Tratamiento que se le da a los grupos experimentales y de control en el experimento
	Escenario Móvil	
	Fecha de realización	22/12/2011
	Número de participantes	40 (20 en el grupo de control y 20 en el grupo experimental)
	Hipótesis científica	El uso de funcionalidades del entorno institucional (actividades, recursos y utilidades gestionadas en el LMS) en dispositivos móviles favorece el aprendizaje del estudiante
	Variable dependiente	Mejora en el aprendizaje, percibida por el estudiante, al utilizar funcionalidades del entorno institucional en dispositivos móviles
	Ítems que operativizan la variable dependiente	- Utilizo mi <i>tablet</i> para acceder a <i>Moodle</i> y consumir los recursos de esta plataforma (pretest) - En mi dispositivo móvil utilizo herramientas <i>online</i> y del propio dispositivo con fines educativos (pretest) - Poder combinar en mi dispositivo móvil herramientas <i>online</i>, con herramientas propias del dispositivo y funcionalidades de la plataforma de aprendizaje <i>Moodle</i>, como por ejemplo el foro, me facilita el aprendizaje (postest)
	Variable independiente	Tratamiento que se le da a los grupos experimentales y de control en el experimento

ESCENARIO 4

Para el escenario 4 dentro del tercer piloto se ha planteado la siguiente hipótesis:

El planteamiento de actividades, en herramientas no definidas específicamente para su uso educativo, en los LMS puede enriquecer el aprendizaje.

A partir de esta hipótesis se define la siguiente variable dependiente:

Mejora experimentada en el aprendizaje, percibida por el estudiante al permitir la consideración en *Moodle* de herramientas *online* no diseñadas para fines educativos.

Para evaluar la hipótesis planteada, se realiza un experimento con los estudiantes involucrados en el grupo de experimental. En este caso se plantea el uso de una herramienta colaborativa no pensada para fines educativos, en concreto *Google Docs*, y se facilita el acceso a ella desde el entorno personalizado en forma de *widget*. El *framework* de servicios se ha usado para que se puedan plantear estas actividades como si fueran actividades de *Moodle* mediante el uso de BLTI. Además, se ha proporcionado una interfaz para la evaluación de la actividad que el estudiante lleve a cabo en la herramienta, de esta forma el profesor no tiene que salirse del contexto de la institución para evaluar lo que hace el estudiante.

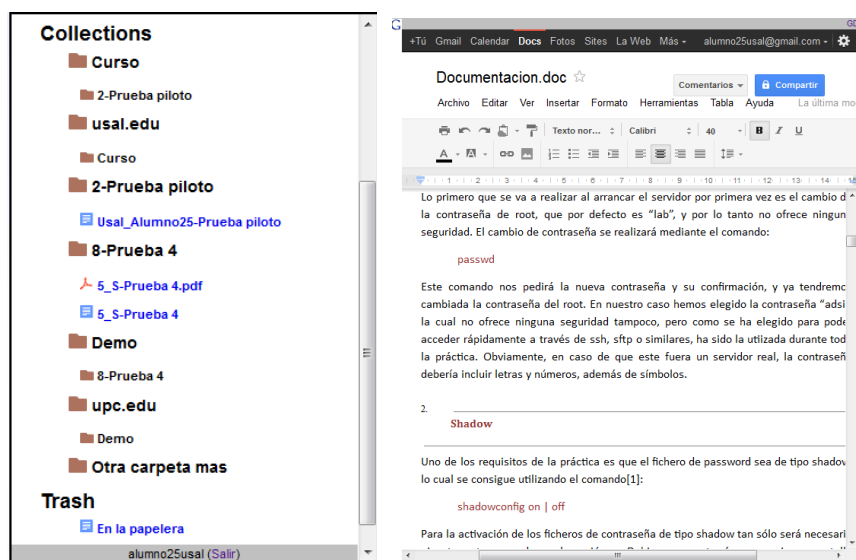


Figura 114. – Imagen del *widget* de Google Docs desplegado en un contenedor de *widgets*

Los estudiantes pueden llevar a cabo la actividad planteada por el profesor directamente en *Google Docs* o con el *widget* (Figura 114) que se ha creado al efecto, de forma que se puede combinar con otras herramientas del entorno personalizado. Concretamente, para la experiencia piloto se ha planteado una actividad *Google Docs* en la que se crea un documento para cada estudiante y se comparte directamente

con el profesor, el estudiante lleva a cabo su actividad, de forma que cuando pase el plazo de finalización el profesor puede acceder al documento (desde la propia plataforma) y evaluar lo que se ha llevado a cabo. Cabe la posibilidad de haber realizado una actividad colaborativa con todos los estudiantes y revisar el histórico de las actividades de cada uno de ellos, pero se ha preferido una actividad personalizada para probar la potencia del sistema de evaluación con más de un documento.

Ante esta situación y para validar la hipótesis planteada se ha planteado una afirmación que el usuario debe contestar con una escala de conformidad del 1 al 5 (este caso: 1=Totalmente en desacuerdo; 2=Desacuerdo; 3=Indiferente; 4=De acuerdo; 5=Totalmente de acuerdo). En concreto en el pretest se plantea la siguiente afirmación:

- Utilizo herramientas *online*, con fines educativos, adicionales a las que me proporciona *Moodle* independientemente de que estas estén pensadas como herramientas de educativas o no (*Flickr*, *Wordpress*, *Google Docs*, *Twitter*, *Slideshare*, etc.).

En el postest se ha planteado la siguiente afirmación, cuyos resultados deben ser diferentes para los estudiantes que hacen el experimento con respecto a los que no:

- El hecho de que *Moodle* no facilite la integración de actividades a realizar en herramientas externas (como *Flickr*, *Wordpress*, *Google Docs*, *Twitter*, *Slideshare*, etc.) a la plataforma, supone que esta se queda corta en algunos aspectos.

Después de realizada la experiencia piloto y recogidos los datos, estos se introducen en el SPSS y se aplican las pruebas estadísticas T de Student y U de Mann-Whitney para poder afirmar que se cumple la hipótesis planteada para el escenario y cuyos resultados concretos se explican en el próximo apartado.

ESCENARIO MÓVIL

En este escenario, denominado escenario móvil (exportación de la funcionalidad de la plataforma a un dispositivo móvil), se ha planteado la siguiente hipótesis científica:

El uso de funcionalidades del entorno institucional (actividades, recursos y utilidades gestionadas en el LMS) en dispositivos móviles favorece el aprendizaje del estudiante.

A partir de esa hipótesis se define la siguiente variable dependiente:

Mejora en el aprendizaje, percibida por el estudiante, al utilizar funcionalidades del entorno institucional en dispositivos móviles.

Para probar o rechazar esta hipótesis se ha realizado una experiencia piloto con los estudiantes involucrados en un grupo de experimental. En este caso se ha utilizado una implementación que facilita el acceso a diferentes funcionalidades de la plataforma *online* mediante el uso de dispositivos móviles. Concretamente, aunque se podría haber utilizado el *widget* W3C en dispositivos móviles mediante la aplicación *Opera Labs*, se ha optado por utilizar la implementación *Moodbile* (<http://www.moodbile.org/>) que accede a las funcionalidades de la plataforma a través de los servicios web. Este sistema puede utilizarse en cualquier dispositivo móvil de tipo *smartphone*, ya que se tiene una versión basada en HTML 5.0 (W3C, 2011) con soporte en un gran espectro de teléfonos móviles del mercado, así como una versión para dispositivos *Android*. Dentro de esta herramienta se ha experimentado con el foro. Para ello se definieron 25 usuarios en una plataforma de prueba a través de la que pueden acceder a la herramienta y concretamente a un foro (Figura 115). Para la prueba se distribuyen dos *tablets* (modelo *Motorola Xoom* con *Android 4.0* y la versión 0.2.0.3 de *Moodbile* para ese sistema operativo) entre los estudiantes, algunos descargan la aplicación en sus *smartphones* y otros prueban la aplicación en HTML5.0 a través del navegador del ordenador (según su decisión).

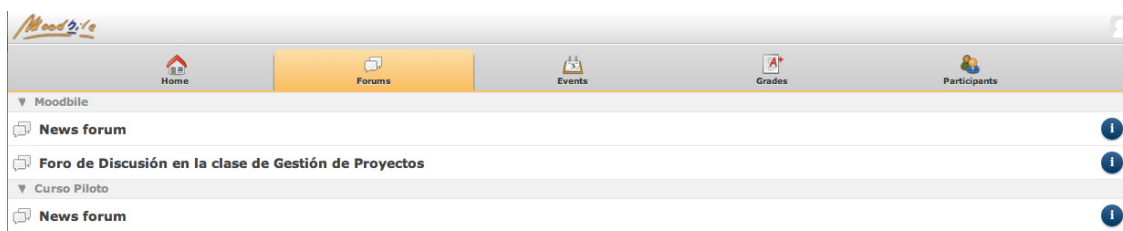


Figura 115. – Imagen de la versión de la aplicación HTML5 para el foro accesible desde el dispositivo móvil

Antes de que los estudiantes probaran esta herramienta, se llevó a cabo el pretest que operativiza la variable dependiente mediante un conjunto de ítems relativos al uso de dispositivos móviles y su aplicación en contextos de aprendizaje. Estos se dividen en:

- Un conjunto de ítems o cuestiones de control:
 - Tengo un *tablet* y/o un *smartphone* (o acceso a alguno).
 - Utilizo mi *tablet* o *smartphone* para acceder a Internet.
- Un conjunto de preguntas de pretest:
 - Utilizo mi *tablet* para acceder a *Moodle* y consumir los recursos de esta plataforma.

- En mi dispositivo móvil utilizo herramientas *online* y del propio dispositivo con fines educativos.

Una vez los estudiantes han llevado a cabo la experiencia piloto se recogen los datos del postest y se analizan mediante la aplicación SPSS para comprobar la validez de la hipótesis planteada para el este escenario. Las afirmaciones planteadas en el postest son:

- Poder combinar en mi dispositivo móvil herramientas *online*, con herramientas propias del dispositivo y funcionalidades de la plataforma de aprendizaje *Moodle*, como por ejemplo el foro, me facilita el aprendizaje.

A continuación se describen los resultados obtenidos para ambos escenarios.

6.2.4.2. Resultados

Como en los casos anteriores, durante el piloto se recogen unos resultados para el pretest y otros para el postest, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control. Dichos resultados se contrastan de cara a evaluar la validez de las hipótesis planteadas para el escenarios 4 y el escenario móvil.

Las condiciones de los experimentos fueron similares a las de las del piloto 1, es decir, se parte de 20 individuos en el grupo de control y 20 en el experimental, que se corresponden con los estudiantes de cada grupo que acuden a clase el día de la experiencia piloto (la distribución de esta muestra ya se ha observado en la Tabla 18 descrita durante el piloto 1, en este caso no se va a repetir ya que se trata de la misma muestra). De la misma manera, es necesario mencionar que en este caso se plantean, además de los ítems de control del escenario móvil, los mismos que se les había propuesto a los individuos en los pilotos anteriores. Los resultados de estos ítems no se repiten aquí, ya que, al tratarse de las mismas cuestiones y los mismos individuos del piloto 1, ya se han descrito detalladamente en apartados anteriores. En concreto los datos pueden observarse en la Tabla 19 y en la Tabla 20, los resultados de la prueba T de Student en la Tabla 21 y los de la U de Mann-Whitney en la Tabla 22.

La forma de evaluar los resultados es la misma de los pilotos 1 y 2, con lo que se busca que los resultados del pretest sean similares y los del postest diferentes, lo que se demuestra mediante el planteamiento de la prueba T de Student para muestras independientes y se refrenda mediante una prueba no paramétrica como es la U de Mann-Whitney.

ESCENARIO 4

Como ya se ha comentado en este caso no se van a mostrar de nuevo los resultados de los ítems de control y se describe los valores obtenidos durante el pretest y posttest. Los resultados del pretest para el grupo experimental y el escenario 4 se muestran en la Tabla 53 y los del posttest en la Tabla 54.

Tabla 53. – Resultados del pretest para el grupo experimental en el escenario 4

ID	I.12 Utilizo herramientas <i>online</i> , con fines educativos, adicionales a las que me proporciona <i>Moodle</i> independientemente de que estas estén pensadas como herramientas de educativas o no (<i>Flickr</i> , <i>Wordpress</i> , <i>Google Docs</i> , <i>Twitter</i> , <i>Slideshare</i> , etc.)
375	2
712	4
1558	3
1679	3
1902	1
2083	4
2396	4
2903	5
3367	5
5387	2
5431	4
5794	4
5814	5
7667	4
7708	1
8997	5
9503	5
9975	4
34188	5
7583	2

Tabla 54. – Resultados del posttest para el grupo experimental en el escenario 4.

ID	I12.1 El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la integración de actividades a realizar en herramientas externas (como <i>Flickr</i> , <i>Wordpress</i> , <i>Google Docs</i> , <i>Twitter</i> , <i>Slideshare</i> , etc.) a la plataforma, supone que esta se queda corta en algunos aspectos
375	5
712	4
1558	5
1679	5
1902	4
2083	5
2396	4
2903	4
3367	3
5387	3
5431	4
5794	4
5814	5
7667	5
7708	4
8997	5
9503	5
9975	4
34188	4
7583	5

En estas tablas se observa que se han etiquetado las preguntas como I.12, etc.; esto se hace para facilitar la evaluación de ítems en las pruebas estadísticas.

En la Tabla 55 y en la Tabla 56 se resumen los resultados del grupo de control para el escenario 4.

Tabla 55. – Resultados del pretest para el grupo de control en el escenario 4

ID	I.12 Utilizo herramientas <i>online</i> , con fines educativos, adicionales a las que me proporciona <i>Moodle</i> independientemente de que estas estén pensadas como herramientas de educativas o no (<i>Flickr</i> , <i>Wordpress</i> , <i>Google Docs</i> , <i>Twitter</i> , <i>Slideshare</i> , etc.)
2256	4
6136	4
640	5
223	3
5830	3
2838	5
6056	4
5860	3
6599	4
8821	4
7759	4
5827	3
662	2
497	4
4815	4
3746	4
1822	4
5632	4
5426	4
14	4

Tabla 56. – Resultados del posttest para el grupo de control en el escenario 4

ID	I12.1 El hecho de que <i>Moodle</i> no facilite la integración de actividades a realizar en herramientas externas (como <i>Flickr</i> , <i>Wordpress</i> , <i>Google Docs</i> , <i>Twitter</i> , <i>Slideshare</i> , etc.) a la plataforma, supone que esta se queda corta en algunos aspectos
2256	1
6136	5
640	5
223	4
5830	2
2838	4
6056	2
5860	2
6599	2
8821	5
7759	5
5827	1
662	3
497	4
4815	1
3746	3
1822	1
5632	3
5426	3
14	3

Con estos resultados se aplican las pruebas previamente mencionadas. Para el pretest se obtienen los resultados de la Tabla 57 al aplicar de la Prueba T de Student para muestras independientes. En concreto, se comparan los resultados del ítem que constituyen el pretest para el grupo experimental y el grupo de control según la hipótesis nula $H_0: \mu_E = \mu_C$. En dicha tabla la primera columna muestra el identificador del ítem a considerar, la segunda y tercera muestran la media ($\overline{X_E}$) y desviación típica (S_{X_E}) de los resultados del grupo experimental, la cuarta y quinta la media ($\overline{X_C}$) y la desviación típica (S_{X_C}) de los resultados del grupo de control, la sexta los resultados de la prueba de contraste de hipótesis para diferencia de medias (t) y la última columna muestra el grado de significación bilateral (ρ). Esta estructura es similar para la descripción del resto de pruebas T de Student del presente apartado.

Tabla 57. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes al comparar los resultados del pretest para el escenario 4

VD _{pretest}	$\overline{X_E}$	S_{X_E}	$\overline{X_C}$	S_{X_C}	t	ρ
I.12	3,60	1,353	3,80	0,696	- 0,588	0,560

Como se puede comprobar la media del grupo experimental ($\overline{X_E}$) respecto a este ítem es de 3,60 y la desviación típica (S_{X_E}) 1,353, mientras que la media del grupo de control ($\overline{X_C}$) es 3,80 y la desviación típica (S_{X_C}) 0,696. La diferencia de muestras permite observar que, aunque levemente, los individuos del grupo de control utilizan herramientas *online* externas con fines educativos. Con esos valores el resultado de la prueba de contraste (t) es -0,588 y de la significación bilateral (ρ) 0,560. Puesto que este valor es superior a 0,05, se acepta la hipótesis nula, es decir, los pretest son similares para ambos grupos lo que demuestra que tienen una distribución muy similar.

Al igual que en los escenarios considerados anteriormente dada la inexactitud de la escala utilizada y el escaso número de muestras, se comprueba la evaluación realizada mediante la aplicación de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. Los resultados obtenidos de dicha prueba se observan en la Tabla 58.

Tabla 58. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el pretest en el escenario 4

VD _{pretest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.12	La distribución de I.12 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,954	Aceptar hipótesis nula

En esta tabla se observa que el nivel de significación que se obtiene para el ítem como resultado de la prueba es de 0,954 muy superior a 0,05 (valor umbral) y, por

tanto, se acepta la hipótesis nula y se confirma la evaluación de la prueba T de Student para este ítem.

Una vez considerado el pretest se estudia si el ítem planteado en el postest cumple también la hipótesis nula, o en este caso hay una diferencia significativa entre la percepción de los estudiantes del grupo de control y del grupo experimental.

Se realizan las mismas pruebas para demostrar si debe aceptarse la hipótesis nula para el postest, es decir, si se cumple $H_0: \mu_E = \mu_C$. Esto es, se aplica la prueba T de Student para muestras independientes y, además, prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, al igual que en el caso anterior.

El resultado de la prueba T de Student para muestras independientes sobre los resultados de postest se observa en la Tabla 59.

Tabla 59. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes al comparar los resultados del postest para el escenario 4

VD _{postest}	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.12.1	4,35	0,671	3,05	1,356	3,842	0,000

Para el ítem considerado, la media del grupo experimental ($\bar{X}_E$) respecto a este ítem es de 4,35 y la desviación típica (S_{X_E}) 0,671, mientras que la media del grupo de control ($\bar{X}_C$) es 3,05 y la desviación típica (S_{X_C}) 1,356. Esto demuestra que los individuos del grupo de control experimental al probar la herramienta están de acuerdo en la potencialidad que esta proporciona al poder incorporar lo que pasa en herramientas *online* externas, esto supone que la plataforma se quede corta en las funcionalidades que provee. Por otro lado, los estudiantes del grupo experimental al no probar este tipo de sistemas consideran que *Moodle* les aporta lo suficiente. Con esos valores el resultado de la prueba de contraste (t) es -3,842 y de la significación bilateral (ρ) 0,000.

Para comprobar esta afirmación como en otros casos se aplica la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney de la Tabla 60.

Tabla 60. – Resultados de la prueba U de Mann Whitney para los datos del postest en el escenario 4

VD _{postest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.12.1	La distribución de I.12.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,002	Rechazar hipótesis nula

El resultado obtenido para la significación de la diferencia entre los resultados entre los grupos para el ítem I.12.1 es más pequeño que el valor umbral de 0,05 y, por tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Estos resultados suponen que hay diferencia entre los grupos en el postest y presentan distribuciones similares en el pretest luego se acepta la hipótesis científica planteada para este escenario.

ESCENARIO MOVIL

El escenario móvil, además de las preguntas de pretest y postest añade unos ítems particulares de control relativos al hecho de tener un dispositivo móvil y de uso para acceder a Internet. Estos resultados se observan en la Tabla 61, en la que se observa dicha distribución en función de la variable TABSP que recoge esta información entre los encuestados, así se tiene que el 80% dispone de *tablet* o *smartphone*.

Tabla 61. – Distribución de la muestra del experimento en función de la posesión de una *tablet* o un *smartphone*

Tabla de contingencia TABSP * Grupo						
			Grupo		Total	
			Experimental	Control		
TABSP	Tienen <i>tablet</i> y/o <i>smartphone</i>	Recuento	14	18	32	
		% dentro de TABSP	43,8%	56,3%	100,0%	
		% dentro de Grupo	70,0%	90,0%	80,0%	
	No tienen <i>tablet</i> y/o <i>smartphone</i>	Recuento	6	2	8	
		% dentro de TABSP	75,0%	25,0%	100,0%	
		% dentro de Grupo	30,0%	10,0%	20,0%	
Total		Recuento	20	20	40	
		% dentro de Grupo	100,0%	100,0%	100,0%	

A continuación se muestran los resultados correspondientes a los ítems de control que luego se comparan para mostrar si ambos grupos tienen características similares en lo que respecta a la posesión y uso de *tablets* y/o *smartphones*. En la Tabla 62 se muestra los resultados de los ítems de control para el grupo experimental y en la Tabla 63 para el grupo de control. En dichas tablas se utilizan acrónimos como I.14 para facilitar la evaluación estadística posterior.

Tabla 62. – Resultados respecto a los ítem de control para el grupo experimental en el escenario móvil

ID	TABSP. Tengo una <i>tablet</i> y/o un <i>smartphone</i> (o acceso a alguno)	I.14 Utilizo mi <i>tablet</i> o <i>smartphone</i> para acceder a Internet
375	1	5
712	1	5
1558	1	5
1679	2	3
1902	1	5
2083	1	5
2396	1	5
2903	1	5
3367	2	3
5387	1	5
5431	1	5
5794	1	5
5814	2	3
7583	1	4
7667	2	1
7708	1	5
8997	1	5
9503	1	5
9975	2	3
34188	2	3

Tabla 63. – Resultados respecto a los ítem de control para el grupo de control en el escenario móvil

ID	TABSP. Tengo una <i>tablet</i> y/o un <i>smartphone</i> (o acceso a alguno)	I.14 Utilizo mi <i>tablet</i> o <i>smartphone</i> para acceder a Internet
223	1	4
497	1	5
640	1	1
662	1	5
1822	1	4
2256	1	5
2838	1	5
3746	2	1
4815	1	5
5426	1	5
5632	1	5
5827	1	5
5830	1	3
5860	1	3
6056	2	1
6136	1	5
6599	1	4
7759	1	5
8821	1	5
14	1	4

Con estos valores se realiza la prueba T de Student de comparación de medias para muestras independientes para probar la hipótesis nula ($H_0: \mu_E = \mu_C$) o lo que es lo mismo que ambos grupos tienen un contexto similar. De esta prueba se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 64.

Tabla 64. – Resultados de la prueba T de Student para el ítem de control del escenario móvil

V_{control}	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.14	4,25	1,164	4,00	1,451	0,601	0,551

En estos resultados se observa que para ítem I.14 la media del grupo experimental es de ($\overline{X}_E$) es de 4,25 y la desviación típica (S_{X_E}) de 1,164, mientras que para el grupo de control la media ($\overline{X}_C$) es de 4,00 y la desviación típica (S_{X_C}) de 1,451. Lo que demuestra que en ambos grupos se utiliza el dispositivo móvil para acceder a Internet. Además, la prueba de contraste (t) tiene un valor de 0,601 y una significación bilateral (ρ) de 0,551, por encima del valor de aceptación 0,05. Esto supone que se acepte la hipótesis nula y, por tanto, los participantes de ambos grupos hacen un uso similar de los dispositivos móviles.

Para refrendar este resultado, dado el bajo número de muestras y la inexactitud de la escala ordinal proporcionada a los estudiantes para responder al cuestionario, se aplica la prueba estadística U de Mann-Whitney, cuyos resultados se observan en la Tabla 65.

Tabla 65. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el ítem de control del escenario móvil

V_{control}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.14	La distribución de I.14 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,602	Aceptar hipótesis nula

Para dicho ítem se observa que la significación bilateral es de 0,602 por encima del valor de aceptación 0,05, con lo que se acepta la hipótesis nula y, por tanto, se comprueba que ambos grupos tienen una distribución similar respecto al ítem 14.

A continuación se muestran los resultados del pretest y posttest y se realizan las consiguientes pruebas estadísticas para comprobar la hipótesis científica planteada. Los resultados del pretest para el grupo experimental y el escenario móvil se muestran en la Tabla 66 y los del posttest en la Tabla 67 (tablas en las que las preguntas se identifican con etiquetas como I15, I16, etc. para facilitar las pruebas estadísticas).

En la Tabla 68 y en la Tabla 69 se resumen los resultados del grupo de control para el escenario móvil.

Tabla 66. – Resultados del pretest para el grupo experimental en el escenario móvil

ID	I15. Utilizo mi dispositivo móvil para acceder a <i>Moodle</i> y consumir los recursos de esta plataforma	I16. En mi dispositivo móvil utilizo herramientas <i>online</i> y del propio dispositivo con fines educativos
375	4	5
712	4	3
1558	4	4
1679	3	3
1902	1	1
2083	3	4
2396	4	3
2903	1	3
3367	3	3
5387	4	4
5431	2	4
5794	1	4
5814	3	3
7583	2	3
7667	1	1
7708	2	3
8997	3	3
9503	3	3
9975	3	3
34188	3	3

Tabla 67. – Resultados del posttest para el grupo experimental en el escenario móvil

ID	I.16.1 Poder combinar en mi dispositivo móvil herramientas <i>online</i> con herramientas propias del dispositivo y funcionalidades de la plataforma de aprendizaje <i>Moodle</i> , como el foro, me facilita el aprendizaje
375	3
712	4
1558	5
1679	4
1902	3
2083	4
2396	5
2903	5
3367	4
5387	3
5431	5
5794	4
5814	4
7583	4
7667	3
7708	5
8997	4
9503	5
9975	4
34188	3

Tabla 68. – Resultados del pretest para el grupo de control en el escenario móvil

ID	I15. Utilizo mi <i>tablet</i> para acceder a <i>Moodle</i> y consumir los recursos de esta plataforma	I16. En mi dispositivo móvil utilizo herramientas <i>online</i> y del propio dispositivo con fines educativos
223	4	3
497	1	2
640	1	1
662	4	3
1822	1	2
2256	4	4
2838	3	5
3746	1	1
4815	4	2
5426	4	3
5632	5	4
5827	4	3
5830	3	2
5860	2	2
6056	1	1
6136	3	5
6599	4	2
7759	2	3
8821	4	4
14	2	3

Tabla 69. – Resultados del posttest para el grupo de control en el escenario móvil

ID	I.16.1. Poder combinar en mi dispositivo móvil herramientas <i>online</i> , con herramientas propias del dispositivo y funcionalidades de la plataforma de aprendizaje <i>Moodle</i> , como el foro, me facilita el aprendizaje
223	5
497	2
640	3
662	4
1822	3
2256	4
2838	3
3746	3
4815	4
5426	4
5632	1
5827	3
5830	3
5860	3
6056	5
6136	3
6599	5
7759	3
8821	3
14	3

Con estos resultado se ha aplicado la Prueba T de Student para muestras independientes. En concreto se comparan los resultados de los ítems que constituyen el pretest para el grupo experimental y el grupo de control según la hipótesis nula H_0 :

$$\mu_E = \mu_C.$$

Tabla 70. – Resultado de la prueba T de Student para muestras independientes que compara los resultados del pretest para el escenario móvil

VD _{pretest}	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.15	2,70	1,081	2,85	1,348	-0,388	0,700
I.16	3,15	0,933	2,75	1,209	1,172	0,249

Como se puede comprobar la significación bilateral para los ítems que constituyen la variable dependiente está por encima de 0,05, valor de aceptación de la hipótesis nula para este tipo de prueba estadística. Sirva como ejemplo el ítem I.15, para él la media del grupo experimental es de ($\bar{X}_E$) es de 2,70 y la desviación típica (S_{X_E}) de 1,081, mientras que para el grupo de control la media ($\bar{X}_C$) es de 2,85 y la desviación típica (S_{X_C}) de 1,348. Lo que demuestra que en ambos grupos no demasiados estudiantes utilizan el móvil para acceder a recursos de *Moodle*. Además, la prueba de contraste (t) tiene un valor de -0,388 y una significación bilateral (ρ) de 0,700, por encima del valor de aceptación 0,05, lo que supone aceptar la hipótesis nula para este ítem. Con el ítem I.16 sucede algo similar, con lo que también se acepta la hipótesis nula que demuestra que en ambos grupos no se usan las herramientas de los dispositivos móviles con fines educativos.

Para refrendar estas conclusiones se realiza la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, con los resultados de la Tabla 71, que mantiene que se retenga las hipótesis.

Tabla 71. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el posttest en el escenario móvil

VD _{pretest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.15	La distribución de I.15 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,585	Aceptar hipótesis nula
I.16	La distribución de I.16 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,166	Aceptar hipótesis nula

Una vez considerado el caso del pretest se pasa a tener en cuenta si el ítem planteado en el posttest cumple también la hipótesis nula, o por el contrario hay una diferencia significativa entre ambos grupos, lo que llevaría a aceptar la hipótesis científica. Para llevar esto a cabo se prueba la validez de la hipótesis nula ($H_0: \mu_E = \mu_C$) mediante la aplicación de las pruebas T de Student (Tabla 72) y U de Mann-Whitney (Tabla 73).

Tabla 72. – Resultado de la prueba T para muestras independientes para comparar los resultados del posttest para el escenario móvil

VD _{posttest}	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.16.1	4,05	0,759	3,35	0,988	2,512	0,016

Para el ítem incluido en este postest (I.16.1) se tiene una media en el grupo experimental ($\overline{X_E}$) de 4,05 y la desviación típica (S_{X_E}) de 0,759, mientras que para el grupo de control la media ($\overline{X_C}$) es de 3,35 y la desviación típica (S_{X_C}) de 0,988. Lo que demuestra que en el grupo experimental los estudiantes perciben como positivo para su aprendizaje el hecho de poder sacar funcionalidades de la plataforma a contextos móviles y combinarlos con otras herramientas, mientras que en el grupo de control el valor está más cercano al 3 (que significa indiferente y se emplea en los cuestionarios cuando algo se desconoce). Además, la prueba de contraste (t) tiene un valor de 2,512 y una significación bilateral (p) de 0,016, por debajo del valor de aceptación 0,05. Esto supone que se rechace la hipótesis nula y, por tanto, haya una diferencia significativa entre ambos grupos. Estas apreciaciones se comprueban con la aplicación de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

Tabla 73. – Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para los datos del postest en el escenario móvil

VD _{postest}	Hipótesis nula	Significación	Decisión
I.16.1	La distribución de I.16.1 es la misma entre el grupo de control y experimental	0,017	Rechazar hipótesis nula

Como se puede observar con respecto al ítem planteado para en el postest del escenario móvil, la hipótesis nula debe rechazarse, con lo que se refrenda la diferencia entre el grupo experimental y el grupo de control y, por tanto, la hipótesis científica planteada en el escenario móvil es correcta.

6.2.4.3. Conclusiones

Como conclusiones de este piloto se consideran correctas las dos hipótesis planteadas inicialmente (siempre desde la perspectiva del estudiante, para el escenario planteado, tras la experimentación con las herramientas y se tiene en cuenta que se utilizan para la medición cuestionarios de autopercepción):

- “El planteamiento de actividades, en herramientas no definidas específicamente para su uso educativo, en los LMS, pueden enriquecer el aprendizaje”.
- “El uso de funcionalidades del entorno institucional (actividades, recursos y utilidades gestionadas en el LMS) en dispositivos móviles favorece el aprendizaje del estudiante.

Esto implica que el *framework* de servicios planteado facilita el cumplimiento de las hipótesis establecidas y, por tanto, que los escenarios considerados para la interoperabilidad sean válidos.

El cumplimiento de la primera hipótesis reafirma que la comunicación entre el LMS y el PLE debe facilitar la incorporación en el entorno institucional de herramientas no necesariamente pensadas para fines educativos. De esta forma es posible que herramientas características de entornos personalizados puedan tenerse en cuenta dentro del contexto institucional y, además, herramientas propietarias que no ofrecen interfaces para la evaluación de la actividad educativa se integren dentro del proceso de aprendizaje. Un ejemplo de este tipo de actividades es el que se usa durante la experiencia piloto, que integra *Google Docs* en *Moodle*, realiza actividades basadas en esta herramienta y recupera automáticamente información desde el LMS. Para refrendar esta idea se plantea una cuestión a los encuestados dentro del grupo experimental, cuestión cuya respuesta varía del 1-5 al igual que en los casos anteriores:

- Realizar actividades con herramientas no educativas, como puede ser la realización de un trabajo colaborativo mediante *Google Docs*, y considerar estas actividades en *Moodle* durante la evaluación son aspectos que favorecen mi aprendizaje.

Respecto a la esta afirmación el 75% de los encuestados está de acuerdo o totalmente de acuerdo con la afirmación, algo que se muestra en el gráfico de la Figura 116, y no hay ninguno de los entrevistados que esté totalmente en desacuerdo o en desacuerdo. Esto supone que las personas que han probado las actividades basadas en herramientas no definidas específicamente para fines educativos, como pueden ser herramientas colaborativas externas, valoran su utilidad dentro del proceso de aprendizaje, así como que puedan integrarse en *Moodle*.

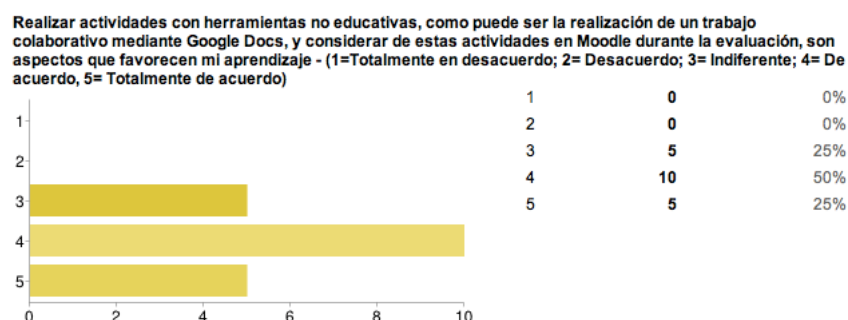


Figura 116. – Resultado a la afirmación de opinión para el escenario 4

Ante esto se puede concluir que la hipótesis se cumple y la opinión de los estudiantes es positiva al respecto de la utilización de herramientas no educativas en su proceso de aprendizaje y su integración con plataformas como *Moodle*. Además, su actitud es

positiva en cuanto a la aplicación de *Google Docs* como un ejemplo de este tipo de herramientas en los procesos de aprendizaje.

En cuanto a la segunda hipótesis, su cumplimiento permite afirmar que la posibilidad de exportar funcionalidades de la plataforma de aprendizaje a dispositivos móviles favorece el aprendizaje del estudiante, para facilitar su movilidad y la posibilidad de que se lleve su entorno personalizado a diferentes contextos en diferentes ubicaciones. Además, como en el caso anterior, también se plantea una cuestión para conocer la opinión a los entrevistados (cuyos resultados se muestran en la Figura 117). En este caso la cuestión es la siguiente:

- Tras haber probado el foro de *Moodle* en un dispositivo móvil considero que llevarlo a estos contextos me facilita el seguimiento de las discusiones, la participación y, por tanto, mi aprendizaje, además de resultarme más atractivo su uso.

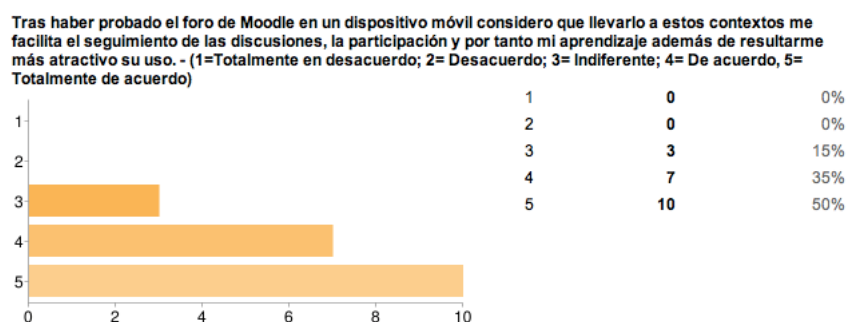


Figura 117. – Resultado a la afirmación de opinión para el escenario móvil

Respecto a esta afirmación el 85% está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación, es decir, considera que llevar funcionalidades institucionales, como el foro de *Moodle*, facilita el seguimiento de la actividad desde diferentes ubicaciones, fomenta su participación y facilita un aprendizaje más atractivo. Debe destacarse que el 15% restante considera indiferente este hecho, aunque dicha respuesta puede deberse a que estos individuos no posean una *tablet* o un *smartphone*. En cualquier caso, el porcentaje de aceptación de este tipo de posibilidades de aprendizaje, junto con el cumplimiento de la hipótesis, supone que los entornos personalizados puedan exportarse a otros contextos y que su aceptación para el usuario sea elevada. Además, es posible que la actividad que en ellos se desempeñe, a pesar de llevarse a cabo en otros contextos, quede reflejada en el entorno institucional. También, por extensión, puede concluirse que el sistema utilizado para portar estas funcionalidades facilita, desde la perspectiva del estudiante, su proceso de aprendizaje.

6.2.5. Consulta a expertos

De cara a complementar los pilotos se realizaron una serie de entrevistas con expertos (en este caso docentes de diferentes ámbitos) para recabar su opinión con respecto al uso del sistema planteado. En concreto, se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas con 10 expertos. De estos 3 fueron mujeres y 7 hombres (Figura 118). En cuanto al tipo de profesorado (Figura 119), 5 tienen experiencia en la docencia universitaria, 3 en la docencia en educación secundaria y primaria y 2 en actividades de formación continua (en concreto formación de trabajadores en una multinacional y formación continua a estudiantes y desempleados).

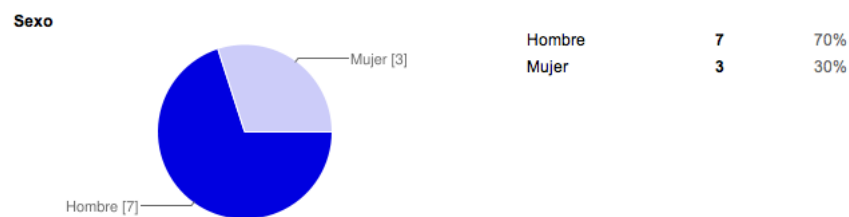


Figura 118. – Distribución de la muestra de expertos respecto al sexo

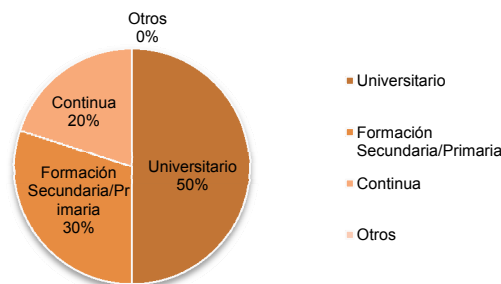


Figura 119. – Distribución de la muestra de expertos respecto al tipo de profesorado

En estas entrevistas lo que se ha hecho es: 1) Explicarles el objetivo que se pretende con el *framework* de servicios; 2) Enseñarles las herramientas implementadas y comentar su posible utilidad; y 3) Llevar a cabo un test basado en un conjunto de afirmaciones como en los casos anteriores. Una vez realizadas las entrevistas, se recoge la información y se analiza desde un punto de vista estadístico en busca de obtener una serie de conclusiones. El hecho de utilizar entrevistas en lugar de meramente el cuestionario ha permitido obtener información acerca del porqué de ciertas respuestas, lo que ha sido especialmente positivo para aquellas que se salían de la norma. A continuación se muestran los resultados y las conclusiones.

6.2.5.1. Resultados de la información recopilada a partir de los expertos

Los resultados de estas entrevistas se presentan en la Tabla 74 y Tabla 75. En ellas en la variable sexo, 1 significa hombre y 2 mujer; y en la variable tipo de profesor, 1 es universitario, 2 de educación primaria/secundaria y 3 de formación continua.

Tabla 74. – Resultados de expertos para los escenarios 1, 2 y 3

Sexo	Exp	Tipo de profesor	Considero que la posibilidad de exportar funcionalidades de <i>Moodle</i> y combinarlas con otras herramientas <i>online</i> , facilita el aprendizaje de los estudiantes	La exportación de funcionalidades de <i>Moodle</i> puede favorecer la participación del discente y, por tanto, ser positivo para la impartición de las asignaturas	Considero que en caso de exportar funcionalidades de <i>Moodle</i> es necesario tener en cuenta la actividad del usuario en el entorno externo	Considero que existen herramientas que pueden enriquecer la impartición de las asignaturas que no son las provistas por el entorno institucional	<i>Moodle</i> facilita el uso de herramientas externas, sin embargo, el hecho de tener que salir del entorno institucional para utilizarlas me resulta incómodo	La inclusión de la actividad del estudiante en herramientas educativas externas dentro de <i>Moodle</i> , me permite evaluar a los estudiantes de forma más completa	Poder recuperar la actividad del estudiante en actividades educativas externas sin necesidad de salir del entorno institucional me facilita su evaluación
1	2	1	4	5	5	5	3	4	5
2	17	1	4	4	5	4	5	4	4
1	4	1	4	5	5	5	4	4	4
1	14	1	5	4	5	5	4	4	5
1	15	1	4	4	5	5	5	4	4
1	10	2	4	4	4	5	3	4	4
2	8	2	4	4	4	5	4	4	4
1	12	2	4	4	5	5	3	4	3
1	16	3	4	5	3	5	5	5	5
2	8	3	4	3	4	5	5	4	4

Tabla 75. – Resultados de expertos para los escenarios 4 y escenario móvil

Sexo	Exp	Tipo de profesor	Utilizar herramientas <i>online</i> adicionales a las que proporciona Moodle para impartir mis asignaturas, independientemente de que estas estén pensadas como herramientas educativas o no (<i>Flickr, Wordpress, Google Docs, Twitter, Slideshare, etc.</i>) favorece el aprendizaje del estudiante	Poder recuperar la actividad de los estudiantes en dichas herramientas, me permite evaluarlos de forma sencilla y desde perspectivas diferentes a las que me proporcionan los LMS	Poder utilizar herramientas institucionales en otros contextos, como dispositivos móviles, fomenta la participación de los usuarios y, por tanto, enriquecer mis asignaturas
1	2	1	5	5	4
2	17	1	3	3	4
1	4	1	4	4	4
1	14	1	4	4	5
1	15	1	3	4	4
1	10	2	4	5	3
2	8	2	4	4	3
1	12	2	4	4	3
1	16	3	5	5	5
2	8	3	4	4	5

6.2.5.2. Conclusiones

En este apartado se resumen las conclusiones obtenidas y para ello se consideran los diferentes escenarios, así como las preguntas planteadas.

ESCENARIO 1.

El primer escenario, referido a la exportación de funcionalidad del LMS al PLE, se considera, en general, de forma muy positiva por parte de los expertos, así no se tiene ninguna respuesta en desacuerdo al respecto del mismo.

En cuanto la primera pregunta, el 90% de los expertos está de acuerdo y el 10% totalmente de acuerdo en que el hecho de que exportar funcionalidades del LMS y combinarlas con otras herramientas *online* facilita el aprendizaje de los estudiantes (Figura 120). Es decir, la comunicación de los LMS con otros entornos como los PLE amplía las posibilidades y experiencias de aprendizaje de los estudiantes.

Respecto a la segunda pregunta, el 90% está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la exportación de funcionalidades a entornos no institucionales puede motivar la participación del estudiante (Figura 121). Debe mencionarse que uno de los expertos relativos a la formación continua (en concreto el que lleva a cabo formación de estudiantes y desempleados) considera que la participación no es relevante en su caso por ser obligatoria.

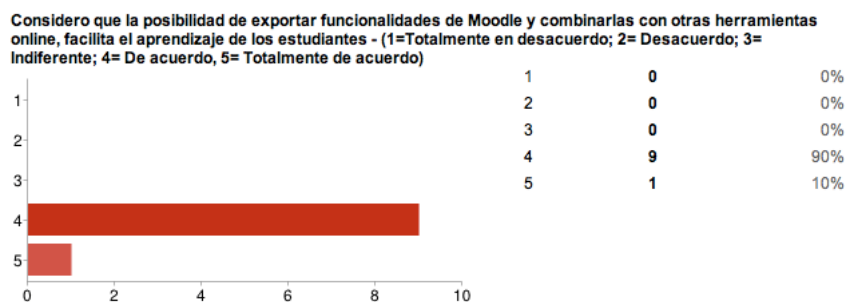


Figura 120. – Pregunta 1 sobre el escenario 1 a expertos

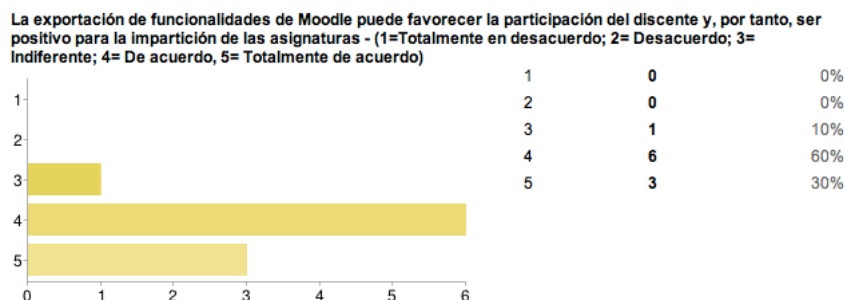


Figura 121. – Pregunta 2 sobre el escenario 1 a expertos

La tercera pregunta tiene un respaldo también del 90% (entre los que están de acuerdo y totalmente de acuerdo), los expertos coinciden que la exportación requiere un seguimiento y, además, la consideración de la actividad del estudiante en el contexto externo (Figura 122). Existe una persona relativa al ámbito de la formación continua en el sector empresarial a la que le resulta indiferente este seguimiento, ya que la mayor parte de actuaciones que ellos plantean se basan en experiencias de autoevaluación y el uso de test.

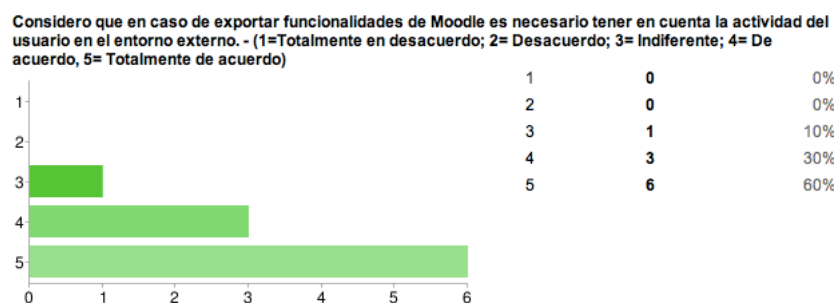


Figura 122. – Pregunta 3 sobre el escenario 1 a expertos

En general puede concluirse que los expertos en formación consideran adecuada la posibilidad de exportar funcionalidades de *Moodle* a otros contextos propios del estudiante, además entienden que esto puede enriquecer la participación y que debe tenerse en cuenta la actividad realizada mediante la funcionalidad exportada.

ESCENARIO 2

En este escenario se plantean dos preguntas, una relativa al uso de otras herramientas diferentes de las institucionales y otra sobre la necesidad de tener que salir del entorno institucional para consultar las calificaciones (es decir, más relacionada con la operatividad de la integración de actividades).

Respecto a la primera pregunta, el 100% está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que existen otras herramientas externas que enriquecen el aprendizaje y no son las presentes en el LMS (Figura 123). Por tanto, esto supone que dichas herramientas deban considerarse en el aprendizaje.

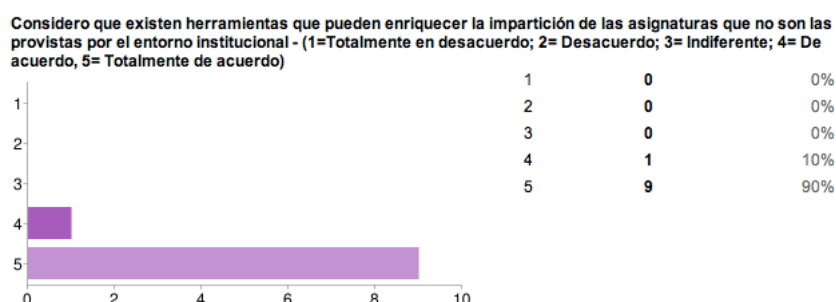


Figura 123. – Pregunta 1 sobre el escenario 2 a expertos

Sin embargo, aunque las plataformas den soporte al uso de ese tipo de actividades mediante el uso de “actividades *offline*”, no hay una integración entre las herramientas y los LMS con lo que los profesores tienen que acceder a entornos ajenos al institucional, lo cual le parece incómodo a un 70% (de acuerdo o totalmente de acuerdo - Figura 124). El resto considera como indiferente el hecho de tener que acceder a otros contextos, ya que generalmente no tiene un número alto de estudiantes por grupo y acceder a otro contexto “es solo una pestaña más en el navegador”.

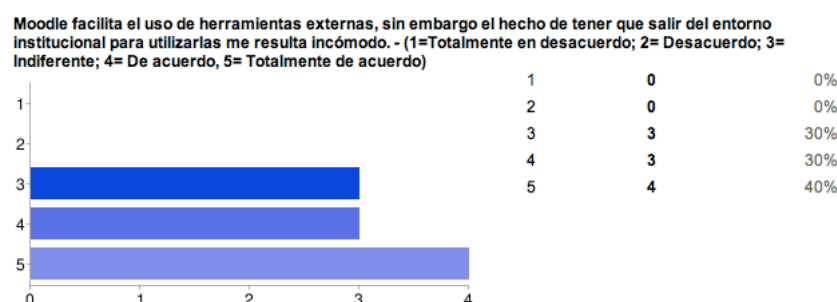


Figura 124. – Pregunta 2 sobre el escenario 2 a expertos

Estos resultados ponen de manifiesto la opinión de los expertos en formación en cuanto a que hay más herramientas que no solamente las institucionales. Estas herramientas pueden utilizarse en actividades formativas, pero requieren salir del LMS

para poder realizar un seguimiento o evaluación lo que se puede volver incómodo, especialmente cuando se tiene grupos de muchos estudiantes.

ESCENARIO 3

Se han planteado dos cuestiones relacionadas con este escenario, una referida a la posibilidad de considerar la actividad del usuario en herramientas educativas externas y la otra en relación a que se pueda recuperar y evaluar dicha actividad fácilmente.

Respecto a la primera pregunta el 100% (90% de acuerdo y 10% totalmente de acuerdo) considera que la posibilidad de incluir la actividad del estudiante en actividades educativas externas dentro del entorno institucional permite evaluarle de una manera más completa (Figura 125). De esta forma se tiene en cuenta no solo lo que hace para alcanzar unos objetivos de aprendizaje en el entorno institucional, sino también las actividades relacionadas que realiza fuera de este, con lo que se tiene una perspectiva más completa de lo que está aprendiendo el discente.

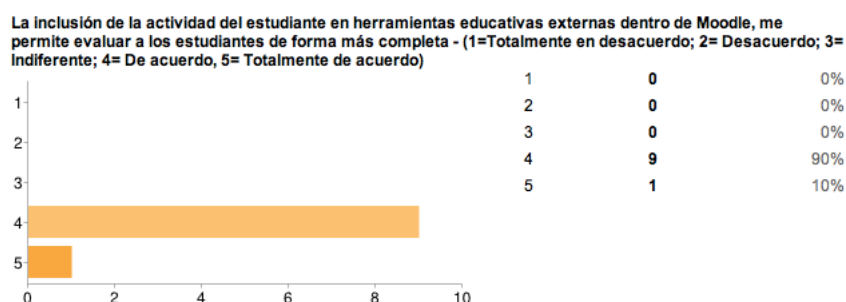


Figura 125. – Pregunta 1 sobre el escenario 3 a expertos

La segunda pregunta refleja el hecho de que al 90% de los expertos le facilitaría la evaluación el hecho de que se pudiera recuperar información de la actividad educativa externa del estudiante (Figura 126). El 10% restante se debe a un experto (correspondiente al ámbito de la formación primaria) que opina que a pesar de ser capaces de integrar la actividad del estudiante en el LMS, en determinadas circunstancias y al considerar el tipo de estudiante de su entorno, tendrá que acceder igualmente al contexto externo para ayudar a los estudiantes a concretar la actividad, y esto ya supone salir del contexto institucional.

Esto permite concluir que, según la opinión de los expertos encuestados, la inclusión de la actividad de los discentes en herramientas educativas externas, facilita evaluar desde una perspectiva más completa la actividad del estudiante (pues se tiene en cuenta lo que ocurre en la institución y en el contexto informal) y, además, resulta cómodo poder recuperar dicha información desde el entorno institucional.

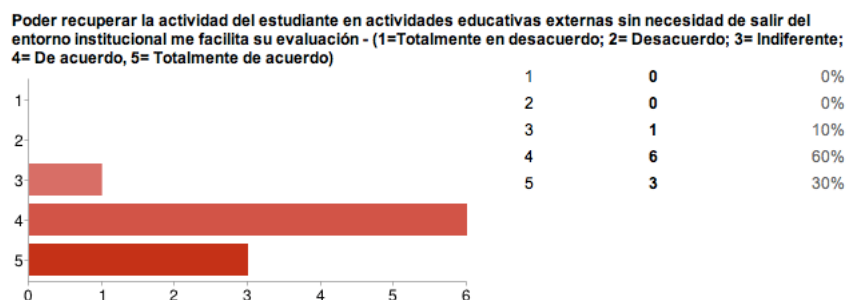


Figura 126. – Pregunta 2 sobre el escenario 3 a expertos

ESCENARIO 4

Relacionado con este escenario se han planteado dos cuestiones a los expertos. La primera de ellas se refiere al beneficio del estudiante por usar herramientas *online* adicionales a las que proporcionan los entornos institucionales, independientemente de que sean o no de carácter o perfil educativos. La segunda pregunta se refiere a la recuperación de la actividad realizada en estas herramientas desde el LMS, para facilitar de esa forma la evaluación del estudiante.

Respecto a la primera pregunta, el 80% está de acuerdo o totalmente de acuerdo con la idea de que el aprendizaje del estudiante se ve favorecido a partir de la incorporación de otras herramientas, de carácter educativo o no, en el proceso de aprendizaje (Figura 127). El 20% restante no termina de considerar que este tipo de herramientas sean adecuadas como herramientas formativas, aunque podrían aplicarse a tareas concretas.

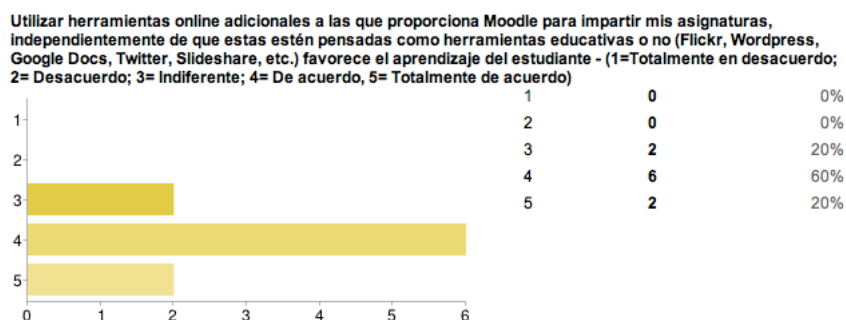


Figura 127. – Pregunta 1 sobre el escenario 4 a expertos

En cuanto a la recuperación de la actividad en el PLE del discente para su evaluación por parte del profesor en el entorno institucional, el 90% está de acuerdo o totalmente de acuerdo con la idea de que poder recuperar la actividad del estudiante facilitaría su evaluación desde una perspectiva formal y otra informal (Figura 128). El 10% restante se debe a uno de los profesores que considera que este tipo herramientas solamente son útiles, desde una perspectiva educativa, en casos concretos y para dichos casos se podría acceder a la herramienta en lugar de recuperar la actividad desde el LMS.

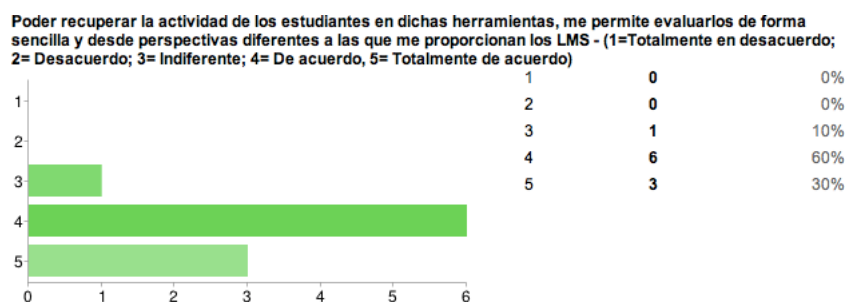


Figura 128. – Pregunta 2 sobre el escenario 4 a expertos

De estas respuestas se concluye que los expertos consideran que el contar con herramientas adicionales, aunque no tengan un marcado carácter educativo, es algo positivo. Por otro lado, les resulta de gran utilidad recuperar la actividad del estudiante desarrollada en sus PLE con el objeto de incluirla en los ítems a evaluar.

ESCENARIO MÓVIL

Este escenario se deriva del primero, sin embargo, en este caso las preguntas se centran en la posibilidad de exportar la funcionalidad de la plataforma no solo a entornos personalizados, sino también a diferentes tipos de contextos como pueden ser los dispositivos móviles. Es por ello que la pregunta trata de explorar el enriquecimiento del aprendizaje del estudiante y su mayor motivación para participar en las asignaturas tras exportar funcionalidades a ese tipo de dispositivos.

En cuanto a esta pregunta, el 70% de los expertos considera que poder exportar y utilizar herramientas institucionales en otros contextos, como los dispositivos móviles, fomentaría la participación en la asignatura y, por tanto, la enriquecería (Figura 129). El 30% restante, si se analizan los resultados, se corresponden con los profesores de primaria y secundaria, que, aunque disponen de ordenadores en el aula no van a poder planificar actividades basadas en *tablet* porque un porcentaje bajo de estudiantes va a tener acceso a ellos, e igualmente sucede con los *smartphones*, algo especialmente significativo para estudiantes de educación primaria (aunque esto depende en último caso de los medios de los diferentes centros).

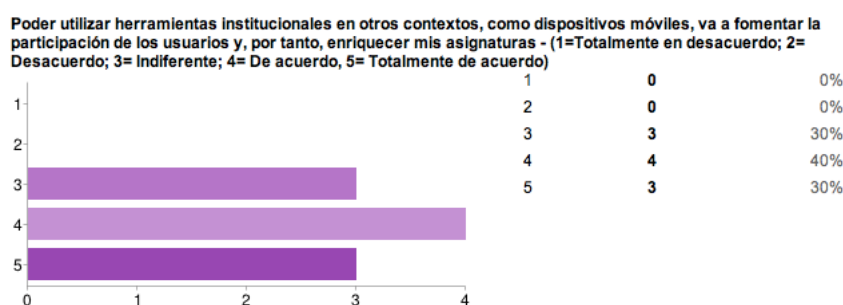


Figura 129. – Pregunta 1 sobre el escenario móvil a expertos

6.3. Conclusiones

Durante este capítulo se han presentado las experiencias piloto desarrolladas para asegurar la validez cualitativa de los escenarios de interoperabilidad planteados desde la perspectiva del estudiante. Cada uno de estos pilotos ha considerado uno o varios escenarios.

Por cada uno de estos escenarios se han realizado dos pruebas, por un lado un análisis estadístico y, por otro, una entrevista con expertos en el uso de herramientas de carácter educativo.

Las pruebas estadísticas se basan en la distribución de la muestra en un grupo experimental y un grupo de control, que han respondido a un cuestionario inicial, participado en una experiencia piloto (en el grupo experimental) y, finalmente, respondido a un último cuestionario. Se ha observado que, frente a unos resultados preliminares similares, aquellos sujetos que han participado activamente en la experiencia piloto tienen una respuesta diferente que los que no la llevaron a cabo. Para corroborar o rechazar las hipótesis de cada escenario a las respuestas se le han aplicado técnicas estadísticas de análisis de datos.

Además, para complementar la validación cualitativa por parte del estudiante, se ha buscado la opinión de expertos mediante de una serie de entrevistas semi-estructuradas que incluían un cuestionario. En estas entrevistas la idea era lograr otra perspectiva diferente a la de los estudiantes sobre los escenarios de interoperabilidad.

Como resumen de las conclusiones de cada uno de los pilotos, debe tenerse en cuenta que se cumplen las hipótesis planteadas para los diferentes escenarios (desde la perspectiva de los estudiantes, tras haber experimentado con las herramientas, en un contexto limitado como son las clases consideradas y a través de un cuestionario de autopercepción como herramienta de medida) y que las opiniones de los expertos suscriben dichas hipótesis.

En el escenario 1, tras la validación cualitativa, se ha concluido que la exportación de funcionalidades del LMS a otros entornos permite la personalización del aprendizaje y, por tanto, facilita su adquisición por parte del estudiante, hecho en el que el 100% de los expertos coincide. Además, el 90% de estos también considera que se favorece la participación del estudiante y que se debe tener constancia de la actividad llevada a cabo.

En el escenario 2, tras la validación cualitativa, se ha llegado a la conclusión de que el conocimiento de la actividad informal que lleva a cabo el estudiante para formarse

permite conocerle y evaluarle de manera más completa. Algo necesario según los expertos, ya que 100% de estos ha considerado que existen otras herramientas interesantes para el desarrollo de actividades de aprendizaje que no se encuentran en el entorno institucional.

En el escenario 3, tras la evaluación cualitativa, se ha obtenido que la inclusión de la actividad realizada por el estudiante en herramientas educativas adicionales dentro de los LMS enriquecen el aprendizaje, facilitan la evaluación del discente y amplían el conocimiento que sobre ellos se tiene. Afirmación ha sido refrendada por el 100% de los expertos, de los que un 90% considera más fácil esta evaluación si la información se encuentra en el entorno institucional y no es necesario salir de él para poder disponer de ella.

En el escenario 4, tras la evaluación cualitativa, se ha asumido que el planteamiento de actividades en herramientas no definidas específicamente para su uso educativo, pero recogidas en los LMS, enriquecen el aprendizaje. Algo respaldado por el 80% de los expertos encuestados.

Por último, el escenario móvil, tras la evaluación cualitativa, ha permitido concluir que el uso de funcionalidades del entorno institucional en dispositivos móviles favorece el aprendizaje del estudiante. Algo que ha sido refrendado por un 70% de los expertos en formación, pero que no considera tan factible un 30% debido a la escasa disponibilidad de este tipo de dispositivos en algunos colectivos de estudiantes.

Como se puede comprobar se han cumplido todas las hipótesis y estas, además, han sido respaldadas por expertos, lo que permite concluir que los escenarios de interoperabilidad planteados son válidos desde un punto de vista cualitativo y desde distintas perspectivas. Debe tenerse en cuenta que dichas aproximaciones se obtienen en contextos muy específicos, con estudiantes con conocimientos tecnológicos avanzados, en entornos controlados y mediante el uso de instrumentos de medida de autopercepción. Es necesario, como un trabajo futuro en este sentido, validar cuantitativamente la mejora de los estudiantes gracias a estas aproximaciones y ampliar el estudio cualitativo a estudiantes de otros ámbitos como pudieran ser la educación primaria o secundaria, la formación continua en la empresa, etc.

CAPÍTULO 7. – CONCLUSIONS

The main aim of this chapter is to present the conclusions of this PhD research work. To do so, it is necessary to consider what was the problem, and how it has been addressed. This means how it is possible to facilitate interoperability between the PLE (Personal Learning Environments) and the LMS (Learning Management Systems), in a way in which the functionality of the LMS can be exported to PLE in different devices and it is possible to integrate in the LMS the activity of the student on the external tools. Taken the problem into account it is necessary to describe the main contributions of the work carried out, based on a set of research goals. It should be also understood that the project does not finish with the definition of a proposal, its implementation and evaluation. There is lot of work to do and the research should continue. This implies to propose possible future lines taking into account the solution proposed.

During the chapter first the PhD proposal and its main contributions are summarized. Subsequently, it details the future research lines that can be developed from the work done. Finally, it lists the publications carried out to endorse its development and to show its evolution.

7.1. Summary

The application and use of ICT (Information and Communication Technologies) in teaching and learning processes has led to the existence of a great quantity of educational software systems. These software systems, despite providing new paths for learning, have proved not to be the “silver bullet” for learning processes. They may vastly increase the number of tools available for learning but they have fallen short in several aspects. Regarding this shortcomings, four main problems may be pointed out: 1) The existence of different environments and tools may cause disorientation to students, who may be overwhelmed by the different number of systems in which they must log in; 2) Learning is not just limited to formal learning environments, as the student also learns along her life in different contexts; 3) Teachers are conditioned in many cases by the learning tools and LMS provided by their institutions; and 4) LMS generally have difficulties to include new tools or information, which means that their evolution capabilities are limited.

Given this context, the present PhD work has proposed the definition and implementation of a service-based framework, which allows the integration of traditional learning platforms (LMS) with the PLE, learning environments, which offer a better fit to the students’ needs. The objective of this framework is to combine activities from formal and informal learning environments in a seamless way, and also to facilitate the use of channels and devices that promote mobility.

In order to develop such framework the starting point is the assumption that it is possible to define approaches that facilitate interoperability among PLE and traditional learning platforms, with the aim to facilitate learning to students and guarantee the integration of learning activities that take place in informal context into the formal environments. Such approach should provide channels for the exchange of information and interaction between both environments. The proposed framework must allow both to export functionalities from the institutional learning platforms in different contexts and to offer an integration between the institutional environment and the activity performed in the online tools of the personal learning environments.

To validate this hypothesis some activities have been carried out; the activities begin with the description of the technological context in which the research is performed. This has led to explore the different ways in which ICT is applied to learning and teaching processes, in order to verify how technology is used and what are its strengths and weaknesses in the context of learning. In that study, it has been observed that there is a great diversity of solutions with educational purposes, which

may be based on different technologies, such as personal computers, Internet, TV, mobile devices, sensors distributed through the user's context, etc. The integration and combination of these and other technological trends with the main goal to facilitate learning is what is called in this proposal α Learning.

Given the diversity of technological trends included in α Learning, its most used tools need be explored, especially from the perspective of how learning is managed, and from that perspective LMS may be considered the most relevant systems. These platforms provide learning environments with a focus on the course, and are leaded by tutors from an institutional perspective, which makes them an appropriate tool to carry out formal learning activities. These learning environments provide teachers with a set of functionalities, resources and activities, while at the same time facilitate a meeting point and support to students' learning. Their main advantages are: their general acceptance, the fact that teachers and students are used to using them, that they have been successfully used and tested for several years. However, the reality of learning processes is different: students do not learn only in formal contexts: they learn from experience, from the exchange of knowledge, from research, out of curiosity, etc. In addition, students learn throughout their life, not only during the specific periods determined by the institution. On the other hand, LMS may be considered monolithic environments, which cannot evolve easily; they do not allow the introduction of other tools used by the learners, nor the exportation of the activities performed in the institutional contexts. Given this situation it seems logical to think that other kind of learning environments are required, which are more open, flexible, and adapted to the students' necessities; these learning environments should consider the students' learning in different environments along their life; environments in which learner should have the responsibility of learning and be able to decide what to learn, what tools to use, when and how. These are the PLE.

But the emergence of PLE does not imply the demise of the LMS; firstly, because they represent different ways of understand learning, and secondly, because of the popularity of LMS, the great amounts of money already invested on them, the resistance to change by institutions and because they satisfy the needs of formal learning contexts. This means that LMS and PLE should coexist, and therefore they should be able to exchange information and interact; in other words, they should be able to interoperate between them.

In this sense, it is necessary to find solutions open and flexible enough, and which offer independence of the underlying technology. Such solutions should consider the possibility to export functionalities from the institutional environment to the PLE

(independently of the context where it is represented). By doing this, it is possible that the functionalities from the LMS may be combined with other tools the students use to learn. In addition, it is also necessary to take into account in the LMS what is the student doing in the PLE.

To address these problems, a service-based framework, grounded on the use of web services and interoperability specifications, is proposed. Such framework considers four possible interoperability scenarios between the LMS and the PLE, with a variation for uses in mobile devices. Those scenarios have been implemented during a proof of concept that uses *Moodle* as the LMS, *Apache Wookie (Incubating)* as the PLE, a set of widgets to represent the different tools included into the PLE, and web services and interoperability specifications as communication interfaces. The proof of concept has been validated through several pilot experiences which take into account the different interoperability scenarios with students' groups of the fifth year course of Software Engineering and the Adaptation course to the Computer Science Degree (in subjects related with Project Management) at the University of Salamanca. During these pilot experiences, the different interoperability scenarios have been validated in a qualitative way from the point of view of the students using the systems. Such validation has been endorsed with the opinion of teachers (from different contexts) that have interacted with the implemented systems. From these experiences, it can be concluded that interoperability is necessary because students do not use just the LMS tools to learn; and also, that their learning activity carried out outside of the institutional contexts, independently of the context in which it takes place, should be taken into account into the LMS.

7.2. Main Contributions

The goal of this PhD work is the definition of a framework that allows for the integration of LMS and PLE, by using service oriented architectures, interoperability specifications and strategies to represent information. This integration must occur in an accessible way both from traditional contexts, such as the Web, and from other contexts with enhanced capabilities such as mobility, and must ensure that the different activities which take place in the personal environments may be taken into account in the institutional platform for student evaluation purposes. This section highlights the main theoretical and practical contributions derived from the partial objective which were set to achieve the main goal.

In the first place, it has been necessary to study the application of ICT to learning processes in order to define the context of this research work. In this sense, the

relevance of the Internet in educational processes has stood out; but the application of ICT to learning is not just limited to that particular technology, and other technologies are also used for educational purposes, which leads to the definition of different learning modalities such as mLearning, uLearning, cLearning, tLearning, etc. All this learning modalities have a common objective: to make it easier for students to learn. But they also present some drawbacks, associated to the underlying technology (such as technological fascination, the need to develop adaptations for each particular content and/or functionality or for their use in a specific device, the high cost associated to certain learning modalities, etc.). In addition, the boundaries between those learning modalities are blurred in many cases; for example, mLearning is considered as part of uLearning, gLearning is included in the vLearning and it is related with gbLearning, etc.

Such technology-based learning modalities, together with the emergence of 2.0 trends and the change it produces in learning contexts, which put the student into the centre of the learning process, make it necessary to expand the concept of ICT-based learning to what we have defined as α Learning.

After reviewing the main technologies applied to teaching and learning processes, it was considered necessary to explore the most relevant tools used in eLearning and the technologies which support them. As it has been mentioned in the summary, the most used tools are the LMSs, but they usually are not able to fulfil all the students' needs, and neither do they support informal learning; therefore, there is an increasing need for other open, flexible and scalable environments, such as the PLE. Both environments may (and most often have to) coexist, since the latter represents the institutional side while the former takes account of the personal one, and they should be able to communicate and interact. SOA (Service Oriented Architecture) and interoperability specifications offer means to achieve this goal.

SOA enables LMS openness, which in turn allows access to functionalities and data to and from different contexts. The main problem with this approach, apart from the complexity of implementing such architectures in existing systems, lies on the different existing ways to provide eLearning services. In this context, interoperability specifications (in other words, common ways to achieve interoperability between e-learning systems) are essential.

This means that it is necessary to have a deep knowledge of the features, advantages and drawbacks of such interoperability specifications. They can usually be categorized into two main groups: 1) Those which enable interoperability for a specific issue; and 2)

Those which are defined as a medium for provide interoperability at different levels. The first ones are related to specifications for exchange of content (e.g. IMS CP), metadata (e.g. IEEE LOM), students' information (e.g. LEAP2P), etc.; and their main limitation comes from their clear orientation towards the exchange of just a specific type of information, not take into account the interaction as a whole. In order to address this drawback, there are interoperability specifications whose definition is encompassed towards being able to assure such communication; some of them are widely used, while others have failed, mostly because of their complexity. After an analysis of these specifications, it is possible to observe that in most of the cases it is necessary to do additional coding, both in the service consumer and in the service provider (that is, in the LMS and in the tool to integrate), which implies an extra implementation effort. It also should be mentioned that an inverse relationship between the complexity of a specification and its acceptance has been observed: the more complex the interoperability specification, the less accepted it is. Among the existing interoperability specifications, the one which provides a better balance between cost and services provided is BLTI. This fact, joined to its wide use, makes it the best option to guarantee interoperability in the LMS-PLE context.

Besides the above mentioned, in order to define such service-based framework, it is necessary to study the existing works related with interoperability between learning systems (especially those with focus on the PLE-LMS context). In order to undertake this task, a review of the state of the art related with this interoperability issue has been performed, including a total of 450 works with five different perspectives associated to five research questions:

1. Works related to interoperability between LMS and PLE and how it is achieved. While there are several approaches, they present some shortcoming, which are worth noting: some of them do not present interoperability-based solutions (which highly reduces the reusability of the systems); some are based in the definition of a LMS from scratch, which makes difficult the diffusion of such solutions because the user should learn to use a new context; others exchange only information but not interaction, which means that the communication is not complete; and in several solutions the communication is unidirectional, without considering what is happening into the external tools or the PLE.
2. The use of the interoperability specifications to address communication problems between the PLE and the LMS. Different studies present the problems associated to this use: they are not widely accepted, they are complex to use and set up, there is a high cost related to the implementation of

such solutions and a general lack of adaptability to the specific needs of the LMS in which they are integrated. These problems are the cause of their low popularity as a valid solution.

3. Another aspect to be taken into account is how to represent the exchange of information and functionalities. In this sense, the most common solution is the use of web mash-ups which aggregate mini-applications represented according to specifications. This approach allows an easy extension of LMS and PLE. However, the diversity of technological solutions and the fact that the W3C recommendation is not sufficiently widespread, make the representation of the exchanged functionality and data something possible but difficult to use in other environments.
4. In addition, the information exchanged can be represented in other contexts, and this is a fact that should also be taken into consideration. Most of the experiments which took place in these alternative representations of contexts are focused just in a specific device (mobiles, car navigation systems, game consoles, interactive televisions, etc.), and thereby are highly affected by the diversity of hardware available. An adequate solution for this scenario is the use of specifications.
5. The fifth issue which must be taken into account is the security in the exchange of information between the PLE and the LMS. Since there is a high probability that the information exchanged between the systems is sensitive, it must be secured. There are several ways to secure this information; however, some of them are very complex, while others are not taken in high esteem and others present several weaknesses. Anyway, all of them are conditioned by factors such as the way in which communication is implemented, if interoperability specifications are used, etc.

Given this context, a service-based framework has been defined to facilitate the access to learning activities defined into the LMS from other different environments, and to track such exported activities (and maybe other activities) outside the LMS. This framework makes the communication between the LMS and the PLE possible in an open, scalable and portable way. Open, because it can include different kinds of activities; scalable, because it facilitates its evolution and is able to incorporate new trends; and portable, because it can be used not only in traditional web environments but also in other cases, such as with mobile devices. The framework defines some main components, interfaces and interoperability contexts, including the most common interaction scenarios between the LMS and PLE.

In order to validate this proposal, an implementation of the framework has been proposed and developed as a proof of concept. From this implementation it is possible to notice problems related with the technologies used; for instance: the drawbacks of the interoperability specifications used (e.g. BLTI-based solutions do not return the logs with the students' activity, but just a grade when the outcomes extension is used); the continuous and quick evolution of these systems (e.g. while writing this PhD thesis, IMS-GLC has decided to unify BLTI and LTI in one specification which is based on the latter; at the present time, a draft version of such "new" specification has been published); problems related to how widgets display functionalities in several devices (independently of the use of the recommendations published by the W3C); and the necessity to extend the *Moodle* set of web services with others able to fulfil the various users' and tools' requirements. Those problems might be solved in the final release of the framework due to its flexibility.

As mentioned before, the framework provides the flow of information exchanges, and that information may include sensitive data; therefore, security issues must be included in the implementation proposal. The framework gives developers freedom to choose what security measures to use, only constrained by the technology used during communication (web service model and interoperability specifications). For example, this implementation uses BLTI, which means that the authentication model should be OAuth. It would be possible to change it, but this would force to break the patterns defined by the specification, and therefore the integration with different LMS would not be feasible. Other examples of security models constrained by the technology are those imposed by the external tools which are planned for integration with the framework, such as *Google Docs* or *Flickr*. These tools provide an external access API (Application Programming Interfaces) which requires OAuth as the authentication method to be used (and hence, no other may be used).

Once the framework is defined and implemented as a proof of concept, it is necessary to perform its validation. In order to do so, three pilot experiences have been conducted; this pilot studies included a testing period by students and teachers at the University of Salamanca. In each pilot experience, one or several interoperability scenarios were validated in a qualitative way; in each scenario, a scientific hypothesis was posed, gathering data both from the perspective of students and teachers; later on, results from the data analysis was used to validate the proposed hypotheses.

Regarding the interoperability scenario 1 (exportation of functionalities from the LMS to other environments, such as the PLE), it can be concluded, both from the students' and teachers' perspective, that the possibility to use the LMS functionalities in other

contexts and combine them with other tools the students use to learn, enriches their learning and also helps to personalize it to their requirements.

As for the scenario 2 (which tracks the activity performed in external tools from the LMS), both teachers and students consider that there are more tools available for learning apart from those in the LMS, and that the activity they perform in these external tools should also be taken into account in the LMS. This implies more work for teachers, so they do not consider it a proper strategy, especially with large groups of students.

From the third scenario (integration of students' activity from the LMS in external educational tools), it can be concluded that the students consider that the inclusion of other educational tools in the PLE and the return of their outcomes in such activities to the LMS enrich learning and make assessment easier. The teachers endorse such statement and value the possibility to gather students' grades in such tools without leaving the LMS as something useful.

In regard to scenario number 4 (integration of students' activity carried out in online tools that are not initially defined as educational tools), the students consider that the integration of online non-educational tools and the feedback from their outcomes to the LMS help them in the learning process. The teachers' opinion is that the integration of these tools increases the set of possible applications to use in learning activities.

Finally, a modification of scenario 1 where the functionalities exported to the LMS are consumed through mobile devices was also validated. Students consider that the use of LMS's functionalities from such devices helps them to track learning activities and motivates them to participate. This opinion was also endorsed by a high percentage of the teachers surveyed, although they also think that in certain contexts such as primary and secondary education, this is not possible.

These experiences have contributed to the validation and testing of the system's suitability from the perspective of students and teachers who have used the implementation for the proof of concept.

As a summary of this discussion, the main tasks of this PhD work have been: 1) To set up a reference framework which enables interoperability between the LMS and the PLE; 2) The definition of a set of interoperability scenarios which include the most common interactions between LMSs and PLEs; 3) An implementation of such framework as a proof of concept; and 4) The analysis of data gathered from students and teachers during the pilot studies related to the different interoperability scenarios.

These results, when matched with the partial objectives set for this PhD thesis, lead to the conclusion that the general objective has been achieved. As a final conclusion to this work, it must be stressed that interoperability between LMS and PLE is possible, and that informal learning can be taken into account from the formal environments, while informal learning can be enriched with functionalities of the institutional contexts as well. In addition, this interoperability facilitates students the definition of their own PLE in a seamless way, so that they only need to access the LMS for a minimum set of indispensable activities. Moreover, interoperability also gives teachers more information about what the students do in the external environments and give them a more broad set of tools for the proposal of learning activities. All these tools may heavily contribute to the evolution of the LMS.

Obviously, this approach is still subject to improvements and evolution, opening new paths for research which are outlined in the next section.

7.3. Future research lines

This PhD Thesis has addressed several issues which lead to new open fields for future research work. The idea is that the work developed in this PhD Thesis may be continued and be applied in actual educational environments as an useful learning tool for all the agents involved in the learning process. But this will require the exploration of some lines of research that will be highlighted next.

The first one is related to the possibility to exploit raw information about the learning agents in order to facilitate decision making processes in which is known as Learning Analytics. One of the problems of the current learning environments is that they gather too many data, and that the analysis of these data is a complex and difficult task, so it is also difficult to make decisions based on these data and to know if learning is being effective beyond the grades and logs exploration. New tools are needed which facilitate data exploitation from learning activities and are not limited to the LMS but also will take into account the PLE and the existing interactions between them. Among the tools to be used for this task, a good choice should include solutions which facilitate the visualization of huge quantity of information and are able to represent that information in a suitable format for decision making. These kind of tools should provide users with useful information; for example, what are the most popular tools used in the learning systems, how are they used in LMS and in PLE, if they are used only in one of the learning environments or both, if users look up other content than the provided by their systems, if the students are participating or not in the activities, what kind of devices do students use to access the personal and institutional learning contexts, and so on.

This information analysis could be empowered by using semantic web, which would enable to establish relationships among activities, tools, resources, technologies, outcomes, students, teachers, preferences, etc., in the PLE and the LMS. In this way, it would be possible to make decisions with a better fit to the student's needs.

In addition, semantic web could also be used to guarantee the interoperability and portability of the system. It would be possible to define an ontology that describes the exchanged data structure; the relationships between the kind of resources and activities; and their entailment with the kind of learning environment (LMS and/or PLE) and with a learning context (such as the mobile devices). In this way, the information related to the system would be exportable and it would be possible to perform backups of the activities from the different learning environments involved in the framework.

On the other hand, in this PhD thesis, the possibility of introducing learning activities based on online tools (non defined as educational tools) in the PLE was also hinted. The activity that the students perform using tools should be somehow returned to the LMS for assessment purposes, and the tools by themselves do not provide an evaluation interface. In this proposal a workaround was taken by introducing a mediator (or proxy) tool, which provides an evaluation interface, communicates with the educational tool through their specific API and with the learning environment by using BLTI. Something to take into account in the future would be the definition a generic mediator model which defines all these tasks and may be used for any LMS and external tool.

Moreover, as a future work, it can be also be explored how to improve the results of the students who are using the PLE. That means not only to include tools and control what the student does with them, but also to include teachers' feedback. In order to do this, it is necessary to create feedback channels between the LMS and the PLE for any activity carried out in both environments.

Last, but not least, this work aims to contribute to the definition of interoperability specifications. The experience from the implementation of the proposed framework, based on this type of specifications, has contributed to a better knowledge of them and the drawbacks associated to their use. This knowledge will help to solve some of the specification problems detected. This contribution will not consider only a certain specification but all those involved in this research work, especially those which are currently in development stages, such as IMS LTI.

7.4. Contrast of Results

In order to validate the proposal, gather experts' feedback and achieve knowledge from the more recent and innovative researchs related with this work, what has been performed along this PhD thesis is shared with scientific community. The national and international publications related with this PhD are:

- JCR Journals
 1. García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á., Alier, M., & Casany, M. J. Opening Learning Management Systems to Personal Learning Environments. *Journal of Universal Computer Science*, 17(9), 1222-1240. May 2011. ISSN: 0948-695X. DOI: 10.3217/jucs-017-09-1222. Available online at http://www.jucs.org/jucs_17_9/
 2. Alier, M., Mayol, E., Casañ, M. J., Piguillem, J., Merriman, J. W., Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J. Tebben, W., Severance, C. "Clustering Projects for eLearning Interoperability". *Journal of Universal Computer Science*. 18(1), 106-122. January 2012. ISSN: 0948-695X. DOI: 10.3217/jucs-017-01-0106. Available online at http://www.jucs.org/jucs_18_1/.
 3. Alier, M., Casany, M. J., Mayol, E., Piguillem, J., Galanis, N., García-Peñalvo, F.J., Conde M. Á. "Docs4Learning: Getting Google Docs to work within the LMS with IMS BLTI". *Journal of Universal Computer Science*. In press.
- International Journals.
 1. Conde, M. Á., Muñoz, C., García, F. J. "mLearning, the First Step in the Learning Process Revolution". *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 2(4), 61-63. October 2008. ISSN: 1865-7923.
 2. Allier Forment, M., Casany Guerrero, M^a J., Conde González, M. Á., García Peñalvo, F. J., Severance, C. "Interoperability for LMS: the missing piece to become the common place for e-learning innovation". *International Journal of Knowledge and Learning (IJKL)*, 6(2/3), 130-141. Inderscience. 2010. ISSN (Online): 1741-1017 - ISSN (Print): 1741-1009. DOI: 10.1504/IJKL.2010.034749.
 3. Muñoz, C., Conde, M. Á., García, F. J. "Moodle HEODAR implementation and its implantation in an academic context". *International Journal of Technology Enhanced Learning (IJTEL)*, 2(3),

- 241-255. Inderscience. 2010. ISSN (Online): 1753-5263 - ISSN (Print): 1753-5255. DOI: 10.1504/IJTEL.2010.033580.
4. Conde González, M. Á., Pozo de Dios, A. del, García Peñalvo, F. J. "e-Learning Services in Moodle 2.0". CEPIS Upgrade. XII(2), 43-50. April 2011. ISSN 1684-5285.
 5. García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á., Bravo, S., Gómez, D. A., Therón, R. "Visual Analysis of a Moodle-based Object Oriented Programming Course". International Journal of Computers Applications Proceedings on Design and Evaluation of Digital Content for Education (DEDCE) (1), 8–14. USA: Foundation of Computer Science. 2011. ISBN: 978-93-80746-64-6.
- National Journals.
 1. Conde González, M. Á., Carabias González, J., Martín Moreno, R. M^a, González Pérez, I., García Peñalvo, F. J. "Arquitectura para un LMS Basada en Portlets: CLAYNET 2.0". Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información. 7(2), 213-234. December 2006. ISSN 1138-9737. Available at http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_07_02/n7_02_clay_y_usal.pdf
 2. Conde González, M. Á., Pozo de Dios, A. del, García Peñalvo, F. J. "Servicios eLearning en Moodle 2.0". Novática. Revista de la Asociación de Técnicos en Informática. (210), 29-33. March-April 2011. ISSN: 0211-21.
 - International book chapters.
 1. Conde González, M. Á., Carabias González, J., Martín Moreno, R. M^a, González Pérez, I., García Peñalvo, F. J. "Portlet-based ARCHITECTURE FOR A LMS: CLAYNET 2.0". En F. J. García Peñalvo, J. Lozano Galera, F. Lamamie de Clairac Palarea (Eds.). Virtual Campus 2006 Post-proceedings. Selected and Extended Papers. CEUR Workshop Proceedings. <http://ceur-ws.org/>. ISSN 1613-0073.
 2. Conde, M.A., Muñoz Martín, C., Reyero, J. "ClayNet Evolution Towards mLearning and Information Visualization Technologies". eUniverSALearning 2007. Post-proceedings of the International Conference on Technology, Training and Communication. Extended Papers, Salamanca, Spain, September 12-14, 2007. CEUR Workshop Proceedings, ISSN 1613-0073, online CEUR-WS/Vol-361/paper6.pdf

3. Morales Morgado, E. M., Muñoz, C., Conde, M. Á., García Peñalvo, F. J. "Integración de la Herramienta de Evaluación de Objetos Didácticos de Aprendizaje Reutilizables (HEODAR) en *Moodle*". In M. E. Prieto Méndez, S. Sánchez-Alonso, X. Ochoa, S. J. Pech Campos (Eds.), Recursos digitales para el aprendizaje. Páginas 396-405. Mérida, Yucatán, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. ISBN 978-607-7573-17-3. 2009.
 4. García Peñalvo, F., J, Bravo Martín, S., Conde González, M. Á. "A Student-centered Learning Model Applied in an Introductory Software Engineering Course". In 20th EAEEIE Conference Formal Proceedings. (Valencia, Spain, June 22-24, 2009). IEEE Xplore Digital Library. ISBN 978-1-4244-5386-3, IEEE Catalog Number CFP0996D-ART, DOI 10.1109/EAEEIE.2009.5335451. 2009.
- National book chapters.
 1. Conde, M. Á., Pozo de Dios, A. del, García Peñalvo, F. J. "Moodle 2.0, Nuevas Oportunidades de Aprendizaje Basadas en Servicios eLearning". In Sierra Rodríguez, J. L., Sarasa Cabezuelo, A. (Eds.) Avances en Ingeniería del Software Aplicada al E-learning. Extended Proceedings of 1er Taller sobre Ingeniería del Software en e-Learning - ISELEAR'10. Pages 71-86. Madrid: Universidad Complutense de Madrid - Área de Ciencias Exactas y de la Naturaleza. ISBN 978-84-693-9422-9. January 2011.
 - International conference proceedings.
 1. Conde, M. Á., Carabias, J., Martín, R. M^a, González, I., García, F. J. "Portlet-based Architecture for a LMS: Claynet 2.0". In Proceedings of e-Learning (eL2006), held as part of the IADIS Virtual Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS 2006). N.-S. Chen, P. Isaías (Eds.). IADIS Press. ISBN: 972-8924-13-5. Pages 81-85. May 2006.
 2. González, I., Martín, R. M^a, García, F. J., Seoane, A. M., Conde, M. Á. "Interacción, aprendizaje y enseñanza basada en foros. Un caso de estudio sobre la plataforma ClayNet". In Diseño de la Interacción Persona-Ordenador: Tendencias y Desafíos. Proceedings of the "VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2006. Puertollano, Ciudad Real, Spain. M. Á. Redondo Duque, C.

- Bravo Santos, M. Ortega Cantero (Eds.). ISBN: 84-690-1613-X. Pages 303-313. November 2006.
3. Velasco, A., Carabias, J., Conde, M.Á., García, F.J. "CLAYNET: Content Adaptation in M-Learning". In proceedings of the IADIS International Conference Mobile Learning 2007. Lisboa, Portugal. I. Arnedillo, P. Kommers, P. Isaías, N. Chen (Eds.). IADIS Press. ISBN: 978-972-8924-36-2 . Pages 269-272. July 2007.
 4. Conde, M.A., Muñoz, C., Velasco, A. y García, F.J. "ADAPTACIÓN DE UN LMS OPEN SOURCE. APLICACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO PARA MOODLE". In proceedings IADIS-Iberoamericana WWW/Internet. Vila Real, Portugal. ISBN: 978-972-8924-45-4. Vol 1, Pages 248-252. October 2007.
 5. Conde, M.A., Muñoz Martín, C. y García, F.J. "M-LEARNING, TOWARDS U-LEARNING". In proceedings of IADIS International Conference Mobile Learning. ISBN: 978-972-8924-54-6. Vol. 1, Pages 196-200. April 2008.
 6. Conde, M.A., Muñoz Martín, C. y García, F.J. "Sistemas de Adaptación de contenidos para dispositivos móviles". In Proceedings of the IX Congreso Internacional de Interacción Persona - Ordenador. M. Lozano y J.A. Gallud (Eds.). ISBN: 978-84-691-3871-7. Pages 143-147, June 2008.
 7. Muñoz Martín, C., Conde, M.A., Reyero, J. y García, F.J. "OPEN SOURCE LMS CUSTOMIZATION - A Moodle Statistical Control Application". In proceedings WEBIST 4th International Conference on Web Information Systems and Technologies, ISBN: 978-989-8111-26-5. Vol 1, Pages 402-407, May 2008.
 8. Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M. J., Alier Forment, M. "Una Arquitectura Basada en Servicios para acercar las Aplicaciones Móviles a los LMS". In proceedings of the Conferencia IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2008. Lisboa, Portugal. F.M. Santoro, P. Isaías, J. M. Gutiérrez, (Eds.). IADIS Press. ISBN: 978-972-8924-72-0. Pages 51-58. December 2008.
 9. Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M. J., Alier, M. "Back and Forth: From the LMS to the Mobile Device. A SOA Approach". In Proceedings of the IADIS International Conference Mobile Learning

2009. Barcelona, Spain. I. Arnedillo Sánchez, P. Isaías (Eds.). IADIS Press. ISBN: 978-972-8924-77-5. Pages 114-120. February 2009.
10. Casany, M. J., Conde, M. Á., Alier, M., García-Peñalvo, F. J. "Applications of Service Oriented Architecture for the Integration of LMS and m-Learning Applications". In Proceedings of the Fifth International Conference on Web Information Systems and Technologies – WEBIST 2009. Lisboa, Portugal. J. Filipe, J. Cordeiro (Eds.). INSTICC Press. ISBN: 978-989-8111-81-4. Pages 54-59. March 2009.
11. Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M^a J., Alier, M. "Adapting LMS architecture to the SOA: an Architectural Approach". In Proceedings of the Fourth International Conference on Internet and Web Applications and Services – ICIW 2009. Venice/Mestre, Italy. M. Perry, H. Sasaki, M. Ehmann, G. Ortiz Bellot, O. Dini (Eds.). Los Alamitos, California, USA: IEEE Computer Society. ISBN: 978-0-7695-3613-2. Pages 322-327. May 2009.
12. Casany, M^a J., Alier, M., Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J. "SOA Initiatives for eLearning: A Moodle Case". In 23rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA 2009, Workshops Proceedings. The International Symposium on Mining and Web (MAW 2009). Bradford, United Kingdom. Los Alamitos, California, USA: IEEE Computer Society. ISBN: 978-0-7695-3639-2. Pages 750-755. May 2009.
13. García Peñalvo, F., J, Bravo Martín, S., Conde González, M. Á. "A Student-centered Learning Model Applied in an Introductory Software Engineering Course". In Proceedings of the 20th EAEEIE Annual Conference – Innovation in Educational for Electrical and Information Engineering (EIE). Valencia, Spain. J.-V. Benlloch-Dualde, F. Buendía-García (Eds.). CD Version. ISBN: 978-84-8363-428-8. June 2009.
14. Álvarez Rosado, N., Conde, M. Á., García, F. J. "CLAYMOBILE. Acceso a contenidos formativos a través de iPhone". In Proceedings of Interacción 2009 - X Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Barcelona, Spain. ISBN-13: 978-84-692-5005-1. September 2009.
15. Morales Morgado, E. M., Muñoz, C., Conde, M. Á., García Peñalvo, F. J. "Integración de la Herramienta de Evaluación de Objetos Didácticos

- de Aprendizaje Reutilizables (HEODAR) en Moodle”. In proceedings of the Conferencia Conjunta Ibero-americana sobre Tecnologías para el Aprendizaje (CclTA-2009). Mérida, Yucatán, México. Versión CD. July 2009.
16. Muñoz, C., Conde, M. Á., García Peñalvo, F. J. “Learning Objects Quality: Moodle HEODAR Implementation”. In Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective. Second World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2009, Chania, Crete, Greece. M. D. Lytras, E. Damiani, J. M. Carroll, R. D. Tennyson, D. Avison, A. Naeve, A. Dale, P. Lefrere, F. Tan, J. Sipior, G. Vossen (Eds.): Series: Lecture Notes in Artificial Intelligence. Subseries: Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer. Vol. LNAI 5736. ISSN: 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online). ISBN-13: 978-3-642-04753-4. ISBN-10: 3-642-04753-X. DOI: 10.1007/978-3-642-04754-1_10. Pages 88-97. September 2009.
17. Alier, M., Casany, M^a J., Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Severance, C. “Interoperability for LMS: The Missing Piece to Become the Common Place for Elearning Innovation”. In Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective. Second World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2009, Chania, Crete, Greece. M. D. Lytras, E. Damiani, J. M. Carroll, R. D. Tennyson, D. Avison, A. Naeve, A. Dale, P. Lefrere, F. Tan, J. Sipior, G. Vossen (Eds.): Series: Lecture Notes in Artificial Intelligence. Subseries: Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer. Vol. LNAI 5736. ISSN: 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online). ISBN-13: 978-3-642-04753-4. ISBN-10: 3-642-04753-X. DOI: 10.1007/978-3-642-04754-1_30. Pages 286-295. July 2009.
18. Conde, M. Á., Muñoz, C., García-Peñalvo, F. J. “eLearning 2.0: La revolución de los procesos de aprendizaje”. In eUniverSALearning-2008. Congreso Internacional de Tecnología, Formación y Comunicación. Proceedings of the II Congreso Internacional de Tecnología, Formación y Comunicación. Salamanca, España. F. J. García Peñalvo, A. M. Seoane Pardo, E. M. Morales Morgado (Eds.). CEUR Workshop Proceedings: Technical University of Aachen (RWTH), Germany, ISSN: 1613-0073, online <http://ceur-ws.org/Vol-562/paper1.pdf>. February 2010.

19. Muñoz, C., Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J. "Acceso a ROA a través de dispositivos móviles: Pocket SCORM". In eUniverSALearning-2008. Congreso Internacional de Tecnología, Formación y Comunicación. Proceedings of II Congreso Internacional de Tecnología, Formación y Comunicación. Salamanca, España. F. J. García Peñalvo, A. M. Seoane Pardo, E. M. Morales Morgado (Eds.). CEUR Workshop Proceedings: Technical University of Aachen (RWTH), Germany, ISSN: 1613-0073, online <http://ceur-ws.org/Vol-562/paper9.pdf>. February 2010.
20. Conde, M. Á., Gómez Aguilar, D. A., Pozo de Dios, A. del, García Peñalvo, F. J. "Moodle 2.0 Web Services Layer and Its New Application Contexts". In Technology Enhanced Learning: Quality of Teaching and Educational Reform. 1st International Conference, TECH-EDUCATION 2010, Athens, Greece. M. D. Lytras, P. Ordoñez de Pablos, D. Avison, J. Sipior, Q. Jin, W. Leal, L. Uden, M. Thomas, S. Cervai, D. G. Horner. (Eds.). Series: Communications in Computer and Information Science. Berlin, Heidelberg: Springer. Vol. CCIS 73. ISSN: 1865-0929 (Print) 1865-0937 (Online). ISBN-10: 3-642-13165-4. ISBN-13: 978-3-642-13165-3 (Print). Pages 110-116. May 2010.
21. Gómez-Aguilar, D. A., Conde-González, M. Á., Therón, R., García-Peñalvo, F. J. "Retrieval information model for Moodle data visualization". In Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010). Sousse, Tunisia. IEEE CS-Press. Product Number E4055. ISBN: 978-0-7695-4055-9. DOI: 10.1109/ICALT.2010.150. Pages 526-527. July 2010.
22. Conde, M. Á., García, F. J., Casany, M^a J., Alier, M. "Applying Web Services to define Open Learning Environments". In Twenty-First International Workshops on Database and Expert Systems Applications – DEXA 2010. Third International Workshop on Social and Personal Computing for Web-Supported Learning Communities – SPeL 2010. Bilbao, Spain. A. M. Tjoa, R. R. Wagner (Eds.). Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society. ISBN: 978-0-7695-4174-7. ISSN: 1529-4188. IEEE Computer Society Order Number P4174. BMS Part # CFP10136-PRT. DOI: 10.1109/DEXA.2010.36. Pages 79-83. August 2010.

23. Gómez Aguilar, D. A., Conde González, M. Á., Therón, R., García Peñalvo, F. J. “Modelo basado en Servicios Web para la Visualización de Moodle”. In proceedings of XI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador – Interacción 2010. In III Congreso Español de Informática. Valencia, Spain. J. L. Garrido, F. Paternò, J. I. Panach, K. Benghazi, N. Aquino (Eds.). Madrid: Ibergarceta Publicaciones S.L., ISBN: 978-84-92812-52-3. Pages 445-454. September 2010
24. Conde, M. Á., García Peñalvo, F. J., Casany, M^a J., Allier Forment, M. “Open Integrated Personal Learning Environment: Towards a New Conception of the ICT-Based Learning Processes”. In Proceedings Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research. Third World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2010, Corfu, Greece. M. D. Lytras, P. Ordoñez De Pablos, A. Ziderman, A. Roulstone, H. Maurer, J. B. Imber (Eds.): Series: Communications in Computer and Information Science. Berlin, Heidelberg: Springer. Vol. CCIS 111. ISSN: 1865-0929. ISBN-13: 978-3-642-16317-3. ISBN-10: 3-642-16317-3. Pages 115-124. September 2010.
25. Gómez Aguilar, D. A., Conde González, M. Á., García Peñalvo, F. J., Therón, R. “Improving Moodle-based eLearning through visual analysis, a case study”. In Proceedings of The CAL Conference 2011. Learning Futures: Education, Technology & Sustainability. Manchester UK. Abstract CD-ROM [O29.3]. Elsevier. April 2011.
26. Conde, M. Á., García, F. J., Casany, M^a J., Alier, M. “How to apply open learning environments to Software Engineering subject”. In Proceedings of the 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education. Amman, Jordan. M. E. Auer, A. Y. Al-Zoubi, E. Tovar (Eds.). IEEE. ISBN: 978-1- 61284-641-5. IEEE Catalog Number CFP11 EDU-CDR. Pages 703-711. April 2011.
27. Gómez-Aguilar, D. A., Conde-González, M. Á., Therón, R., García-Peñalvo, F. J. “Reveling the evolution of semantic content through visual analysis”. In Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2011). Athens,

- Georgia, USA. IEEE CS-Press. ISBN: 978-0-7695-4346-8. DOI 10.1109/ICALT.2011.141. Pages 450-454. July 2011.
28. Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Alier, M. and Casany, M. J. Merging Learning Management Systems and Personal Learning Environments. In Proceedings of the The PLE Conference 2011 Southampton, UK, ISSN. 2077-9119. July 2011.
 29. Gómez Aguilar, D. A., Conde-González, M. Á., Therón, R., García-Peñalvo, F. J. "Supporting Moodle-based lesson of Software Engineering through visual analysis". In Proceedings of XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador – Interacción 2011. Lisboa, Portugal. N. Garay, J. Abascal (Eds.). Madrid: Ibergarceta Publicaciones S.L. ISBN: 978-84-9281-234-9. Pages 319-328. September 2011.
 30. Gómez Aguilar, D. A., Conde-González, M. Á., Therón, R., García-Peñalvo, F. J. "Supporting Moodle-based lesson through visual analysis". In Human-Computer Interaction – INTERACT 2011, 13th IFIP TC 13 International Conference Proceedings, Part IV. Lisboa, Portugal. P. Campos, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque, M. Winckler (Eds.). Series: Lecture Notes in Computer Science. Berlín: Springer Verlag. VOL. LNCS 6949. ISSN: 0302-9743, e-ISSN: 1611-3349, ISBN: 978-3-642-23767-6, e-ISSN: 978-3-642-23768-3, DOI: 10.1007/978-3-642-23768-3. Pages 604-607. September 2011.
 31. Alier, M., Casañ, M. J., Piguillem, J., Galanis, N., Mayol, E., Conde, M. A. and Garcia, F. Integration of Google Docs as a collaborative activity within the LMS using IMS BasicLTI. In Proceedings of the Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research. Fourth World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2011. Mykonos, Greece, September, 2011. In press.
 32. Conde, M. A., Garcia, F., Casañ, M. J. and Alier, M. Personal Learning Environments and the integration with Learning Management Systems. In Proceedings of the Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research. Fourth World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2011. Mykonos, Greece, September, 2011. In press.

33. Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Alier, M. "Interoperability scenarios to measure informal learning carried out in PLEs". In Proceedings of the Third IEEE International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, IEEE INCoS 2011. Fukuoka, Japan. F. Xhafa, L. Barolli, M. Köppen (Eds.). Los Alamitos, CA, USA: IEEE CS Press. ISBN 978-0-7695-4579-0. IEEE Computer Society Order Number P4579. DOI 10.1109/INCoS.2011.104. Pages 801-806. December 2011.
- National conference proceedings
 1. Conde González, M. Á., Carabias González, J., Martín Moreno, R. M^a, González Pérez, I., García Peñalvo, F. J. "ClayNet 2.0 – Plataforma de Aprendizaje Basada en Portlets". In Proceedings of Virtual Campus 2006. V Encuentro de Universidades & eLearning. Held as part of Expoelearning 2006. Barcelona, Spain. F. J. García Peñalvo, J. Lozano Galera, F. Lamamie de Clairac Palarea (Eds.). Versión CD-ROM. ISBN 84-689-6289-9. Pages 163-171. March, 2006.
 2. Velasco, A., Carabias, J., Conde, M.Á., García, F.J. "ClayNet: Adaptación de contenidos en m-Learning". In Proceedings of I Jornadas en sobre Web Movil. Congreso Español de Informática, CEDI 2007. Zaragoza, Spain. E. Quesada, I. Marín, M. J. Fernández (Eds.). Thompson Editores Spain, S.A. ISBN: 978-84-9732-618-6. Pages 1-5. September 2007.
 3. Conde González, M.Á., García Peñalvo, F.J. "mLearning, de camino hacia el uLearning". In Avances en Informática y Automática. Salamanca, Spain. ISBN:978-84-612-1283-5. December 2007.
 4. Conde González, M. Á., Muñoz, C., García Peñalvo, F. J. "El mLearning y la revolución de los procesos de aprendizaje". In SPDECE 08: Proceedings of V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables. Salamanca, Spain. A. M^a Feroso García, A. Pedrero Esteban (Eds.). CD-ROM Version. ISBN 978-84-7299-811-7. October 2008.
 5. Conde González, M. Á., Del-Pozo-de-Dios, A., García-Peñalvo, F. J. "Moodle 2.0 y las nuevas plataformas de aprendizaje orientadas a servicios". In Proceedings 1er Taller sobre Ingeniería del Software en eLearning – ISELEAR 2010. Valencia, Spain. Celebrado en el marco del III Congreso Español de Informática (CEDI 2010). J. L. Sierra

- Rodríguez, A. Sarasa Cabezuelo (Eds.). Proceedings of Talleres de Ingeniería del Software y Bases de Datos, SISTEDES, Vol 4, Issue 3, Pages 45-56. ISSN 1988-3455. <http://www.sistedes.es/TJISBD/Vol-4/No-3/index.html>. September 2010.
6. García Peñalvo, F. J., Conde, M. Á., Bravo, S., Gómez, D. A., Therón, R. "Visual Analysis of a Moodle-based Object Oriented Programming Course". In Contenidos digitales para la educación. Diseño y evaluación. Proceedings del VIII Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Digitales para la Educación (SPDECE 2011). Ciudad Real, Spain. M. E. Prieto, V. H. Menéndez, S. J. Pech (Eds.). Ciudad Real: Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla La Mancha. ISBN 978-84-694-3771-1. Página 20. June 2011.
 7. Conde, M. Á., Álvarez Rosado, N., García Peñalvo, F. J. "Aplicación de procesos y técnicas de la Ingeniería del Software para la definición de una solución mLearning basada em HTML 5.0". In proceedings of 2º Taller sobre Ingeniería del Software en eLearning (ISELEAR'11). Madrid, Spain. J. L. Sierra Rodríguez, A. Sarasa Cabezuelo (Eds.). Madrid: Universidad Complutense de Madrid – Área de Ciencias Exactas y de la Naturaleza. Páginas 131-145. ISBN 978-84-694-7325-2. September 2011.

In addition, this PhD thesis has been carried out partly during a reserach visit with experts in the PLE concept specifically of the Bolton University. Specifically the research visit was carried out in the Institute of Educational Cybernetics (IEC) from the 13th of June till the 16th of September of 2011.

The PhD is also supported by the following granted research projects:

- "TRAILER (Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning ExpeRiences)", funded by the European Union, with reference 519141-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KA3MP. Main researcher: Dr. D. Francisco José García Peñalvo. From January 2012-December 2013.
- "OiPLE Project - Open Integrated Personal Learning Environment", funded by the Spanish Ministry of Science and Innovation, with reference TIN2010-21695-C02. Main researcher: Dr. D. Francisco José García Peñalvo. From January de 2010 – December 2012.

- “Learning Apps”, funded by the Ministry of Science and Innovation, with reference IPT-430000-2010-0012. Coordinated by TECSIDEL. From 2010 – 2012.
- “Development of a PLE for students of the subject: Software Engineering”, funded by the University of Salamanca, with reference ID11/014. Main researcher: D. Miguel Ángel Conde González. From June 2011 – May 2012.
- “Layers4Moodle”, funded by the Ministry of Industry, Energy and Turisim, with reference TSI-020302-2010-2. Coordinated by Padawan Software, S.L. From January 2010 – December 2011.
- “eLearning without barriers: New communication paradigms, services and interaction modalities for online-learning”, funded by the Regional Government of Castilla y León, with reference GR47. Main researcher: Dr. D. Joaquín García Carrasco [Dr. D. Antonio López Eire, † 2008]. From September 2008 – December 2010.
- "eLearning platform based on knowledge management, learning objects repositories and adaptive systems (KEOPS project)" funded by the Spanish Ministry of Science and Education, with reference TSI2005-00960. Main researcher: Dr. D. Francisco José García Peñalvo. From January 2006 – December 2008.

APÉNDICES

Apéndice A. – Herramientas utilizadas en los PLE

El presente apéndice hace una descripción de las principales herramientas que se utilizan para definir un PLE, así como aquellas que pueden incluirse en estos. En cuanto al primero de estos aspectos, en este apéndice se consideran los elementos que facilitan la agregación de herramientas como portales, contenedores, plataformas de aprendizaje, sistemas de portfolio, etc., y a su vez alguno de los formatos de representación de esas aplicaciones como los *widgets* y los *portlets*. En el segundo aspecto se aborda a través de un listado de posibles herramientas que se utilizan para definir los PLE.

1. Herramientas que se pueden utilizar para definir un PLE

En este apartado se consideran los diferentes modos en que se puede implementar un PLE y las funcionalidades que se estos pueden incluir. Además se describen las posibles herramientas a incluir en los PLE.

Algunas de las posibles formas de implementar los PLE son:

- **Portales web y contenedores.** De un tiempo a esta parte han aparecido multitud de portales web que están formados por aplicaciones de diferentes ámbitos. En estos portales el usuario registrado puede personalizar su página de inicio y determinar qué elementos mostrar. Además muchos de ellos proporcionan colecciones de aplicaciones así como soporte para el desarrollo de nuevos elementos en forma de *widgets* (aunque con otras muchas denominaciones como *gadgets*, *snippets*, etc.). Estos contenedores surgen con la intención de proporcionar medios para flexibilizar la personalización de las páginas web y facilitar la agregación de elementos de diferente naturaleza pero finalidad común. No fueron, por tanto, concebidos para su utilización en el ámbito educativo, aunque se están utilizando actualmente con ese cometido. A continuación se citan alguno de los más representativos:
 - *iGoogle* (<http://www.google.com/ig>). Se trata de un *software* que permite la creación de una página personalizada a partir de un buscador y un conjunto de *gadgets*. De esta forma el usuario puede definir su propio espacio con las herramientas que considere más adecuadas. Algunas experiencias respecto a la definición de PLE podría ser: Casquero y otros (2008), proponen PLE denominado *MeMeTeka*, basado en un prototipo a partir de *iGoogle* y un grupo de *widgets* específicos. Utilizan *gadgets* y *widgets Open social* para la parte social; Al-Zoube (2009), propone la definición de un PLE a partir de servicios de la nube y mediante el uso de *iGoogle* como herramienta integradora; o Hermans y Verjans (2009), que en la *Open University of the Netherlands* realizan varios pilotos de para comprobar el valor educativo de las *Google Apps*.
 - *My Yahoo* (<http://espanol.my.yahoo.com/>). Al igual que *iGoogle*, *MyYahoo* permite la definición de una página personalizada para el usuario donde es posible incluir Yahoo *widgets*. Varios autores la consideran como una página de agregación de contenidos susceptible de establecer una base para definir un PLE. (Al-Zoube, 2009; Godwin-Jones, 2009).

- *Windows Live* (<http://home.live.com>). Conocido anteriormente como *my.msn.com*, permite establecer una página personalizable base sobre la que se añaden aplicaciones (Godwin-Jones, 2009).
- *NetVibes* (<http://www.netvibes.com/es>). Portal web que permite personalizar páginas. Los usuarios pueden añadir sus *widgets*, *blogs*, sitios, redes sociales, motores de búsqueda, mensajería instantánea, sistemas de intercambio de fotos, vídeos, *podcast*, etc. Además, proporciona un sistema denominado *NetVibes Universe* en que los usuarios pueden configurar un “escritorio web” para compartirlo con otros usuarios. Permite la integración de *widgets* UWA. Varios autores consideran esta plataforma como una herramienta de integración y un candidato para el desarrollo de un PLE (Martindale & Dowdy, 2010; Tu et al., 2010) y existen evaluaciones a este respecto (Palmér et al., 2009; Torres et al., 2008).
- *Elgg* (<http://www.elgg.org/>). Motor para la generación de redes sociales que proporciona un *framework* robusto en el que construir todo tipo de entornos sociales, desde una red social a nivel de campus en la universidad, facultad o carrera, a una intranet para la organización. *Elgg* proporciona herramientas de *blog*, *ePortfolio*, gestión y etiquetado de recursos y redes sociales, especialmente orientadas hacia el ámbito educativo. Desde un punto de vista tecnológico se caracteriza por un modelo de datos potente y flexible, una API de intercambio de información que facilita la integración de herramientas y su correcto funcionamiento, una API para la generación de extensiones a través de *plugins*, aportar facilidades para la gestión de usuarios, gestionar individualmente los permisos de acceso a cada componente de forma individual y proporcionar un conjunto de conectores REST para hacer accesible la funcionalidad del portal a desarrollos basados en otras tecnologías. Se utiliza en multitud de PLE y existen iniciativas para la integración con LMS como *Moodle* con el que se comunica a través de MNET (sistema que proporciona la plataforma de aprendizaje, basado en XML-RPC). Principalmente, esta conexión facilita la inclusión de *Elgg* dentro de *Moodle* como un bloque y la exportación de las actividades corregidas a la herramienta de portfolio que este aporta. Los mayores inconvenientes son la dificultad para la inclusión de elementos del LMS y la falta de reporte de la actividad del estudiante en el entorno formal (Razavi & Iverson, 2006).

- *GoogleWave* (<http://wave.google.com>). Herramienta *online* que permite a sus usuarios comunicarse y colaborar en tiempo real. Se concibe con la idea de unir los servicios de *email*, mensajería instantánea, *wiki* y redes sociales y se enfoca especialmente hacia el aspecto colaborativo, con gran cantidad de aplicaciones y extensiones. Entre otras iniciativas en el ámbito de los PLE se puede observar como Palmer y otros (2009) lo evalúan muy positivamente en cuanto a las dimensiones funcionales que abarca y que Wilson y otros (2009) lo integran a través de *widgets* W3C y *Apache Wookie* (*Incubating*) con *Moodle*. Esta herramienta ha dejado de ser desarrollada y de estar disponible. *GoogleWave* se estuvo desarrollando hasta agosto de 2010, en abril de 2012 dicho *software* es aún accesible pero en modo de solo lectura.
- *Afrous* (<http://www.afrous.com/>). Se trata de una plataforma contenedora de aplicaciones que únicamente requieren del navegador. Permite la adición de servicios tanto de Internet como de intranets. Además facilita la integración de diferentes sistemas de información y en diferentes formatos. Su evaluación respecto a las dimensiones de los PLE es expuesta por Palmer y otros (2009).
- *G.ho.st* (*Global Hosted Operating System* - <http://ghost.cc/>). Servicio de *cloud computing* que ofrece un ambiente de trabajo que imita el escritorio clásico que ofrecen los sistemas operativos para ordenadores personales. Los usuarios pueden crear, guardar y volver a su entorno de trabajo desde cualquier PC y/o teléfono móvil. *G.ho.st* se llama a sí mismo "un ordenador virtual". Permiten entre otras funcionalidades: la integración de aplicaciones de terceros como *Google Docs*, *Thinkfree*, *Meebo* o *Zoho*; correo, calendario y contactos; almacenamiento de hasta 15 Gb; *widgets* de escritorio; soporte multi-idioma; sistema virtual de archivos, herramientas de sincronización; etc. Su evaluación respecto a las dimensiones de los PLE es expuesta por Palmér y otros (2009).
- *EyeOS* (<http://eyeos.org>) Es un servicio *cloud computing* en forma de escritorio virtual, libre y gratuito, basado en el estilo del escritorio de un sistema operativo. El paquete básico de aplicaciones incluidas por defecto, incluye toda la estructura de un sistema operativo y algunas aplicaciones de tipo *suite* ofimática como un procesador de textos, un calendario, un gestor de archivos, un sistema de mensajería, un navegador, una calculadora, etc. El paquete entero está autorizado bajo la licencia libre AGPL (*Affero GPL*).

Existe un sitio paralelo que proporciona aplicaciones externas para *eyeOS*, llamadas *eyeApps*. Es considerado como una herramienta de integración por varios autores (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009).

- **Widgets, Portlets y contenedores.** Los *widgets* no son un nuevo concepto en el mundo de la computación, aunque son un elemento fundamental para la definición de los PLE. Un *widget* es una aplicación individual para la visualización y/o actualización de información en entornos web. Se empaquetan de manera que su descarga e instalación en un sistema o un dispositivo móvil sean sencillas. Un *widget* puede funcionar de forma independiente del contexto aunque normalmente aparecen embebidos en diferentes entornos.

Deben mencionarse, también dentro de esta familia de mini-aplicaciones, los *Java Portlets* como elementos web reusables con características de interoperabilidad entre herramientas de distintos contextos y portales, y que se usan embebidos en contenedores de *portlets* (Lawa, Müllerb, & Nguyen-Ngoca, 2009).

Estas mini-aplicaciones deben ser representadas en contextos concebidos para ello, como son los contenedores. En ellos, el usuario puede combinar diferentes tipos de herramientas con lo que se facilita la definición del modelo de PLE. A continuación se menciona alguno de los más representativos:

- *Apache Wookie (Incubating)* (<http://incubator.apache.org/wookie>). Se trata de un servidor de aplicaciones independiente que gestiona *widgets* W3C. Consta de una arquitectura basada en REST. El servidor *Wookie* proporciona en torno a 16 *widgets* nativos en su distribución inicial y soporta la mayoría de los *widgets* W3C. *Wookie* no se ha diseñado específicamente para su integración con herramientas de *eLearning*, aunque los *widgets* W3C pueden ser integrados en diferentes plataformas de aprendizaje. De hecho existen integraciones para *Moodle*, *LAMS*, *Elgg*, *Wordpress*, *Drupal*, *JetSpeed*, etc. (Alario-Hoyos & Wilson, 2010). En cuanto a su uso escenarios relativos a PLE puede considerarse la experiencia de Wilson y otros (2009) en la que integran *Wookie* en *Moodle* y lo extienden para dar soporte a *widgets* de *Google Wave*.
- *Apache Shindig* (<http://shindig.apache.org/>). Implementación de referencia de *Open Social* que facilita el alojamiento de ese tipo aplicaciones de forma fácil y rápida. Dicha implementación facilita el uso

de *gadgets* y el manejo de peticiones REST y RPC. Entre otros, puede combinarse con *Wookie* para definir entornos más completos y personalizados de aprendizaje (Alario-Hoyos & Wilson, 2010; Wilson et al., 2008).

- *Liferay* (<http://www.liferay.com/>). Es un portal de gestión de contenidos de código abierto escrito en Java. Se usa principalmente para la definición de portales colaborativos como pueden ser comunidades, redes sociales, intranets, extranets, etc. Se trata de un contenedor de *portlets* según las especificación JSR 168 (SUN, 2003b). Ha sido utilizado en iniciativas de entornos personalizados de aprendizaje como PLEX en su versión de servidor (University-of-Bolton, 2005).
- **Plataformas de aprendizaje.** Otras herramientas que no han sido diseñadas para su consideración como PLE pero pueden dar soporte a ello son las plataformas de aprendizaje. Dichas plataformas pueden convertirse en entornos personalizados de aprendizaje bien por un rediseño o por alguna estrategia de integración de herramientas 2.0. Wilson (2007) comenta algunas de estas estrategias como la integración en los LMS de especificaciones de interoperabilidad o de herramientas 2.0 en sí. Herman y Verjans (2009) consideran también algunas posibilidades de integración basadas en la presencia en medios sociales, en el uso de las herramientas 2.0 a la vez que los LMS y en la creación de espacios personalizados dentro de ellos. A continuación se describen los medios que las plataformas proporcionan para poder hacer esto y algunas de las iniciativas contempladas.
 - *Moodle*. Es una de las plataformas de aprendizaje de mayor aceptación en el mercado actual debido a su potencialidad y facilidad de evolución entre otras razones (Casany et al., 2009a; Cole & Foster, 2007; Molist, 2008). Al igual que otras plataformas, *Moodle* facilita puntos de extensión en forma de bloques y *plugins*, sin embargo esto se vuelve un poco rígido debido a que hay que seguir ciertas normativas estructurales de la plataforma. En sus últimas versiones se encuentra disponible un sistema de conexión y sincronización denominado *Moodle Network* y basado en XML-RPC, con él se facilita la integración de ciertas aplicaciones, como *Mahara* (Sclater, 2008) o *Elgg* (Razavi & Iverson, 2006). En Noviembre de 2010 se publicó *Moodle 2.0* que facilita una arquitectura de servicios web para la conexión con la plataforma (Conde et al., 2010b), así como otros mecanismos como

puede el repositorio, que permite la integración de repositorios externos mediante el uso de una API abierta y un sistema de *plugins*.

En cuanto a experiencias de integración de herramientas en *Moodle* para su uso como PLE, además de las ya mencionadas de *ELGG* y *Mahara*, pueden citarse: la integración de *Wookie* y *Google Waves* con *Moodle* (Wilson et al., 2009); la exportación de información en *iGoogle* que plantean Casquero y otros (2008); la arquitectura de PLE planteada por Peret, LeRoy y Lêpretre (2010), que considera la integración de *Moodle* y *Coppercore* entre otras herramientas y la integración de herramientas personalizadas de visualización de logros a partir de capas de análisis semántico de los *log* (Verpoorten et al., 2009).

- *Blackboard* (<http://www.blackboard.com/>). *Software* para la creación de un entorno de enseñanza-aprendizaje en red. *Blackboard Learn* permite a las instituciones educativas crear y alojar cursos en Internet, tanto cursos *online* como de apoyo a la docencia presencial tradicional. *Blackboard* ofrece un núcleo de alto rendimiento, gestión sencilla y estabilidad, pero ofrece a la vez flexibilidad y libertad para configurar y ampliar la plataforma. Esta estructura se basa en una arquitectura abierta que permite a sus clientes complementar la experiencia educativa en línea a través de la extensión la funcionalidad de sus productos o su integración con otros sistemas. Estos recursos se conocen como *Extend Blackboard Learn* para cuyo desarrollo, bajo las premisas de “abierto” y “desarrollo colaborativo” se crea *Blackboard Developers Network*, comunidad basada en estándares abiertos y servicios web. Dicha tecnología permite a los programadores en las instituciones académicas desarrollar libremente personalizaciones e integraciones que mejoran sus implementaciones y también ponerlas a disposición de todo el mundo. Entre esos mecanismos de integración y exportación están los *Blackboard Building Blocks* (un medio fácil y flexible de construir herramientas y *plugins* para *Blackboard*) y los *Powerlinks* (herramienta que permite establecer interfaces con aplicaciones externas a *Blackboard*, se proporcionan servicios web para diferentes áreas como pueden ser usuarios, cursos, mail, calendario, tareas, notas, etc.) (Godwin-Jones, 2009; Severance et al., 2008).

Cualquiera de estas extensiones permite la inclusión de herramientas y por tanto la generación de un PLE. Pueden mencionarse como ejemplos prácticos el uso de *Blackboard Sync*, que facilita información del LMS en *Facebook* (Torres et al., 2008). En concreto se le aporta información al estudiante acerca de noticias de sus cursos, notificaciones de nuevo material disponible y contenido posteo, notificaciones sobre nuevas notas publicadas, listados y mapas organizativos del curso; asimismo se le proporciona al usuario la posibilidad de establecer comunicación a través de *Facebook* con los compañeros del campus.

- *Sakai* (<http://sakaiproject.org>). Este proyecto tiene su origen en las universidades de Michigan e Indiana, a las que se unieron el MIT (*Masachussetts Institute of Technology*) y la Universidad de Standford, junto a la Iniciativa de Conocimiento Abierto OKI y el consorcio uPortal. *Sakai* es un *framework* de aplicaciones orientadas al ámbito educativo y de investigación basadas en *Java* y orientadas a servicios; un entorno flexible, confiable, interoperable y extensible. Actualmente el proyecto consta de dos productos principales un Entorno de Aprendizaje Colaborativo y un Entorno Académico Abierto. El primero de ellos da soporte a la enseñanza, aprendizaje, investigación y colaboración; consta de un sistema de gestión de procesos de aprendizaje, de gestión de colaboración, gestión de proyectos y *ePortfolio*. El segundo se refiere a un nuevo entorno de aprendizaje personalizado, social, abierto y en el que el usuario tiene un papel protagonista.

En cuanto a su construcción e interacción con otros sistemas debe considerarse que *Sakai* ofrece una API de servicios web (Dagger et al., 2007), se ha utilizado como base para especificaciones de interoperabilidad como las provistas por OKI.

- *.LRN* (<http://openacs.org/projects/dotlrn/>). Comunidad global de educadores, diseñadores y desarrolladores de *software* agrupados para conducir la innovación en el ámbito de la educación. Se trata de un *software* que facilita la colaboración y gestión de clases a través de Internet. Está basado en la plataforma de gestión de comunidades virtuales *OpenACS*. *.LRN* es una plataforma potente, escalable y flexible que puede soportar un alto número de usuarios. Esta plataforma está abierta a la incorporación de servicios web, a través del GSI (*Generic*

Service Integration) Supporting Architecture diseñada para extender .LRN y que facilitara la integración de herramientas y la generación de entornos personalizados de aprendizaje como demuestran experiencias como las de De la Fuente-Valentín y otros (2008).

- *Desire2Learn* (<http://www.desire2learn.com/>). Empresa privada que proporciona una *suite* de *eLearning* que incluye una plataforma de aprendizaje utilizada en colegios, facultades, universidades, escuelas virtuales, instituciones, asociaciones y organizaciones. Tiene especial importancia al ser compatible con iniciativas de interoperabilidad con lo que es potencialmente usable como plataforma base de un entorno personalizado de aprendizaje (Alario-Hoyos & Wilson, 2010).

Cualquiera de las plataformas anteriores da soporte a implementaciones de IMS BLTI con lo que se facilita la integración y la generación de entornos personalizados de aprendizaje.

- **Sistemas de portfolio.** Como ya se ha mencionado con anterioridad diferentes autores mencionan los portfolios digitales como los antecesores o la base sobre la que deben asentarse los PLE. Los sistemas de *ePortfolio* proporcionan una guía de evidencia al estudiante para reflejar los logros, actitudes y destrezas que este obtiene a largo de su vida. Las plataformas de *ePortfolio* facilitan herramientas para realizar este registro, gestionarlo, exportarlo en diferentes formatos, etc. Los *ePortfolios* pueden utilizarse como base para los PLE si son capaces de incorporar herramientas para la gestión del aprendizaje, la socialización y la personalización. A continuación se citan algunos ejemplos:
 - *Mahara* (<http://mahara.org>). Se trata de un sistema de código abierto para la gestión de *ePortfolios* que consta de un *framework* de visualización flexible controlado a través de un sistema de gestión de roles. También proporciona *blogs*, redes sociales, conexión y creación de comunidades virtuales, etc. (Attwell, 2007a). Respecto a su interoperabilidad con sistemas de aprendizaje que faciliten la definición entornos de aprendizaje personalizados debe mencionarse la integración con *Moodle* gracias a la tecnologías Moodle Network basada en XML – RPC (Razavi & Iverson, 2006; Sclater, 2008).
 - *MyStuff* (<http://mystuff.anniesland.ac.uk/>). Sistema de gestión de *ePortfolios* desarrollado por la *Open University of the Netherlands*. Se trata de un sistema que define una guía de evidencia para delimitar el

alcance del estudiante. Este sistema se integra plenamente en *Moodle*, lo que facilita la definición de un entorno personalizado de aprendizaje (Sclater, 2008).

- **Entornos sociales.** Los entornos sociales son herramientas 2.0. que han tenido una enorme aceptación en distintos contextos. Si se considera el *eLearning* las redes sociales y comunidades virtuales tienen especial relevancia en lo que se consideran entornos informales. Existen algunas iniciativas de definición de entornos personalizados de aprendizaje que utilizan algunas de estas herramientas aunque una de las más representativas por su importancia y uso es *Facebook*:
 - *Facebook* (<http://www.facebook.com>). Se trata de uno de los sitios web sociales más populares en todo el mundo, con millones de usuarios conectados entre sí. *Facebook* proporciona una API que permite su extensión y la incorporación de herramientas, como se demuestra en con *Blackboard Sync* previamente mencionado. *Facebook* puede utilizarse como un PLE. Entre sus ventajas, que muchos de los potenciales usuarios ya la han utilizado y su atemporalidad, como inconvenientes que la gente difícilmente la asocia a entornos de aprendizaje (Torres et al., 2008).
- **Otros.** Otro tipo de herramienta utilizadas para definir PLE aunque no definidas inicialmente para ello:
 - *Flock* (<http://flock.univision.com/>). Es un navegador basado en *Firefox* que ofrece una integración completa con diferentes redes sociales así como con herramientas de *blog*. También recoge información de noticias, permite compartir textos, fotos y videos y está integrado con repositorios fotos y enlaces. Requiere de una instalación por parte del cliente (Torres et al., 2008).

2. Herramientas a incluir en un PLE

En cuanto a las aplicaciones a incluir en un PLE son muchas y muy variadas, a continuación se citan algunas según el trabajo de varios autores (Adell & Castañeda, 2010; Downes, 2006; Godwin-Jones, 2009; Milligan, 2006; Torres et al., 2008; Wilson, 2008). Es evidente que en este listado no están todas las herramientas que se incluyen en los PLE aunque si algunas de las más representativas, téngase en cuenta, además, que algunas de las herramientas son de tipo web y otras instalables en PLE. El listado se presenta ordenado alfabéticamente y de cada herramienta se aporta una

URL y una breve descripción:

- *43Things* (<http://www.43things.com/>). Es una herramienta de creación de redes sociales asentada en los principios del etiquetado en lugar de en la creación de links interpersonales explícitos. Permite la vinculación entre usuarios con objetivos similares.
- *AGREGA* (<http://www.proyectoagrega.es>). Es una federación de repositorios de contenidos digitales educativos, donde docentes, alumnado y familias pueden buscar, visualizar y descargar material educativo digital.
- *AOL Instant Messenger* (<http://www.aim.com/>). Cliente de mensajería instantánea con soporte a cuentas de diferentes proveedores como *Yahoo*, *Google*, *Facebook*, *Hotmail*, etc.
- *BaseCamp* (<http://basecamp.com/>). *Software* para la gestión colaborativa de proyectos *online*, incluye gestores de tareas, gestión de puntos críticos, gestión de tiempos, mensajería interna, etc.
- *BBC Repository* (<http://www.bbc.co.uk/>). Repositorio de noticias, videos, contenidos, etc.
- *Blip* (<http://blip.tv>). Es un servicio de vídeos compartidos diseñado para los creadores de contenidos generados por usuarios. *Blip* provee a los creadores de contenidos en vídeo alojamiento web gratuito, soporte a una gran variedad de formatos, distribución mediante tecnologías como RSS y la ordenación de contenidos por episodios.
- *Blog Quiz* (<http://www.blogquiz.net/>). Herramienta para la definición de cuestionarios para ser incluidos en los *blog*, consta de una colección de cuestionarios de gran aceptación.
- *Blogg* *RSS* *Feed* *Reader* (<http://www.facebook.com/apps/application.php?id=5315590686>). Aplicación *Facebook* que permite incluir un *blog* o las RSS de un *blog* en la página de perfil de *Facebook*.
- *Blogger* (<http://www.blogger.com>). Sitio Web que permite crear *blogs*, cuyos contenidos son publicados en una URL personalizada para el usuario.
- *Bloglines* (<http://www.bloglines.com/>). Agregador web de noticias que permite formatos Atom y RSS.
- *Box.net* (<http://www.box.net/>). Herramienta para compartir archivos *online*.
- *CMapTools* (<http://cmap.ihmc.us/>). Herramienta para crear, compartir, comentar y gestionar conocimiento a través de mapas mentales.

- *Colloquia* (www.colloquia.net/). Herramienta que proporciona soporte a modelos de aprendizaje basados en actividades e interacción, mantiene información acerca de los actores involucrados, recursos y actividades.
- *Delicious* (<http://www.delicious.com/>). Es un servicio de gestión de marcadores sociales en web. Permite agregar los marcadores que clásicamente se guardaban en los navegadores y categorizarlos con un sistema de etiquetado denominado *folksonomías* (*tags*). No sólo puede almacenar sitios webs, sino que también permite compartirlos con otros usuarios y determinar cuántos tienen un determinado enlace guardado en sus marcadores. En Diciembre de 2010 se ha conocido la puesta en venta de este servicio.
- *Diigo* (<http://www.diigo.com/>). Herramienta web para la creación de notas personales, anotaciones sobre páginas web o contenidos de éstas, compartir esas anotaciones, clasificarlas, etc.
- *Dropbox* (<http://www.dropbox.com/>). Herramienta online para gestión de archivos que permite compartirlos con otros usuarios.
- *Drupal* (<http://drupal.org>). CMS utilizado en el ámbito de los PLE para la publicación de contenidos.
- *Dukabuzz* (<http://jaduka.com/>). Permite que los visitantes de una web puedan dejar comentarios de audio que puedan ser escuchados por el resto de los usuarios de la misma.
- *Evernote* (<http://www.evernote.com/>). Herramienta web que permite la creación de anotaciones que incluyan textos, videos, fotos, *links*, mapas, etc. Se permite clasificar anotaciones, compartirlas, comentarlas, etc. Puede accederse vía web o a través de dispositivos móviles.
- *Feedjit* (<http://feedjit.com/>). Ofrece *widgets* para dar seguimiento y localizar visitantes de espacios web. La información recuperada es visualizada por el usuario desde su propio espacio y se le proporcionan datos y estadísticas.
- *Flickr* (<http://www.flickr.com/>). Sitio web que permite almacenar, ordenar, buscar, vender y compartir fotografías y vídeos en línea. Tiene además un espacio de comunidad *online* en torno a las fotos.
- *FriendFeed* (<http://friendfeed.com/>). Agregador de publicaciones de diferentes ámbitos como entornos sociales, comunidades virtuales, *blogs* etc. Soporta los formatos Atom y RSS. Además permite compartir comentarios, vídeos, fotos, etc.

- *Google Calendar* (<http://calendar.google.com>). Herramienta *online* para gestionar agendas. Permite compartir calendarios entre varias personas, invitación a eventos, comentarios, etc.
- *Google Docs* (<http://docs.google.com>). Herramienta *online* para crear, editar y compartir documentos de diferentes tipos como documentos de texto, presentaciones, hojas de cálculo, HTML, etc.
- *Google Maps* (<http://maps.google.com>). Herramienta *online* que ofrece mapas de diferentes países, permite localizar determinadas ubicaciones, compartir mapas, buscar y posicionar empresas, aportan representaciones visuales a partir de imágenes de puntos determinados, definir itinerarios para llegar a uno u otro punto, etc.
- *Google Reader* (<http://www.google.com/reader>). Agregador *online* de noticias con soporte para RSS y Atom.
- *Google Sites* (<http://sites.google.com>). Herramienta *online* para la creación de páginas web y para compartir su contenido con otros usuarios.
- *Google Scholar* (<http://scholar.google.com>). Motor de búsqueda de contenidos académicos.
- *Hi5* (<http://hi5.com/>). Sitio web social.
- *iChat* (<http://www.apple.com/macosx/what-is-macosx/ichat.html>). Cliente de mensajería interna integrado en macOS.
- *iTunes U* (<http://www.apple.com/es/education/itunes-u/>). iTunes U es un potente sistema para distribuir clases, cursos de idiomas, películas, prácticas de laboratorio, audiolibros y exposiciones. En suma, una forma innovadora de dar acceso a los estudiantes a todo tipo de contenidos didácticos.
- *LAMS* (<http://www.lamsinternational.com/>). Es una herramienta para el diseño, gestión y envío online de tareas de aprendizaje colaborativas. Se incluyen tareas individuales, grupos pequeños y actividades para toda la clase basadas en la colaboración y el contenido. Estas herramientas son integrables en la mayoría de LMS del mercado actual.
- *LastFM* (<http://www.lastfm.es/>). Repositorio musical y sistema para la audición de radio que además incluye fotos, vídeos, opiniones, estadísticas, biografías, etc. El usuario puede hacer búsquedas, opinar, compartir, etc.
- *LinkedIn* (<http://www.linkedin.com/>). Red social de ámbito profesional.
- *LiveJournal* (<http://www.livejournal.com/>). Plataforma para la publicación, agregación y compartición de contenidos. Puede decirse que se encuentra entre un sistema de publicación de contenidos y una red social.

- *MediaFire* (<http://www.mediafire.com/>). Herramienta para gestionar y compartir archivos en Internet.
- *MERLOT* (<http://www.merlot.org>). Repositorio de recursos gratuitos de aprendizaje.
- *MSN Messenger* (<http://www.msn.com>). Cliente de mensajería.
- *MyOffice* (<http://myoffice.deloitte.es/>). Solución web que le permite organizar y controlar, en todo momento, todas las fases de un proyecto y su ejecución; visualizar, cuando lo desee, todas las actividades, y agilizar el trabajo del equipo de proyectos.
- *Ning* (<http://www.ning.com/>). Plataforma Web de servicios para la creación de redes sociales de carácter individual o de interés colectivo, muy útil y de fácil gestión.
- *OpenOffice* (<http://es.openoffice.org/>). Suite ofimática gratuita.
- *PBWiki* (<http://pbworks.com/>). Sistema wiki de gestión educativa y empresarial. La comunidad comparte y colabora en la creación de materiales. La plataforma cuenta con herramientas de acceso y subscripción a servicios.
- *Picasaweb* (<http://picasaweb.google.com>). Software para almacenar, publicar, compartir, etiquetar, comentar, buscar, comprar imágenes en la web.
- *Podsonoro* (<http://www.podsonoro.com/>). Red social de oyentes de *podcast* y radio *online*, que permite compartir, publicar y recomendar *podcast* y canales de radio.
- *RememberTheMilk* (<http://www.rememberthemilk.com/>). Sistema para la gestión de tareas, eventos y avisos; integrable con diferentes elementos y accesible desde todo tipo de dispositivos.
- Repositorios *Open Course Ware*. Repositorios de contenidos abiertos generalmente provistos por las universidades, por ejemplo: <http://ocw.usal.es/>
- *ScripDB* (<http://www.scribd.com/>). Sitio Web que permite la creación y publicación de documentos en formatos fácilmente integrables en otros entornos.
- *SimplyRSS* (<http://www.facebook.com/apps/application.php?id=4915599711>). Aplicación de Facebook que permite integrar noticias al perfil de usuario.
- *Slideshare* (<http://www.slideshare.net/>). Servicio para compartir y distribuir presentaciones sobre diversos temas.
- *Sunbird* (<http://www.mozilla.org/projects/calendar/sunbird/>). Aplicación basada en el módulo de calendario de Mozilla y que permite gestionar funciones de

agenda, lista de tareas y calendario con alarmas.

- *SynchroEdit* (<http://www.synchroedit.com/>). Editor multiusuario basado en navegador web. Permite que múltiples usuarios editen un documento web al mismo tiempo, y que proporciona sistemas de sincronización de cambios de cara a que todos los usuarios tengan el mismo documento.
- *TaDaList* (<http://tadalist.com/>). Herramienta web con una lista de tareas por hacer.
- *TeacherTube* (<http://www.teachertube.com/>). Directorio de vídeos educativos de finalidad instruccional compartidos por la comunidad de educadores que valoran y etiquetan el material.
- *Technorati* (<http://technorati.com/>) Motor de búsqueda especializado en *blogs* que permite la indexación de *blogs* etiquetados por la comunidad de usuarios.
- *Twitter* (<http://twitter.com/>). Sitio web de *microblogging* que permite a sus usuarios enviar y leer micro entradas de texto de una longitud máxima de 140 caracteres denominados *tweets*.
- *Vimeo* (<http://vimeo.com/>). Red social basada en vídeos, que permite compartir almacenar, comentar y clasificar este tipo de recursos.
- *Wikipedia* (<http://www.wikipedia.org>). La gran enciclopedia de Internet de contenido libre, redactada y evaluada por los usuarios de manera cooperativa desde diversas partes del mundo en más de 200 idiomas. Las contribuciones están publicadas bajo la licencia de documentación libre GNU.
- *Wikispaces* (<http://www.wikispaces.com/>). Es una herramienta colaborativa para la creación y edición de sitios web, en la que un grupo de personas de manera cooperativa crean y difunden contenido.
- *Wordpress* (<http://www.wordpress.com>). *Software* de código abierto para la creación y hospedaje de *blogs*.
- *WriteBoard* (<http://writeboard.com/>). Entorno de trabajo para crear documentos de forma colaborativa. Los documentos generados pueden guardarse en formato *.txt* y enviarse por correo electrónico.
- *Xing* (<http://www.xing.com/>). Red social para profesionales en 16 idiomas, útil para gestionar contactos y establecer relaciones comerciales. Proporciona diagramas visuales de conexión que facilitan la comprensión de la red.
- *YouTube* (<http://www.youtube.com>). Servicio para publicar, administrar, clasificar, calificar, compartir y comentar vídeos *online*.
- *Zoho* (<http://www.zoho.com/>). Catálogo de aplicaciones web para su utilización en diferentes situaciones y contextos.

Un ejemplo de PLE que usa herramientas de este listado puede ser el de la Figura 130.

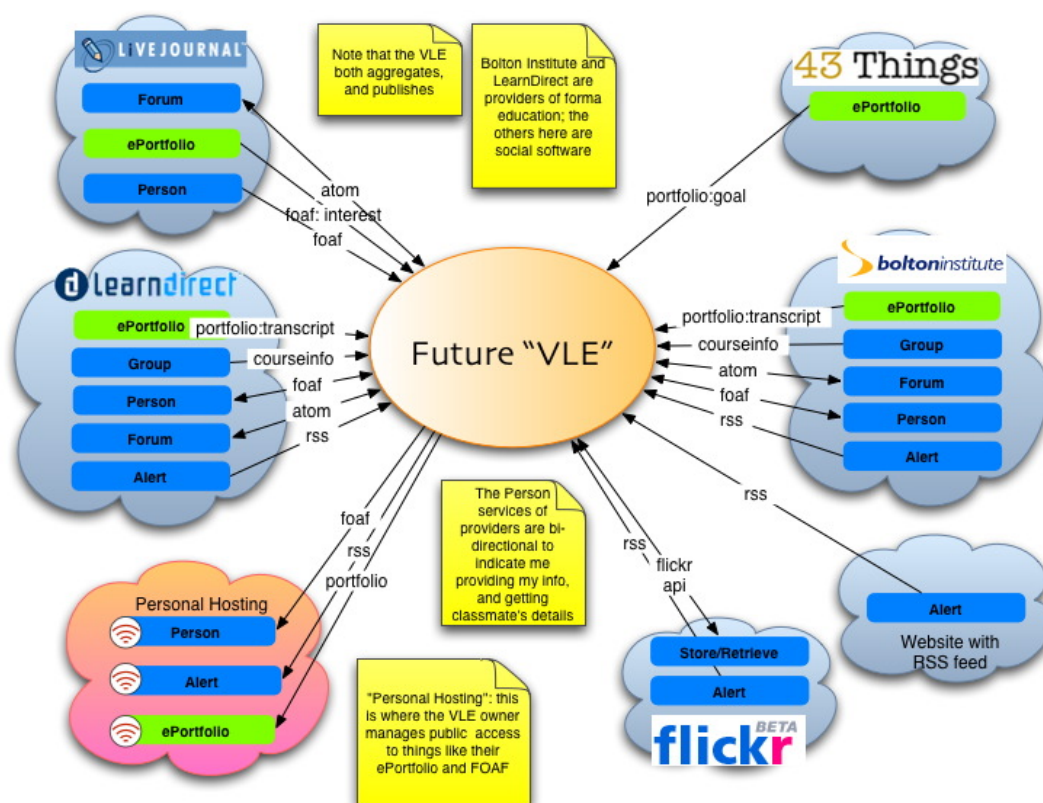


Figura 130. – Posible ejemplo de un PLE por Scott Wilson.
<http://zope.cetis.ac.uk/members/scott/blogview?entry=20050125170206>

Apéndice B. – Diagramas de soporte a framework de servicios

El presente apéndice recoge algunos diagramas que sirven como soporte al *framework* de servicios planteado en el Capítulo 5. Durante dicho apartado apartado no se mostraron todos los diagramas disponibles para facilitar la lectura, con lo que aquí se incluyen el resto. Dichos diagramas se dividen en diagramas que complementan la descripción de la capa de servicios web de *Moodle* y diagramas que complementan cada uno de los escenarios.

1. Servicios Web de Moodle

De cara a complementar la descripción que se ha hecho de los servicios web de *Moodle* en la Figura 59 se describen los diagramas de contrato de cada servicio de forma similar a como se describe el del foro (Figura 60). Además, se incluyen aquí el resto de diagramas de los mensajes de ese contrato (Figura 62) como ejemplo de los mensajes que pueden darse en estos contratos.

1.1. Contratos de Servicios Web

En este apartado se muestran los contratos web de los servicios de *Moodle* descritos anteriormente sin incluir el de Foro.

La Figura 131 muestra el diagrama de contrato para el Servicio de Autenticación (*Authentication*), con su interfaz correspondiente que únicamente incluye un método para recuperar el *token*.

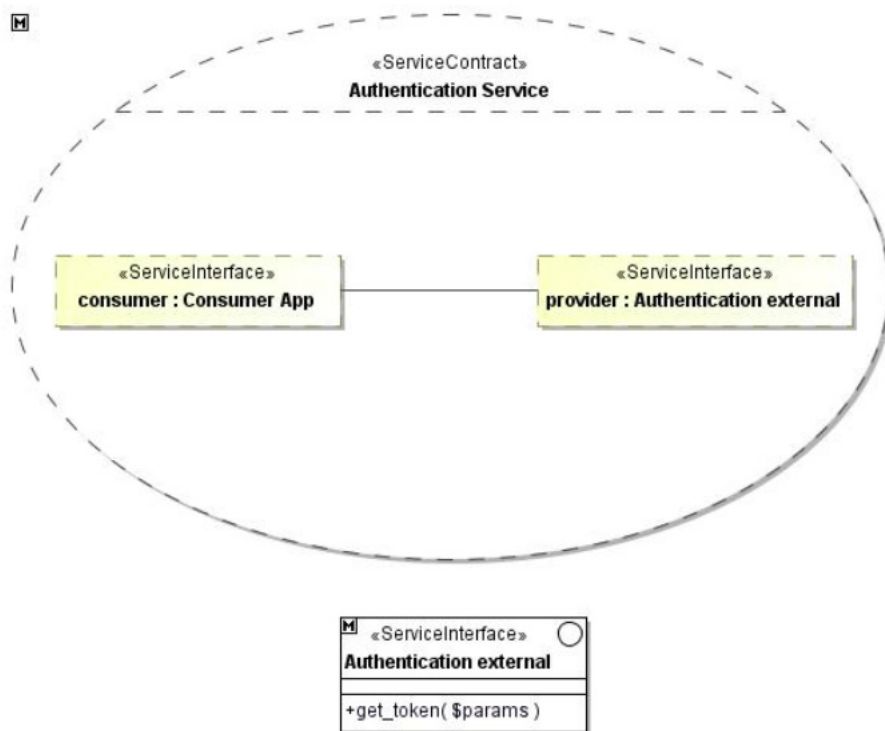


Figura 131. – Diagrama de contrato del Servicio Autenticación (*Authentication*)

La Figura 132 muestra el diagrama de contrato del servicio de *Blog*, que incluye en su interfaz los métodos para crear, recuperar, actualizar y eliminar entradas en el *blog*.

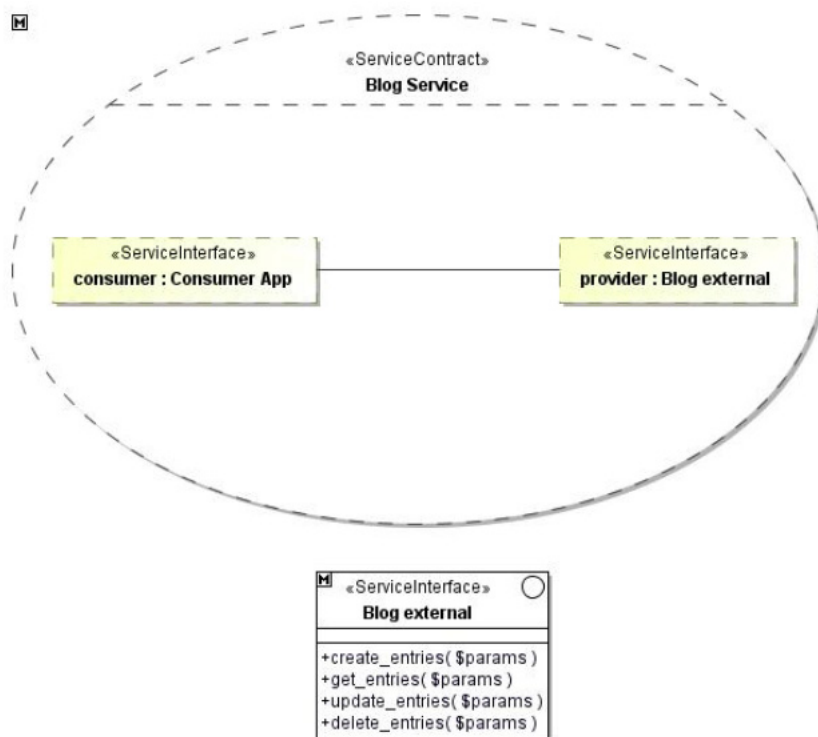


Figura 132. – Diagrama de contrato para el Servicio de *Blog*

La Figura 133 muestra el diagrama de contrato del servicio de Calendario (*Calendar*), que incluye en su interfaz los métodos para crear, recuperar, actualizar y eliminar eventos.

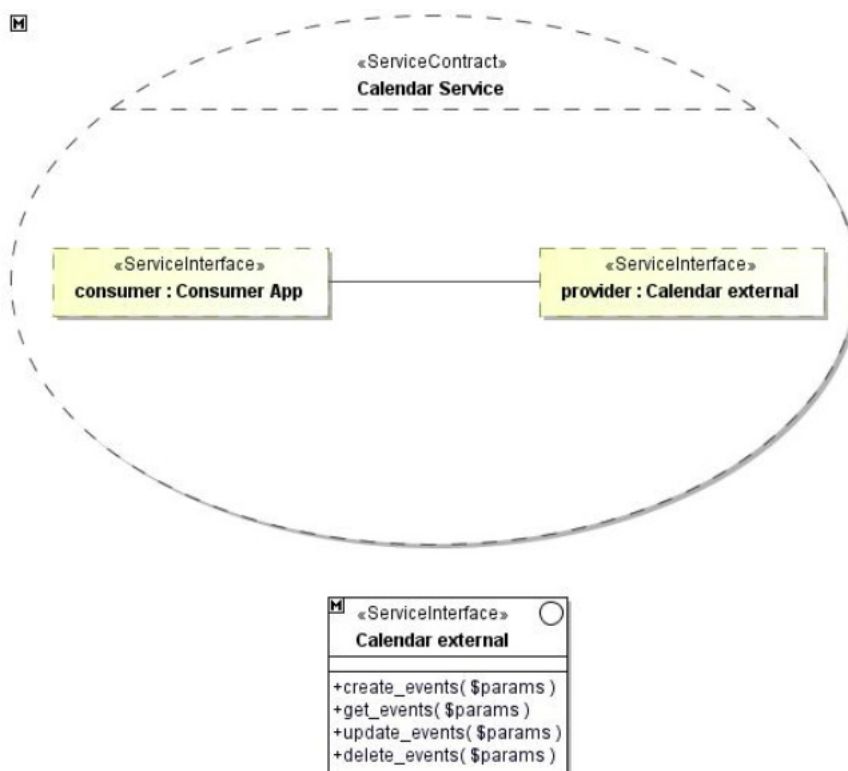


Figura 133. – Diagrama de contrato del Servicio de Calendario (*Calendar*)

La Figura 134 muestra el diagrama de contrato del servicio de Curso (*Course*), que incluye en su interfaz los métodos para crear curso, crear categorías de curso, recuperar cursos, categorías de curso y los elementos que los componen (módulos, actividades y recursos), actualizar cursos y categorías y eliminar cursos y categorías.

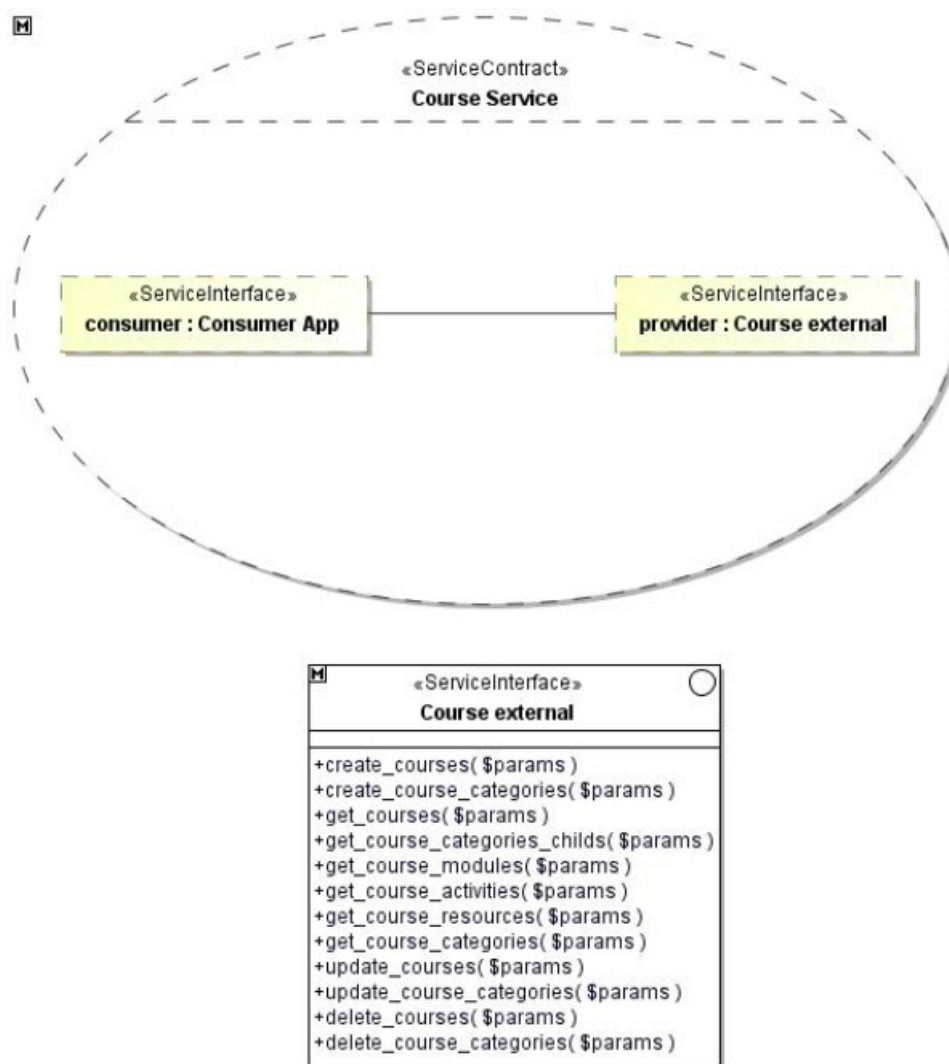


Figura 134. – Diagrama de contrato para el Servicio de Curso (*Course*)

La Figura 135 muestra el diagrama de contrato del servicio notas (*Grade*), que incluye en su interfaz los métodos para crear, recuperar, actualizar y eliminar notas y los elementos relativos a la gestión de las mismas (categorías, ítems, resultados, escalas, preferencias, etc.).

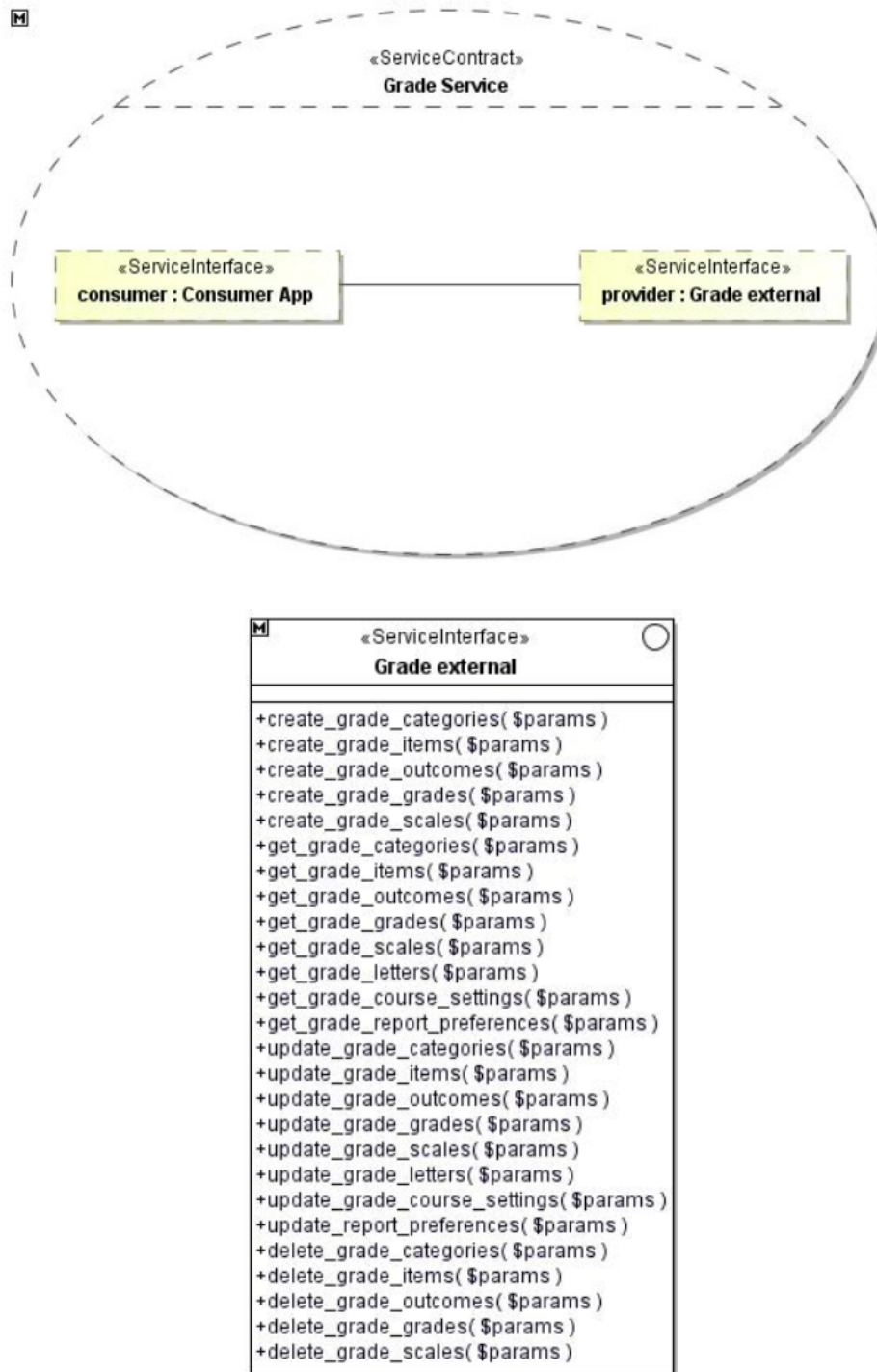


Figura 135. – Diagrama de contrato del Servicio de Notas (*Grade*)

La Figura 136 muestra el diagrama de contrato del servicio grupos, que incluye en su interfaz los métodos para gestionar los grupos, recuperar miembros del grupo, comprobar si una persona pertenece al grupo y asignar y desasignar individuos a estos grupos.

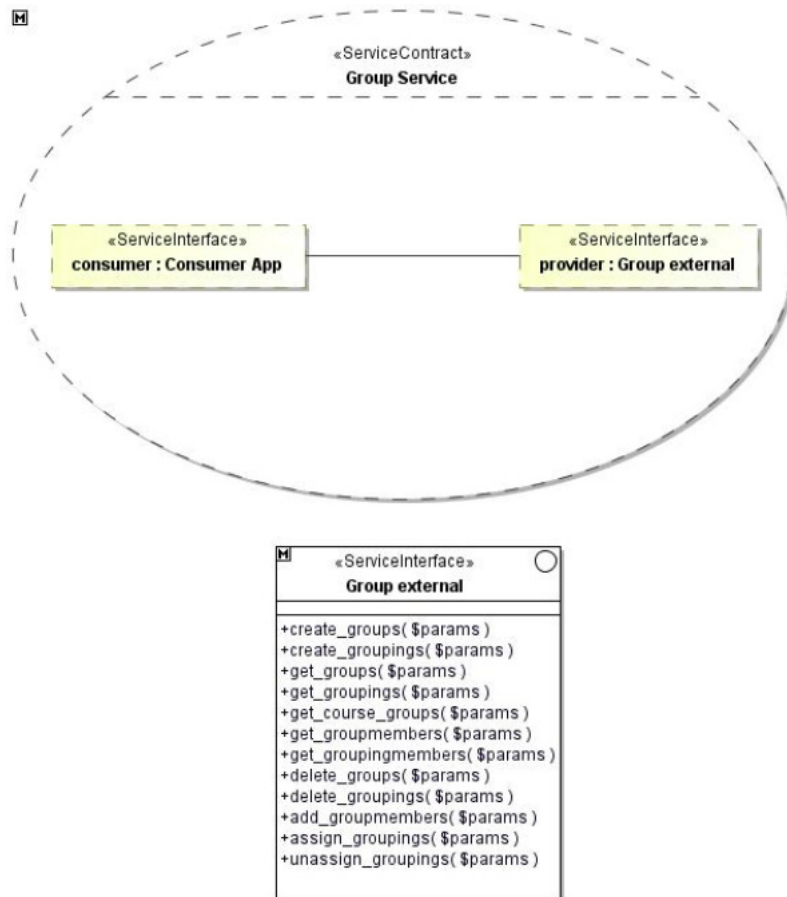


Figura 136. – Diagrama de contrato del Servicio Grupos (*Groups*)

La Figura 137 muestra el diagrama de contrato del Servicio de Idioma, que incluye en su interfaz el método para recuperar las cadenas a traducir.

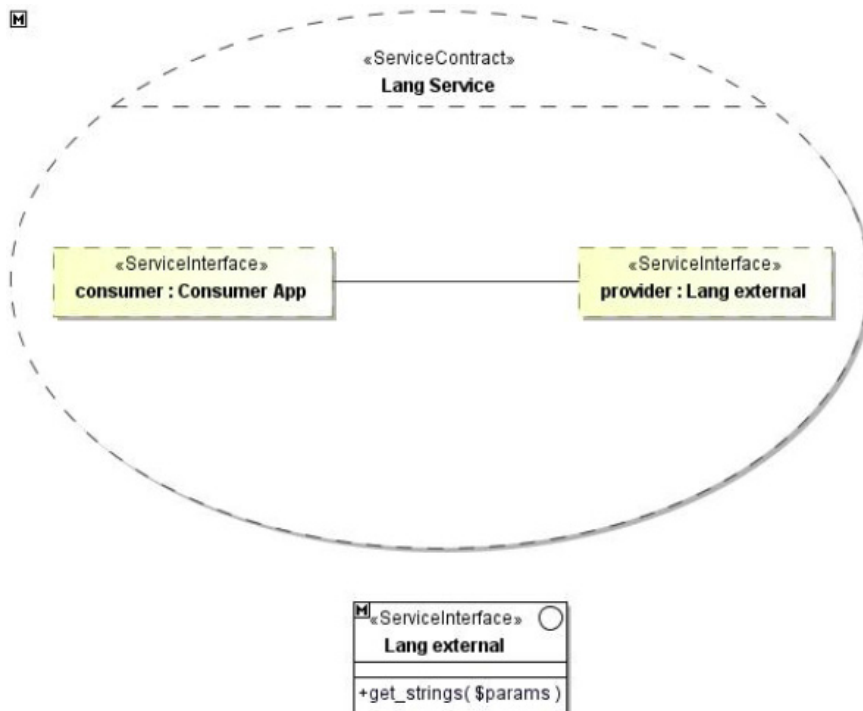


Figura 137. – Diagrama de contrato para el Servicio de Idioma (*Lang*)

La Figura 138 muestra el diagrama de contrato del servicio de *Logging*, que incluye en su interfaz métodos para gestionar los *logs*.

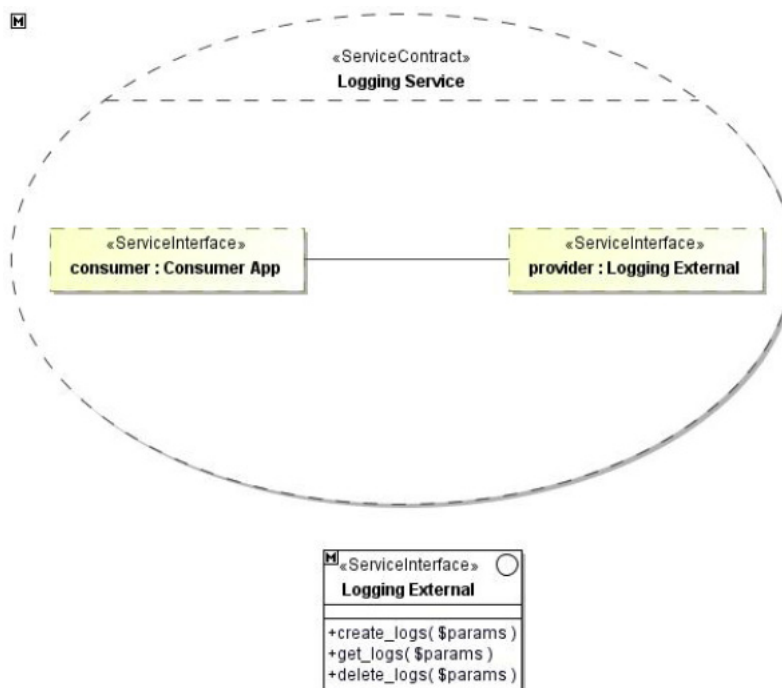


Figura 138. – Diagrama de contrato para el Servicio de Logging

La Figura 139 muestra el diagrama de contrato del servicio de Mensajería (*Message*), que incluye en su interfaz métodos para gestionar los mensajes y los contactos.

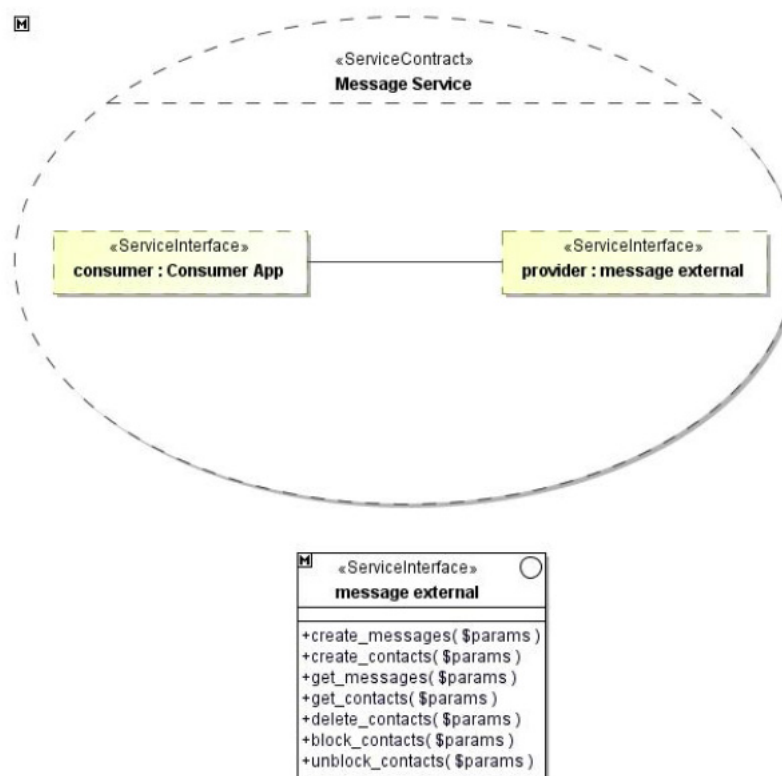


Figura 139. – Diagrama de contrato del Servicio de Mensajería (*Message*)

La Figura 140 muestra el diagrama de contrato del servicio de glosario (*Glossary*), que incluye en su interfaz métodos para gestionar los glosarios.

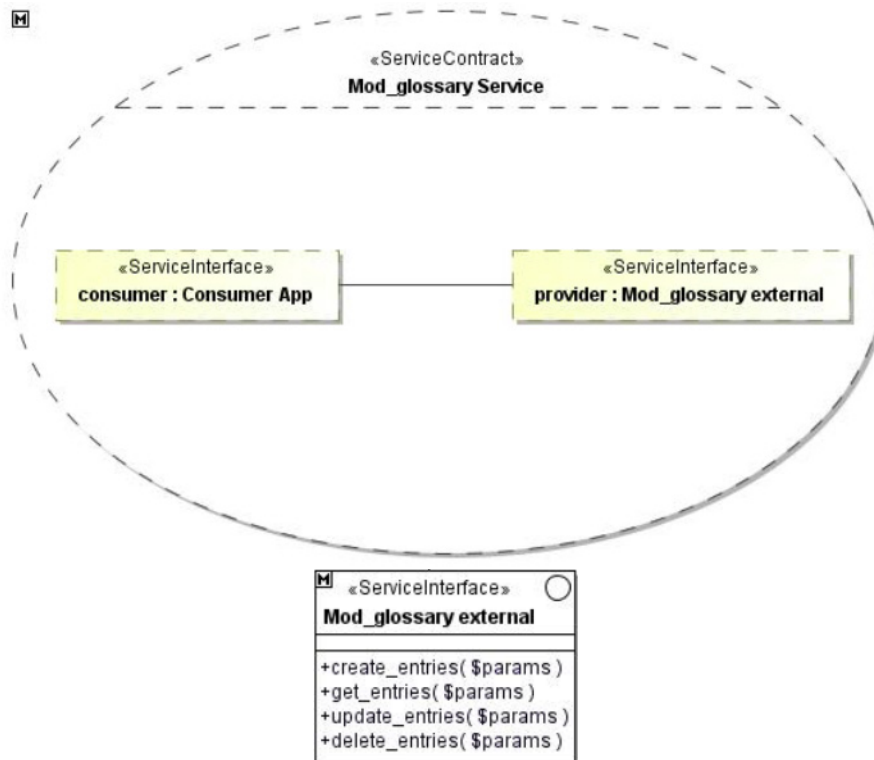


Figura 140. – Diagrama de contrato del Servicio de Glosario (*Glossary*)

La Figura 141 muestra el diagrama de contrato del servicio de Lección (*Lesson*), que incluye en su interfaz métodos para gestionar las lecciones y sus componentes.



Figura 141. – Diagrama de contrato para el Servicio Lección (*Lesson*)

La Figura 142 muestra el diagrama de contrato del servicio de Recursos (*Resource*), que incluye en su interfaz métodos para gestionar los diferentes recursos que pueden incluirse en un curso de *Moodle*.

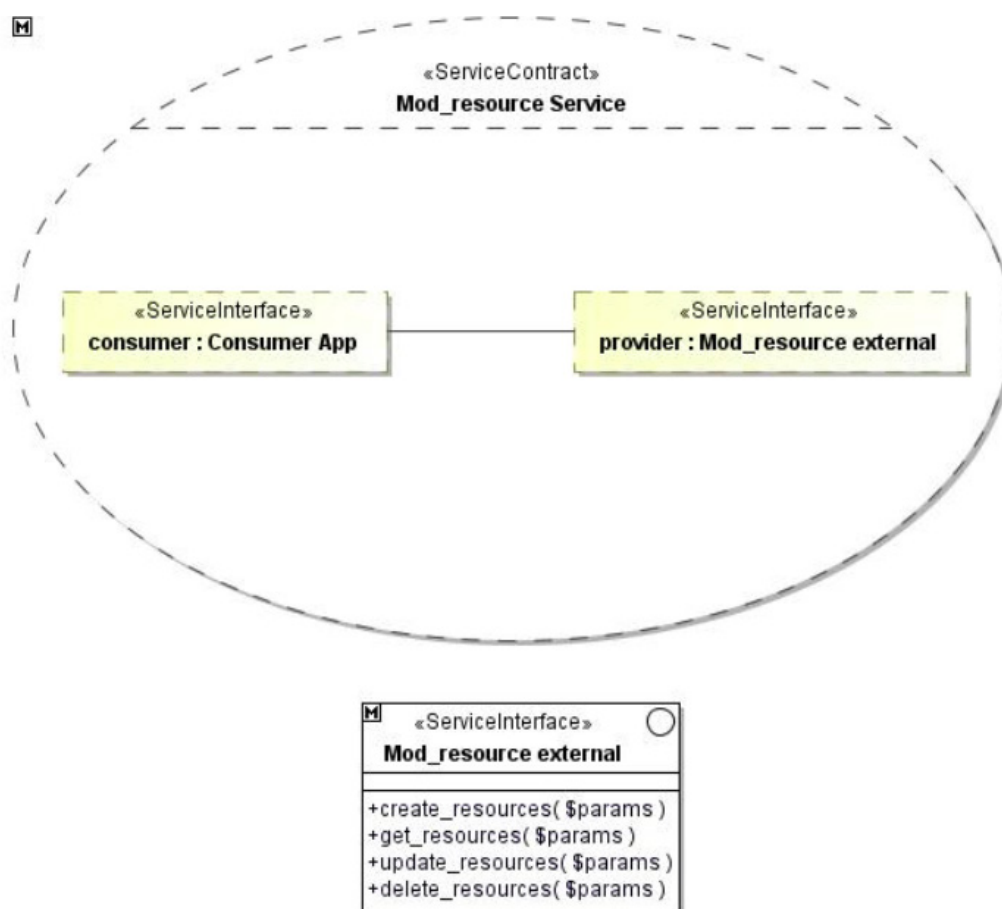


Figura 142. – Diagrama de contrato de Servicio Recurso (*Resource*)

La Figura 143 muestra el diagrama de contrato del servicio de gestión de Roles, que incluye los métodos para la gestión de roles y para gestionar la autorización, es decir para determinar si un usuario puede o no acceder a un determinado contexto de la plataforma, en lo que se denomina en *Moodle capabilities*.

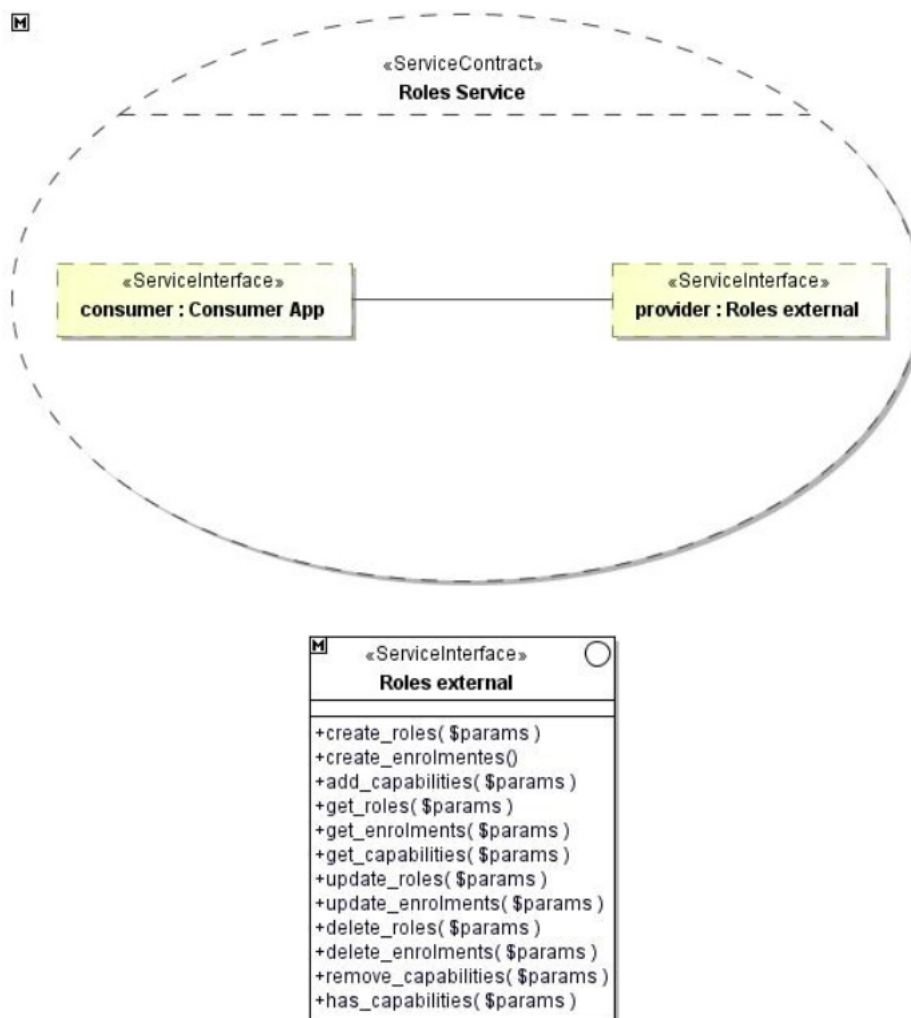


Figura 143. – Diagrama de contrato del Servicio de Roles

1.2. Diagramas de mensajes del servicio Foro.

Durante la descripción de los mensajes del servicio foro en el Capítulo 5 solamente se muestra uno de los diagramas de clases que describen los parámetros intercambiados en el Foro. En este apartado se muestra la colección completa de esos diagramas para dicho servicio.

Para poder comprender de forma apropiada los mensajes del foro deben considerarse los tipos involucrados representados en la Figura 61. Estos tipos están vinculados a clases que se corresponden con atributos de los métodos mostrados en la interfaz del servicio foro como se muestra en la Figura 62. La Figura 144, Figura 145 y Figura 146 completan ese conjunto de diagramas para la descripción de esos atributos.

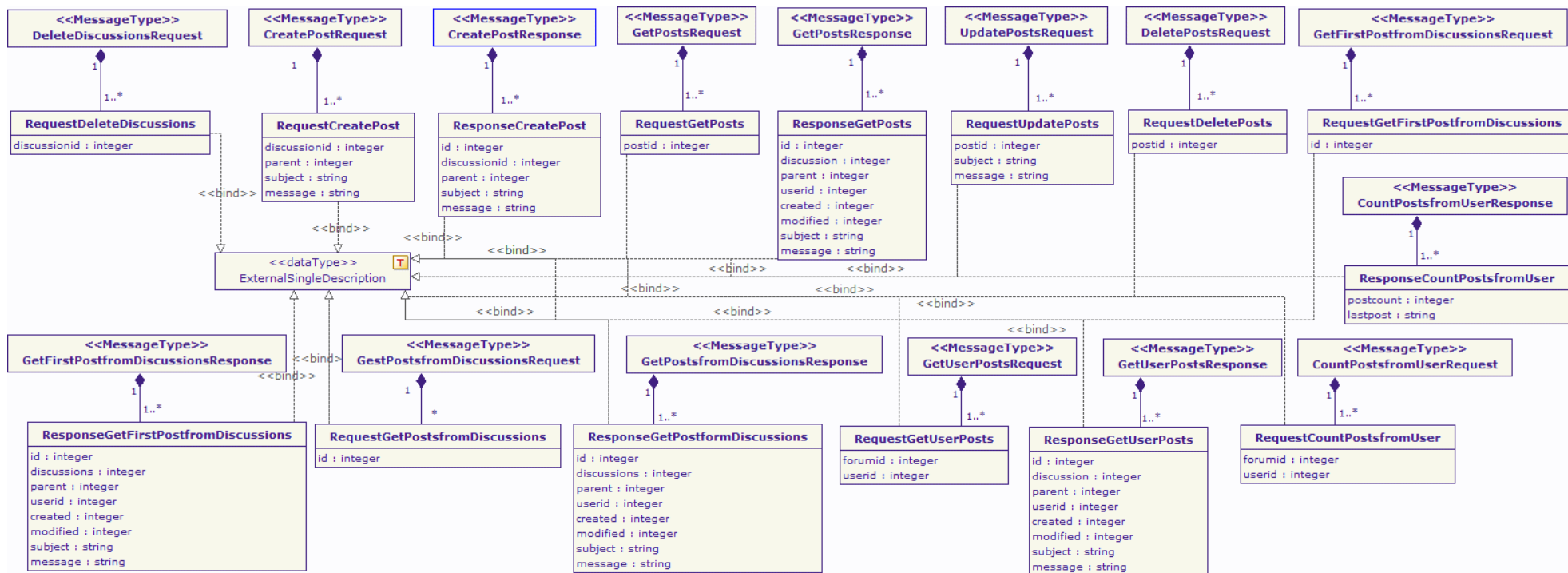


Figura 144. – Diagrama de mensajes para el servicio foro 2

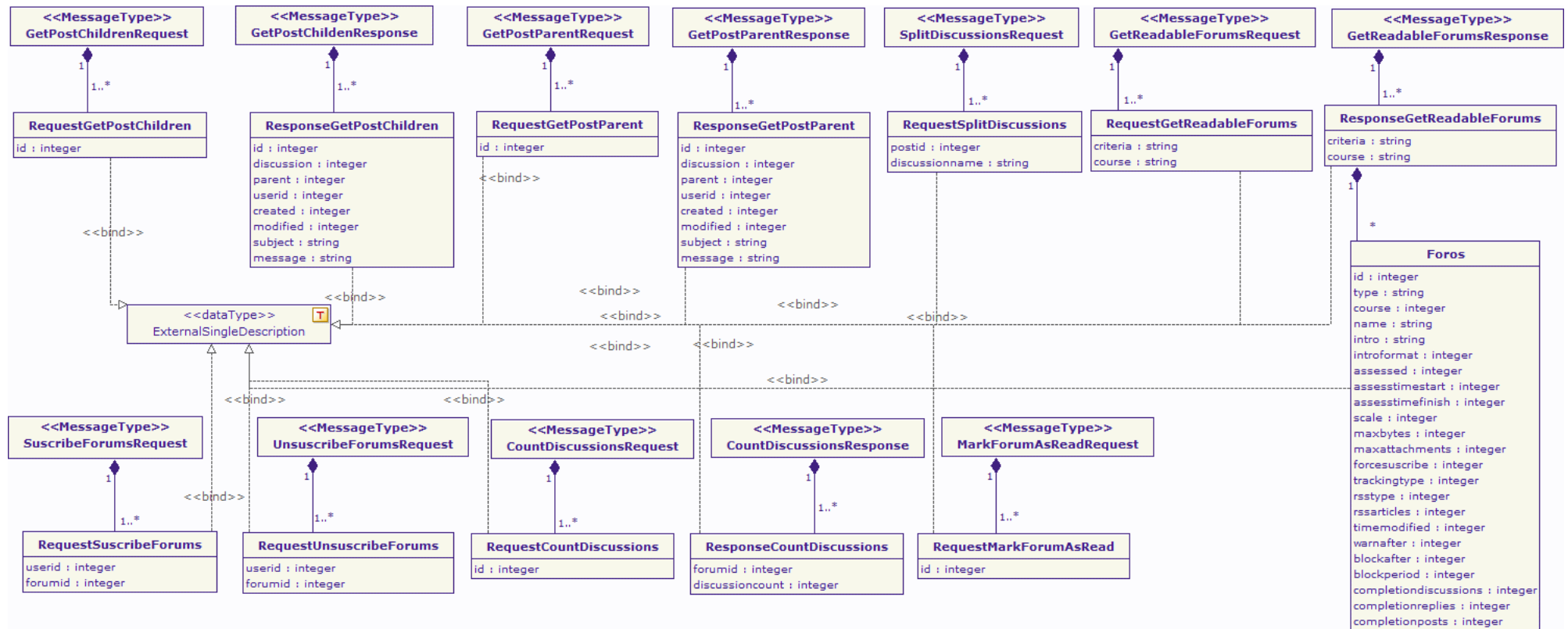


Figura 145. – Diagrama de mensajes para el servicio foro 3

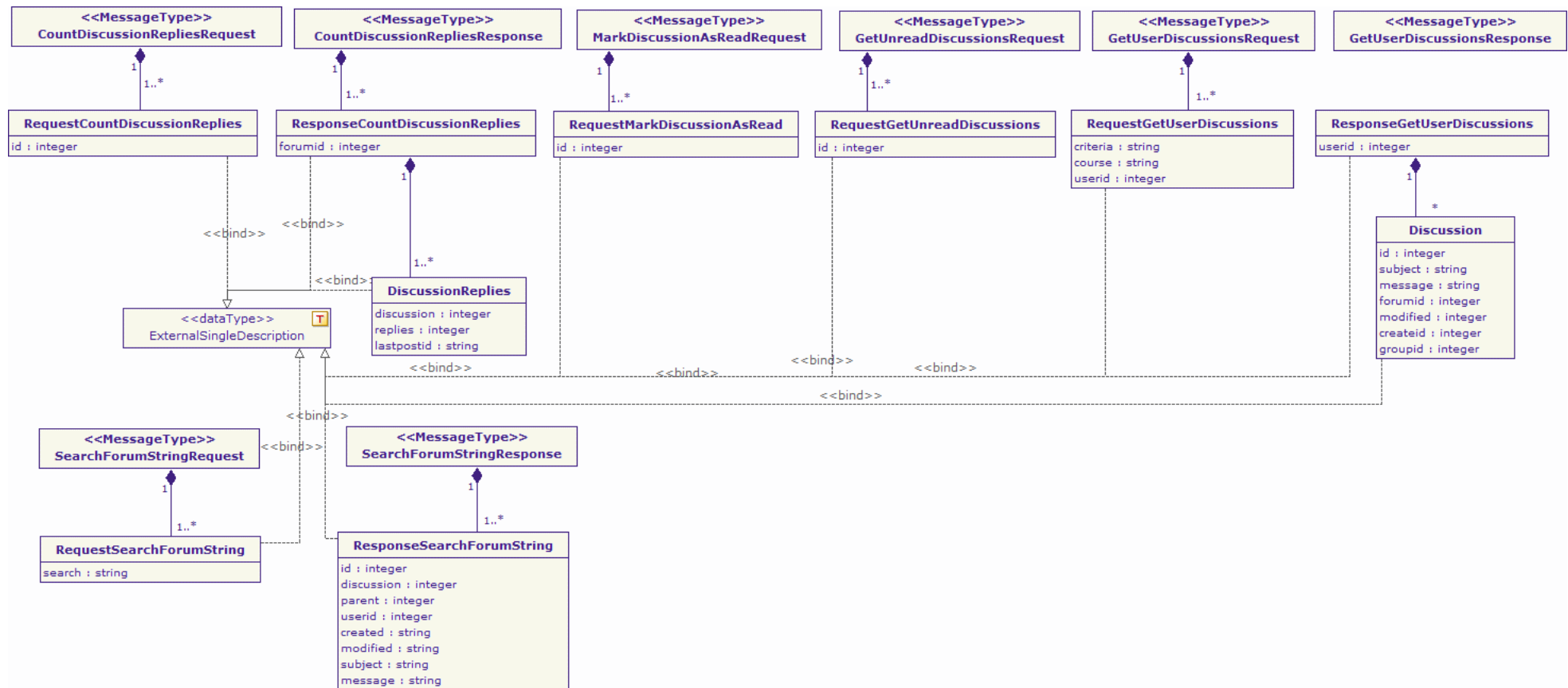


Figura 146. – Diagrama de mensajes para el servicio foro 4

2. Escenarios

En esta sección se complementan los diagramas mostrados durante el Capítulo 5 para la descripción de los escenarios implementados durante la prueba de concepto. Los diagramas se agrupan por cada uno de ellos y proporcionan información acerca la lógica de negocio y la lógica de navegación del sistema.

2.1. Escenario 1

El escenario 1 de la prueba de concepto consiste en exportar la funcionalidad institucional del foro al PLE definido mediante *Apache Wookie (Incubating)*, se muestra en primer lugar un diagrama de navegación y una imagen del *widget* (Figura 71). Este diagrama de navegación incluye diferentes contextos que se describen a continuación.

En el primero de los contextos, Figura 147, muestra una vista de Foros (*Forum*) desde la que se accede a la vista de discusiones (*Discussion*) y se hace referencia a una vista con la información de usuario (*User*).

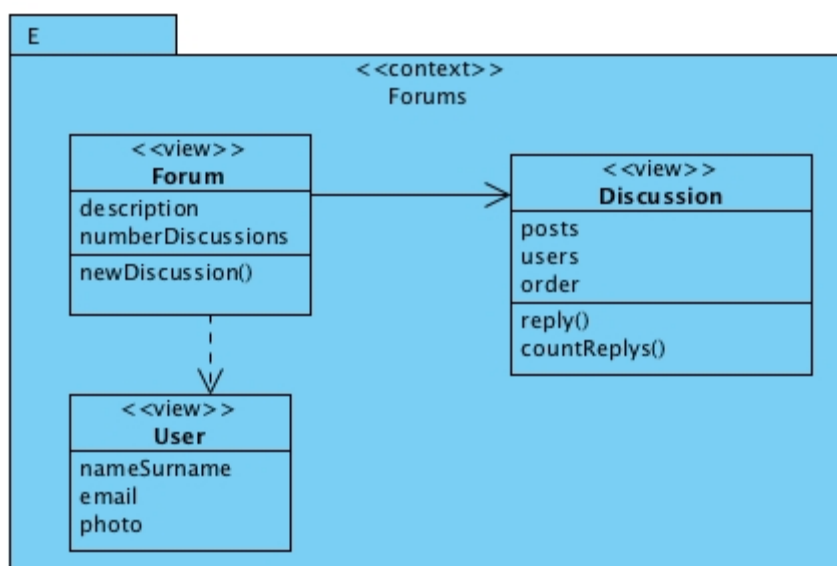


Figura 147. – Diagrama de contexto foros (*Forums*)

El segundo diagrama de contexto, Figura 148, muestra como desde el ámbito de discusión (*Discussions*) se puede acceder al ámbito *post*, volver al ámbito foro (*Forum*) y se hace referencia a una vista con la información de los usuarios (*User*).

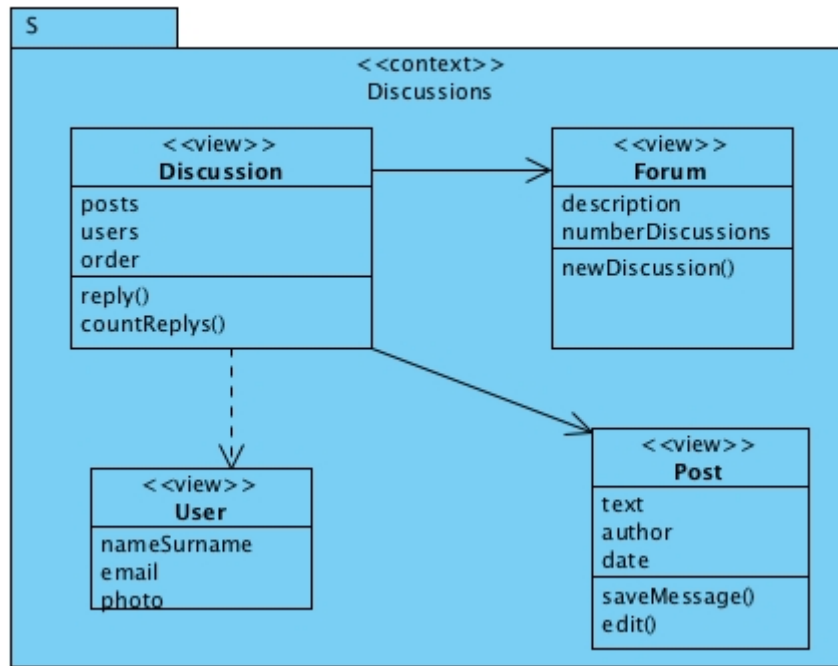


Figura 148. – Diagrama de contexto discusiones (*Discussions*)

El diagrama de contexto de la Figura 149 muestra el diagrama de contexto de los *post* del usuario en el foro. En concreto cómo de este entorno se puede volver al entorno de discusión (*Discussion*).

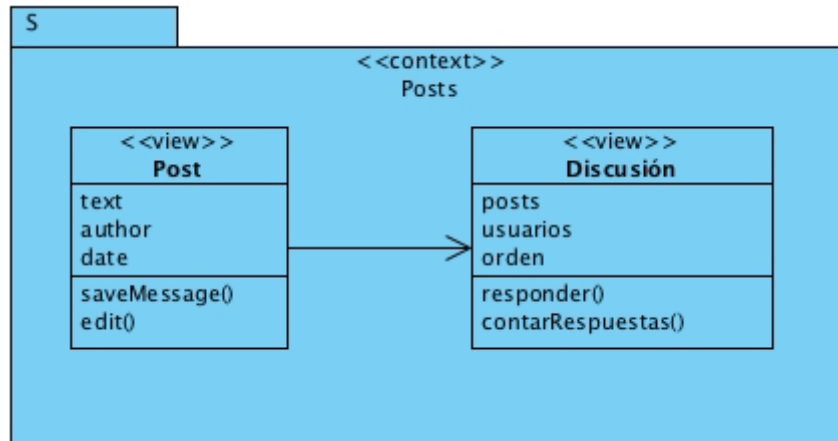


Figura 149. – Diagrama de contexto *Posts*

En el escenario 1 se muestra además la arquitectura de servicios desde diferentes perspectivas (Figura 73 y Figura 74), los diagramas de contratos y mensajes de la actividad procesar peticiones (Figura 75 y Figura 76), pero además de este servicio hay otros como son el listado de discusiones (Figura 150 y Figura 152) y la verificación de usuario con sus correspondientes diagramas de mensajes (Figura 151 y Figura 153) que se muestran a continuación.

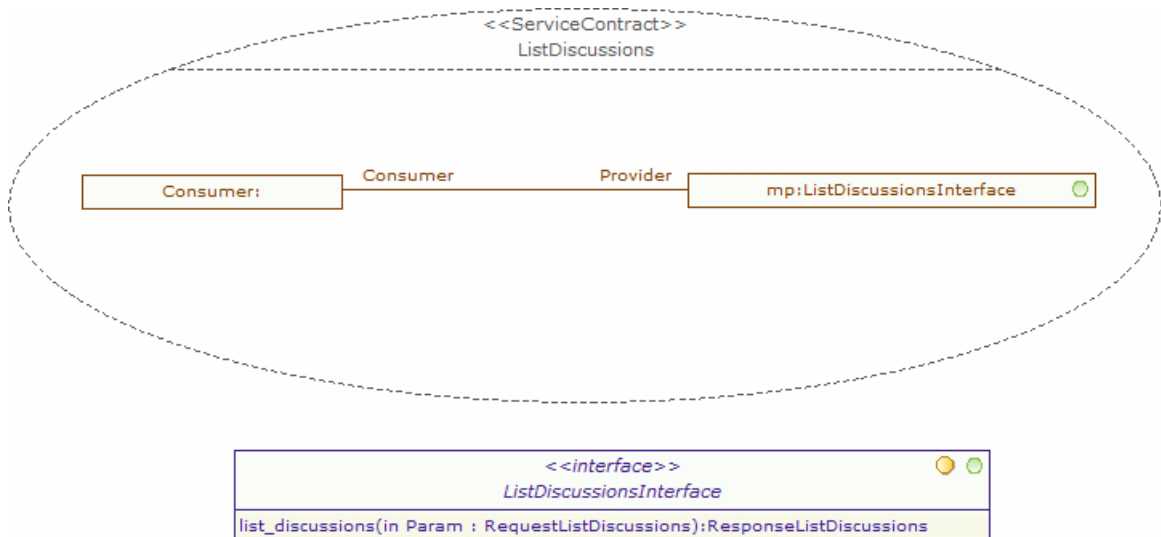


Figura 150. – Diagrama de contrato del servicio listar discusiones (*ListDiscussions*)

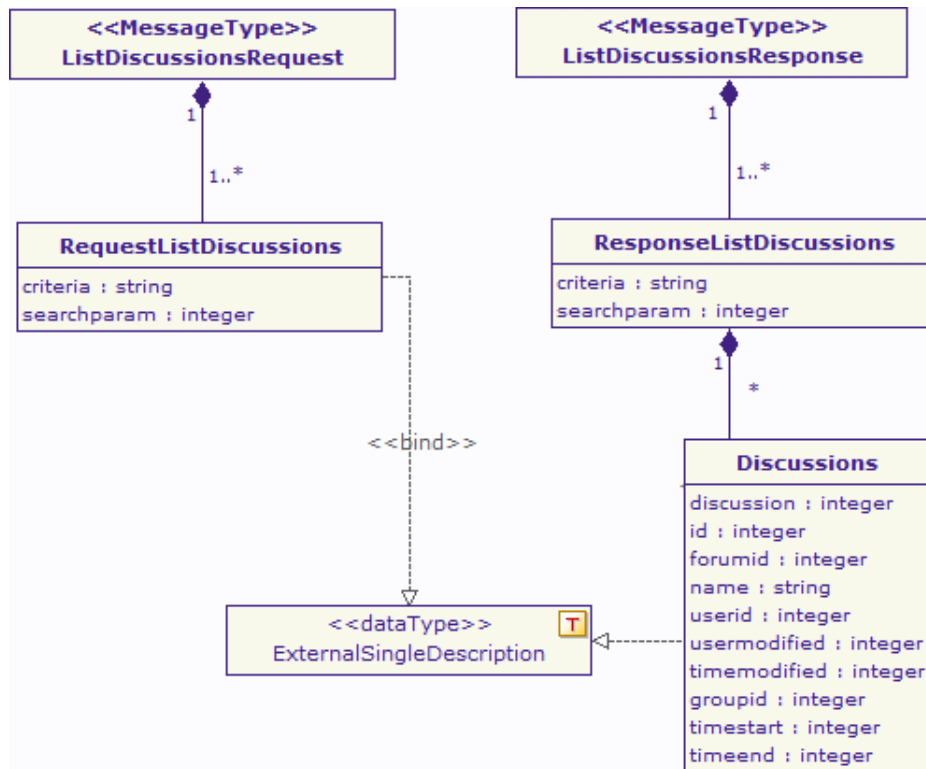


Figura 151. – Diagrama de mensajes para el servicio listar discusiones (*ListDiscussions*)

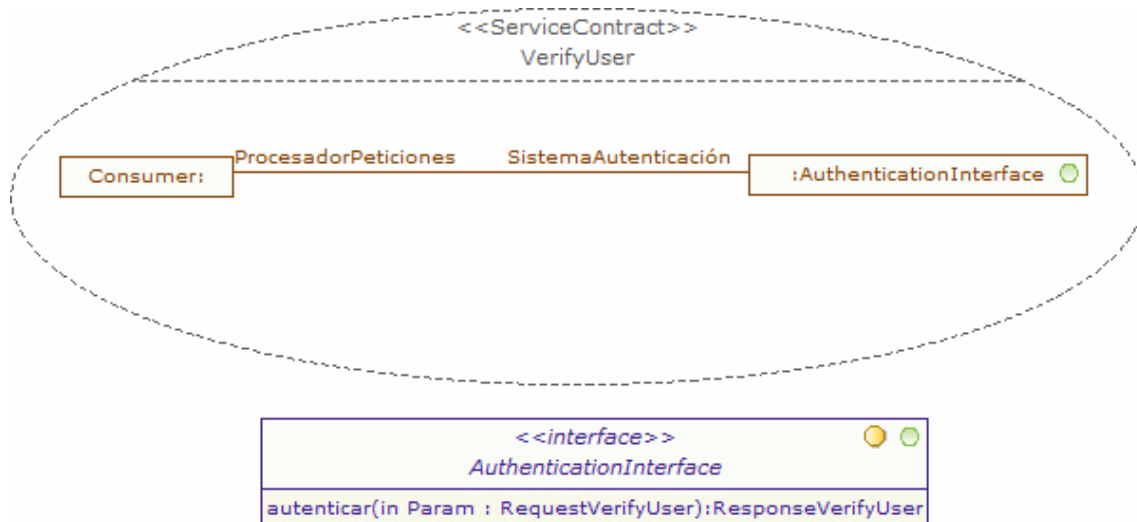


Figura 152. – Diagrama de contrato del servicio de verificación de usuario (*VerifyUser*)

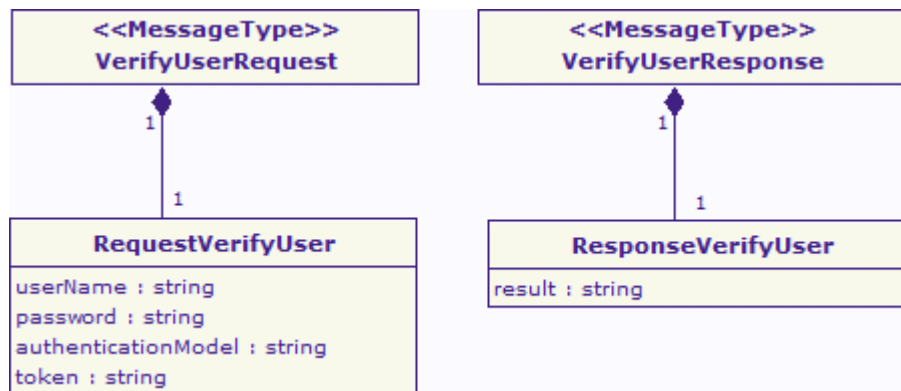


Figura 153. – Diagrama de mensajes del servicio verificación de usuario (*VerifyUser*)

2.2. Escenario 2

El escenario 2, consistente en el uso en paralelo del LMS y herramientas del PLE, no supone interacción entre ambos, con lo que no se describe mediante diagramas SOAml sino mediante la interfaz de los *widgets* utilizados, uno de *Flickr* y otro de *Wordpress*. Para ambos *widgets* se muestran sus correspondientes diagramas de navegación e imágenes (Figura 82 y Figura 83), sin embargo para comprender adecuadamente el funcionamiento de los *widgets* se van a incluir en este apartado sus diagramas de contexto.

El *widget* de *Flickr* presenta una pantalla inicial (que se ha denominado contexto *Menu*) desde la que se puede acceder a las colecciones de fotos (*Photosets*), a los grupos de fotos (*Groups*) y a la subida de fotos (*Upload*), esto puede observarse en la Figura 154.

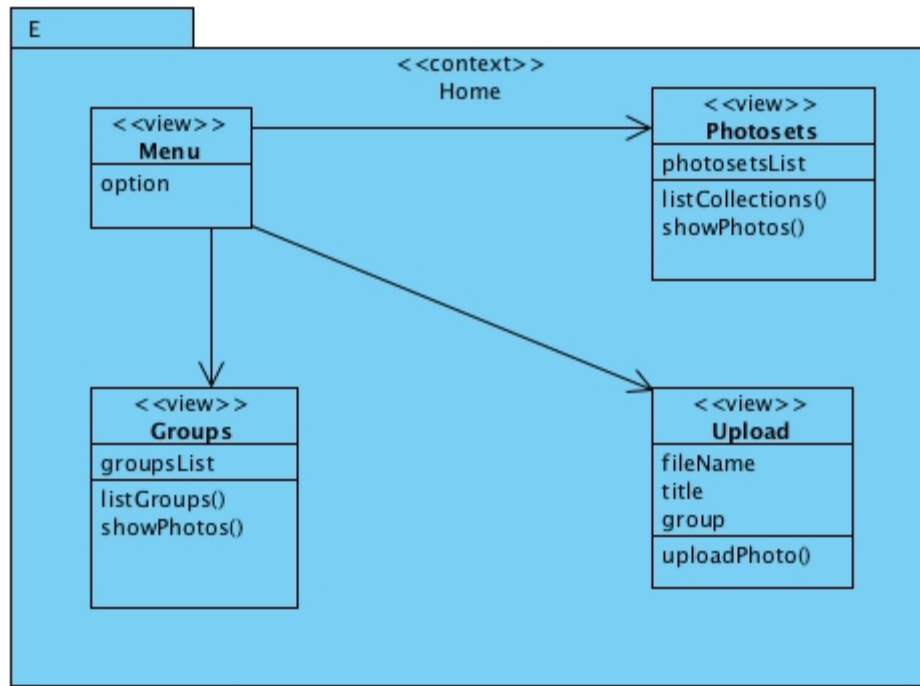


Figura 154. – Diagrama de contexto Home del *widget* de Flickr

Si se accede al contexto de grupos (*Groups*) desde este se puede navegar hacia el contexto de foto (o lo que es lo mismo consulta o maximizar una foto, vista denominada *Photo*) y volver al contexto *Home* a través del Menú (*Menu*) (Figura 155).

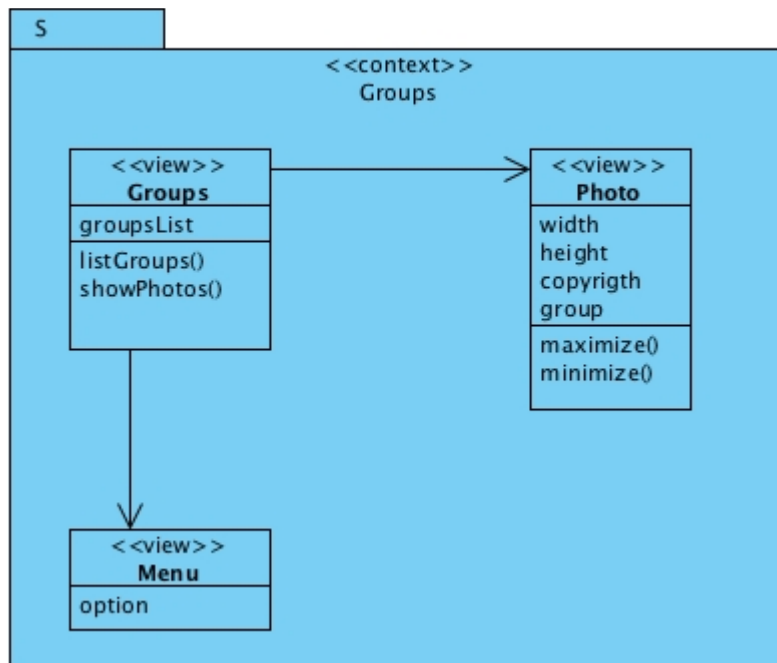


Figura 155. – Diagrama de contexto grupos (*Groups*) del *widget* de Flickr

Desde el contexto colecciones (*Photosets*) se puede acceder a fotos concretas y volver al *Home*, como en el caso de grupos (Figura 156)

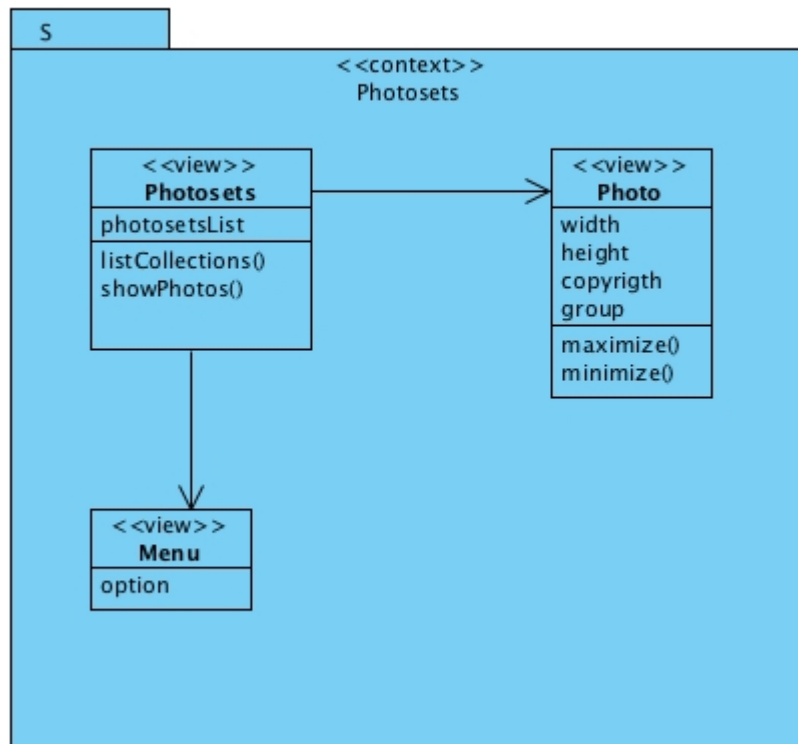


Figura 156. – Diagrama de contexto colección de fotos (*Photosets*) del *widget* de Flickr

En la Figura 157 se puede observar el contexto de subida de fotos (*Upload*), desde el que el usuario puede incluir un nuevo archivo que sea subido a *Flickr* y volver al contexto *Home*.

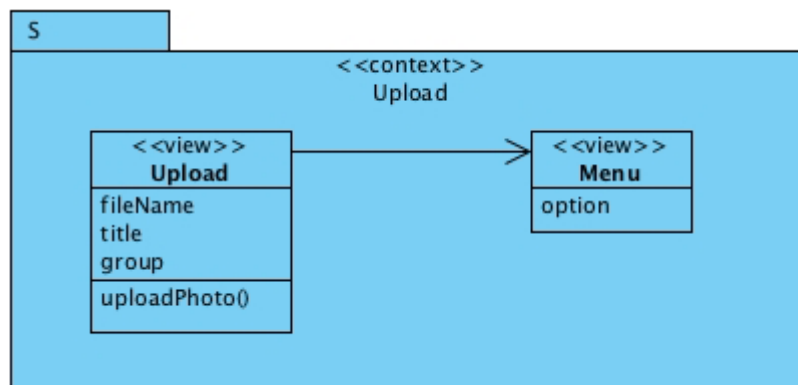


Figura 157. – Diagrama de contexto subida (*Upload*) de fotos del *widget* de Flickr

También dentro de este escenario se ha llevado a cabo un *widget* que facilita el uso de *Wordpress* desde el entorno personalizado, cuyo diagrama de navegación puede observarse en la Figura 83. En ese diagrama se aprecian el contexto para listar *posts* (*PostList*) y el de la escritura de uno de esos mensajes (*Post*) que están descritos en la Figura 158 y en la Figura 159.

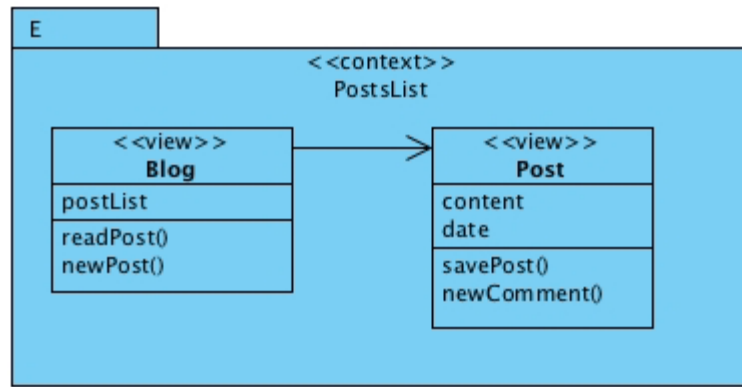


Figura 158. – Diagrama de contexto listado de *post* (*PostList*) del *widget* de Flickr

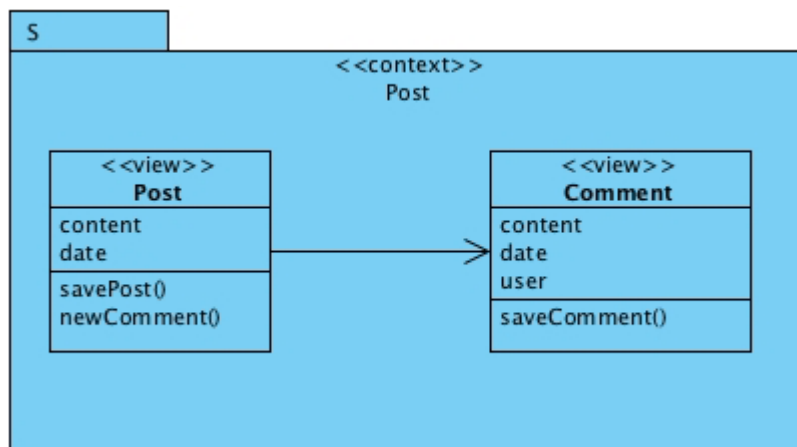


Figura 159. – Diagrama de contexto *Post* del *widget* de Flickr

2.3. Escenario 3

Escenario consistente en la integración de la actividad que un estudiante realiza en una actividad educativa del PLE dentro de *Moodle*. En la Figura 84 se muestra el diagrama de navegación del *widget* creado para representar esa herramienta educativa, así como una imagen del mismo. A continuación se muestran los diagramas de contexto que complementan dicho diagrama navegacional, el correspondiente al contexto del listado de actividades (*ActivityList* - Figura 160) y el correspondiente a la realización de un cuestionario (*Quiz* - Figura 161). Desde el la lista de actividades se va a poder acceder al contexto de un cuestionario en particular y desde dicho cuestionario se puede regresar a la lista de actividades.

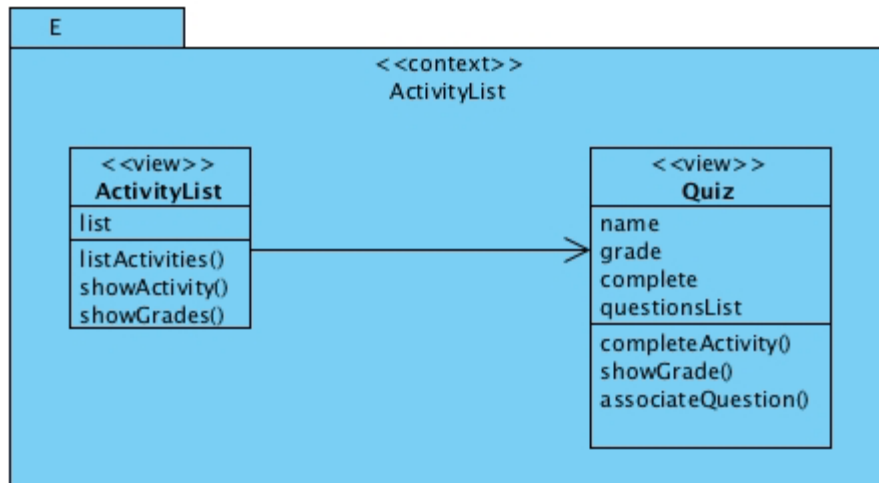


Figura 160. – Diagrama de contexto para el listado de actividades (*ActivityList*) del *widget* correspondiente a la actividad educativa externa

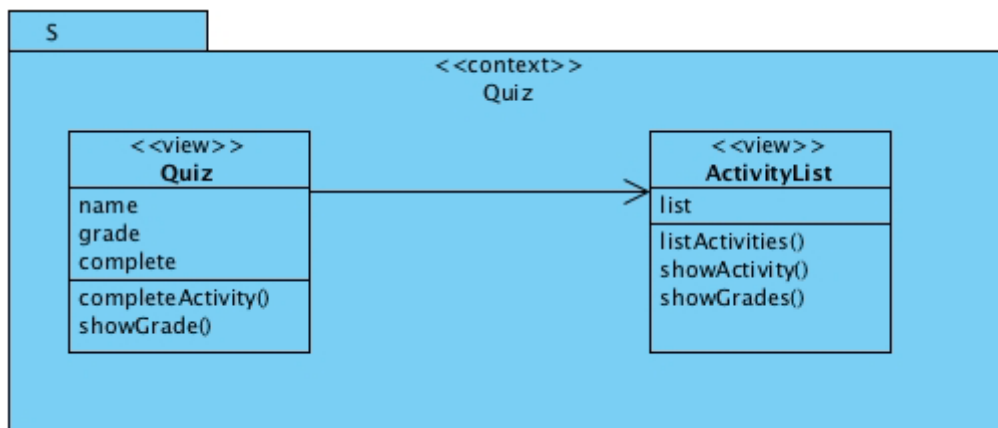


Figura 161. – Diagrama de contexto para el cuestionario (*Quiz*) del *widget* correspondiente a la actividad educativa externa

2.4. Escenario 4

El escenario 4 lo que pretende es la integración en el LMS de la actividad del estudiante en herramientas no necesariamente educativas incluidas dentro de un PLE. En este caso en la prueba de concepto se integra la aplicación *Google Docs* dentro de un PLE mediante un *widget*, cuyo diagrama de navegación se muestra en la Figura 91. Dicho diagrama se complementa con los diagramas de contexto que se definen a continuación.

En la Figura 162 se observa el diagrama de contexto para el Listado de Documentos (*DocumentList*). En este diagrama se aprecia como desde el contexto general de los documentos (*Documents*) se puede pasar a la vista específica de documento (*DocumentView*).

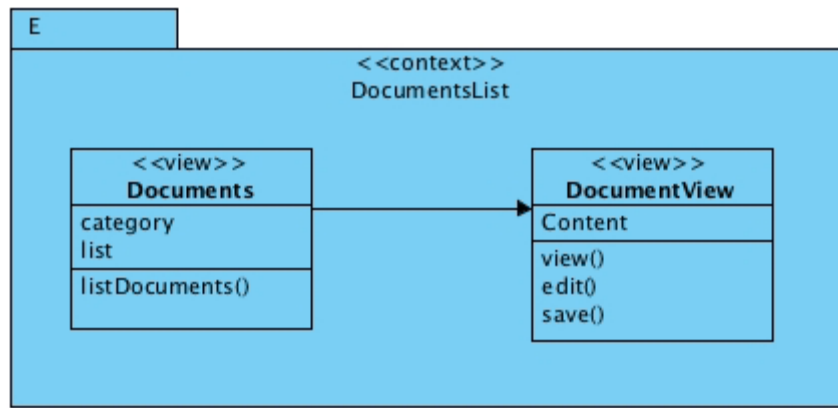


Figura 162. – Diagrama de contexto para el listado de documentos (*DocumentList*) del *widget* Google Docs

En la Figura 163 se muestra el diagrama de contexto para la vista del documento desde la que se puede editar, visualizar y guardar el mismo y también retornar a la vista general de documentos.

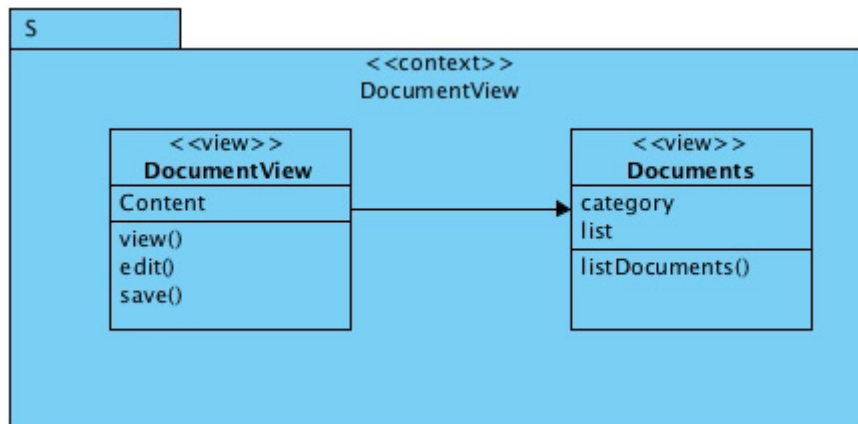


Figura 163. – Diagrama de contexto para el contexto vista de documento (*DocumentView*) del *widget* de Google Docs

Además para complementar este escenario y en especial el diagrama de lanzamiento de actividad por parte del profesor que se muestra en Figura 94, se incluye a continuación un diagrama de secuencia. La Figura 164 muestra el diagrama de secuencia para describir esta acción con el intercambio de mensajes entre los objetos involucrados.

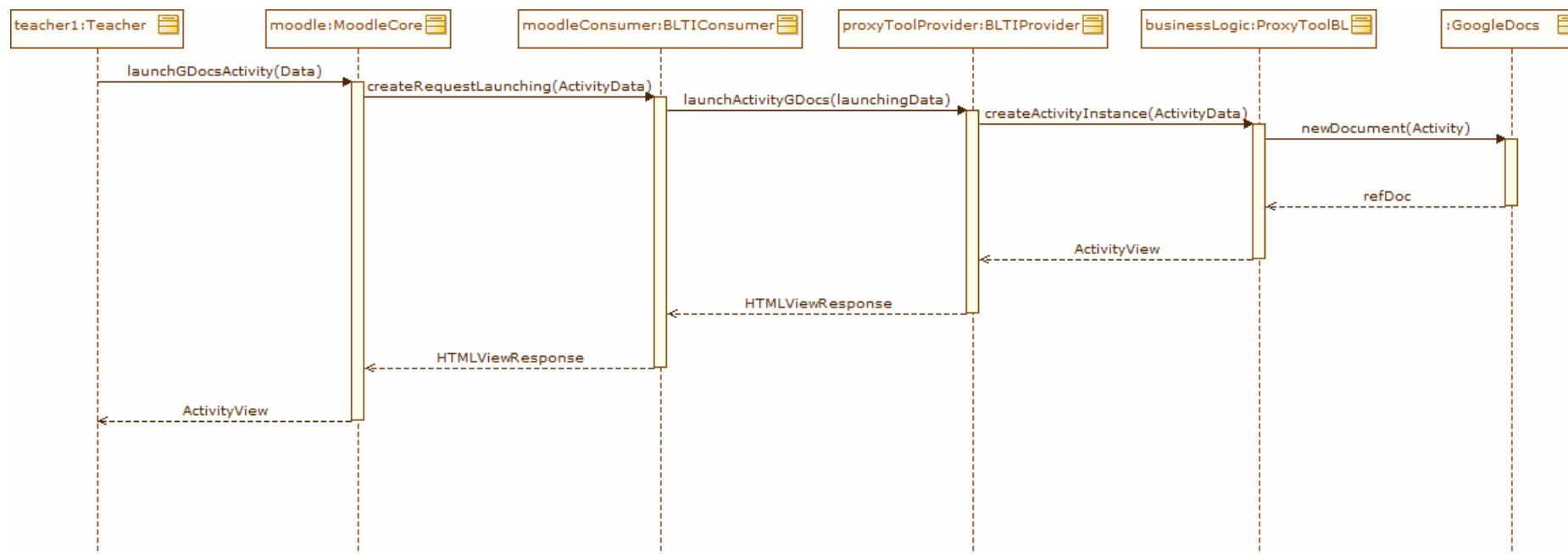


Figura 164. – Diagrama de secuencia para el lanzamiento de la actividad por parte del profesor

APÉNDICE C. – Documentos de soporte a la experimentación

Este apéndice pretende servir de soporte al de experimentación (Capítulo 6). En él se incluyen documentos útiles para interpretar las experiencias pilotos. Se van a presentar por tanto cada uno de los formularios empleados y los resultados obtenidos para cada pregunta. En la primera sección se expone el cuestionario completo utilizado para los pilotos realizados a los estudiantes (cuyas preguntas son divididas y empleadas en cada uno de ellos). En la segunda se observa una representación gráfica de los resultados obtenidos durante estas experiencias divididas por escenario. Posteriormente, se describe el cuestionario empleado durante las entrevistas con los profesores, cuyos resultados se ilustran en el apartado 6.2.5 de la presente tesis.

1. Cuestionario empleado en las experiencias piloto con los estudiantes

En el presente apartado se muestran los cuestionarios empleados con los estudiantes para la realización de los pilotos. Dichos cuestionarios son comunes entre los discentes del grupo de control y experimental, aunque a los estudiantes del grupo experimental además se les plantea unas preguntas de opinión que ya se han descrito por cada piloto del Capítulo 6. En este caso los cuestionarios se muestran por completo aunque las preguntas se le plantean al estudiante divididas en función de los pilotos realizados.

A continuación se muestra el cuestionario de pretest y posteriormente el de postest (ambos en cursiva). Después se explican qué variables son de control y cuáles se refieren a cada piloto y escenario de interoperabilidad.

CUESTIONARIO PRETEST PARA LOS ESTUDIANTES

1. Sexo: ☐ hombre ☐ Mujer

2. Edad: Años

Responde a continuación en el siguiente sentido:

1=Totalmente en desacuerdo;

2= Desacuerdo;

3= Indiferente;

4= De acuerdo,

5= Totalmente de acuerdo

3. *Estoy familiarizado con las nuevas tecnologías 1 2 3 4 5*

4. *Utilizo Internet a diario 1 2 3 4 5*

5. *Utilizo la plataforma Moodle (STUDIUM) en mis asignaturas de la
Facultad 1 2 3 4 5*

6. *Utilizo la plataforma Moodle en otros contextos que no sean solo el
universitario..... 1 2 3 4 5*

7. *Tengo un tablet y o smartphone (o acceso a alguno) (Sí/No).*

8. *Utilizo mi tablet o smartphone para acceder a Internet 1 2 3 4 5*

EXPORTACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE LAS PLATAFORMAS DE APRENDIZAJE Y SU USO EN OTROS CONTEXTOS

9. Habitualmente utilizo los foros de Moodle en el contexto de mis asignaturas 1 2 3 4 5
10. Solamente utilizo los foros de Moodle en Studium porque son de participación obligatoria 1 2 3 4 5
11. Utilizo otras herramientas online para el aprendizaje que no se encuentran dentro de Moodle (Youtube, Wikipedia, foros, Slideshare, etc.) 1 2 3 4 5

INTRODUCCIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS EN LOS ENTORNOS INSTITUCIONALES DE APRENDIZAJE

12. Utilizo herramientas online (Flickr, Wordpress, Wikipedia, Slideshare, etc.) para apoyarme en el aprendizaje y/o para compartir información, recursos y opiniones con otras personas.....1 2 3 4 5
13. Considero que el uso de herramientas online (Flickr, Wordpress, Wikipedia, Slideshare, Twitter, etc.) me aporta otras perspectivas válidas que enriquecen mi aprendizaje.....1 2 3 4 5

INTRODUCCIÓN DE HERRAMIENTAS EDUCATIVAS ONLINE EN LOS ENTORNOS INSTITUCIONALES DE APRENDIZAJE

13. Moodle proporciona gran variedad de herramientas para utilizar en una asignatura, no es necesaria ninguna más 1 2 3 4 5
14. Utilizo herramientas online educativas adicionales las que me proporciona Moodle para mis actividades formativas (simuladores, bibliotecas de recursos, cuestionarios externos de autoevaluación, herramientas online para modelado, etc.).....1 2 3 4 5

INTRODUCCIÓN DE OTRAS HERRAMIENTAS ONLINE EN LOS ENTORNOS INSTITUCIONALES

15. Utilizo herramientas online, con fines educativos, adicionales a las que me proporciona Moodle independientemente de que estas estén pensadas como herramientas de educativas o no (Flickr, Wordpress, Google Docs, Twitter, Slideshare, etc.).....1 2 3 4 5

USO DE LAS HERRAMIENTAS EDUCATIVAS INSTITUCIONALES A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES

16. Utilizo mi dispositivo móvil para acceder a Moodle y consumir los recursos de esta plataforma 1 2 3 4 5
17. En mi dispositivo móvil utilizo herramientas online y del propio dispositivo con fines educativos..... 1 2 3 4 5

A continuación, en la Tabla 76 se muestra una descripción de que preguntas pertenecen a cada piloto y escenario en el pretest.

Tabla 76. – Distribución de las preguntas del cuestionario pretest para estudiantes en pilotos y escenarios

	Variable Control	Piloto 1	Piloto 2	Piloto 3
Escenario 1	1,2,3,4,5,6	9, 10, 11	-	-
Escenario 2		12, 13	-	-
Escenario 3		-	13,14	-
Escenario 4		-	-	15
Escenario Móvil	7,8	-	-	16,17

Tras haber descrito el cuestionario para el pretest se procede a hacer lo mismo para el posttest.

CUESTIONARIO POSTTEST

EXPORTACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE LAS PLATAFORMAS DE APRENDIZAJE Y SU USO EN OTROS CONTEXTOS

1. Los foros de Moodle se adaptan a mi forma de aprender y a mis necesidades, lo que mejora mi motivación 1 2 3 4 5
2. La participación en foros, sobre temas tratados en mis asignaturas, me ayuda a aprender mejor los contenidos..... 1 2 3 4 5
3. La posibilidad de participar en foros de Moodle sobre mis asignaturas combinado con otras herramientas, como Youtube, Wikipedia, u otros foros de expertos, favorece mi aprendizaje 1 2 3 4 5

INTRODUCCIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS EN LOS ENTORNOS INSTITUCIONALES DE APRENDIZAJE

4. Las plataformas de aprendizaje como Moodle tienen en cuenta lo que haga en otros contextos, como compartir fotos en Flickr u opiniones en Wordpress, y mi actividad en esas herramientas se tiene en cuenta durante mi evaluación 1 2 3 4 5
5. Desde Moodle no tienen noción de lo que hago en herramientas online externas al entorno de la institución 1 2 3 4 5

INTRODUCCIÓN DE HERRAMIENTAS EDUCATIVAS ONLINE EN LOS ENTORNOS INSTITUCIONALES DE APRENDIZAJE

6. El hecho de que Moodle no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas online de modelado, cuestionarios de autoevaluación, etc.) a la plataforma supone que la ésta se quede corta en algunos aspectos 1 2 3 4 5
7. El hecho de que Moodle no facilite la incorporación de mi actividad en otras herramientas educativas externas (simuladores, herramientas online de modelado, cuestionarios de externos de autoevaluación, etc.) a la plataforma, supone que mis actividades de aprendizaje solo se evalúen parcialmente 1 2 3 4 5

INTRODUCCIÓN DE OTRAS HERRAMIENTAS ONLINE EN LOS ENTORNOS INSTITUCIONALES

8. El hecho de que Moodle no facilite la integración de actividades a realizar en herramientas externas (como Flickr, Wordpress, Google Docs, Twitter, Slideshare, etc) a la plataforma, supone que ésta se quede corta en algunos aspectos 1 2 3 4 5

USO DE LAS HERRAMIENTAS EDUCATIVAS INSTITUCIONALES A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES

9. Poder combinar en mi dispositivo móvil herramientas online, con herramientas propias del dispositivo y funcionalidades de la plataforma de aprendizaje Moodle, como por ejemplo el foro me facilita el aprendizaje 1 2 3 4 5

En la Tabla 77 se muestra una descripción de que preguntas pertenecen a cada piloto y escenario en el pretest.

Tabla 77. – Distribución de las preguntas del cuestionario posttest para estudiantes en pilotos y escenarios

	Piloto 1	Piloto 2	Piloto 3
Escenario 1	1, 2, 3	-	-
Escenario 2	4, 5	-	-
Escenario 3	-	6, 7	-
Escenario 4	-	-	8
Escenario Móvil	-	-	9

2. Resultados de los cuestionarios pre y post test para los estudiantes

En el presente apartado se presentan los resultados de los cuestionarios de forma gráfica tanto para el pretest y el posttest y los grupos de control y experimental.

2.1. Resultados del pretest

En esta sección se plantean los resultados del pretest para cada una de las preguntas. Debe entenderse que hay dos grupos experimentales uno para la asignatura de Gestión de Proyectos del curso de Adaptación al Grado en Ingeniería Informática (grupo experimental 1), que participa en los pilotos 1 y 3, y otro formado por estudiantes de Administración de Proyectos Informáticos de quinto curso de Ingeniería Informática (grupo experimental 2), que participa en el piloto 2.

Respecto a la pregunta 1 del pretest se observa que un 95% de los usuarios del grupo de control (Figura 165) está de acuerdo o completamente de acuerdo, el 100% en el grupo experimental 1 (Figura 166) y el 100% en el grupo experimental 2 (Figura 167).

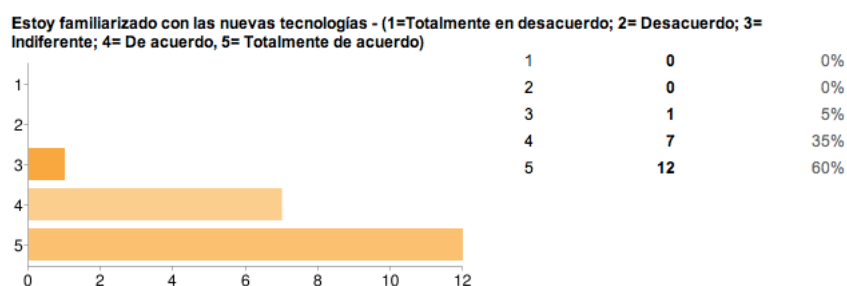


Figura 165. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 1 del pretest dentro del grupo de control

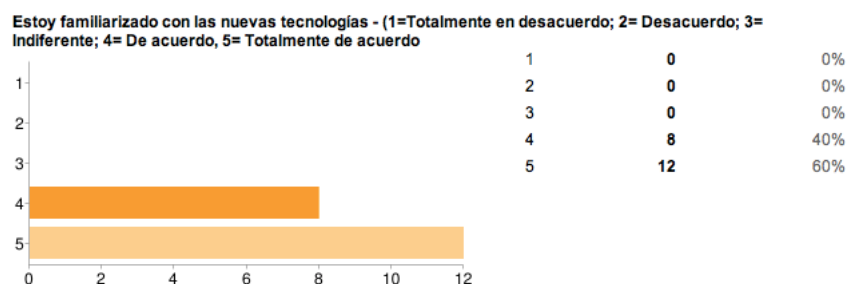


Figura 166. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 1 del pretest dentro del grupo experimental 1

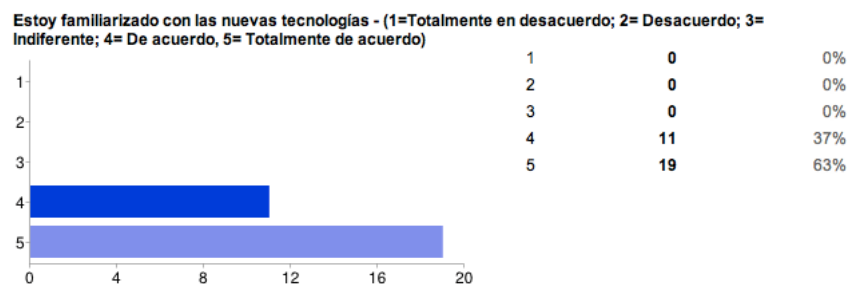


Figura 167. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 1 del pretest dentro del grupo experimental 2

En cuanto a la segunda pregunta del pretest los resultados son idénticos entre el grupo de control (Figura 168) y el grupo experimental 1 (Figura 169) con un 100% de estudiantes que está de acuerdo o completamente de acuerdo con la cuestión y tienen una distribución similar en el grupo experimental 2 (Figura 170).



Figura 168. – Porcentaje de respuestas para la pregunta 2 del pretest dentro del grupo de control



Figura 169. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del pretest dentro del grupo experimental 1

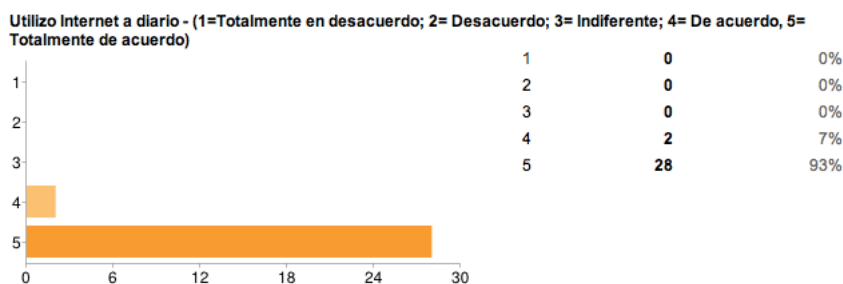


Figura 170. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del pretest dentro del grupo experimental 2

Respecto a la pregunta 3 el 90% de los usuarios del grupo de control está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación (Figura 171), en el grupo experimental 1 el 95% (Figura 172) y en el grupo experimental 2 el 97% (Figura 173)

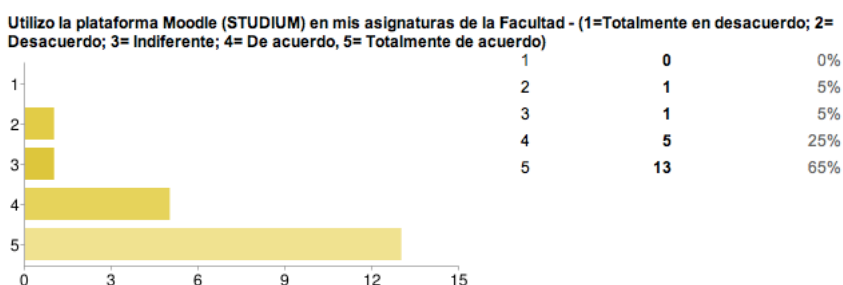


Figura 171. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del pretest dentro del grupo de control

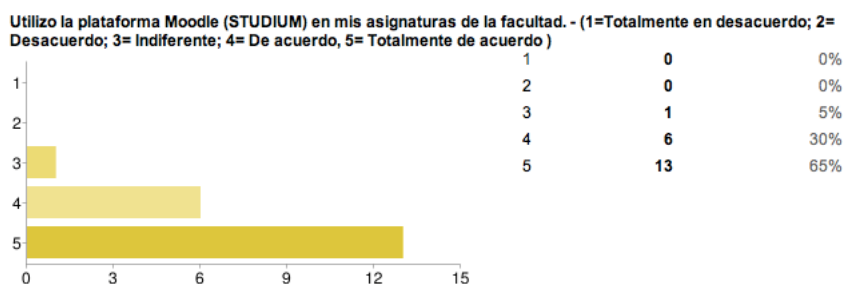


Figura 172. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del pretest dentro del grupo experimental 1

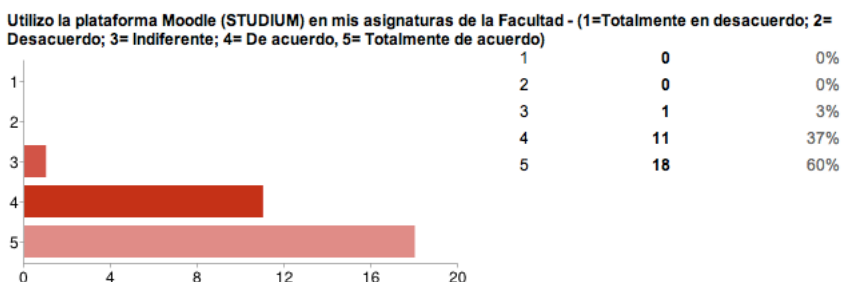


Figura 173. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del pretest dentro del grupo experimental 2

En cuanto a la pregunta 4 tanto en el grupo de control (Figura 174) como en el grupo experimental 1 (Figura 175) solo el 10% de los estudiantes utiliza *Moodle* en otros contextos, mientras que en el grupo experimental 2 (Figura 176) hay un porcentaje de un 3%.

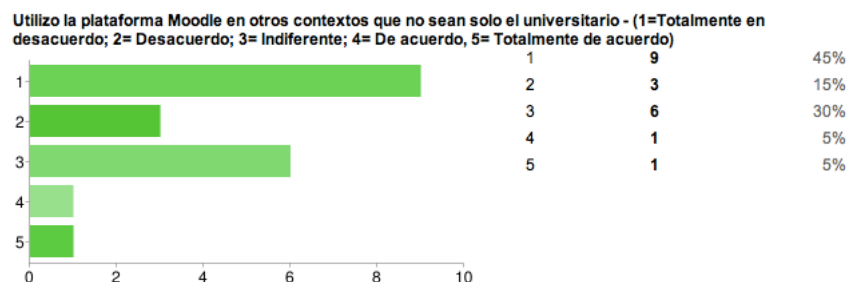


Figura 174. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del pretest dentro del grupo de control

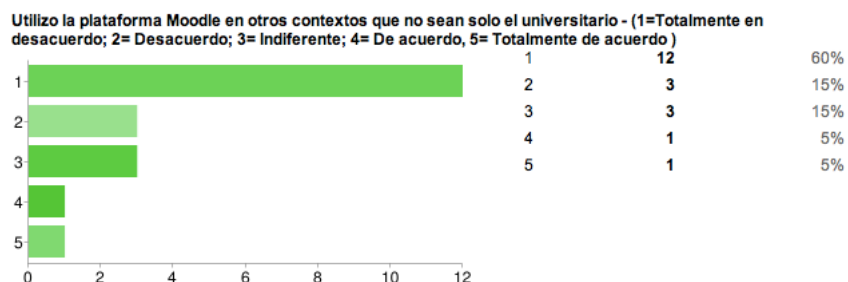


Figura 175. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del pretest dentro del grupo experimental 1

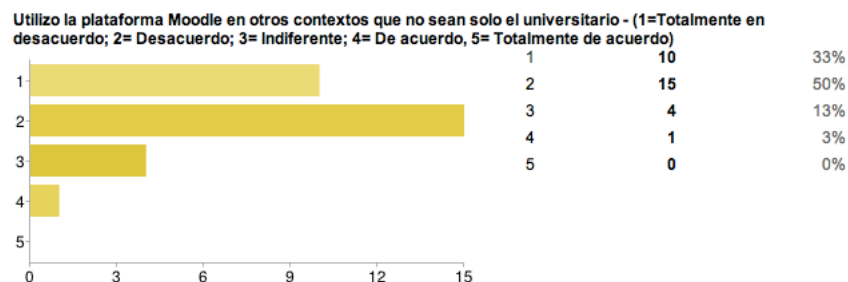


Figura 176. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del pretest dentro del grupo experimental 2

En cuanto a la pregunta 5 dentro del grupo de control el 90% de los estudiantes tiene un *smartphone* y/o *tablet* (Figura 177) y en el grupo de control el 70% de los estudiantes (Figura 178).

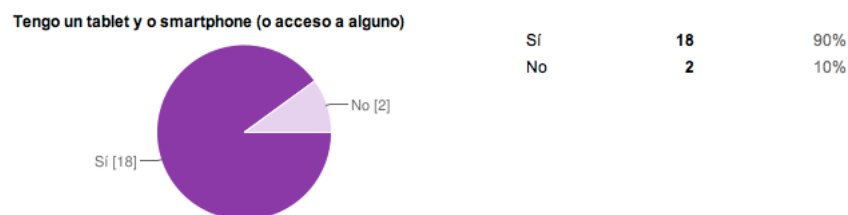


Figura 177. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del pretest dentro del grupo de control

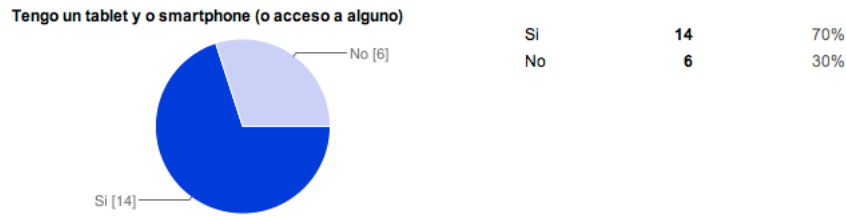


Figura 178. – Porcentaje de repuestas de la pregunta 5 del pretest dentro del grupo experimental

Respecto a la pregunta 6, el 75% de los estudiantes de grupo de control (Figura 179) está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación y el 70% de los estudiantes del grupo experimental (Figura 180).

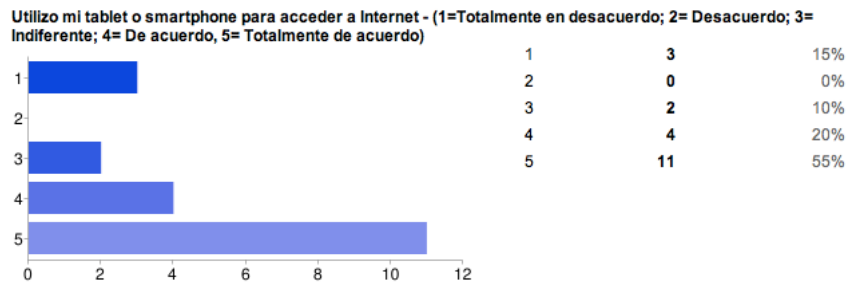


Figura 179. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del pretest dentro del grupo de control

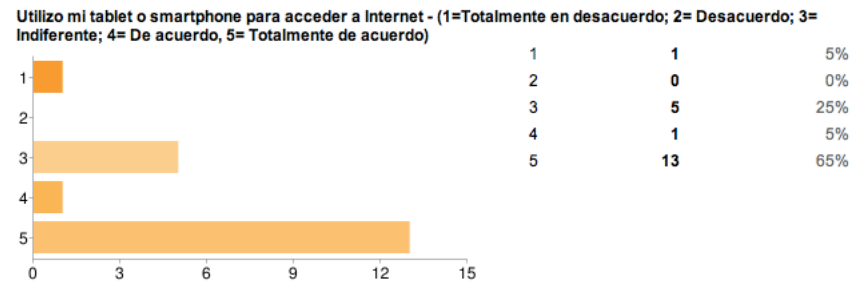


Figura 180. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 7, el 45% de los estudiantes de grupo de control está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación referente a los foros de *Moodle* (Figura 181), mientras que en el grupo experimental es un 50% (Figura 182).

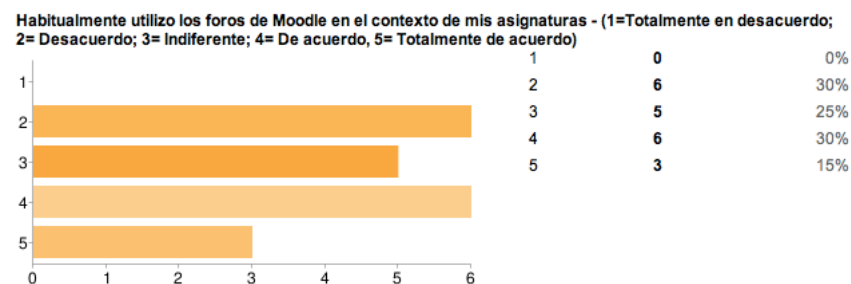


Figura 181. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del pretest dentro del grupo de control

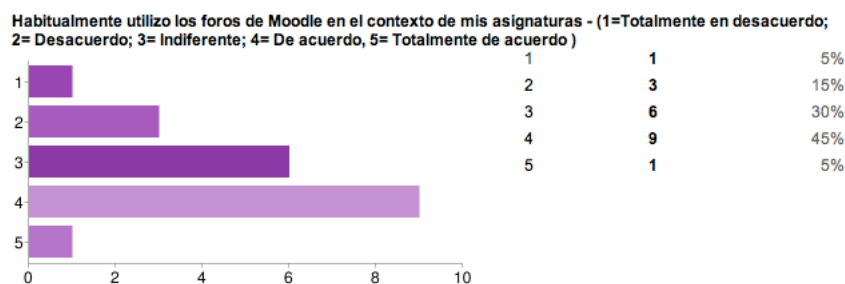


Figura 182. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 8, dentro del grupo de control el 65% de los estudiantes usa *Moodle* no solo debido a que la participación sea obligatoria (Figura 183) y el 60% en el grupo experimental (Figura 184).

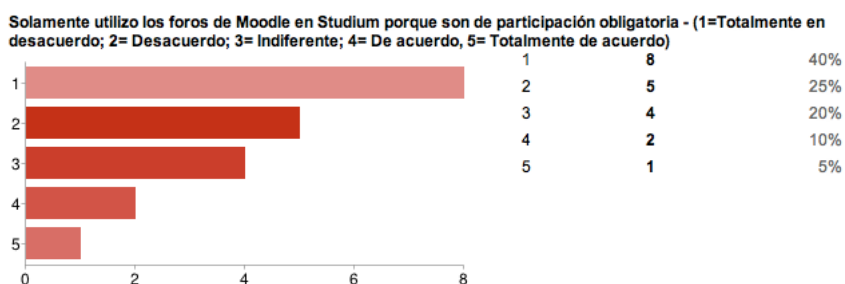


Figura 183. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del pretest dentro del grupo de control

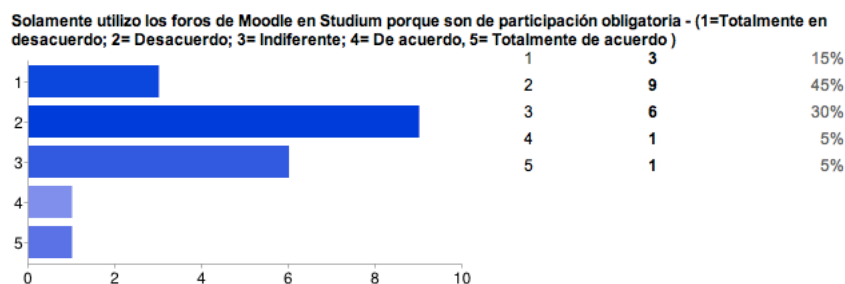


Figura 184. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del pretest dentro del grupo experimental

En el grupo de control, el 90% está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación de la pregunta 9 (Figura 185) y en el grupo experimental el 100% (Figura 186).

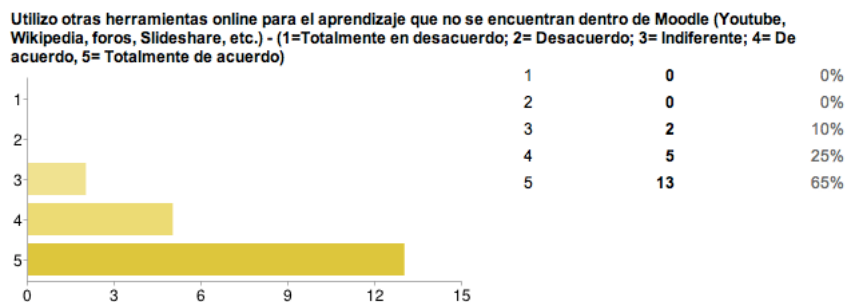


Figura 185. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del pretest dentro del grupo de control

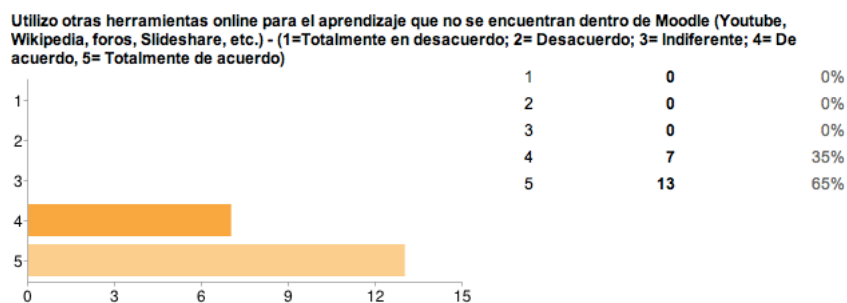


Figura 186. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del pretest dentro del grupo experimental

Respecto a la pregunta 10, el 80% está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación presentada (Figura 187) al igual que el grupo experimental (Figura 188).

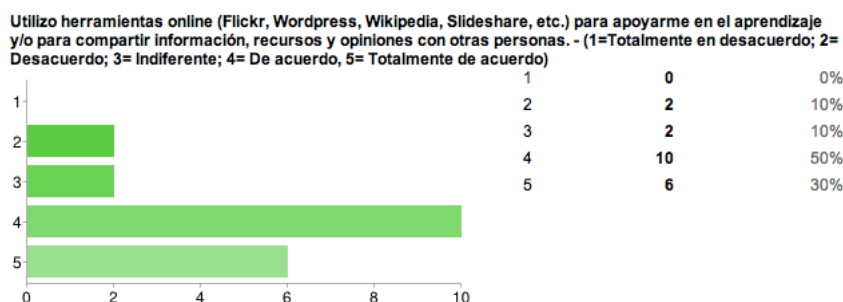


Figura 187. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 10 del pretest dentro del grupo de control

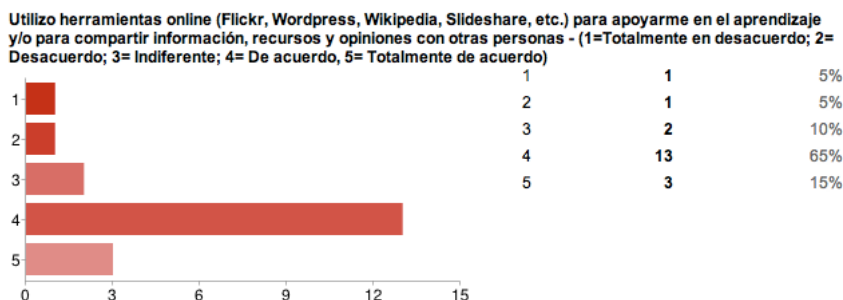


Figura 188. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 10 del pretest dentro del grupo experimental

En cuanto a la pregunta 11, dentro del grupo de control el 75% de los estudiantes considera el enriquecimiento del aprendizaje que aportan otras herramientas *online* adicionales a las de los LMS (Figura 189) y en el grupo experimental el 90% (Figura 190).

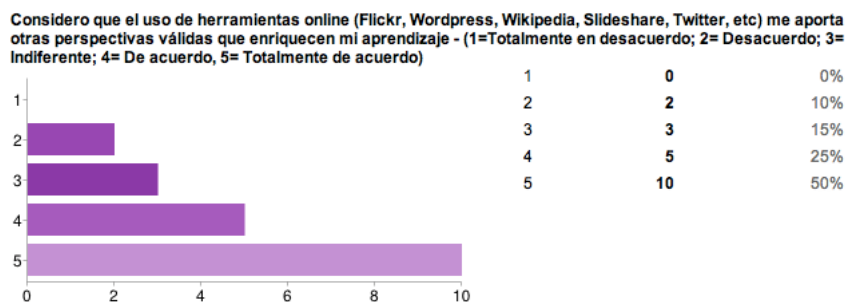


Figura 189. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 11 del pretest dentro del grupo de control

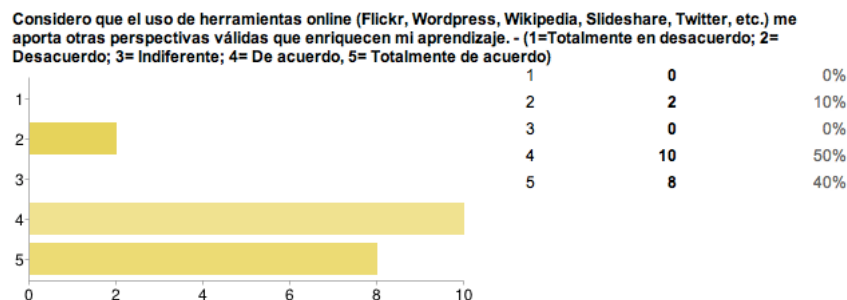


Figura 190. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 11 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 12, dentro del grupo de control, el 75% considera que no son suficientes solo las herramientas de *Moodle* en las asignaturas (Figura 191) y en el grupo experimental un 60% de los encuestados (Figura 192).

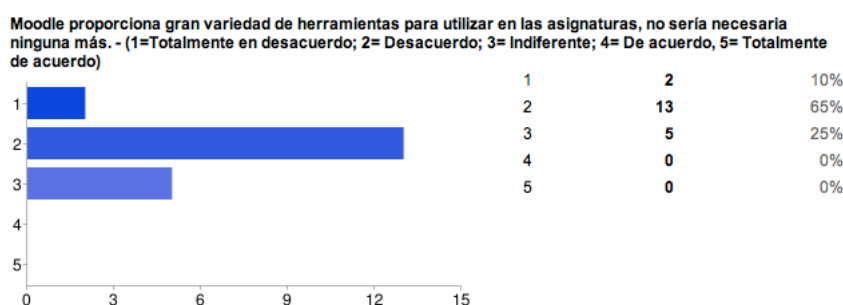


Figura 191. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 12 del pretest dentro del grupo de control

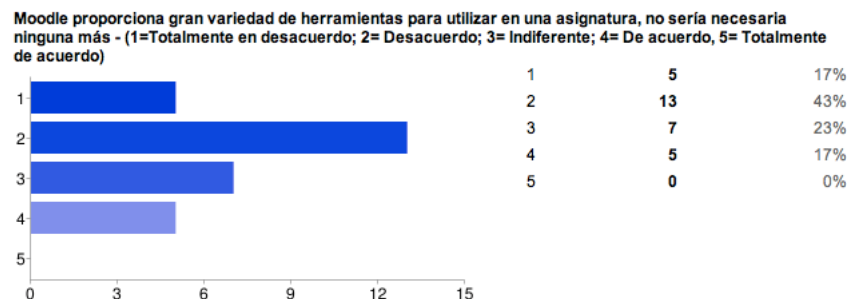


Figura 192. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 12 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 13, dentro del grupo de control el 55% utilizan otras herramientas educativas adicionales a las proporcionadas por *Moodle* para sus actividades formativas (Figura 193) y en el grupo experimental un 76% (Figura 194).



Figura 193. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 13 del pretest dentro del grupo de control

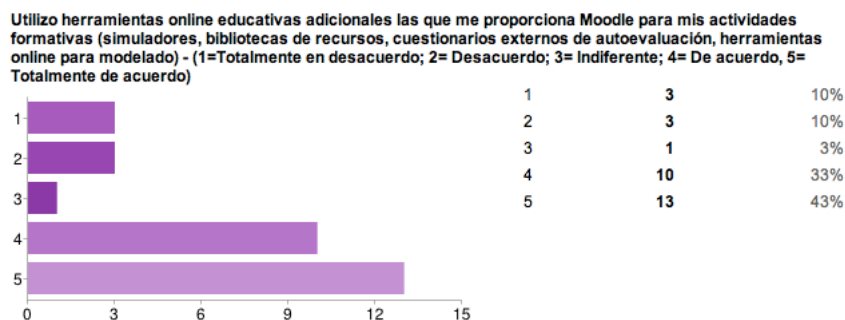


Figura 194. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 13 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 14, dentro del grupo de control el 75% utiliza otras herramientas *online* adicionales a las proporcionadas por *Moodle* para aprender (Figura 195) y un 65% de los estudiantes del grupo experimental (Figura 196).

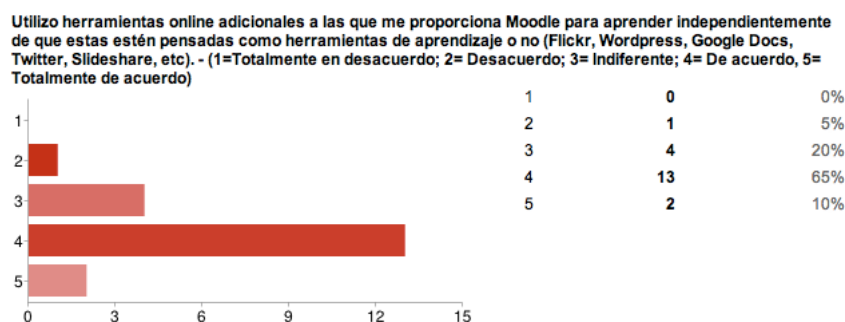


Figura 195. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 14 del pretest dentro del grupo de control

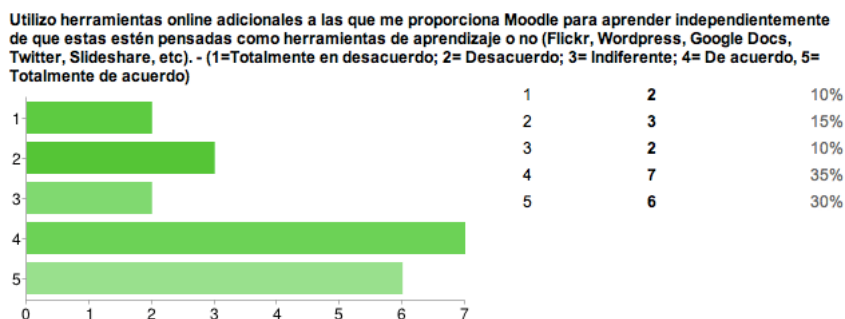


Figura 196. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 14 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 15, dentro del grupo de control un 45% utiliza su dispositivo móvil para acceder a *Moodle* (Figura 197) y un 25% en grupo experimental (Figura 198).

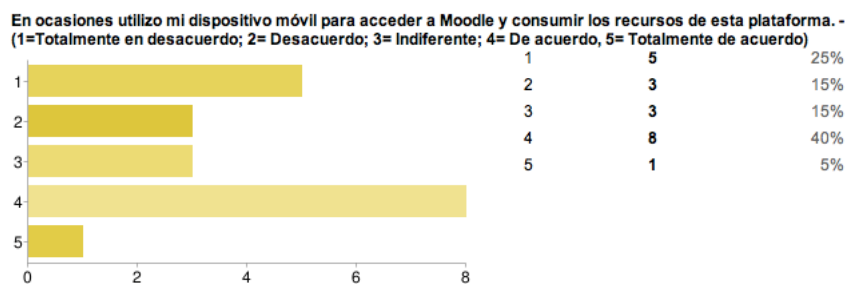


Figura 197. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 15 del pretest dentro del grupo de control

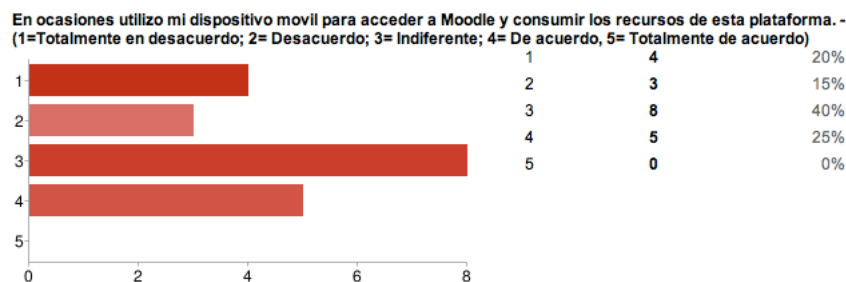


Figura 198. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 15 del pretest dentro del grupo experimental

En la pregunta 16, dentro del grupo de control solamente un 25% utiliza herramientas *online* y del propio dispositivo móvil con fines educativos (Figura 199) y un 30% en el caso del grupo experimental (Figura 200).

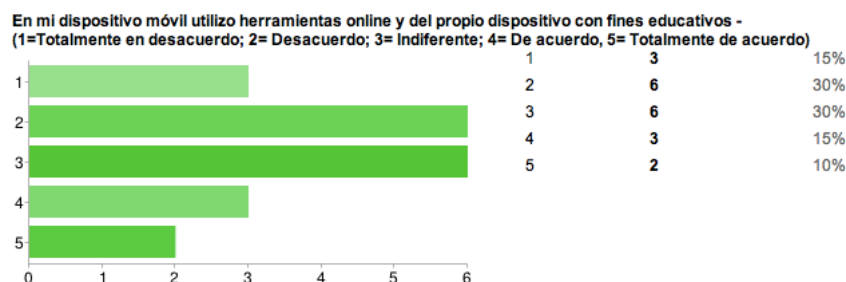


Figura 199. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 16 del pretest dentro del grupo de control

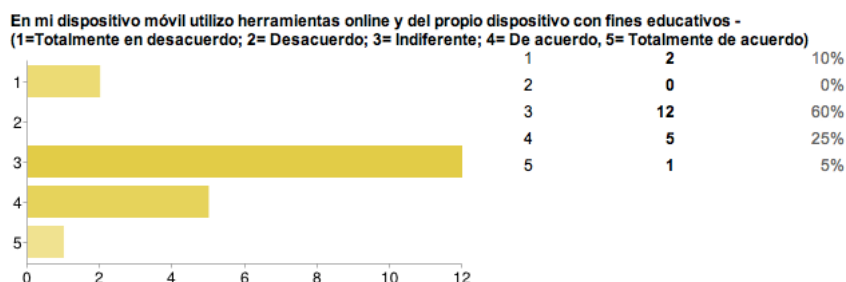


Figura 200. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 16 del pretest dentro del grupo experimental

2.2. Resultados del posttest

En esta sección se plantean los resultados del posttest para cada una de las preguntas.

Respecto a la pregunta 1 del posttest se pueden observar que solo un 25% de los usuarios del grupo de control (Figura 201) está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación y el 65% en el grupo experimental (Figura 202).

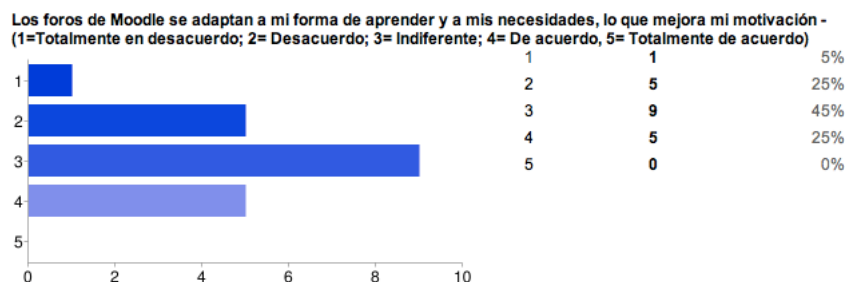


Figura 201. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 1 del posttest dentro del grupo de control

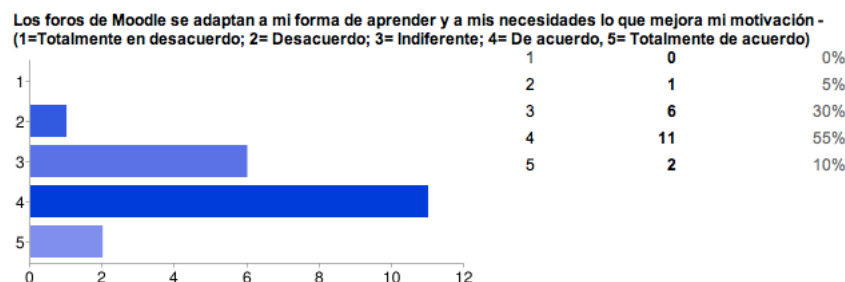


Figura 202. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 1 del posttest dentro del grupo experimental

En la pregunta 2 del posttest, se pueden observar que un 55% de los usuarios del grupo de control (Figura 203) está de acuerdo o completamente de acuerdo con la utilidad de los foros de *Moodle* y un 75% en el grupo experimental (Figura 204).



Figura 203. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del posttest dentro del grupo de control



Figura 204. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del posttest dentro del grupo experimental

En relación con la pregunta 3 del posttest, se puede observar que solo un 30% de los estudiantes del grupo de control (Figura 205) está de acuerdo o completamente de

acuerdo con la posibilidad de combinar herramientas de *Moodle* con otras herramientas *online* y un 90% en el grupo experimental (Figura 206).

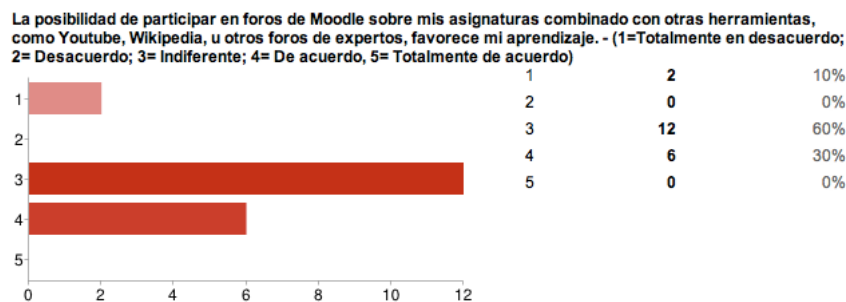


Figura 205. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del postest dentro del grupo de control

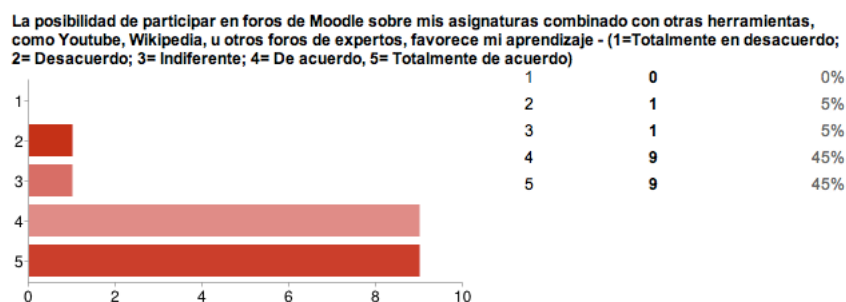


Figura 206. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del postest dentro del grupo experimental

Respecto a la pregunta 4 del postest, se puede observar que solo un 10% de los estudiantes del grupo de control (Figura 207), está de acuerdo o completamente de acuerdo con la posibilidad de que plataformas como *Moodle* tengan en cuenta lo que hace en otros contextos frente a un 100% en el grupo experimental (Figura 208).

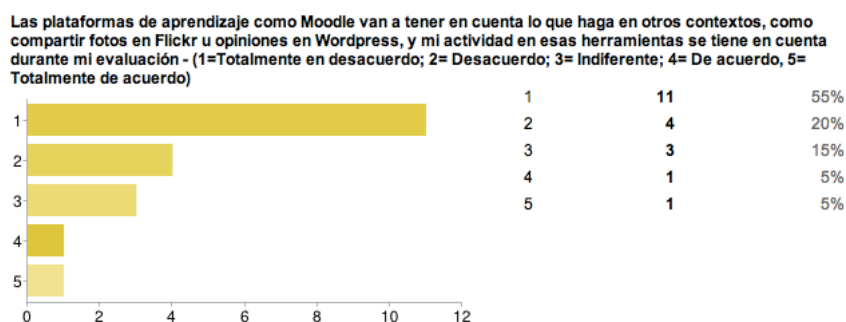


Figura 207. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del postest dentro del grupo de control

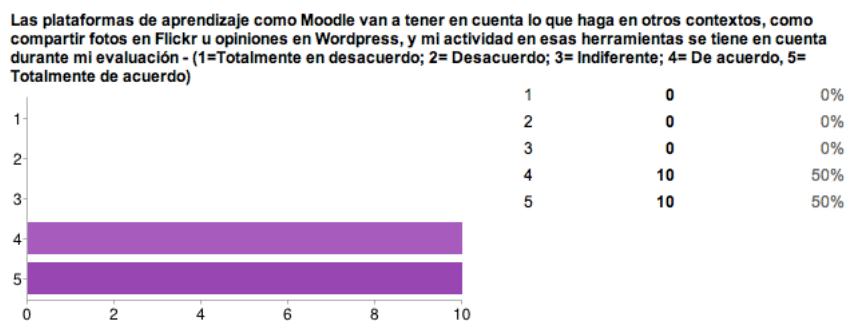


Figura 208. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del postest dentro del grupo experimental

Respecto a la pregunta 5 del postest, el 80% de estudiantes del grupo de control (Figura 209), considera que *Moodle* no tiene acceso de lo que hago en otras herramientas ajenas a esta plataforma, frente a ninguno en el grupo experimental (Figura 210).

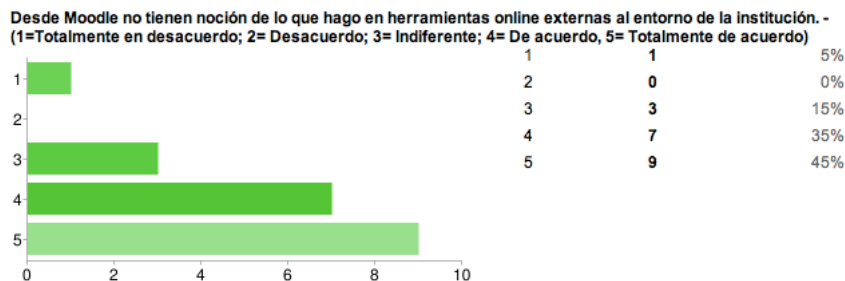


Figura 209. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del postest dentro del grupo experimental

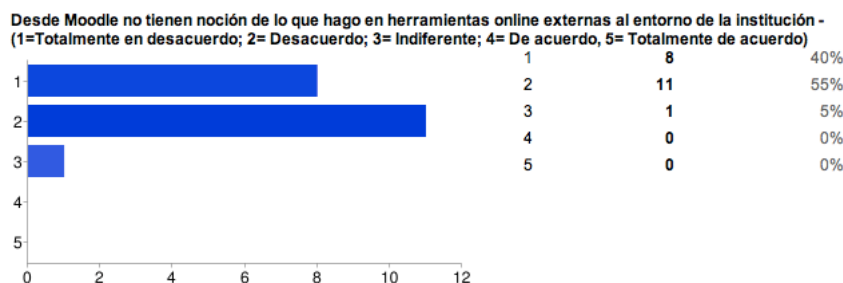


Figura 210. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del postest dentro del grupo experimental

En la pregunta 6 del postest, el 0% de estudiantes del grupo de control (Figura 211), está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación, frente al 50% que se observa para el grupo experimental (Figura 212).

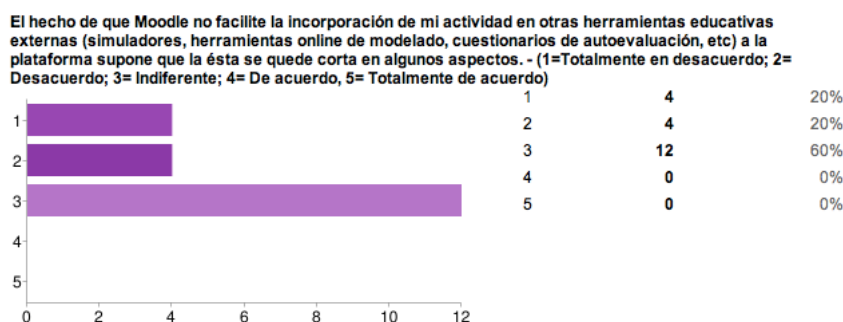


Figura 211. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del postest dentro del grupo de control

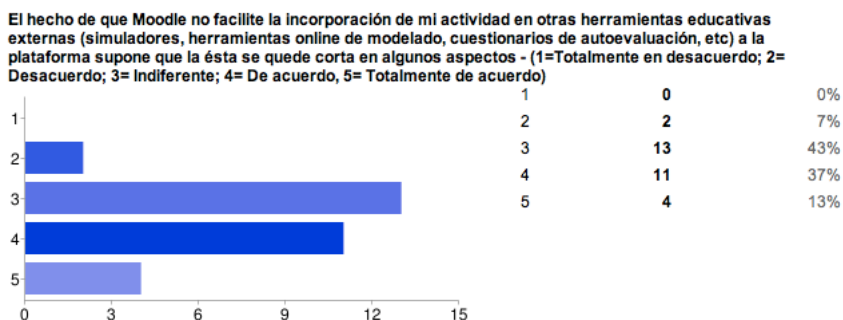


Figura 212. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del postest dentro del grupo experimental

En la pregunta 7 del postest, el 5% de estudiantes del grupo de control (Figura 213) está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación, frente al 47% que se observa para el grupo experimental (Figura 214).

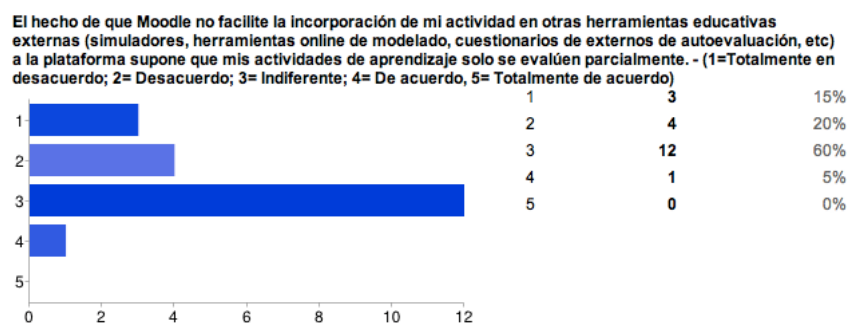


Figura 213. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del postest dentro del grupo de control

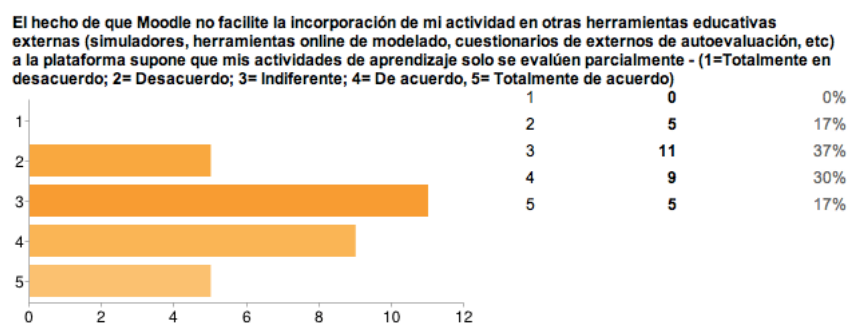


Figura 214. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del postest dentro del grupo experimental

En relación a la pregunta 8 del postest, el 35% de estudiantes del grupo de control (Figura 215) está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación, frente al 60% que se observa para el grupo experimental (Figura 216).

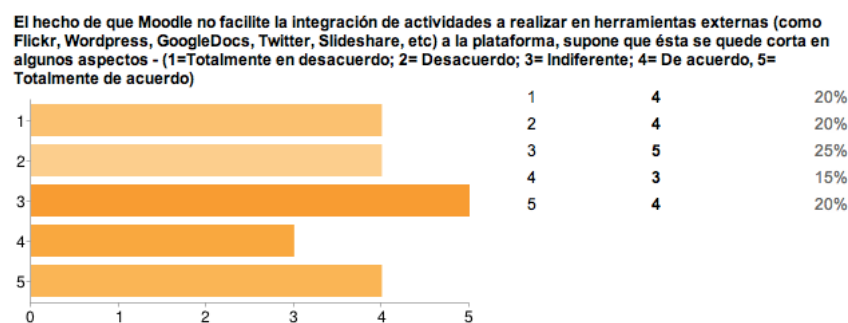


Figura 215. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del postest dentro del grupo de control

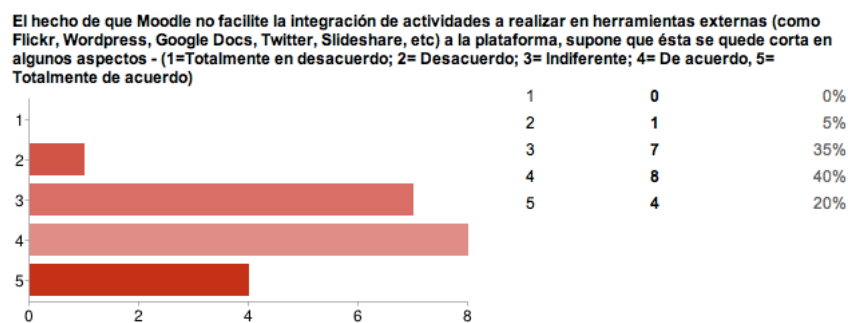


Figura 216. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del postest dentro del grupo experimental

Respecto a la pregunta 9 del postest, el 35% de estudiantes del grupo de control (Figura 217) está de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación, frente al 75% que se observa para el grupo experimental (Figura 218).

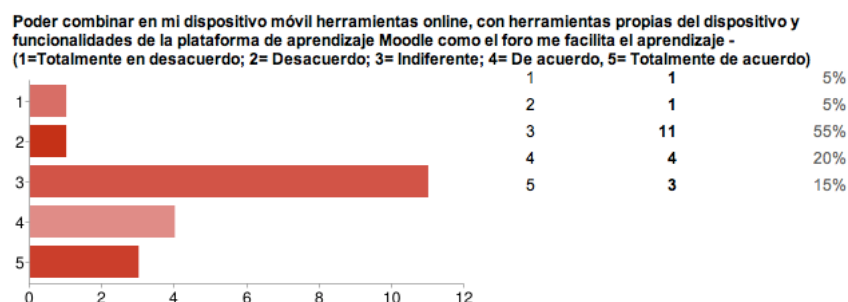


Figura 217. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del postest dentro del grupo experimental

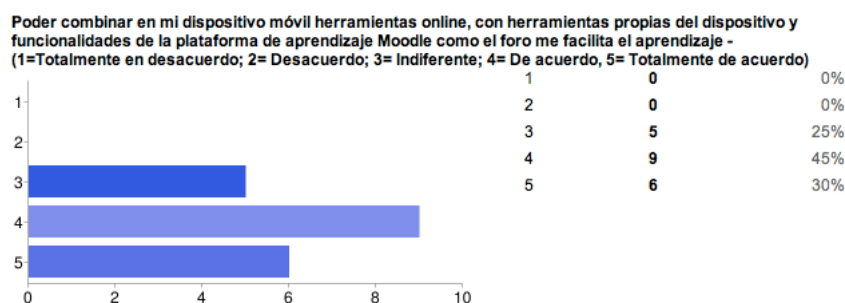


Figura 218. – Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del postest dentro del grupo experimental

2.3. Cuestionario de profesores

En esta sección se muestra el cuestionario de los profesores que se utiliza en las entrevistas semi-estructuradas cuyos resultados se han descrito en el Capítulo 6. A continuación se adjunta dicho cuestionario en cursiva así como una explicación de a qué pilotos y escenarios pertenece cada pregunta.

CUESTIONARIO DEL PROFESOR

1. Sexo: ☐ hombre ☐ Mujer

2. Edad: Años

3. Experiencia como profesor: Años

4. Tipo de profesor: (Universitario, Secundaria o Primaria, Formación Continua, Otros)

Responde a continuación en el siguiente sentido:

1=Totalmente en desacuerdo;

2= Desacuerdo;

3= Indiferente;

4= De acuerdo,

5= Totalmente de acuerdo

POSIBILIDAD DE USO DE FUNCIONALIDADES DEL LMS EN EL ENTORNO PERSONALIZADO

6. Considero que la posibilidad de exportar funcionalidades de Moodle y combinarlas con otras herramientas online, facilita el aprendizaje de los estudiantes 1 2 3 4 5
7. La exportación de funcionalidades de Moodle puede favorecer la participación del discente y, por tanto, ser positivo para la impartición de las asignaturas..... 1 2 3 4 5
8. Considero que en caso de exportar funcionalidades de Moodle es necesario tener en cuenta la actividad del usuario en el entorno externo 1 2 3 4 5

CONSIDERAR LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES EXTERNAS COMO FORMA DE ENRIQUECER EL APRENDIZAJE

9. Considero que existen herramientas que pueden enriquecer la impartición de las asignaturas que no son las provistas por el entorno institucional 1 2 3 4 5
10. Moodle facilita el uso de herramientas externas, sin embargo el hecho de tener que salir del entorno institucional para utilizarlas me resulta incómodo..... 1 2 3 4 5

CONSIDERAR LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES EDUCATIVAS ONLINE DENTRO DE LAS ASIGNATURAS

11. La inclusión de la actividad del estudiante en herramientas educativas externas dentro de Moodle, me permite evaluar a los estudiantes de forma más completa 1 2 3 4 5
12. Poder recuperar la actividad del estudiante en actividades educativas externas sin necesidad de salir del entorno institucional me facilita su evaluación 1 2 3 4 5

CONSIDERAR LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES BASADAS EN HERRAMIENTAS ONLINE (NO PENSADAS INICIALMENTE PARA EL ÁMBITO EDUCATIVO) DENTRO DE LAS ASIGNATURAS

13. Utilizar herramientas online adicionales a las que proporciona Moodle para impartir mis asignaturas, independientemente de que estas estén pensadas como herramientas educativas o no (Flickr, Wordpress, Google Docs, Twitter, Slideshare, etc.) favorece el aprendizaje del estudiante 1 2 3 4 5
14. Poder recuperar la actividad de los estudiantes en dichas herramientas, me permite evaluarlos de forma sencilla y desde perspectivas diferentes a las que me proporcionan los LMS..... 1 2 3 4 5

CONSIDERAR LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA PLATAFORMA EN DISPOSITIVOS MÓVILES

15. Poder utilizar herramientas institucionales en otros contextos, como dispositivos móviles, fomenta la participación de los usuarios, y por tanto, enriquece mis asignaturas 1 2 3 4 5

A continuación, en la Tabla 78, se muestra una descripción de que preguntas pertenecen a cada piloto y escenario en el pretest.

Tabla 78. – Distribución de las preguntas del cuestionario para los profesores en escenarios

	Preguntas
Variables de control	1, 2, 3, 4
Escenario 1	6, 7, 8
Escenario 2	9, 10
Escenario 3	11, 12
Escenario 4	13, 14
Escenario Móvil	15

Apéndice D. – Siglas y acrónimos

ADL	<i>Advanced Distributed Learning</i>
AHKME	<i>Adaptive Hypermedia Knowledge Management Elearning System</i>
AICC	<i>Aviation Industry Computer-based training Committee</i>
AJAX	<i>Asynchronous JavaScript and XML</i>
ARIADNE	<i>Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe</i>
BPM	<i>Bussiness Process Model</i>
BPMN	<i>Bussiness Process Model Notation</i>
BPMS	<i>Bussiness Process Model System</i>
BSI	<i>British Standards Institute</i>
CanCore	<i>Canadian Core Learning Resource Metadata Protocol</i>
CBT	<i>Computer-Based Training</i>
CETIS	<i>Centre for Educational Technology and Interoperability Standards</i>
CMS	<i>Course Management System</i>
COD	<i>Code on Demand, Código bajo demanda</i>
COM	<i>Component Object Model</i>
CORBA	<i>Common Object Request Broker Architecture</i>
CS	<i>Client/Server</i>
C_SCL Environments	<i>Computer Supported Collaborative Learning Environments</i>

CSILE	<i>Computer-Supported Intentional Learning Environment</i>
DCOM	<i>Distributed Component Object Model</i>
ELF	<i>E-Learning Framework</i>
ESB	<i>Enterprise Service Bus</i>
EVA	Entorno Virtual de Aprendizaje
GESSI	<i>Group of Software Engineering for Information Systems</i>
GLUE!	<i>Group Learning Unified Environment</i>
GPL	<i>General Public License</i>
GRIAL	GRupo de Investigación en InterAcción y eLearning
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IDL	<i>Interface Definition Language</i>
IDTV	<i>Interactive Digital Television</i>
IEEE RCD	<i>IEEE Reusable Competency Definitions</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
ILS	<i>Integrated Learning Enviornment</i>
IMS BLTI	<i>IMS Basic Learning Tools for Interoperability</i>
IMS CC	<i>IMS Common Cardridge</i>
IMS CP	<i>IMS Content Packaging</i>
IMS LD	<i>IMS Learning Desing</i>
IMS LIP	<i>IMS Learner Information Package</i>
IMS LIS	<i>IMS Learning Information Services</i>
IMS LOM	<i>IMS Learning Object Metadata</i>

IMS LTI	<i>IMS Learning Tools for Interoperability</i>
IMS QTI	<i>IMS Question and Test Interoperability</i>
IMS SS	<i>IMS Simple Sequencing</i>
IMS TI	<i>IMS Tools Interoperability</i>
iPLE	<i>Institutional Personal Learning Environment</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
JISC	<i>Joint Information Systems Committee</i>
JSON	<i>Javascript Object Notation</i>
LCMS	<i>Learning Content Management Systems</i>
LEAP	<i>LEArning Profile</i>
LISL	<i>Learner Interaction Scripting Language</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
LP	<i>Learning Platform</i>
LS	<i>Layered System</i>
LSS	<i>Learning Support System</i>
LTSC	<i>Learning Technology Standard Committee</i>
LUISA	<i>Learning content management system Using Innovative, Semantic web Service Architecture</i>
MIME	<i>Multipropose Internet Mail Extension</i>
MLE	<i>Managed Learning Environment</i>
MLO - AD	<i>Metadata for Learning Oportunities - Advertising</i>
MLR	<i>Metadata For Learning Resources</i>

MPE	<i>Mobile Personal Environment</i>
MUPPLE	<i>Mashup Personal Learning Environments</i>
NIMLE	<i>Northern Ireland Integrated Managed Learning Environment</i>
oiPLE	<i>Open Integrated Personal Learning Environments</i>
OKI	<i>Open Knowledge Initiative</i>
OSIDs	<i>Open Service Interface Definitions</i>
OWF	<i>Open Web Foundation</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PALO	<i>Personal Achieved Learning Outcomes</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PLE	<i>Personal Learning Environment</i>
POX	<i>Plain Old XML</i>
RA	Realidad Aumentada
RAE	Real Academia Española
REST	<i>REpresentational State Transfer</i>
RI	<i>Remote Invocation</i>
RMI	<i>Remote Method Invocations</i>
RPC	<i>Remote Procedure Call</i>
RR	<i>Replicated Repository</i>
RSS	<i>Really Simple Syndication</i>
SAML	<i>Security Assertion Markup Language</i>
SIF	<i>Schools Interoperability Framework</i>

SLR	<i>Systematic Literature Review</i>
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>
SOAml	<i>Service Oriented Architecture Modelling Language</i>
SOAP	<i>Simple Access Object Protocol</i>
SOC	<i>Service Oriented Computing</i>
SOCKET	<i>Service-Oriented Consumer Kit for ELF Tools</i>
SOR	<i>System of Record</i>
SOVLE	<i>Service-Oriented Virtual Learning Environment</i>
SQI	<i>Simple Query Interfaces</i>
SUSHITOS	<i>Services for Ubiquitous Social and Humanistic Information Technologies and Open Source</i>
SWFP	<i>Secure Web Feed Protocol</i>
SWORD	<i>Simple Webservice Offering Repository Deposit</i>
SWS	<i>Secure Web Syndication</i>
TC	<i>Tool Consumer</i>
TEL	<i>Technology Enhanced Learning</i>
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TP	<i>Tool Provider</i>
TRAILER	<i>Tagging, Recognition, Acknowledgement of Informal Learning Experiences</i>
UDDI	<i>Universal Description Discovery and Integration</i>
UI	<i>Uniform Interface</i>
UML	<i>Unified Modelling Language</i>

URI	<i>Unified Resource Identifier</i>
VLE	<i>Virtual Learning Environment</i>
VM	<i>Virtual Machine</i>
VPTP	<i>Virtual Personal Transfer Protocol</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WAFFLE	<i>Wide Area Freely Federated Learning Environment</i>
WDSL	<i>Web Service Description Language</i>
WSRP	<i>Web Services for Remote Portlets</i>
XCRI	<i>eXchanging Course Related Information</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

Apéndice E. – Glosario de Términos

<i>αLearning</i>	Aprendizaje mediado tecnología con independencia del medio tecnológico utilizado, cuya finalidad es centrarse en el objetivo, el aprendizaje, y no en el medio, la tecnología. Este tipo de aprendizaje puede considerar cualquier tipo de tecnología para aprender, con lo que reúne todas las variedades que aparecen en función del soporte tecnológico a utilizar, (<i>eLearning</i> , <i>mLearning</i> , <i>tLearning</i> , <i>cLearning</i> , <i>gLearning</i> , <i>uLearning</i> , <i>gbLearning</i> , <i>arLearning</i> y tantos otros).
Ámbito institucional	Entorno relativo a un organismo que desempeña una función de interés público. Generalmente están asociados al aprendizaje formal.
Aprendizaje	Proceso mediante el que se adquieren o cambian destrezas, conocimientos, comportamientos, valores, actitudes, competencias a través del estudio, la enseñanza, la experiencia, la interacción con otros, etc.
Aprendizaje formal	Aprendizaje conducido por una institución o centro de formación, que se caracteriza por poseer una estructura definida (objetivos, duración, soporte), que suele comprender un período específico y que finaliza con la adquisición de algún tipo de certificación. El estudiante es consciente de este tipo de aprendizaje y además él decide que quiere llevarlo a cabo.
Aprendizaje informal	Aprendizaje que se obtiene en las actividades de la vida cotidiana como puede ser el trabajo, el ocio, la familia, la interacción con expertos, la participación en foros relativos a temas de interés para el discente, etc. Se caracteriza por no estar estructurado como en el caso anterior, ni proporcionar una certificación. Además, no está vinculado a un período específico de tiempo y puede adquirirse de forma inconsciente.

Aprendizaje no formal	Aprendizaje no impartido por una entidad institucional, que no conduce a la obtención de una certificación y que se caracteriza por estar estructurado y adquirirse de forma consciente e intencionada.
Dispositivo móvil	Cualquier elemento electrónico con capacidad de computación que pueda trasladarse con facilidad y disponga de algún tipo de interfaz para la representación de la información y para interactuar con ella.
Especificación	Modelo, norma o patrón para hacer algo que no ha sido validado por una entidad certificadora.
Estándar	Modelo, norma o patrón para hacer algo validado por una entidad certificadora.
<i>Framework software</i>	Estructura, esquema o patrón para el desarrollo de una aplicación <i>software</i> . Incluye tanto elementos estructurales como prácticas o recomendaciones. Un <i>framework</i> no impone una forma concreta para implementar la solución tecnológica, aunque puede determinar aspectos concretos respecto al uso de algunas tecnologías.
Grupo de control	Conjunto de individuos que participan en una experiencia piloto y no recibe tratamiento alguno, por ejemplo no utiliza el sistema a validar.
Grupo experimental	Conjunto de individuos que participan en una experiencia piloto y recibe un tratamiento específico, por ejemplo utiliza el sistema que se desea validar.
Herramienta <i>online</i> externa	Aplicación <i>online</i> , concebida o no con finalidad educativa, que no se encuentra incluida en el entorno de aprendizaje institucional.
Inmigrantes digitales	Aquellos individuos que se han tenido que adaptar al uso de las tecnologías digitales por necesidad, sin haber crecido con ellas.

Instanciación	Resultado de asignar valores y/o comportamientos específicos a un elemento genérico. Por ejemplo: instanciar una actividad se refiere a configurar de manera específica una actividad.
Interoperabilidad	Capacidad de dos o más sistemas para intercambiar información, conocimiento e interacción entre ellos.
Lanzamiento	El lanzamiento de una aplicación en esta tesis se refiere a la acción de iniciar una actividad por un actor específico.
LMS	Entorno de aprendizaje que proporciona un conjunto de herramientas, recursos y servicios de <i>eLearning</i> que puedan ser empleados por discentes y docentes. Además, proporciona facilidades para la gestión de los cursos y puede aportar otras para la creación, publicación y almacenamiento de contenidos. Los LMS suelen estar vinculados al aprendizaje formal o no formal y no tanto al aprendizaje informal.
Mediador	Elemento intermedio que se encarga de facilitar la comunicación entre diferentes sistemas. Los mediadores pueden llevar a cabo tareas como conducir la información o interacción, validar aspectos relativos a la seguridad, aportar funcionalidades adicionales, etc.
Nativos digitales	Aquellos individuos que no necesitan ningún tipo de adaptación a las tecnologías digitales puesto que han crecido rodeados de ellas y las usan de forma natural.
Piloto	Experiencia en la que se trata de validar algún concepto o sistema.
PLE	Un entorno de aprendizaje centrado en el usuario y personalizable por él, que aúna todas aquellas herramientas, servicios, opiniones, personas, recursos y actividades que le sean útiles en el proceso de aprendizaje. Dicho entorno debe tener en cuenta las diferentes modalidades de formación, facilitar el aprendizaje a lo largo de vida del estudiante y permitir la incorporación de las nuevas

	tecnologías.
Servicio	Conjunto de actividades para facilitar un objetivo determinado.
<i>ToolConsumer</i>	Elemento utilizado durante la aplicación de especificaciones de interoperabilidad para consumir o integrar una determinada herramienta dentro de un sistema. El <i>ToolConsumer</i> debe al menos facilitar el lanzamiento y configuración de la aplicación.
<i>ToolProvider</i>	Elemento utilizado durante la aplicación de especificaciones de interoperabilidad para proporcionar una determinada herramienta a un sistema. El <i>ToolProvider</i> debe al menos facilitar la representación de la herramienta en el contexto objetivo.
<i>Widget</i>	Mini-aplicación independiente y portable que representa una funcionalidad o un conjunto de funcionalidades específicas. Estas mini-aplicaciones pueden representarse en contextos distintos como dispositivos móviles, sistemas de navegación de automóviles, televisores, videoconsolas, etc.

EXTENDED ENGLISH SUMMARY

1. Introduction

1.1. Research context

Learning processes are conditioned by many circumstances such as social trends, technological evolutions, political background and so on (García-Peñalvo, 2005). In other words, they are continuously changing and evolving, as it happens in many other areas (industry, health care, culture, etc.) depending on the context where learning takes place. One of most significant factors contributing to this change is the use of Information and Communications Technologies (ICT) in learning environments.

The application of ICT in Learning contexts was seen as a “silver bullet” to achieve better results. However, whilst it represents an important advance in many contexts (for example, the rise of mobile ‘apps’), it does not always guarantee success in learning processes (Mott & Wiley, 2009; Trucano, 2005).

The main reasons for this lack of success are related to: 1) Institutional resistance to change regarding the introduction of certain technologies in formal environments (Web 2.0 tools, Social Networks, eCommerce strategies, etc.) (Mott & Wiley, 2009; Piscitelli et al., 2010); 2) the insistence on the technology application when it is not required or seen as a solution (Chadwick, 2001); 3) the need for digital literacy amongst teachers and students, many of whom are digital immigrants and the younger pupil generations are digital natives (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001c), implies a confrontation and a gap that makes it difficult that they can take advantage of new technologies; 4) the lack of connection between the formal, non-formal and informal environments makes it difficult to improve learning processes and the centralization of the activity in only one context; 5) moreover, lots of technological applications and tools are defined without taking into account the final user, which means that adopting and using them can turn into a difficult task.

In order to address these problems, learning institutions need to change their strategies. Until now Learning Management Systems (LMS) have been the technological base for educational activities. In fact, LMS have been highly successful in stimulating online engagement by teachers and learners, they are widespread and big amounts of money have been invested on them (Sclater, 2008). It provides teachers with ways to manage courses, students, activities, resources and other elements involved in learning processes. In addition, they act as a meeting point for students and a guide to carry out their learning activities. However, they also have some important problems associated with their use: students generally use not only

LMS but also other tools for learning purposes, tools which are usually not taken into account; they are not properly used, and a lot of times are used simply as spaces to publish contents; LMS restrict the opportunities for collaboration between students to a specific period of time (i.e. academic year); also, LMS scope is limited to what happens within the institution but not beyond, and therefore they may not take into account the learning taking place during students' everyday life outside the institutional context; and finally, LMS are focused on the course and the institution, rather than on the student and their needs (Brown & Adler, 2008; Cuban, 2001; Downes, 2006; Milligan, 2006; Sakai-Pilot, 2009; Wesch, 2009).

Given this context, there is a patent necessity to provide environments offering a better adaptation to the student and open to include the "new" set of Web 2.0 tools, which are under the student's control. The rationale for the shift of this 'locus of control' is that personalization can improve learning by empowering the student to manage their learning at their own pace (Attwell, 2007b), with a technology of their choice, and within the context of the activities of their daily lives, which are also driven by the use of the same technologies. These environments are known as PLEs (Personal Learning Environments), which seek to unburden the learner of the need to learn to use new systems when they engage in formal learning. PLEs facilitate the users' learning process by allowing them to use the tools they want and by not joining them to an specific institutional context or learning period (Adell & Castañeda, 2010).

In this situation the students find two kinds of environments: on the one hand, there are Learning Management Systems, controlled by the institution and focused on the course; formal learning is carried out in such environments; on the other hand, informal learning takes place outside the institution and can be carried out in Personal Learning Environments. In other words, there are two different learning environments that should coexist and, in most of the cases, there is no linking between these environments. This implies that the learner has to access to both environments separately (the institutional context and the personalized context), which can make it harder for them to stay focused on learning; the activity carried out by the learner into the informal context is not taken into account in the institutional one; teachers may not be aware of what the learner does in other contexts, and the LMS cannot just "grow" and open up to integrate other useful functionalities, such as those included into the PLEs, or to be used from other contexts such as the mobile devices.

This situation makes it really necessary to define ways to exchange information and interaction between these two environments. In order to achieve this goal, the present PhD Thesis aims to define a framework which allows such kind of interoperability. This

framework should be based on services and interoperability specifications to guarantee the system's scalability and portability. The idea is to define an approach that can blur the boundaries between formal and personalized (informal and non-formal) environments.

1.2. Hypothesis and objectives

At the beginning of the research project developed in this PhD thesis, and taking into account the problems described in the previous section, the following main hypothesis is stated:

“It is possible to define approaches which enable the interoperability between PLEs and traditional learning platforms to facilitate students' learning, guaranteeing the integration of the informal activity into the institutional environment. Such approaches should provide channels to exchange information and interaction between both contexts, in order to enable both the exportation of functionalities from the institutional learning platforms and the integration into institutional contexts of activities carried out in online tools belonging to the Personal Learning Environments”.

Consequently, the main objective of this research work is:

The definition of a framework which, by using Service Oriented Architectures, Interoperability Specifications and strategies to represent the information, allows the integration of LMSs and PLEs accessible through different devices, taking into account the activity carried out in the personalized environments and the institutional learning platform for the assessment of the student's activity.

In order to achieve this main objective the following partial objectives are considered:

- To study the application of technologies in learning contexts, in order to establish context general framework for this PhD work, distinguishing between the different kinds of learning depending on the technological medium used. By doing this, it is possible to analyse how eLearning has evolved, and continues to evolve, and how the proposed framework may be able to take advantage of that evolution.
- To analyse the most used tools in eLearning, as well as those that facilitate its evolution. In this way, it is possible to have a clear idea of extant tools, paying special attention to their scalability and their evolving possibilities.
- To discover the limitations and features of the elements involved in the communication between the PLE and the LMS, making special emphasis in

interoperability specifications, in order to define an efficient architecture. The aim is to have enough knowledge of existing initiatives to overcome the drawbacks, and at the same time allow the framework to evolve without compromising the use of the system.

- To study and analyse previous research work related to communications between PLEs and LMSs, in order to define whether it is possible to use any of the existing initiatives or it is necessary to create the framework from scratch, in order to study the possible ways to represent the information in the different environments, how to secure transactions, etc.
- To develop a service framework that facilitates access to the learning activities defined in the LMS, in a different environment, allowing tracking those activities and others from external contexts. This implies the definition, design and implementation of a set of interoperability scenarios which include the exportation of LMS functionalities to other environments and contexts; as well as the possibility to gather not only information about what the students do in the exported functionalities but also in other kind of activities, whether thought as learning tools or not.
- To guarantee secure information and interaction channels between the LMS and the PLE. The services framework to be developed should facilitate channels to exchange information and interaction based on Service Oriented Architectures and interoperability specifications. In this way, it would enable a communication to implement the learning platforms and easily scalable, regardless of the specific technology used.
- To develop a pilot experience of the PLE system, in order to validate it and observe how the PLE communicates with one or several LMS in real learning environments. Thus, not only the system is validated but also it is possible to get feedback from students and teachers in order to improve it.

1.3. The methodology

This section describes the methodology used for this research work and the reasons to adopt it. It is presented as a general methodological framework in which some specific stages have their own specific methodologies.

1.3.1. General Methodological Framework – Action-Research

This proposal aims, as mentioned before, to define a service-based framework which facilitates the communication between formal and informal environments such as PLEs and LMSs. This framework should facilitate the exportation of functionalities from the

institutional world and the integration of the tasks performed by students in the external tools they use to learn.

This means that three stakeholders are mainly involved in the present research project: the institution, the student and teacher. The institutions, because they can evolve and adapt their tools in a better way to satisfy students' needs and they would have more information about the learning activity they perform; the student, since she may use her personalized environment to learn, combining institutional and other external online tools; that means that she does not need to go into the LMS, and that other tasks performed outside the LMS may be taken into account; finally the teachers, would have more possibilities in order to define and propose learning activities.

Therefore, all these actors must be taken into consideration during the present research; this is done from a perspective of continuous evolution, feedback and change, which means that the methodology should enable a continuous evolution derived from actions, experimentations and changes; this goes in line with the Research-Action methodology.

Kurt Lewin coins this term in 1944. It describes a way to do research which links the experimental perspective of Social Sciences with social action programs, in order to solve existing problems in the application contexts. This methodology is based in the analysis, data gathering, conceptualizing, planning, execution and evaluation, and the ability to repeat these steps (Lewin, 1946).

Other authors, such as Baskerville (1999) considers that Action-Research is not an specific research method, but a collection of methods oriented to action and change, focused in a problem, and involving the collaboration of different participants.

This is an iterative methodology with several cycles that involve the same stages. At the beginning of the application of this methodology, it is necessary to identify the needs, problems or points of interest essential for any research process. Such information is the starting point for the application of this methodology. Once the problem is identified, some stages are covered and be repeated through different cycles. Those stages are defined by Padak & Padak in the following way (1994): 1) Planning: Identification of the relevant questions which guide the research, in order to find answers leading to a solution to the problem.;2) Action: Controlled, careful and deliberated changes on the practice; 3) Observing: It consists of data gathering, data analysis and a conclusions report about what is happening; 4) Reflecting: This stage implies sharing and analyzing the results with other stakeholders, in such a way that

new relevant questions can be posed and enable to delve into the matter of the research. This may involve making changes in research strategy and practice.

But how is this methodology applied for this PhD thesis? Action-Research methodology involves several stages that can be repeated in different cycles. In this case, there is one general cycle but, due to the size of the problem, and in order to make it easier to understand, that cycle is complemented with several “mini-cycles” related to the different perspectives. Per each stage of the Action-Research there are some general aspects and other specific subdivisions (this is shown in Figure 1).

The stages of the application of the Action-Research methodology during this PhD thesis are:

- Problem diagnosis. The main problem in the context of this research work is that there are two possible learning environments, the traditional one and the personal one. Both environments coexist in an independent way, with the first focused mainly on the course and the institution, and the second centred on the student. This means that the student accesses two different environments to learn, that student's activity carried out outside the institution cannot be accounted for, and that the institutional context cannot be expanded to integrate other tools and consider other contexts. In order to address these problems, the LMS and the PLE must be able to communicate, exchanging information and interacting. This will be done defining a service-based framework that allows interoperability between both systems. In order to do this, different possibilities are taken into account, forcing a division of the main research problem in several sub-problems:
 - Sub-problem 1. Exporting the functionalities from the LMS to the PLE and other contexts.
 - Sub-problem 2. Taking into account the external tasks performed outside of the LMS without interaction with such environments.
 - Sub-problem 3. Integrating into the LMS student's learning activity carried out through online education tools included in the personal environments.
 - Sub-problem 4. Integration into the LMS of student's learning activity carried out through online tools (not defined as educational tools) included the personal environments.
- Planning the action: In order to carry out the research is necessary: 1) to review the technological context (in this case, focused on the application of ICT to learning processes); 2) to research the tools used in order to take advantage of

such technologies, with a special focus on those which contribute to LMS openness and enable interoperability with other tools; 3) once established the research context, it is necessary to review the existing integration proposals of interaction between LMSs and PLEs; 4) from that information, an architecture proposal must be defined, based on a set of interoperability scenarios to solve the problem, already analysed in the previous stage. These scenarios are:

- Scenario 1. Exportation of functionalities from the LMS to the PLE and mobile devices.
 - Scenario 2. To consider from the LMS the student's activity in tools included in the PLE (without interaction).
 - Scenario 3. Integration of student's activities and tasks in external online learning tools.
 - Scenario 4. Integration of student's activity in external online tools (not educational ones).
- Acting and Observing. In order to validate the architecture proposal, a proof of concept is implemented. The implementation will be validated from a qualitative point of view. In order to do so, 3 pilot experiences are made with students of a Project Management course at the University of Salamanca. The study pilots are distributed as follows:
 - Pilot 1. Scenario 1 which considers the exportation of Moodle forum to the PLE and Scenario 2, which considers two online tools in the PLE (*Flickr* and *Wordpress*).
 - Pilot 2. Scenario 3 that takes into account the integration of student's activity in the education tool into *Moodle*.
 - Pilot 3. Scenario 4 that considers the integration of student's activity carried out in *Google Docs*, and a version of Scenario 1 that considers the exportation of LMS functionalities to mobile devices.

The students interact with the tools and fulfil several surveys that allows to recover their opinion about the framework.

Additionally, the experiments are complemented with some semi-structured interviews with teachers, in order to consider stakeholders different than students.

- Evaluation or Reflecting. The results from the surveys are evaluated in order to define whether or not the interoperability scenarios are valid. This validation is performed with the application of a quasi-experimental methodology which will help to contrast some of the hypotheses. Furthermore, the information gathered

from the group of teachers is cross-validated with these results in order to achieve more specific conclusions. In this way, it is possible to adapt the proposed scenarios to improve student's learning, and increase the learning tools available for the teachers. It also makes it possible to detect the strengths and weaknesses of this proposal, and to open it to other possible interoperability scenarios not considered by this research.

Figure 219 depicts clearly these stages into the general cycle.

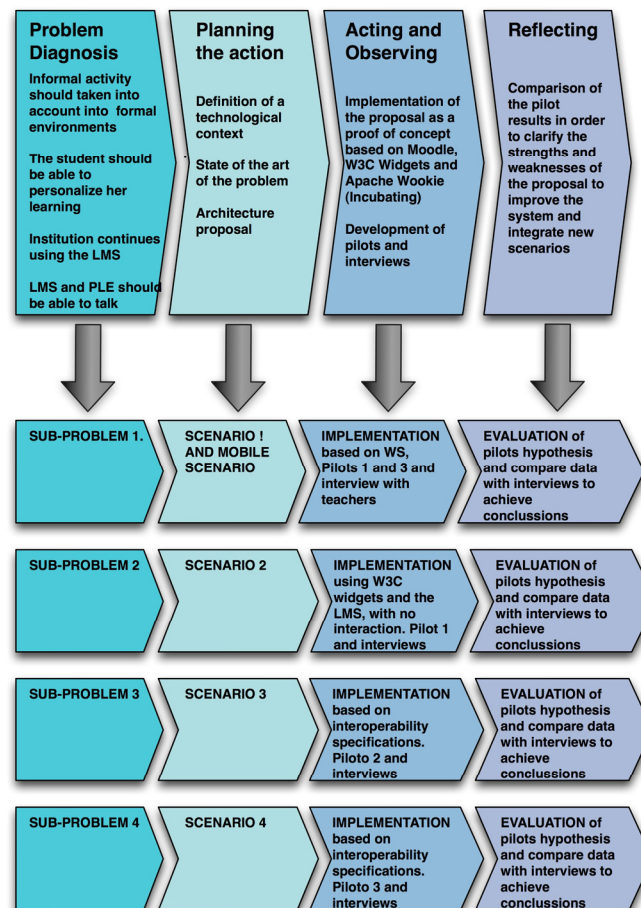


Figure 219. – Description of the phases of the Action-Research methodology and the subcycles depending on the different perspectives of the user

1.3.2. Other specific methodologies used

As stated above, some methodologies are used in specific stages of the research in order to complement the general methodological framework. These specific methodologies are:

- Systematic Literature Review (SLR). This methodology is applied to study the state of the art. It is a methodology described by Kitchenham and Charters (2007) and redefined by Kitchenham et al. (2009). Particularly, SLR is originated in the medical context and has been adapted to its use in software

engineering. It is especially useful for summarizing evidences, research possible gaps in existing theories, plan new research activities and see how evidences support or not theory. In this research work it is used for discovering unsolved problems and summarizing evidences regarding the interaction between the PLE and the LMS. The methodology requires planning the review (establishing the research questions and search criteria, analysing and evaluating documents), perform the review (apply the previously defined review protocol) and elaborate a review report.

- Scrum. In order to implement the architecture proposal, a process known as Scrum (Takeuchi & Nonaka, 1986) is used. Scrum is an agile development framework which provides the process, rules, practices, roles and artefacts needed to increase the productivity of a development team based on an iterative and incremental software development process (Schwaber & Beedle, 2008). It is specially indicated for this research since it allows adjusting the rules and practices to fit the working group, and also due to this kind of processes are more adapted to support changes (something that can be common because the results of the experiences can force to change the existing developments).
- Quasi-experimental design (Campbell & Stanley, 1963). This methodology is used during the experimentation to validate the interoperability scenarios in a qualitative way. It is applied to contexts where it is not possible to carry out a real experiment. In this case, the groups of students involved are not randomized and they belong to the subject Project Management pre-established groups.

This methodology will be applied in one of its possible formulations. In this particular scenario, "Design based on separated groups with a non equivalent control group". This implies the definition of a hypothesis which must be contrasted by using an experimental and a control group (independent variable). In both groups, the same tests are applied: a pretest at the beginning of the experiment and a posttest after its conclusion. The students of the experimental group test the system while the people in the other group do not. After running the experiment, data is analysed by using probabilistic techniques to validate the initial hypothesis.

2. State of the Art in integration between PLE and LMS

The present section describes the existing initiatives about integration of PLE and LMS. In order to develop this state of the art, a SLR methodology is applied. Firstly, the

application of the methodology must be defined, and after performing the review, the results and conclusions are posed.

2.1. Methodology application

The state of the art is done by following the SLR methodology (described in the previous section). This means to plan the review and define a review application protocol in the first place, followed by application of this protocol , and finally gathering results and elaborating the conclusions.

The first stage is the definition of the research questions; in this case there are five different research questions: 1) Is there any interaction between PLE and LMS; if so, how it is performed?; 2) How are interoperability specifications being used in the communication between the PLE and LMS?; 3) How the information exchanged is going to be represented?; 4) How can access to the functionality and information of the PLE from other contexts be guaranteed?; 5) How to guarantee the security of transactions between the LMS and the PLE?.

Next, the search strategy needs to be established: that is, the kind of materials to take into account and where and how to search for them. Considering the large amount of “grey” documentation about PLEs, the decision was to collect relevant information from Scientific Journals, PLE-related Conferences and Workshop Proceedings, other conferences and workshops, Technical Reports from scientific institutions, Technical reports from institutions related to PLEs, documentation associated with projects related to this topic, expert blogs and the results of searching by using electronic search engines such as *Google Scholar*.

The searches have been done both manually and electronically. Spanish and English have been used, because the first is the author’s mother tongue and because English is the main language used in research in this field. The search terms used are related with the questions, such as the combination of PLE and LMS (or its acronyms), PLE, LMS and interoperability specifications, PLE and mobile devices, etc.

This search has returned a large number of results , but not all of them fit with the goals of the review; in order to define what documents to consider, some exclusion and inclusion criteria were established. The inclusion criteria were that the document was in line with the research questions, well structured, properly justified and proposing an implementation or initiative; documents offering some consistent pedagogical, technological or methodological findings, or a critical review of some of the terms of the research questions were also considered. Documents rejected are those that do not

take into account the research terms, are not well founded, or despite including the research terms are not in line with the research questions.

Once the documentation was gathered and filtered, a measurement scale was developed to assess the quality of the papers. This scale goes from 5 to 1 points depending on whether the papers included experimental data related to the research topic (5 points), carried out implementations related with the research topic (4 points), include critical bibliographic review of the research topic (3 points), propose theoretical models to solve the interoperability problems (2) or provide a descriptive bibliographic review (1).

In the Figure 220 below the distribution of the review papers is shown. The left chart (A) presents the distribution of the 222 documents based on search categories and chart B shows the distribution of papers according to their rating.

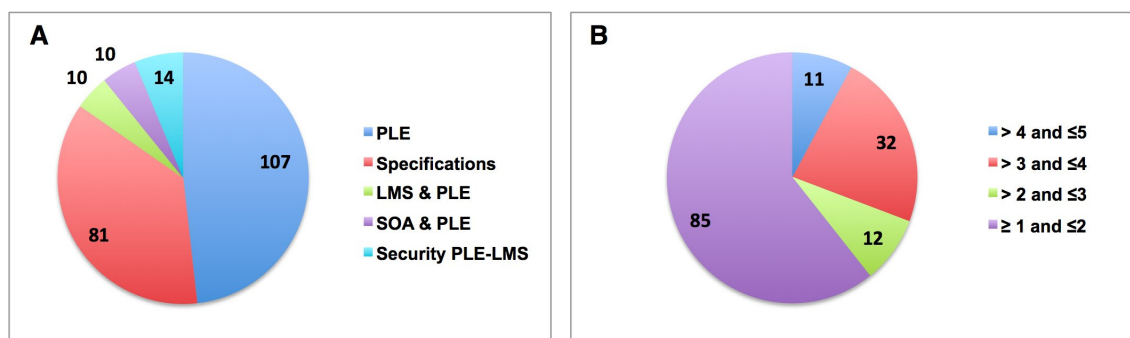


Figure 220. – Distribution of the papers by search terms categories (part A) and by rating (part B).

2.2. Results of the review

2.2.1. *Is there any interaction between the PLE and the LMS? If so, how it is performed?*

The answer to the question is affirmative. There is interaction but the implementation is challenging due to the inflexibility of the LMS (Sclater, 2008), concerns around the security of information (Casquero et al., 2010), authentication in several spaces (Severance et al., 2008) and because many personal tools are not ready to be used in learning contexts (Palmér et al., 2009; Põldoja & Laanpere, 2009).

Given this context, Wilson and others (2008) proposed three possible scenarios of integration: 1) PLE and LMS co-existing in parallel form, as formal and informal environments respectively; in this scenario, PLE and LMS do not need to interact; 2) access to the LMS is made more open through the use of web services and interoperability initiatives. In this line, Hermans and Verjans (2009) think that it is necessary to open the LMS in order to customize the learning experience for the user.

they propose to use open standards to export services and functionalities to personal contexts to achieve this goal; 3) external tools are integrated into the LMS.

In this section the existing initiatives are classified according to the three scenarios above.

For the first scenario (coexistence of the PLE and LMS without integration or interaction) a large number of initiatives were identified. This includes initiatives which define a PLE as a collection of tools that the user uses to learn but which do not need to be represented in a common framework (Adell & Castañeda, 2010; Attwell, 2007b; Downes, 2010). The tools here are independent, can exist in very different contexts, and the LMS may or not be one of those tools. Also tools like *Colloquia*, a collaborative tool for learning in groups by using the tools chosen by the student, can be included in this scenario (van Harmelen, 2006).

Moreover, there are initiatives which provide a framework to define the PLE but without interaction with the LMS. Some of the most important initiatives based on the mash-up contents and applications are: a service oriented PLE guided by an scripting language such as *MUPPLE (Mush-UP Personal Learning Environment)* (Wild et al., 2008) and Muñoz's work (2010); *PLEF (Personal Learning Environment Framework)*, another mash-up PLE based on plugins (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006); *LogbookPLE*, a desktop client guided by logs (Chan et al., 2005); *PLEX*, another desktop client (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006); other application containers, such as *Elgg*, *My Yahoo*, *NetVibes*, *PageFlakes*, *Google Wave*, *G.ho.st*, *EyeOs* (Al-Zoube, 2009; de-la-Fuente-Valentín et al., 2008; Godwin-Jones, 2009; Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Põldoja & Laanpere, 2009; Razavi & Iverson, 2006; Santos & Pedro, 2009; Torres et al., 2008; Tu et al., 2010; Wilson et al., 2009).

The second scenario covers the connection of an LMS to external applications; this scenario consists primarily of proposals based on the use of web services and interoperability specifications.

Casquero et al. (2008) propose *Memeteka*, an institutional PLE (iPLE) based on *iGoogle* that includes widgets with information about the institutional environment, and other widgets and gadgets which provide users with social and learning capacities.

There are also initiatives based on the export of information from the LMS towards its publication in social environments that can be seen as a PLE. An example of this kind of use is *Blackboard-Sync* (Torres et al., 2008).

It is also worth mentioning *Manchester PLE*, a Personal Learning Environment based on a social network complemented with learning spaces (van Harmelen, 2006, 2008).

Peret et al. (2010) propose a communication architecture based on web services to exchange information between different tools, including the LMS (but it is defined from scratch).

Other proposals use a system as an intermediary for the exchange of information between the LMS and the PLE. Examples of mediator systems are portfolio tools, such as *Mahara* (Moccozet et al., 2011; Salinas et al., 2011).

In addition to all these initiatives, it is also of interest the inclusion in most of the learning platforms of web service layers that make easier the exchange of information with them and their integration in Service Oriented Architectures (SOA). Some examples include: *Moodle* (Conde et al., 2010b), Blackboard (Godwin-Jones, 2009; Severance et al., 2008), *Sakai* (Dagger et al., 2007) or *.LRN* (de-la-Fuente-Valentín et al., 2008).

The third scenario is the integration of external tools into the LMS. It should be noted that this gives the institution control over the personalization potential of learning environments, and therefore it is a more restrictive option.

Several authors consider the definition of LMS from scratch to allows the integration of external tools on the learning platform. Some examples stand out, such as *GRIDCole* (2008), Al-Zoube work based on cloud services (2009); Fontenla et al. work (2009b); *SOVLE* (*Service Oriented Virtual Learning Environment*) based on service oriented architectures (Booth & Clark, 2009); *DARE* (*Distributed Activities in a Reflective Environment*) (Bourguin & Derycke, 2001), *Symba* (Betbeder & Tchounikine, 2003), *Pelican* (Vélez-Reyes, 2009), or *LearnWeb2.0* (Abel et al., 2009). However, as Alario et al. review (2010) remark, the adoption rate of these new initiatives is low both by institutions and students, since they are used to other well known environments.

Other initiatives try to integrate tools into existing LMS in different ways. Wilson et al. (2009) propose the integration of *Google Wave* gadgets into *Apache Wookie* (*Incubating*), a widget runtime environment, and integrate them into a learning platform such as *Moodle* (by using extending mechanisms of the LMS); Verpoorten provides specific information to *Moodle* users by studying their blogs (2009); La Fuente-Valentin et al. (2008) propose the integration of tools in *.LRN* (a LMS) by using *MUPPLE* (mentioned before), IMS LD and LISL (Learner Interaction Scripting Language) as integration languages. The problems of these kind of solutions are that they are not

using standard ways to integrate applications, sometimes there is no communication between the tool and the LMS (only integration) and the student is not able to choose the tools she uses to learn – or can do it from a limited set of tools –.

Alario-Hoyos and Wilson (2010) review some integration approaches and compare them considering that the interoperability specifications can facilitate the integration, a result also found by Severance et al. (2008).

It should not be forgotten that most LMSs are extensible by using their own mechanisms. The solutions following this approach are valid and very useful but completely specific to a single LMS platform, so it is very difficult to reuse it in other contexts or versions of the learning platform.

Regarding to this research question, it can be concluded that interactions between the PLE and LMS exist, but the communication between the two types of system are not easy tasks and they are not always completely integrated (sometimes this connection is made only in one direction, sometimes only works with very specific systems, and other times it only covers the exchange of information and not interaction at all).

2.2.2. How are interoperability specifications being used in the communication between the PLE and LMS?

Interoperability appears as a concept connected to the PLE from its definition in Liber and Olivier (2001). In this article the communication between institutional environments is pointed out as an essential aspect which may be achieved through the use of specifications and standards. Despite the consensus on the relevance of interoperability, even between authors with such different PLE perspectives as Van Harmelen (2006), Wilson et al. (2007), Downes (2005), Schaffert y Hilzensauer (2008), and Wild et al (2008), this area has not been thoroughly addressed in scholar studies.

This research question deals with the existing initiatives to guarantee interoperability between PLE-LMS based on specifications and standards.

Before elaborating on interoperability specifications, some special cases should be taken into account. Hence, there are some scenarios where interoperability between systems is achieved using specifications and standards which were not originally specified to be used for this purpose. These specifications consider interoperability from very specific perspectives (content, user and group configuration, etc.) and in most cases they only cover the exchange of information but not interaction between systems (Asensio-Pérez et al., 2008; de-la-Fuente-Valentín et al., 2008; Queirós et al.,

2011; Wild et al., 2008). There are other specifications which are more focused on interaction, as some representative examples described next.

The first interoperability specification to be considered is WSRP (Web Services for Remote Portlets - <http://www.oasis-open.org/committees/wsrp/>). This specification defines a way to represent information provided by Web services, specifically by using portlets. There are some examples of WSRP applications in learning contexts, for instance, *WAFFLE* (*Wide Area Freely Federated Learning Environment*) as a way to transform functionalities in portlets exportable to other contexts (Booth & Clark, 2006); the integration of a set of learning tools in the *Sakai* LMS (Yang et al., 2006); or the implementation in different portlets containers such as *Liferay*, *OpenPortal*, *eXo* or *Sharepoint* (Yang et al., 2007b) and in LMSs defined from scratch (Conde et al., 2006b). The main problem with this specification lies on the lack of adherence to the specification by LMS developers (Alario-Hoyos et al., 2010; Severance et al., 2008; Yang et al., 2006). Moreover, in the PLE-LMS context, WSRP provides an interface to represent portlets that can be used in the PLE but not a way to communicate with the LMS.

Other specifications such as IMS TI (IMS Tools Interoperability - <http://www.imsglobal.org/ti/index.html>) facilitates the integration of external tools with the LMS by using web services and web proxies, dealing with the need to define proprietary interfaces between LMSs and tools, and isolating them. This specification provides ways for the provision, launching and execution of external activities in the LMS. There are some implementation proposals, such as those in Wang (2009) or Chen et al. (2008), which stress the need to integrate the LMS (*MINE LMS*) with a set of collaborative tools called *Learning Blog* (*LBlog*). The Campus Project (Santanach et al., 2007), alternatively, uses IMS TI to launch and deploy the modules based on OKI (Open Knowledge Initiative) OSIDs (Open Service Interface Definitions). And Al-Smadi and Gütl (2010) propose the definition of an online activity evaluation system based on a service-oriented architecture and IMS TI. The main drawback of this specification, in addition to some technical issues (related with the use of web services and deployment of information), is the difficulty to implement such specification. As a consequence, a low number of implementations of the specification may be found.

Given these low adoption rates of IMS TI, in 2008 IMS Global Learning Consortium in collaboration with eLearning and editorial companies decide to evolve TI into IMS (Learning Tools for Interoperability <http://www.imsglobal.org/toolsinteroperability2.cfm>). This new specification defines the integration of LMS and tools by using a Tool

Consumer (TC) which has the purpose of implementing a proxy tool where tool is going to be integrated. This tool needs to include also a Tool Provider (TP). Both components are designed to implement services related with deployment, outcomes, configuration and launch of external applications in learning environments.

In addition, during the 2008 Google Summer of Code initiative some prototypes were developed to test the strength of this specification. In order to perform this test, a reduced version of the specification was used: Simple LTI (<http://simplelti.appspot.com/>). This prototype popularity was based on how it enabled an easy way to integrate applications; given this popularity, it evolved into an official subset of LTI, called *Basic LTI* (BLTI). This reduced version also uses a TP and TC, but the services required for implementation are reduced to launching the application and single-sign-on authentication (Alario-Hoyos & Wilson, 2010).

These two different implementations have a different reception in Learning contexts: IMS LTI has been implemented in none or very few LMS, while the majority of the LMS adopt IMS BLTI (<http://www.imsglobal.org/cc/statuschart.html>). Given this course of events, IMS has decided to unify both proposals including BLTI's features with the possibility to include outcomes and the inclusion of other services.

The main problem with IMS LTI is again how it is implemented. The specification allows deep and specific integration of tools (Fontenla et al., 2009b), but its implementation is very complex. However, this increase in complexity comes together with greater adaptability and more services available; for example, a more sophisticated handling of configuration using groups. Conversely, the integration of BLTI is *light*, and therefore easier to implement, but it includes an offer with less services available and less configuration capabilities (Fontenla et al., 2009b).

Some implementation examples of BLTI are those developed during the Google Summer of Code (Severance et al., 2010), its use in the Campus Project (Santanach et al., 2007), the integration of *Wordpress* and *Mediawiki* tools in the University Oberta of Catalonia (UOC, 2010), its use for the integration of tools and games in learning systems based on Interactive-TV (2011), the integration of educational tools for problem solving in programming (Conde et al., 2011d) and the integration of *Google Docs* into *Moodle* (Alier et al., In press).

Another specification that must be taken into consideration is the specification proposed by OKI, which describes how learning components can exchange information and how to integrate with others. OKI defines a set of common services to learning

environments and common interfaces called OSIDs. These definitions facilitate the implementation of learning services and their aggrupation to provide common services.

Some examples of that specification are Campus Project (<http://www.campusproject.org>), developed by a set of universities and companies to define an open virtual campus in which is easy to integrate functionalities from different tools (Santanach et al., 2007); *Segue* (<https://segue.middlebury.edu/>), a learning content management system based on the aggregation of several tools such as content repositories, wikis, blogs, etc.; *Concerto*, a system to manage repositories of digital contents (Franc, 2008); and *Agoravirtual*, an open learning platform based on teachers' experiences and flexible enough to adapt to their specific necessities to perform a specific learning task (Alfonso, 2006).

This specification is a very complete set of recommendations for systems defined from scratch, and it can make it easier to define interoperable systems, but the adaptation of both the LMS and the tools is very complex, due to the great variety of services available, and thus very few implementations of it exist.

There are other interoperability initiatives such as *Blackboard Porwerlinks*, but they are too specific for the integration of tools in that context (Blackboard, 2008).

To sum it up, the use of specifications and standards to address the issues of LMS-PLE interoperability is an on-going research topic, and there is a need to provide standard ways to define integration and interaction between the tools that define PLEs and LMSs. However, as it has been showed, many acceptance arise due to implementation complexity.

2.2.3. How the information exchanged is going to be represented?

A further and relevant aspect to bear in mind is how the information exchanged between LMS and PLE can be represented. Of course, this information should be represented in a proper way in both contexts.

A means to make this happen is to mix tools with data and services' sources, which goes in line with the mash-up concept. Mash-ups are an ad-hoc compilation of information and services from different sources to provide new ones (Merrill, 2009). There are different kind of mash-ups depending on their functionality (aggregation, syndication, information visualization, process tracking in real time, personalization, etc.) (Wong & Hong, 2008), although most of them use to provide more than one.

In the context of personal learning, the more popular example of this representation is the *MUPPLE*. A *mash-up* PLE represents the idea of using an open and diverse set of

tools to connect users and access to contents and tools in social networks; *MUPPLEs* also allow to collaborate with other stakeholders in the learning activities (Wild et al., 2009). In PLEs and LMSs, it can be seen as way to represent functionalities, information and services.

PLEs are mostly based on containers –something normal because the PLE should provide a platform in which the student can decide what tools she is going to use (what services, what information, etc.)–. Some examples of this are: *MUPPLE* (Wild et al., 2009), Muñoz et al work (Muñoz et al., 2010), *PLEF* (Chatti et al., 2009), *PLEX* (Martindale & Dowdy, 2010; van Harmelen, 2006), *LogbookPLE* (Chan et al., 2005), portal tools such as *Elgg* (Razavi & Iverson, 2006), *My Yahooo* (Al-Zoube, 2009; Godwin-Jones, 2009), *Netvibes* (Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Torres et al., 2008; Tu et al., 2010), *ManchesterPLE* (van Harmelen, 2006), and *SIMPLE* (Weber et al., 2010).

From the LMS perspective, the representation of the information is more varied because it depends on the context in which they are going to be integrated, as well as on the extension mechanisms. Examples of LMS that includes mash-ups in LMS are: the LMS implementation of Peret, Leroy and Leprêtre (2010); LMS which implement LMS interoperability specifications, like *Moodle*, *Blackboard*, *Sakai*, *Desire2Learn* and others (IMS-GLC, 2011a); *GRIDCole* (Asensio-Pérez et al., 2008); and some institutional PLE such as *Memeteka* (Casquero et al., 2008), *Wookie* integration into Moodle (Põldoja & Laanpere, 2009), and *Google Wave* integration into *Moodle* (Wilson et al., 2009).

Another important factor when implementing a mash-up is the technology used to represent the information. The most common types are widgets, portlets, feed mash-ups and platform extensions mechanisms.

Widgets, a kind of mini-applications (Lawa et al., 2009; Myers, 1990), provide a way to represent a learning service in an specific context in PLEs. Due to the fact that there is a huge variety of widgets, the W3C published an specification in 2009 (W3C, 2009) proposing a way to implement, pack and describe them. It is used in several PLEs (Hoisl et al., 2010; Pearson & Perrin, 2011; Sire & Vagner, 2008; Wilson et al., 2011; Wilson et al., 2008; Wilson et al., 2009) but there are other experiences with other kind of widgets (Al-Zoube, 2009; Casquero et al., 2010; Casquero et al., 2008; de-la-Fuente-Valentín et al., 2008; Godwin-Jones, 2009; Hermans & Verjans, 2009; Martindale & Dowdy, 2010; Palmér et al., 2009; Põldoja & Laanpere, 2009; Torres et

al., 2008; Tu et al., 2010). Thus, one of the most relevant problems with widgets lies on their heterogeneity

Portlets also represent mash-ups. Portlets are web components managed by a container that, after a user's request, generate and display dynamic contents as components included into a portal interface (Rosen et al., 2008; SUN, 2003a; Thompson & Schaeck, 2005). This kind of representation is regulated by a Java specification, the JSR 168 (SUN, 2003a). There are some initiatives related with learning platforms that use portlets, such as the use of portlets to define a LMS (Conde et al., 2006b) or others aiming to extend a existing LMS such as Sakai (Yang et al., 2006). In PLE contexts, they are used in *SOVLE* (Booth & Clark, 2006) and in portals such as *CREE* (Awre & Dolphin, 2005). To the present day, portlets have had not so much acceptance as widgets because they are linked to a specific implementation way.

Feed mash-ups are a kind of mash-up which use light-weighted specifications, as RSS or Atom, to gather information and then represent it. Some examples of feed mash-up are *EduFeedr* (Põldoja & Laanpere, 2009), *Feedforward* (Wilson & Potat, 2009), PLEX (Johnson & Liber, 2007; Martindale & Dowdy, 2010) and *gRSShoper* (Downes, 2010).

Learning platform extension mechanisms: most of the Learning platforms present extension capabilities, which can be used to define iPLE; examples of this kind of tools are the *Moodle Modules and Plugins* (Moodle, 1999), *Sakai Add-on contributions* (Sakai, 2005) or *Blackboard extensions* (Blackboard, 2000). However, they are conditioned by architectural specifications of each platform.

Although *mash-ups* are the most common way to represent the information, in PLE and LMS there are other collaborative tools, such as *Colloquia* (Olivier & Liber, 2001) and *Microsoft Grooves* (Bostrom et al., 2008).

It is possible to conclude from this section that the representation of information exchanged between PLE and LMS is something critical, and both mash-ups and collaborative tools can be used to do that. However this is a difficult task due to the vast number of available solutions and technologies to implement them.

2.2.4. How can access to the functionality and information of the PLE from other contexts be guaranteed?

The present technological landscape makes it necessary not only to consider web environments, but also new realities such as mobile devices or interactive TVs. That is, the LMS and/or PLE should not only be considered from a traditional perspective, but

they must be open to other contexts. There are several possibilities to achieve this desired portability.

Some trends consider that it is not necessary any kind of adaptation of neither information nor functionality because the new contexts must provide the tools and frameworks which allow the personalization of student learning. For example, mobile devices or tablets (Attwell et al., 2009; Jenkins et al., 2006; Pettit & Kukulska-Hulme, 2007) could be understood as a PLE.

Other initiatives define tools for learning using such devices and considering the specific capabilities of mobile devices (GPS, camera, accelerometer, etc.). A good example would be the *CONTSENS Project* (Cook, in press) used in several learning experiences in London; a Mobile Personal Environment (MPE) helping students to communicate between them and with experts by using the mobiles (Thüs et al., 2011); experiences to learn languages by using the mobile and the context of the user (Perifanou, 2010).

On the other hand, there are many projects that exploit mobile devices as PLE by adding learning functionalities and institutional tools to them. Two representative examples could be *MOLLY* (Molly, 2010), a free open initiative integrated with the LMS *Sakai*, which allows students to contact with experts, to access to academic podcasts and libraries and to obtain information related with a institution, and *CampusM* (campusM-TM, 2010), a mobile application that provides different tools to each student adapted to her necessities (internal messages, blogs, portfolio, maps, calendars, alerts, etc.) and which allows integration with LMSs like *Moodle* or *Blackboard* (Jennings, 2011).

Other possibility is to use mobile and smartphones' communication features, such as the use of RSS clients or SMS. Two examples of this use of mobile devices' features are OnlineConnect Project, which sends custom information to each student's mobile phone (Frost, 2009) or *REACH* (*Researching Emerging Administration Channels*), which sends alerts from the LMS to mobile devices by using that technologies (Stubbs, 2009).

There are also some interesting initiatives to define PLEs in a mobile version, such as *Elgg* (Harding, 2010; Razavi & Iverson, 2006).

Moreover, it is also possible to use the widgets employed to define a PLE in other contexts. In this sense, there are several initiatives such as *Aplix Web Runtime* (Aplix-Corporation, 2009) and the consortiums between different companies to define

common interfaces for mobile applications (Sachse, 2010).

Also related with widgets, other projects such as Webinos (Webinos, 2010) should be considered. Webinos defines an open platform to share applications between different contexts. This means that an application can be used in a TV, a mobile device, in a car navigation system etc. Particularly, they define interfaces to allow information exchanges and component integration (components that are an extended version of the W3C widgets) (WEBINOS-Partnership, 2011).

Last, but not least, it is possible to use tools LMS native tools from the mobile device, in a way that these tools can be combined with the device own tools. These are very common initiatives in most LMS (Alier & Casany, 2008; Blackboard, 2011; Casany et al., 2009b; Conde et al., 2008c; Meisenberger & Nischelwitzer, 2004; Pratt et al., 2006; Sakai, 2011; Yingling, 2006).

With all these initiatives, it is evident that it is absolutely possible to open the PLE to other contexts. However, the heterogeneity of communication interfaces, software and hardware, and the lack of control over the activity, is hampering the definition of real independent PLEs.

2.2.5. How to guarantee the security of transactions between the LMS and the PLE?

The information to be exchanged between the LMS and the PLE can be considered as sensitive information, because it is related to the student's learning, and therefore its security should be guaranteed (Mott & Wiley, 2009). In order to assure this security in these specific contexts several solutions are considered.

When talking about secure transactions between systems, the concepts of authentication, authorization and encryption are considered. Authentication is used to discern which stakeholders are involved in the transaction; authorization is performed after authentication and is related with the validation of whether or no the user has access to a resource or context; encryption has to do with the means available to "hide" the information being transferred (Locke, 2004). In this case, we will pay special attention to authentication and encryption.

The solutions will depend in great part on the technology used to exchange the information.

In a web services' context, they will depend on the type of web services used (SOAP, REST, etc.). From a SOAP perspective, an extension known as WS-Security facilitates the confidentiality in message exchange; WS-Security supports several mechanisms such as PKI, Kerberos, SSL or SAML (Atkinson et al., 2002). Examples of this security

model in a PLE context can be the *Guanxi* implementation of SAML used in federated contexts (OASIS, 2004); its use in *WAFFLE* (Booth & Clark, 2006) and *SOVLE* (Booth & Clark, 2009); and its integration in a interoperability specification as IMS LTI (Alario-Hoyos & Wilson, 2010).

With REST it is possible to use some of the authentication mechanisms included by HTTP (the base protocol for this type of web service) such as basic authentication, digest authentication; but it is also possible to extend it with other security models as Web Services Security Username (part of SOAP WS-Security) or OAuth. There are also different protocols for encryption of information, such as HTTPS (Richardson & Ruby, 2007). An example of the application of these authentication models is OAuth (IETF, 2010), which allows the access to third party applications without any exchange of user and password data. It is used in the communication between PLE and LMS in solutions such as *GLUE!* (Alario-Hoyos & Wilson, 2010), *Apache Shindig* (Shindig, 2007), *PLEF* (Chatti et al., 2010), etc.; OAuth is also included (in a very early stage) into the IMS BLTI (IMS-GLC, 2010b) specification and in the future LTI.

As was previously mentioned, that exchange of data is not only based on web services. In the case of Feeds, they are transferred by using HTTP and its authentication methods (Crane et al., 2010; Frost, 2009; Stubbs, 2009) with HTTPS used to encrypt messages (Giasson, 2005). However this kind of implementations are complex and some other solutions such as SWFP (Giasson, 2005) or the patent *Secure Web Syndication* (Tarsi, 2007) have been proposed.

Also in the case of the use of SMS to exchange information in these contexts (Frost, 2009; Stubbs, 2009), it is necessary have extreme care with data, as there are no secure protocols but only some initiatives and libraries to make this kind of communication secure (Lo et al., 2008; Santis et al., 2010; Toorani & Beheshti-Shirazi, 2008).

From the discussion in this section, there are different possibilities to secure information and they are conditioned by the transport channel to use.

3. Service-based framework to integrate LMSs and PLEs

There is a need of new learning environments which are centred on the student, and the PLE is the best representative of those environments. In the previous section it has become patent that there is a need to facilitate the interaction of these environments with the institutional ones. Institutional functionalities should be included into the PLE, and the activity carried out in PLEs should be integrated into the LMS.

But the definition of a complete, scalable, flexible and portable approach which satisfies the students' needs and institutional requirements, while allowing to reuse the existing learning platforms, is a very difficult goal to achieve.

In this research work, a service-based framework in order to meet such needs is proposed, taking into account the existing problems and solutions to guarantee interoperability between institutional and personal learning environments. In order to achieve this goal, the proposal is based on standards and interoperability specifications, using the existing LMS and secure protocols to exchange information. Moreover, it considers other contexts such as mobile devices.

During this section the proposal is described through a reference framework approach, a set of interoperability scenarios and an implementation developed to carry out a proof of concept.

3.1. Reference approach

When talking about the definition of a service-based framework in this proposal, it is clear that its main goal is to facilitate the communication and interaction between the institutional (represented by one or several LMS) and personal learning environments (a specific PLE). That communication will be based on the use of services and standards so as to guarantee the independence of the solution from the underlying technology (that means independence of the different LMS, PLEs or online tools), the scalability (it should be easy to add other tools or LMSs) and the portability of the approach (to other contexts).

The proposal consists of three main elements: the institutional context, the personalized context and the communication channels. Besides, some other elements, such as mediator elements (to facilitate the communication between specific instances of the LMS and the online tools included into the PLE) and/or the representation of these elements in other contexts (such as mobile devices), may be used. These elements can be seen in Figure 221.

The **institutional contexts** can include one or several LMS in which the student performs her academic activities. This element represents the different institutional learning environments that the student uses, focused mostly in the course and not in the user. The institutional context should be open to include new functionalities which allow it to evolve and, at the same time, to export information and to offer interaction so that the activity may be performed in other contexts (and not the formal ones) and combined with other tools.

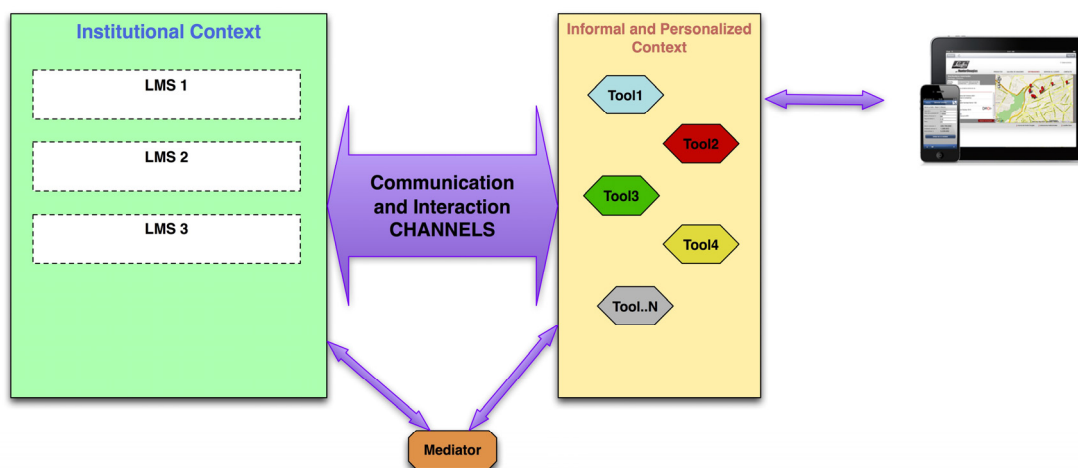


Figure 221. – Components of the service-based framework

On the other hand there is a **personalized environment** focused on the learner which facilitates informal learning. It should allow the learner to add all kind of tools she uses to learn, including institutional tools. In order to do this, each tool should be able to work independently but into a context that acts as a container. That is why it is appropriate to use a standard representation of those tools, so they can be portable to other different application containers. They can be different depending on the context in where are involved – i.e. in a web environment, a mobile device, an interactive TV, etc.

The other important element in the framework is the one related to **communication channels**. Communication channels should provide standard and independent ways to exchange in a bi-directional way (from the LMS to the PLE and from the PLE to the LMS) information and interaction. In order to achieve this, web services will be used, in order to facilitate the integration of systems developed in different programming languages guaranteeing a separated evolution of the systems (the LMS and the PLE) (W3C, 2004). Also these channels have to take into account the use of interoperability specifications, facilitating the portability of the solution to different platforms and the integration of activities taking place in other contexts into the LMS. Moreover, these channels should allow the exchange of data in a secure way, so it should allow the application of different security models.

It is also possible that the framework includes **mediator elements** to perform activities related to the adaptation of the transferred functionality and information. They are mainly used to facilitate the integration of proprietary and/or not educational tools. For example, the mediator may interact with a proprietary tool which cannot be adapted to the framework and/or provide evaluation interfaces to help to use in them in learning contexts (this will be deeply explained in the scenarios' description).

Moreover, not only web contexts will be taken into account in the system but also **mobile devices** should be considered.

These elements are included in a deployment diagram that is shown in Figure 222. In such diagram is depicted the distribution of the above elements in nodes and the components that are included into them.

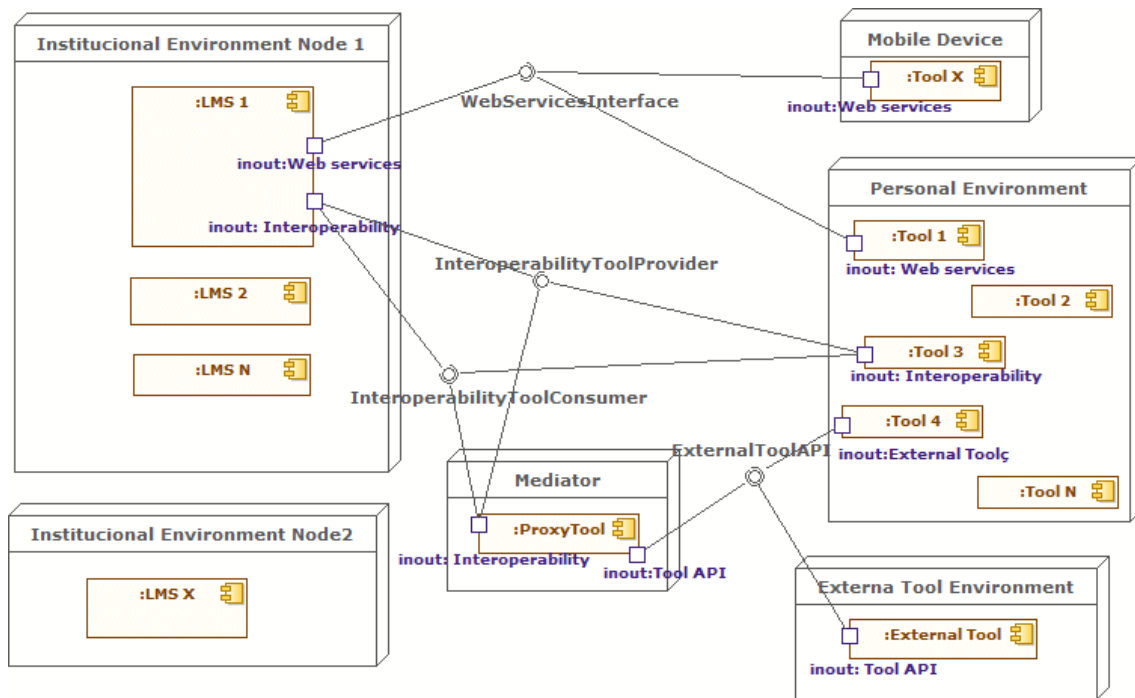


Figure 222. – Reference approach deployment diagram

The institutional context can be represented as one or several nodes with instances of different LMS. In order to make possible the interoperability between learning tools and such learning environments it is necessary that each LMS implements: a web service interface to facilitate the access to the learning platform information and functionality and an interoperability interface to consume external tools (InteroperabilityToolConsumer). Moreover these learning platforms require an interoperability interface to gather information from the external tool (InteroperabilityToolProvider).

On the other hand there is a node with the personalized environment which works as a container of tools. Such tools could have no interaction with the PLE (Tool2), use web services (Tool 1) or use interoperability specifications to communicate with the learning environment (Tool 3 and 4), sometimes they are based on external tools and require additional interfaces and intermediate components to facilitate the communication with the LMS (Tool Y). Moreover these applications may be represented in mobile devices (Tool X).

Regarding with the communication channels in the deployment diagram can be seen different interfaces: 1) web services interface implemented by the LMS that provide a way to access to the LMS information and functionality, they are specific for each LMS so the solutions should be adapted; 2) interoperability interfaces, defined as ways to establish information and interaction channels between the LMS and the tools included into the PLE; and 3) external tool interfaces defined to facilitate access to different external online tools that can be used in learning activities such as *Google Docs*, *Flickr* and so on.

Given the architectural approach a set of interoperability scenarios can be defined. They present possible ways to facilitate the exportation of functionalities outside the LMS and the integration into the LMS of students' activities performed in other tools. The idea of these scenarios is to enable the student to learn in her personalized environment and to enable the teacher to work in the institutional one. Both contexts should communicate between them. They will be the components, interfaces and tools previously described. These scenarios are:

- Scenario 1 - Exportation of institutional functionalities to personalized environments. This scenario aims to the export of functionalities from a LMS to other environments controlled by the user. In order to export that functionality, the Moodle web service layer is used. In that scenario the tool connects with the learning platform by using the web services to access the functionality. This means that the student may use functionality from Moodle in the PLE without entering the LMS. The teacher can also follow the student activity as if she was answering from the LMS, so she can be also assessed. Thus, teachers and students use their respective environments while having knowledge about what is happening in the other context. The scenario is open to include other tools and to export the functionality to other contexts different than the PLE such as could be mobile devices.
- Scenario 2 - Taking into account the use of external learning tools from the institutional environment. In this scenario no interoperability between the LMS and the PLE is proposed. It takes into consideration the students' activity into the PLE from the institutional environment but the teacher should assess such activity by accessing to other contexts that different from LMS. For example, a student accesses an online tool from the PLE, and performs (in agreement with the teacher) a task by using it; then, the teacher should enter into the online tool or the PLE, check her activity and perform her assessment from the LMS. This

scenario is quite common in different institutions and it requires a teachers' extra effort.

- Scenario 3 - Use of external online educational tools (with evaluation support) in the PLE, and recover information from LMS. In this scenario the activity is done in the external educational tool but it is integrated in the LMS. The teacher defines an instance of the educational tool into the LMS: this will create a context only accessible by teachers and through which the results of the task may be completed by the student; the student accesses her personalized environment and can use, among others, the educational tool adapted to return information about the student's activity to the LMS. The tool should be able to assess the activity or provide the interfaces needed by the teachers to do that (i.e. a tool to carry out quizzes, a simulator, a serious game, etc.). The interoperability described in this scenario is based on the use of Interoperability specifications. The application of the specification minimizes the user effort in order to check the activity outside the LMS (because they do not need to access to other environments to check what has happened).
- Scenario 4 - Use of external online tools (not defined as educational and thus without an evaluation interface) in the PLE and recover the information from the LMS. This scenario aims to gather the students' activity in online tools included in the PLE. Those tools are not necessarily educational tools so they are not going to provide an interface to assess the students' outcomes. The teacher defines an instance of the online tool into the LMS; this will create a context that only teachers can access and through which the results of the activity performed by the student can be returned or the evaluation could be facilitated. The student accesses to her personalized environment and can use, among others, the online tools adapted to return information about the student activity to the LMS. The tool in this case is not necessarily created with a learning objective, so they do not include assessment interfaces, something that is needed to grade the student's activity. This assessment interface is provided by the mediator (or proxy tool), which interacts with the online tool and with the LMS. The implementation of the scenario also requires the use of Interoperability specifications in order to return the activity from the PLE to the LMS. In this case the tools do not always provide support to interoperability specifications and cannot be modified to include it, this is solved by the mediator which facilitates the interoperability implementing such specifications and using the external API (Application Programming Interfaces) to access to them.

3.2. Proof of Concept

In order to check the suitability of the framework, a proof of concept is made and analyzed. Such implementation implies making some decisions and thus imposes some design restrictions over the elements previously mentioned. Those restrictions are:

- **Institutional Context.** Although different LMSs could be used, several *Moodle* 2.1. instances will be used in the proof of concept. There are different reasons for using of *Moodle* in this context: apart from the fact that Moodle is one of the most popular LMS all over the world it is also: 1) open source; 2) developed and supported by an international community with more than 1000000 members (<http://moodle.org/stats>); 3) a system with more than 68000 installed servers in which there are more than 58 millions of students; 4) translated to more than 75 languages (Alier, Pedro, Casañ, Piguillem, & Galanis, 2010c; Cole & Foster, 2007); 5) has great success in different institutions (Molist, 2008); and 6) it includes a web service layer that opens it to new technologies and facilitates it to be integrated with service oriented architectures (Casany et al., 2009a).
- **Communication channels.** In order to implement those channels, web services are used to exchange information and interaction with the LMS and BLTI to integrate the students' activity performed in other environments and to guarantee the portability of the framework to other contexts. The web services will be those provided by the LMS, which can be extended by following the Moodle extension protocol in case of need. However, it is not possible only to use web services because this would mean that the framework should be adapted to the service layer of each platform to use. This is solved by using BLTI, implemented by most of LMS. Nevertheless, it will not be used in the traditional way (to integrate tools into the LMS) because this would limit the student's freedom to choose the tools she wants to use in her learning (Wilson et al., 2008); instead, it is used to return information to the LMS about what the user has done into the PLE. Regarding the security models for the exchange of data, it will depend on the kind of web services used and on the use of BLTI (because it requires the use of an early version of OAuth) (Alario-Hoyos & Wilson, 2010; IETF, 2010).
- **The Personalized Environment.** The personalized environment should allow the user to add all kind of tools she uses to learn, including institutional tools. As mentioned before, a tool container is used; but in this case what matters is not

the container but the fact that the applications can be exported and used in other environments and containers. That is why during the proof of concept, standard ways to represent such tools will be used. That is, the use of W3C widgets which can be represented in different web contexts (W3C, 2009), as desktop widgets, on mobile devices and with minor changes on other contexts such as interactive TVs, cars navigation systems, and so on. Regarding to the container *Apache Wookie (Incubating)*, which facilitates the integration of not only that kind of widgets but also others such as *Google Gadgets* or *Open Social* widgets, will be used.

- Other components and contexts. During this proof of concept ad-hoc mediator elements, which support the communication of the LMS and some tools included in the PLE and mobile devices to show the portability of the solution, will also be taken into account.

Given these design restrictions, the framework can be represented as is shown in Figure 223.

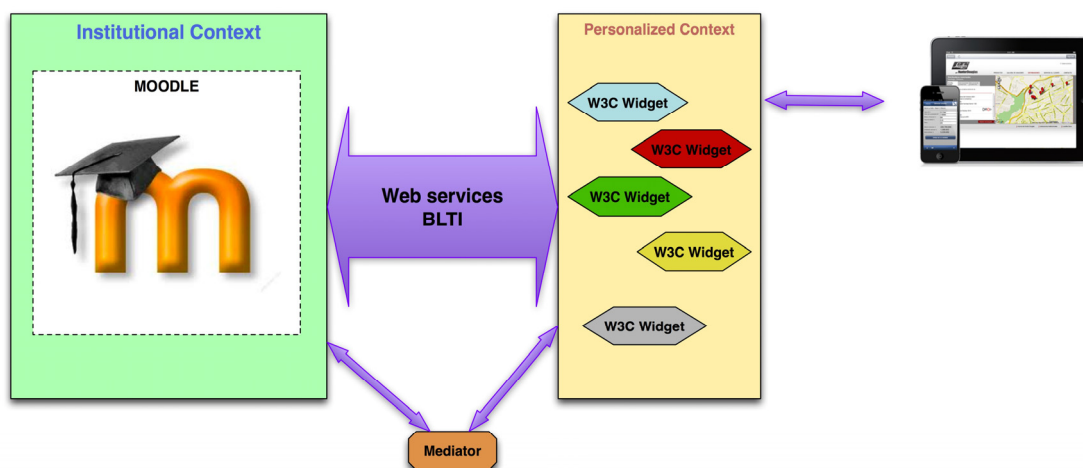


Figure 223. – Framework set-up including proof of concept restrictions

Figure 224 shows the deployment diagram of the implemented system during the proof of concept. This diagram has two main elements: the institutional and the personalized server represented as computational nodes.

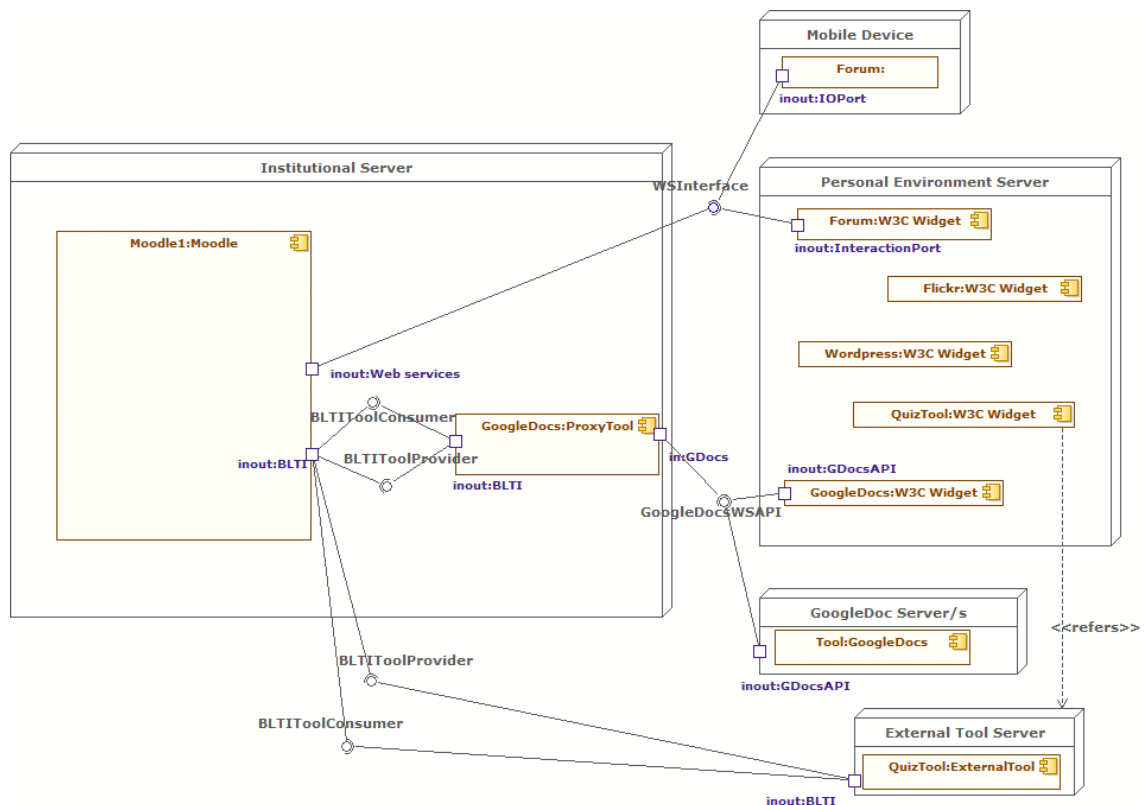


Figure 224. – Deployment diagram of the system for the proof of concept

In the institutional server two main components can be observed. The first one is the *Moodle* component, representing the institutional learning environments. It provides several communication interfaces with the PLE environments (specifically the web services interfaces for the scenario 1 and a mobile version of it, and the BLTI Consumer interfaces for the scenarios 3 and 4). In this case, just one instance of *Moodle* is shown but during the proof of concept different instances are used. In addition, there is also a mediator component that facilitates the evaluation of the student in external online tools included in this server (scenario 4). It is included into the institutional node, but that is not necessary (it could be in an independent node or even in the personal one).

In the personal environment server there are several widgets which represent the tools that the user can use in such environments: the first widget is the forum widget, representing the functionality of the institutional environment; the second and third are the *Flickr* and *Wordpress* widgets used in the second scenario; the fourth widget represents the educational tool, in this case a quiz tool; the fifth is the *Google Doc* widget belonging to the scenario 4. These widgets can be combined with any other the student would like to use.

In addition to those nodes, there are others that represent the integrated tools, which are the educational tool and *Google Docs*. The first one integrates the BLTI Tool Provider, and *Google Docs* provides a specific interface used by the mediator to interact with the tool. Also, there is a node that represents the mobile device where the forum is going to be included, as a way to show the portability of the solution.

The scenarios presented during this section should be validated by real experiences with students in learning contexts. These are described in the following section.

4. Pilot Experiences

In the previous section, a framework and a set of interoperability scenarios have been presented; but to check the validity of the approach it is necessary to perform some pilot experiences.

During these pilot experiences, the implementations defined in the previous chapter are used. That includes the institutional environments (in this case with two LMSs), a set of widgets representing each scenario, the web services and interoperability specifications.

Specifically, 3 pilot experiences have been conducted with two groups between 40 and 50 students from the Computers Science Project Management course at the University of Salamanca. The first experience matches with scenarios 1 and 2; that is, exporting an institutional functionality to the PLE, using external tools in them and then take results from the tools into the LMS without interaction between them. The second pilot experience matches with scenario 3 and describes how educational tools can be employed in the PLE and students' activities on such tools may be returned to institutional environments. The third experience considers the mobile scenario (a variation of the first scenario on mobile devices) and scenario 4, the integration in the LMS of the student's activity from *Google Docs* (a non education tool) in the personal environment.

The methodology used to validate the system is a quasi-experimental design (Campbell & Stanley, 1963, 1970) which has been previously described. This methodology implies the definition of a scientific hypothesis that is contrasted by using an experimental and a control group. In both groups the same tests are applied, a pre-test at the beginning of the experiment and a post-test after its conclusion. The students of the experimental group test the system while the people in the other group do not (this different treatments of both groups is known as the independent variable).

After running the experiment, data is analysed by using probabilistic techniques to validate the initial hypothesis.

For each scenario a scientific hypothesis is defined, and each hypothesis has associated a dependent variable (that change during the experience). Such hypotheses are going to be accepted if the results of the pre-test are similar in both groups (proving that both groups have a common knowledge and background) and the results of the post-test between the persons involved in the experimental group and the control group are different (those who have tested the tool should answer in a different way). Those results are measured operationalizing the dependent variable with a set of items that students should grade in a five value level scale (1=strongly disagree, 2=disagree, 3=indifferent, 4=agree, 5=strongly agree). So for each experiment, the following null hypothesis is proposed for both groups $H_0: \mu_E = \mu_C$. To perform the hypothesis contrast, two statistical tests are applied in all of the experiments: Student's T-test and the non-parametric Mann-Whitney U-test. The second one is applied to further validate the results of the first, because the sample consists of only 40 students, and this number is near to the limit for the application of Student's T-test and also because the scale used to measure students' perception is not exact (it is an ordinal scale).

The conclusions obtained from these experiences allow the validation of scenarios but always from the students' and teachers' perception, as a future work they should be checked in other contexts, with other kind of students, etc.

The next sections show the results of the experiment pilots distributed by scenario.

4.1. Pilot 1 – Scenario 1

Scenario 1 aims to export functionalities from the LMS to other contexts. Those functionalities will be included into a PLE and the learner can combine them with other tools she uses to learn. During the proof of concept, the forum tool of the LMS (one of the most commonly used functionalities in learning platforms) is exported. It is included into the PLE and it can be used with other tools that the user uses to learn, such as *Wikipedia*, *Youtube*, *Flickr*, *Slideshare*, other expert forums, blogs, etc.

The scientific hypothesis of this experiment would be "The exportation of functionalities from a learning platform and its use in other contexts facilitates learning personalization and therefore helps student to learn". From this hypothesis the dependent variable is defined: "The learning improvement attained from the exportation of LMSs functionalities (as *Moodle* forums) outside the institutional environment, and its

combination with other online tools". To operationalize this dependent variable, some asserts (also called items) have been proposed to the students and they have graded their agreement by using five value levels (1=strongly disagree, 2=disagree, 3=indifferent, 4=agree, 5=strongly agree)

- In the pre-test:
 - I1. I usually use *Moodle* forums in my subjects.
 - I2. I just use *Moodle* forums because in the institution the participation is mandatory.
 - I3. I use other online tools to learn that are not included in *Moodle* (*Youtube*, *Wikipedia*, other forums, *Slideshare*, etc.).
- In the post-test
 - I4. *Moodle* Forums are adapted to the way in which I learn and to my necessities, which increase my motivation.
 - I5. The participation in forums related with my subjects helps me to understand better the contents.
 - I6. The possibility to participate in my subjects *Moodle* Forums and combine them with other tools (such as *Youtube*, *Wikipedia*, other forums, etc.) helps me to learn

The results of the Student's T-test can be seen in the Table 79. The table shows the mean ($\overline{X_E}$, $\overline{X_C}$) and variance (S_{X_E} , S_{X_C}) of control and experimental groups for each item of the pre-test and post-test, the result and the bilateral signification (ρ). If the bilateral significance of the item is under 0.05 the null hypothesis is accepted; if not, it is rejected.

Table 79. – Results of the Student's T-test for scenario 1

Pre-test results for Student's T test						
VD	$\overline{X_E}$	S_{X_E}	$\overline{X_C}$	S_{X_C}	t	ρ
I.1	3.30	0.979	3.30	1.081	0.000	1.000
I.2	2.40	0.995	2.15	1.226	0.708	0.483
I.3	4.65	0.489	4.55	0.686	0.531	0.599
Post-test results for Student's T test						
I.4	3.70	0.733	2.90	0.852	3.183	0.003
I.5	3.90	1.071	3.35	0.813	1.829	0.075
I.6	4.30	0.801	3.10	0.852	4.588	0.000

Table 79 shows that in both pre-test items the null hypothesis is supported (that is, the experimental and control group answer more or less the same). Regarding the post-test items, two null hypotheses are rejected and one is supported. This last one is I5,

which could be properly answered both by the experimental students and those not using the widget forum into the PLE, anyway these results are checked by the other statistical test the Mann-Whitney U test. The results are also endorsed by the Mann-Whitney U test (Table 80), and the H_0 is in this case rejected so, considering these results it can be affirmed that the initial hypothesis is correct. That is, from the student's perspective and after trying the implementation defined for the experiment, the exportation of functionalities from a learning platform and its use in other contexts facilitates the student to personalize her learning and therefore helps her to learn.

Table 80. – The results fo the Mann-Whitney U test for the scenario 2

Pre-test results for Mann-Whitney U test		
VD	Signification	Result
I.1	0.899	Retain null hypothesis
I.2	0.338	Retain null hypothesis
I.3	0.821	Retain null hypothesis
Post-test results for Mann-Whitney U test		
I.4	0.004	Reject null hypothesis
I.5	0.036	Reject null hypothesis
I.6	0.000	Reject null hypothesis

To support this conclusion, two assertions about the experience were posed to the students of the experimental group. These assertions are

- “I think that the exportation of functionality from *Moodle* and its combination with other tools helps me to learn”.
- “The exportation of functionalities from *Moodle* helps me to define my own personal learning environments”.

The 85% of the students agree or strongly agree with the first assertion, so with this joined to the statistical results it can be concluded that from the students' perspective the scenario 1 helps them to learn. In addition to this, with regard to the second assertion the 70% of the students consider that the exported functionalities help them to personalize their own learning environment.

In order to take into account also teachers' opinion several semi-structured interviews have been carried out. On them, the system is presented to the teachers, they use it, and their opinion is recovered. The results are: 1) the 100% of the teachers agree or strongly agree with the fact that exporting LMS functionalities and combining them with other learning tools help learners to learn; 2) and the 90% are agree or strongly agree that such exportation of the functionalities to PLEs can increase learner participation in subjects.

4.2. Pilot 1 – Scenario 2

Scenario 2 aims to take into account the use external tools included into the PLE from the LMS without any interaction. During the proof of concept, the *Flickr* and *Wordpress* widgets are implemented and included into the PLE as examples of external tools. The teacher in the LMS proposes an activity based on that tools and should go out of the institutional environment to check the students' activity.

The scientific hypothesis of this experiment would be "By taking into account, from the institutional environment, the student's informal activity carried out through online tools (in the PLE), the institution improves the knowledge it has about her and her skills". From such hypothesis a dependent variable is defined: "The improvement in students' assessment processes achieved from the knowledge the institution has about what the student does to learn in external web contexts". To operationalize this dependent variable, some asserts (also called items) have been proposed to the students and they have graded their agreement by using five value levels (1=Strongly disagree, 2=disagree, 3=indifferent, 4=agree, 5=Strongly agree).

- In the pre-test:
 - I1. I use online tools (such as *Flickr*, *Wordpress*, *Wikipedia*, *Slideshare*, etc.) to support my learning and share information, resources and opinions with other people.
 - I2. In my opinion the use of online tools (such as *Flickr*, *Wordpress*, *Wikipedia*, *Slideshare*, *Twitter*, etc.) gives me other valid perspectives.
- In the post-test
 - I3. Learning platforms as *Moodle* takes into account what I do in other contexts, such as sharing photos in *Flickr* and opinions in *Wordpress*.
 - I4. *Moodle* cannot access to what I do in the online tools, so the institution has no access to it.

The results of the Student's T test can be seen in the Table 81, with a signification of a 0,05. If the signification of the item is under 0,05 the null hypothesis is accepted, if not it is rejected.

Table 81. – Results of the Student's T-test for scenario 2

Pre-test results for Student's T test						
VD	$\overline{X}_E$	S_{X_E}	$\overline{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.1	3,80	0,951	4,00	0,918	- 0,677	0,503
I.2	4,20	0,894	4,15	1,040	0,163	0,871
Post-test results for Student's T test						
I.3	4,50	0,513	1,85	1,182	9,197	0,000
I.4	1,65	0,587	4,15	1,040	-9,362	0,000

In Table 81 is shown that in both pre-test items the null hypothesis is retained (that is, the experimental and control group answer more or less the same) and in the post-test the null hypothesis is rejected (so the results between the experimental and control group are different). These results are also endorsed by the Mann-Whitney U test (Table 82), so it can be affirmed that the initial hypothesis is correct. That is, from the student's perspective and after trying the implementation defined for the experiment, the possibility to use online tools in the institutional environment helps to have a better knowledge of students' skills and is useful to complement their evaluation.

Table 82. – The results of the Mann-Whitney U test for the scenario 2

Pre-test results for Mann-Whitney U test		
VD	Signification	Result
I.1	0,449	Retain null hypothesis
I.2	0,930	Retain null hypothesis
Post-test results for Mann-Whitney U test		
I.3	0.000	Reject null hypothesis
I.4	0.000	Reject null hypothesis

To support this conclusion an assertion about the experience was posed to the students of the experimental group. This assertion is: "I would like that the activity that I carry out in *Flickr*, *Wordpress* or other online tools was taken into account into my institutional subjects". The 75% of the students agree or strongly agree with the assertion which means that in their opinion the activity they carry out in external tools should be taken into account to evaluate their learning.

In order to consider also the teachers' opinion several semi-structured interviews have been carried out. On them, the system is presented to the teachers, they used it, and their opinion is recovered. The results are: 1) the 100% of the teachers agree or strongly agree with the necessity to use other tools that those provided by the LMS to teach the subjects; and 2) the 70% consider that this evaluation can be difficult for them specially in groups with lot of students, because they have to check several contexts to evaluate them.

4.3. Pilot 2 – Scenario 3

This pilot try to validate the integration into the LMS of the activity carried out by the student in educational tools included into the PLE. During the proof of concept is implemented a widget to represent an educational tool, that tool is an ad-hoc quiz application. The tool is also adapted to include a Tool Provider that allows returning the grades of the student carried out on it.

The hypothesis of this experiment would be “The inclusion of the activity carried out by the student in external educational tools into the LMS, improves her learning, the knowledge the institution have about her and facilitates her evaluation”. From such hypothesis a dependent variable is defined: “The improvement in learning process achieved by complementing the LMS with external online learning tools and taking into account what the student does in them”. To operationalize this dependent variable, some asserts (also called items) have been proposed to the students and they have graded their agreement by using five value levels (1=Strongly disagree, 2=disagree, 3=indifferent, 4=agree, 5=Strongly agree).

- In the pre-test:
 - I1. *Moodle* provides a great variety of tools to use in the subjects and no more are needed.
 - I2. I use other online educational tools than those provided by *Moodle* to learn (such as simulators, resources libraries, external quizzes, etc).
- In the post-test
 - I3. The fact that *Moodle* does not facilitate the introduction of my activity in other external tools (such as simulators, resources libraries, self-evaluation tests, etc.) supposes that it does not satisfy properly my learning needs.
 - I4. The fact that *Moodle* does not facilitate the introduction of my activity in other external tools (such as simulators, resources libraries, self-evaluation tests, etc.) supposes that I was just partially evaluated.

The results of the Student's T test can be seen in the Tabla 83, with a signification of a 0,05. If the signification of the item is under 0,05 the null hypothesis is accepted, if not it is rejected.

Tabla 83. – Results of the Student's T-test for scenario 3

Pre-test results for Student's T test						
VD	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.1	2,40	0,968	2,15	0,587	1,033	0,307
I.2	3,90	1,348	3,55	1,234	0,930	0,357
Post-test results for Student's T test						
I.3	3,57	0,817	2,40	0,821	4,937	0,000
I.4	3,47	0,973	2,55	0,823	3,461	0,001

In Tabla 83 is shown that in both pre-test items the null hypothesis is retained (that is, the experimental and control group answer more or less the same) and in the post-test the null hypothesis is rejected (so the results between the experimental and control groups are different). These results are also endorsed by the Mann-Whitney U test (Table 84), so it can be affirmed that the initial hypothesis is correct. That is, from the student's perspective and after trying the implementation defined for the experiment, it is necessary to take into account what they do in informal learning contexts, and can provide the institution more information about what they are learning.

Table 84. – The results of the Mann-Whitney U test for the scenario 3

Pre-test results for Mann-Whitney U test		
VD	Signification	Result
I.1	0,412	Retain null hypothesis
I.2	0,186	Retain null hypothesis
Post-test results for Mann-Whitney U test		
I.3	0,000	Reject null hypothesis
I.4	0,003	Reject null hypothesis

To support this conclusion an assertion about the experience was posed to the students of the experimental group. This assertion is: "The activity I carried out in external online tools should be integrated into the LMS because it would enrich my learning". The 80% of the experimental group students agree or strongly agree with the assertion which means that in their opinion the inclusion of external activity into the institution open new ways to enrich learning with additional tools.

In order to consider also the teachers' opinion several semi-structured interviews have been carried out. On them, the system is presented to the teachers, they used it, and their opinion is recovered. The results are: 1) the 100% of the teachers agree or strongly agree that by including students' activity on external tools it is possible to assess them in more comprehensive way; and 2) the 90% consider that this evaluation can be easier for them if the students' activity outcomes are directly integrated into the LMS so they do not need to check these results in external environments.

4.4. Pilot 3 – Scenario 4

The scenario 4 aims to integrate, into the institutional environment, student's activity carried out by using online tools included in the PLE. Those tools are not defined as educational tool, but they are very widespread tools and can enrich learning activities. During the proof of concept a widget based on *Google Docs* is developed and included into the PLE, in order to connect the activity carried out in such widget into *Moodle* it is necessary to use BLTI, but also a mediator or proxy tool. It communicates with *Google Docs*, includes the BLTI Tool Provider that returns the students' grades and provides an evaluation interface to the teacher in order to evaluate the activity carried out through the tool.

The hypothesis of this experiment would be "Take into account into the LMS the students' activity carried out in non educational tool, enrich students' learning". From such hypothesis a dependent variable is defined: "The improvement in learning processes achieved by integrating in the LMS students' activity carried out in non-educational tools". To operationalize this dependent variable, some asserts (also called items) have been proposed to the students and they have graded their agreement by using five value levels (1=Strongly disagree, 2=disagree, 3=indifferent, 4=agree, 5=Strongly agree).

- In the pre-test:
 - I1. I use to learn additional online tools from those provided by *Moodle*, regardless of whether they are defined as educational tools or not (such as *Flickr*, *Wordpress*, *Google Docs*, *Twitter*, *Slideshare*, etc.).
- In the post-test
 - I2. The fact that Moodle does not facilitate the integration of activities based on the use external online tools (such as *Flickr*, *Wordpress*, *Google Docs*, *Slideshare*, etc.), suppose that this platform does not satisfy some of my learning needs.

The results of the Student's T test can be seen in the Table 85, with a signification of a 0,05. If the signification of the item is under 0,05 the null hypothesis is accepted, if not it is rejected.

Table 85. – Results of the Student's T-test for scenario 4

Pre-test results for Student's T test						
VD	$\overline{X_E}$	S_{X_E}	$\overline{X_c}$	S_{X_c}	t	ρ
I.1	3,60	1,353	3,80	0,696	- 0,588	0,560
Post-test results for Student's T test						
I.2	4,35	0,671	3,05	1,356	3,842	0,000

In Table 85 is shown that in the pre-test item the null hypothesis is retained (that is, the experimental and control group answer more or less the same) and in the post-test the null hypothesis is rejected (so the results between the experimental and control group are different). These results are also endorsed by the Mann-Whitney U test (Table 86), so it can be affirmed that the initial hypothesis is correct. That is from the student's perspective and after trying the implementation defined for the experiment; the possibility to use other online tools (non defined as educational tools) in the institutional environment improve students learning.

Table 86. – The results of the Mann-Whitney U test for the scenario 4

Pre-test results for Mann-Whitney U test		
VD	Signification	Result
I.1	0,954	Retain null hypothesis
Post-test results for Mann-Whitney U test		
I.2	0,002	Reject null hypothesis

To support this conclusion an opinion assertion about the experience was posed to the students of the experimental group. This assertion is: "To carry out activities based on the use of online tools, such as collaborative tools as *Google Docs* help me to learn". The 75% of the students agree or strongly agree with the assertion, so the use of other online tools beyond those provided by *Moodle* and its consideration in the LMS is useful for them.

In order to take into account also teachers' opinion several semi-structured interviews have been carried out. On them, the system is presented to the teachers, they used it, and their opinion is recovered. The results are: 1) the 80% of the teachers agree or strongly agree with the idea that students' learning is improved by adding external online tools non originally defined as educational tools. 2) and the 90% of the teachers consider that by using the framework it is possible to evaluate students from other perspectives different from the traditional ones, because new tools in informal environments can be taken into account.

4.5. Pilot 3 – Mobile Scenario

This scenario is a version of the Scenario 1, but in this case the exportation of the institutional functionality is not to the PLE but to a mobile device in which such functionality can be combined with other tools to learn. In this case during the proof of concept the forum functionality is exported from the LMS to the mobile device and there will be displayed in other the student can use it. In this case the mobile solution used is *Moodbile* previously commented.

The hypothesis of this experiment would be “The use of institutional learning functionalities in mobile devices helps the student to learn”. From such hypothesis a dependent variable is defined: “The impact of the use of institutional functionalities through mobile devices”. To operationalize this dependent variable, some asserts (also called items) have been proposed to the students and they have graded their agreement by using five value levels (1=Strongly disagree, 2=disagree, 3=indifferent, 4=agree, 5=Strongly agree).

- In the pre-test:
 - I.1. Sometimes I use my tablet or smartphone to access to *Moodle* and its resources.
 - I.2. I use my mobile device to learn through online tools and some mobile applications.
- In the post-test
 - I.3. The application of online tools, mobile native applications and *Moodle* functionalities into the mobile help me to learn.

The results of the Student's T test can be seen in the Table 87, with a signification of a 0,05. If the signification of the item is under 0,05 the null hypothesis is accepted, if not it is rejected.

Table 87. – Results of the Student's T-test for the mobile scenario

Pre-test results for Student's T test						
VD	$\bar{X}_E$	S_{X_E}	$\bar{X}_C$	S_{X_C}	t	ρ
I.1	2,70	1,081	2,85	1,348	-0,388	0,700
I.2	3,15	0,933	2,75	1,209	1,172	0,249
Post-test results for Student's T test						
I.3	4,05	0,759	3,35	0,988	2,512	0,016

In the table is shown that in both pre-test items the null hypothesis is retain (that is to say the experimental and control group answer more or less the same) and in the post-test the null hypothesis is rejected (so the results between the experimental and control group are different). This results are also endorsed by the Mann-Whitney U test (Table 88), so we can affirm that, from the perspective of the students that use the framework the initial hypothesis is correct, that is to say the use of institutional learning functionalities in mobile devices helps them to learn.

Table 88. – The results of the Mann-Whitney U test for the mobile scenario

Pre-test results for Mann-Whitney U test		
VD	Signification	Result
I.1	0,585	Retain null hypothesis
I.2	0,186	Retain null hypothesis
Post-test results for Mann-Whitney U test		
I.3	0,017	Reject null hypothesis

To support this conclusion an opinion assertion about the experience was posed to the students of the experimental group. This assertion is: “After using the *Moodle* forum through a mobile device I consider export tools like that to mobiles make me easy to follow discussions and participate in the forum, so it helps me to learn and the forums use is in my opinion more attractive”. The 85% of the students agree or strongly agree with the assertion, they consider useful to export this kind of functionalities.

In order to take into account also teachers’ opinion several semi-structured interviews have been carried out. On them, the system is presented to the teachers, they used it, and their opinion is recovered. The results are: 1) the 70% of the teachers agree or strongly agree with the exportation of institutional functionalities in order to improve students participation and enrich institutional learning. The other 30% consider that is not easy to have mobile devices involved in all kind of learning contexts.

5. Conclusions

The application and use of ICT in teaching and learning processes has led to the existence of a great quantity of educational software systems. These software systems, despite providing new paths for learning, have proved not to be the “silver bullet” for learning processes. They may vastly increase the number of tools available for learning but they have fallen short in several aspects. Regarding this shortcomings, four main problems may be pointed out: 1) The existence of different environments and tools may cause disorientation to students, who may be overwhelmed by the different number of systems in which they must log in; 2) Learning is not just limited to formal

learning environments, as the student also learns along her life in different contexts; 3) Teachers are conditioned in many cases by the learning tools and LMS provided by their institutions; and 4) LMS generally have difficulties to include new tools or information, which means that their evolution capabilities are limited.

Given this context, the present PhD work has proposed the definition and implementation of a service-based framework, which allows the integration of traditional learning platforms (LMS) with the PLE, learning environments, which offer a better fit to the students' needs. The objective of this framework is to combine activities from formal and informal learning environments in a seamless way, and also to facilitate the use of channels and devices that promote mobility.

In order to develop such framework the starting point is the assumption that it is possible to define approaches that facilitate interoperability among PLE and traditional learning platforms, with the aim to facilitate learning to students and guarantee the integration of learning activities that take place in informal context into the formal environments. Such approach should provide channels for the exchange of information and interaction between both environments. The proposed framework must allow both to export functionalities from the institutional learning platforms in different contexts and to offer an integration between the institutional environment and the activity performed in the online tools of the personal learning environments.

To validate this hypothesis some activities have been carried out; the activities begin with the description of the technological context in which the research is performed. This has led to explore the different ways in which ICT is applied to learning and teaching processes, in order to verify how technology is used and what are its strengths and weaknesses in the context of learning. In that study, it has been observed that there is a great diversity of solutions with educational purposes, which may be based on different technologies, such as personal computers, Internet, TV, mobile devices, sensors distributed through the user's context, etc. The integration and combination of these and other technological trends with the main goal to facilitate learning is what is called in this proposal α Learning.

Given the diversity of technological trends included in α Learning, its most used tools need be explored, especially from the perspective of how learning is managed, and from that perspective LMS may be considered the most relevant systems. These platforms provide learning environments with a focus on the course, and are leaded by tutors from an institutional perspective, which makes them an appropriate tool to carry out formal learning activities. These learning environments provide teachers with a set

of functionalities, resources and activities, while at the same time facilitate a meeting point and support to students' learning. Their main advantages are: their general acceptance, the fact that teachers and students are used to using them, that they have been successfully used and tested for several years. However, the reality of learning processes is different: students do not learn only in formal contexts: they learn from experience, from the exchange of knowledge, from research, out of curiosity, etc. In addition, students learn throughout their life, not only during the specific periods determined by the institution. On the other hand, LMS may be considered monolithic environments, which cannot evolve easily; they do not allow the introduction of other tools used by the learners, nor the exportation of the activities performed in the institutional contexts. Given this situation it seems logical to think that other kind of learning environments are required, which are more open, flexible, and adapted to the students' necessities; these learning environments should consider the students' learning in different environments along their life; environments in which learner should have the responsibility of learning and be able to decide what to learn, what tools to use, when and how. These are the PLE.

But the emergence of PLE does not imply the demise of the LMS; firstly, because they represent different ways of understand learning, and secondly, because of the popularity of LMS, the great amounts of money already invested on them, the resistance to change by institutions and because they satisfy the needs of formal learning contexts. This means that LMS and PLE should coexist, and therefore they should be able to exchange information and interact; in other words, they should be able to interoperate between them.

In this sense, it is necessary to find solutions open and flexible enough, and which offer independence of the underlying technology. Such solutions should consider the possibility to export functionalities from the institutional environment to the PLE (independently of the context where it is represented). By doing this, it is possible that the functionalities from the LMS may be combined with other tools the students use to learn. In addition, it is also necessary to take into account in the LMS what is the student doing in the PLE.

To address these problems, a service-based framework, grounded on the use of web services and interoperability specifications, is proposed. Such framework considers four possible interoperability scenarios between the LMS and the PLE, with a variation for uses in mobile devices. Those scenarios have been implemented during a proof of concept that uses *Moodle* as the LMS, *Apache Wookie (Incubating)* as the PLE, a set of widgets to represent the different tools included into the PLE, and web services and

interoperability specifications as communication interfaces. The proof of concept has been validated through several pilot experiences which take into account the different interoperability scenarios with students' groups of the fifth year course of Software Engineering and the Adaptation course to the Computer Science Degree (in subjects related with Project Management) at the University of Salamanca. During these pilot experiences, the different interoperability scenarios have been validated in a qualitative way from the point of view of the students using the systems. Such validation has been endorsed with the opinion of teachers (from different contexts) that have interacted with the implemented systems. From these experiences, it can be concluded that interoperability is necessary because students do not use just the LMS tools to learn; and also, that their learning activity carried out outside of the institutional contexts, independently of the context in which it takes place, should be taken into account into the LMS.

5.1. Main Contributions

The goal of this PhD work is the definition of a framework that allows for the integration of LMS and PLE, by using service oriented architectures, interoperability specifications and strategies to represent information. This integration must occur in an accessible way both from traditional contexts, such as the Web, and from other contexts with enhanced capabilities such as mobility, and must ensure that the different activities which take place in the personal environments may be taken into account in the institutional platform for student evaluation purposes. This section highlights the main theoretical and practical contributions derived from the partial objective which were set to achieve the main goal.

In the first place, it has been necessary to study the application of ICT to learning processes in order to define the context of this research work. In this sense, the relevance of the Internet in educational processes has stood out; but the application of ICT to learning is not just limited to that particular technology, and other technologies are also used for educational purposes, which leads to the definition of different learning modalities such as mLearning, uLearning, cLearning, tLearning, etc. All this learning modalities have a common objective: to make it easier for students to learn. But they also present some drawbacks, associated to the underlying technology (such as technological fascination, the need to develop adaptations for each particular content and/or functionality or for their use in a specific device, the high cost associated to certain learning modalities, etc.). In addition, the boundaries between those learning modalities are blurred in many cases; for example, mLearning is

considered as part of uLearning, gLearning is included in the vLearning and it is related with gbLearning, etc.

Such technology-based learning modalities, together with the emergence of 2.0 trends and the change it produces in learning contexts, which put the student into the centre of the learning process, make it necessary to expand the concept of ICT-based learning to what we have defined as α Learning.

After reviewing the main technologies applied to teaching and learning processes, it was considered necessary to explore the most relevant tools used in eLearning and the technologies which support them. As previously commented, the most used tools are the LMSs, but they usually are not able to fulfil all the students' needs, and neither do they support informal learning; therefore, there is an increasing need for other open, flexible and scalable environments, such as the PLE. Both environments may (and most often have to) coexist, since the latter represents the institutional side while the former takes account of the personal one, and they should be able to communicate and interact. SOA (Service Oriented Architecture) and interoperability specifications offer means to achieve this goal.

SOA enables LMS openness, which in turn allows access to functionalities and data to and from different contexts. The main problem with this approach, apart from the complexity of implementing such architectures in existing systems, lies on the different existing ways to provide eLearning services. In this context, interoperability specifications (in other words, common ways to achieve interoperability between e-learning systems) are essential.

This means that it is necessary to have a deep knowledge of the features, advantages and drawbacks of such interoperability specifications. They can usually be categorized into two main groups: 1) Those which enable interoperability for a specific issue; and 2) Those which are defined as a medium for provide interoperability at different levels. The first ones are related to specifications for exchange of content (e.g. IMS CP), metadata (e.g. IEEE LOM), students' information (e.g. LEAP2P), etc.; and their main limitation comes from their clear orientation towards the exchange of just a specific type of information, not take into account the interaction as a whole. In order to address this drawback, there are interoperability specifications whose definition is encompassed towards being able to assure such communication; some of them are widely used, while others have failed, mostly because of their complexity. After an analysis of these specifications, it is possible to observe that in most of the cases it is necessary to do additional coding, both in the service consumer and in the service

provider (that is, in the LMS and in the tool to integrate), which implies an extra implementation effort. It also should be mentioned that an inverse relationship between the complexity of a specification and its acceptance has been observed: the more complex the interoperability specification, the less accepted it is. Among the existing interoperability specifications, the one which provides a better balance between cost and services provided is BLTI. This fact, joined to its wide use, makes it the best option to guarantee interoperability in the LMS-PLE context.

Besides the above mentioned, in order to define such service-based framework, it is necessary to study the existing works related with interoperability between learning systems (especially those with focus on the PLE-LMS context). In order to undertake this task, a review of the state of the art related with this interoperability issue has been performed, including a total of 450 works with five different perspectives associated to five research questions:

1. Works related to interoperability between LMS and PLE and how it is achieved. While there are several approaches, they present some shortcoming, which are worth noting: some of them do not present interoperability-based solutions (which highly reduces the reusability of the systems); some are based in the definition of a LMS from scratch, which makes difficult the diffusion of such solutions because the user should learn to use a new context; others exchange only information but not interaction, which means that the communication is not complete; and in several solutions the communication is unidirectional, without considering what is happening into the external tools or the PLE.
2. The use of the interoperability specifications to address communication problems between the PLE and the LMS. Different studies present the problems associated to this use: they are not widely accepted, they are complex to use and set up, there is a high cost related to the implementation of such solutions and a general lack of adaptability to the specific needs of the LMS in which they are integrated. These problems are the cause of their low popularity as a valid solution.
3. Another aspect to be taken into account is how to represent the exchange of information and functionalities. In this sense, the most common solution is the use of web mash-ups which aggregate mini-applications represented according to specifications. This approach allows an easy extension of LMS and PLE. However, the diversity of technological solutions and the fact that the W3C recommendation is not sufficiently widespread, make the representation of the

exchanged functionality and data something possible but difficult to use in other environments.

4. In addition, the information exchanged can be represented in other contexts, and this is a fact that should also be taken into consideration. Most of the experiments which took place in these alternative representations of contexts are focused just in a specific device (mobiles, car navigation systems, game consoles, interactive televisions, etc.), and thereby are highly affected by the diversity of hardware available. An adequate solution for this scenario is the use of specifications.
5. The fifth issue which must be taken into account is the security in the exchange of information between the PLE and the LMS. Since there is a high probability that the information exchanged between the systems is sensitive, it must be secured. There are several ways to secure this information; however, some of them are very complex, while others are not taken in high esteem and others present several weaknesses. Anyway, all of them are conditioned by factors such as the way in which communication is implemented, if interoperability specifications are used, etc.

Given this context, a service-based framework has been defined to facilitate the access to learning activities defined into the LMS from other different environments, and to track such exported activities (and maybe other activities) outside the LMS. This framework makes the communication between the LMS and the PLE possible in an open, scalable and portable way. Open, because it can include different kinds of activities; scalable, because it facilitates its evolution and is able to incorporate new trends; and portable, because it can be used not only in traditional web environments but also in other cases, such as with mobile devices. The framework defines some main components, interfaces and interoperability contexts, including the most common interaction scenarios between the LMS and PLE.

In order to validate this proposal, an implementation of the framework has been proposed and developed as a proof of concept. From this implementation it is possible to notice problems related with the technologies used; for instance: the drawbacks of the interoperability specifications used (e.g. BLTI-based solutions do not return the logs with the students' activity, but just a grade when the outcomes extension is used); the continuous and quick evolution of these systems (e.g. while writing this PhD thesis, IMS-GLC has decided to unify BLTI and LTI in one specification which is based on the latter; at the present time, a draft version of such "new" specification has been published); problems related to how widgets display functionalities in several devices

(independently of the use of the recommendations published by the W3C); and the necessity to extend the *Moodle* set of web services with others able to fulfil the various users' and tools' requirements. Those problems might be solved in the final release of the framework due to its flexibility.

As mentioned before, the framework provides the flow of information exchanges, and that information may include sensitive data; therefore, security issues must be included in the implementation proposal. The framework gives developers freedom to choose what security measures to use, only constrained by the technology used during communication (web service model and interoperability specifications). For example, this implementation uses BLTI, which means that the authentication model should be OAuth. It would be possible to change it, but this would force to break the patterns defined by the specification, and therefore the integration with different LMS would not be feasible. Other examples of security models constrained by the technology are those imposed by the external tools which are planned for integration with the framework, such as *Google Docs* or *Flickr*. These tools provide an external access API which requires OAuth as the authentication method to be used (and hence, no other may be used).

Once the framework is defined and implemented as a proof of concept, it is necessary to perform its validation. In order to do so, three pilot experiences have been conducted; this pilot studies included a testing period by students and teachers at the University of Salamanca. In each pilot experience, one or several interoperability scenarios were validated in a qualitative way; in each scenario, a scientific hypothesis was posed, gathering data both from the perspective of students and teachers; later on, results from the data analysis was used to validate the proposed hypotheses.

Regarding the interoperability scenario 1 (exportation of functionalities from the LMS to other environments, such as the PLE), it can be concluded, both from the students' and teachers' perspective, that the possibility to use the LMS functionalities in other contexts and combine them with other tools the students use to learn, enriches their learning and also helps to personalize it to their requirements.

As for the scenario 2 (which tracks the activity performed in external tools from the LMS), both teachers and students consider that there are more tools available for learning apart from those in the LMS, and that the activity they perform in these external tools should also be taken into account in the LMS. This implies more work for teachers, so they do not consider it a proper strategy, especially with large groups of students.

From the third scenario (integration of students' activity from the LMS in external educational tools), it can be concluded that the students consider that the inclusion of other educational tools in the PLE and the return of their outcomes in such activities to the LMS enrich learning and make assessment easier. The teachers endorse such statement and value the possibility to gather students' grades in such tools without leaving the LMS as something useful.

In regard to scenario number 4 (integration of students' activity carried out in online tools that are not initially defined as educational tools), the students consider that the integration of online non-educational tools and the feedback from their outcomes to the LMS help them in the learning process. The teachers' opinion is that the integration of these tools increases the set of possible applications to use in learning activities.

Finally, a modification of scenario 1 where the functionalities exported to the LMS are consumed through mobile devices was also validated. Students consider that the use of LMS's functionalities from such devices helps them to track learning activities and motivates them to participate. This opinion was also endorsed by a high percentage of the teachers surveyed, although they also think that in certain contexts such as primary and secondary education, this is not possible.

These experiences have contributed to the validation and testing of the system's suitability from the perspective of students and teachers who have used the implementation for the proof of concept.

As a summary of this discussion, the main tasks of this PhD work have been: 1) To set up a reference framework which enables interoperability between the LMS and the PLE; 2) The definition of a set of interoperability scenarios which include the most common interactions between LMSs and PLEs; 3) An implementation of such framework as a proof of concept; and 4) The analysis of data gathered from students and teachers during the pilot studies related to the different interoperability scenarios.

These results, when matched with the partial objectives set for this PhD thesis, lead to the conclusion that the general objective has been achieved. As a final conclusion to this work, it must be stressed that interoperability between LMS and PLE is possible, and that informal learning can be taken into account from the formal environments, while informal learning can be enriched with functionalities of the institutional contexts as well. In addition, this interoperability facilitates students the definition of their own PLE in a seamless way, so that they only need to access the LMS for a minimum set of indispensable activities. Moreover, interoperability also gives teachers more information about what the students do in the external environments and give them a

more broad set of tools for the proposal of learning activities. All these tools may heavily contribute to the evolution of the LMS.

Obviously, this approach is still subject to improvements and evolution, opening new paths for research which are outlined in the next section.

5.2 Future research lines

This PhD Thesis has addressed several issues which lead to new open fields for future research work. The idea is that the work developed in this PhD Thesis may be continued and be applied in actual educational environments as an useful learning tool for all the agents involved in the learning process. But this will require the exploration of some lines of research that will be highlighted next.

The first one is related to the possibility to exploit raw information about the learning agents in order to facilitate decision making processes in which is known as Learning Analytics. One of the problems of the current learning environments is that they gather too many data, and that the analysis of these data is a complex and difficult task, so it is also difficult to make decisions based on these data and to know if learning is being effective beyond the grades and logs exploration. New tools are needed which facilitate data exploitation from learning activities and are not limited to the LMS but also will take into account the PLE and the existing interactions between them. Among the tools to be used for this task, a good choice should include solutions which facilitate the visualization of huge quantity of information and are able to represent that information in a suitable format for decision making. These kind of tools should provide users with useful information; for example, what are the most popular tools used in the learning systems, how are they used in LMS and in PLE, if they are used only in one of the learning environments or both, if users look up other content than the provided by their systems, if the students are participating or not in the activities, what kind of devices do students use to access the personal and institutional learning contexts, and so on.

This information analysis could be empowered by using semantic web, which would enable to establish relationships among activities, tools, resources, technologies, outcomes, students, teachers, preferences, etc., in the PLE and the LMS. In this way, it would be possible to make decisions with a better fit to the student's needs.

In addition, semantic web could also be used to guarantee the interoperability and portability of the system. It would be possible to define an ontology that describes the exchanged data structure; the relationships between the kind of resources and activities; and their entailment with the kind of learning environment (LMS and/or PLE)

and with a learning context (such as the mobile devices). In this way, the information related to the system would be exportable and it would be possible to perform backups of the activities from the different learning environments involved in the framework.

On the other hand, in this PhD thesis, the possibility of introducing learning activities based on online tools (non defined as educational tools) in the PLE was also hinted. The activity that the students perform using tools should be somehow returned to the LMS for assessment purposes, and the tools by themselves do not provide an evaluation interface. In this proposal a workaround was taken by introducing a mediator (or proxy) tool, which provides an evaluation interface, communicates with the educational tool through their specific API and with the learning environment by using BLTI. Something to take into account in the future would be the definition a generic mediator model which defines all these tasks and may be used for any LMS and external tool.

Moreover, as a future work, it can be also be explored how to improve the results of the students who are using the PLE. That means not only to include tools and control what the student does with them, but also to include teachers' feedback. In order to do this, it is necessary to create feedback channels between the LMS and the PLE for any activity carried out in both environments.

Last, but not least, this work aims to contribute to the definition of interoperability specifications. The experience from the implementation of the proposed framework, based on this type of specifications, has contributed to a better knowledge of them and the drawbacks associated to their use. This knowledge will help to solve some of the specification problems detected. This contribution will not consider only a certain specification but all those involved in this research work, especially those which are currently in development stages, such as IMS LTI.

Referencias

- 3GVision. (2011). Global Growth in Mobile Barcode Usage - Q3/2011. Yehuda, Israel: 3GVision.
- Aarreniemi-Jokipielto, P. (2005). *T-learning Model for Learning via Digital TV*. Paper presented at the 16th EIEEE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering (EIE), Lappeenranta, Finland.
- Abel, F., Marenzi, I., Nejd, W., & Zerr, S. (2009). *Sharing Distributed Resources in LearnWeb2.0*. Paper presented at the 4th European Conference on Technology Enhanced Learning: Learning in the Synergy of Multiple Disciplines, Nice, France.
- Aberdour, M. (2007). Open Source Learning Management Systems. Retrieved from http://content.tibs.at/pix_db/documents/whitepaper_os_lms.pdf
- Adell, J., & Castañeda, L. (2010). Los Entornos Personales de Aprendizaje (PLEs): una nueva manera de entender el aprendizaje. In R. Roig Vila & M. Fiorucci (Eds.), *Claves para la investigación en innovación y calidad educativas. La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la Interculturalidad en las aulas. Stumenti di ricerca per l'innovazioni e la qualità in ambito educativo. La Tecnologie dell'informazione e della Comunicaciones e l'interculturalità nella scuola*. Alcoy, Spain: Marfil – Roma TRE Università degli studi.
- ADL. (2009). SCORM 4th Edition. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm#tab-learn>
- Adobe. (2012). Adobe Flash Platform Technologies. Retrieved 20/04/2012, from <http://labs.adobe.com/technologies/flash/>
- Ajjan, H., & Hartshorne, R. (2008). Investigating faculty decisions to adopt Web 2.0 technologies: Theory and Empirical Tests. *The Internet and Higher Education*, 11(2), 71-80.
- Al-Ajlan, A., & Zedan, H. (2008). *Why Moodle*. Paper presented at the 12th IEEE International Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems, Kunming, China.
- Al-Smadi, M., & Gütl, C. (2010). *SOA-based Architecture for a Generic and Flexible E-assessment System*. Paper presented at the IEEE EDUCON 2010 - Education Engineering - The Future of Global Learning Engineering Education, Madrid, Spain.
- Al-Zoube, M. (2009). E-Learning on the Cloud. *International Arab Journal of e-Technology*, 1(2), 58-64.
- Alario-Hoyos, C., Asensio-Pérez, J. I., Bote-Lorenzo, M. L., Gómez-Sánchez, E., Vega-Gorgojo, G., & Ruiz-Calleja, A. (2010). *Integration of External Tools in Virtual Learning Environments: Main Design Issues and Alternatives*. Paper presented at the 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT2010, Sousse, Tunisia.
- Alario-Hoyos, C., & Wilson, S. (2010). *Comparison of the main Alternatives to the Integration of External Tools in different Platforms*. Paper presented at the International Conference of Education, Research and Innovation, ICERI 2010, Madrid, Spain, November.
- Alavi, M. (1994). Computer-mediated collaborative learning: an empirical evaluation. *MIS Q.*, 18(2), 159-174. doi: 10.2307/249763

- Alba, J. (2008). ¿Qué es SOA - Arquitectura Orientada al Servicio. *Bit*, 167, 52-53.
- Alexander, S. (1995). *Teaching and learning on the World Wide Web*. Paper presented at the Web95: The First Australian World Wide Web Conference, New South Wales, Australia.
- Alfonso, J. (2006). ÁGORA VIRTUAL: una propuesta de entorno colaborativo y de enseñanza sobre interfaces OSID. (76), 21-32.
- Alier, M. (2009). *Educació per a una societat de la informació sostenible*. Doctor en Ciènces, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Alier, M., & Casany, M. (2008). *Moodbile: Extending Moodle to the Mobile on/offline Scenario*. Paper presented at the IADIS International Conference Mobile Learning., Algarve, Portugal.
- Alier, M., Casany, M. J., Conde, M. A., García, F. J., & Charles, S. (2009). *Interoperability for LMS: the Missing Piece to Become the Common Place for Elearning Innovation*. Paper presented at the Second World Summit on the Knowledge Society, WSKS, Chania, Crete, Greece.
- Alier, M., Casany, M. J., Conde, M. Á., García, F. J., & Severance, C. (2010a). Interoperability for LMS: the missing piece to become the common place for e-learning innovation. *International Journal of Knowledge and Learning (IJKL)*, 6(2/3), 130-141. doi: 10.1504/IJKL.2010.034749.
- Alier, M., Casañ, M. J., & Piguillem, J. (2010b). *Shifting from a Learning Toolkit to a Open Learning Platform*. Paper presented at the Technology Enhanced Learning: Quality of Teaching and Educational Reform. 1st International Conference, TECH-EDUCATION 2010., Athens, Greece.
- Alier, M., Casañ, M. J., Piguillem, J., Galanis, N., Mayol, E., Conde, M. A., & García-Peñalvo, F. (In press). *Integration of Google Docs as a collaborative activity within the LMS using IMS BasicLTI*. Paper presented at the Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research. Fourth World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2011, Mykonos, Greece.
- Alier, M., Mayol, E., Casañ, M. J., Piguillem, J., Merriman, J. W., Conde, M. Á., . . . Severance, C. (2012). Clustering Projects for eLearning Interoperability. *Journal of Universal Computer Science*, 18(1), 106-122. doi: 10.3217/jucs-017-01-0106.
- Alier, M., Pedro, X. D., Casañ, M. J., Piguillem, J., & Galanis, N. (2010c). Requirements for Successful Wikis in Collaborative Educational Scenarios. *International Journal of Knowledge Society Research (IJKSR)*, 1(3), 44-58. doi: 10.4018/jksr.2010070104
- Aplix-Corporation. (2009). *Aplix Web Runtime*. Retrieved 20/04/2012, from <http://wiki.webvm.net/wrtc/>
- Appelt, W. (1999). *WWW Based Collaboration with the BSCW System*. Paper presented at the 26th Conference on Current Trends in Theory and Practice of Informatics on Theory and Practice of Informatics.
- Appelt, W., & Klöckner, K. (1999). *Flexible Workgroup Cooperation based on Shared Workspaces*. Paper presented at the World Multiconference on Systems, Cybernetics and Informatics: SCI '99 and ISAS '99 (5th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis), Orlando, Florida, USA.
- Area, M. (2008). Las Redes Sociales en Internet como espacios para la formación del profesorado. *Razón y Palabra*, 63.

- Arroway, P., Davenport, E., Guangning, X., & Updegrove, D. (2010). Educause Core Data Service Fiscal Year 2009 summary report *EDUCAUSE White Paper*. EDUCAUSE.
- Arsanjani, A. (2004). Service-oriented modeling and architecture - how to identify, specify, and realize services for your SOA. Retrieved from <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-design1/>
- Arsanjani, A., & Allam, A. (2006). *Service-Oriented Modeling and Architecture for Realization of an SOA*. Paper presented at the SCC '06: IEEE International Conference on Services Computing. <http://dx.doi.org/10.1109/SCC.2006.93>
- Asensio-Pérez, J. I., Bote-Lorenzo, M. L., Vega-Gorgojo, G., Dimitriadis, Y. A., Gómez-Sánchez, E., & Villasclaras-Fernández, E. D. (2008). *Adding mash-up based tailorability to VLEs for scripted Collaborative Learning*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 1st Workshop MUPPLE'08, Maastricht, The Netherlands.
- Atkinson, B., Della-Libera, G., Hada, S., Hondo, M., Hallam-Baker, P., Klein, J., . . . Simon, D. (2002). Servicios web Java: El alto costo de (WS-)Security. *Developer Works*. Retrieved from <http://www.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-secure/>
- Attwell, G. (2007a). e-Portfolios – the DNA of the Personal Learning Environment? *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 3(2), 39-61.
- Attwell, G. (2007b). The Personal Learning Environments - the future of eLearning? *eLearning Papers*, 2(1), 1-8.
- Attwell, G., Bimrose, J., Brown, A., & Barnes, S.-A. (2008). *Maturing Learning: Mashup Personal Learning Environments*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 1st Workshop MUPPLE'08, Maastricht, The Netherlands.
- Attwell, G., Cook, J., & Ravenscroft, A. (2009). *Appropriating Technologies for Contextual Knowledge: Mobile Personal Learning Environments*. Paper presented at the Second World Summit on the Knowledge Society, WSKS, Crete, Greece.
- Avgeriou, P., Papasalouros, A., Retalis, S., & Skordalakis, M. (2003). Towards a Pattern Language for Learning Management Systems. *Educational Technology & Society*, 6(2), 11-24.
- Awre, C., & Dolphin, I. (2005). CREE - Contextual Resource Evaluation Environment - Final Report Hull, UK: University of Hull.
- Azcorra, A., Bernardos, C. J., Gallego, Ó., & Soto, I. (2001). Informe de la AUI sobre el estado de la teleeducación en España. In J. Solá (Ed.), *Mundo Internet 2001*. Madrid: Asociación de Usuarios de Internet.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355-385.
- Barakonyi, I., Weilguny, M., Psik, T., & Schmalstieg, D. (2005). *MonkeyBridge: autonomous agents in augmented reality games*. Paper presented at the Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, Valencia, Spain.
- Barbosa, H. (2010). *Generador de pruebas objetivas adaptadas a las preferencias de presentacion de los usuarios*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Baresi, L., Heckel, R., Thöne, S., & Varró, D. (2003). Modeling and validation of service-oriented architectures: application vs. style. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 28(5), 68-77. doi: 10.1145/949952.940082

- Barnes, J. A. (1954). Class and Committees in a Norwegian Island Parish. *Human Relations*, 7(1), 39-58. doi: 10.1177/001872675400700102
- Barrett, H., & Carney, J. (2005). Conflicting Paradigms and Competing Purposes in Electronic Portfolio Development. Retrieved from <http://electronicportfolios.com/portfolios/LEAJournal-BarrettCarney.pdf>
- Bartolomé, A. (2008). Web 2.0 and New Learning Paradigms. *eLearning Papers*, 8, 1-10. doi: citeulike-article-id:6634448
- Baskerville, R. L. (1999). Investigating information systems with action research. *Commun. AIS*, 2(3es), 4.
- Bates, P. J. (2003). *Learning through iDTV – results of t-learning Study*. Paper presented at the 1st European Conference on Interactive Television: from Viewers to Actors?, Brighton, United Kingdom.
- Batista, I. V. C., & Cornachione, E. B. (2005). Learning styles influences on satisfaction and perceived learning: Analysis of an online Bussiness Game. *Developments in Business Simulation and Experiential Learning*, 32.
- BECTA. (2008). Web 2.0 technologies for learning at KS3 and KS4 - Project overview. Retrieved from http://partners.becta.org.uk/index.php?section=rh&catcode=_re_rp_02&rid=14543
- Bederson, B. B. (1995). *Audio augmented reality: a prototype automated tour guide*. Paper presented at the Conference companion on Human factors in computing systems, Denver, Colorado, United States.
- Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. (2008). The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 775-786.
- Berge, Z. L. (1999). Interaction in post-secondary web-based learning. *Educational Technology*, 39(1), 5-11. doi: citeulike-article-id:1176742
- Berlanga, A. (2006). *Diseños instructivos adaptativos formación personalizada y reutilizable en entornos educativos*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Berlanga, A. J., & García, F. J. (2004). Introducción a los Estándares y Especificaciones para ambientes e-Learning. In F. J. García & M. N. Moreno (Eds.), *Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web* (pp. 25-37). Salamanca: Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca.
- Betbeder, M.-L., & Tchounikine, P. (2003). *Symba: A Tailorable Framework to Support Collective Activities in a Learning Context*. Paper presented at the 9th International Workshop on Groupware - CRIWG - 2003, Grenoble, France. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-39850-9_8
- Bih, J. (2006). Service oriented architecture (SOA) a new paradigm to implement dynamic e-business solutions. *Ubiquity*, 2006(August), 1-2. doi: 10.1145/1159402.1159403
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001). The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 21(3), 6-8.
- Birrell, A. D., & Nelson, B. J. (1984). Implementing remote procedure calls. *ACM Trans. Comput. Syst.*, 2(1), 39-59. doi: 10.1145/2080.357392
- Blackboard. (2000). Blackboard extension catalog. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.blackboard.com/Partnerships/Extensions.aspx>

- Blackboard. (2008). Blackboard PowerLinks Kit for Software Development. Whashington DC, USA: Blackboard Learning System CE and Vista Enterprise License.
- Blackboard. (2011). Blackboard Mobile. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.blackboard.com/Platforms/Mobile/Overview.aspx>
- Blanco, Á., Moreno-Ger, P., Torrente, J., & Fernández-Manjón, B. (2009). *Aplicacion de Estándares de e-Learning a Videojuegos Educativos*. Paper presented at the Workshop en el Diseño, Uso y Adopción de Estándares (ASPECT 2009) en Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería (FINTDI 2009), Vigo, Spain.
- Bloom, B. S. (1984). The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. *EDUCATIONAL RESEARCHER*, 13(6), 4-16. doi: 10.3102/0013189X013006004
- Bodington. (2001). Bodington Virtual Learning Environment. Retrieved 15/04/2012
- Boneu, J. M. (2007). Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 4(1), 36-47.
- Bonk, C. J., & Reynolds, T. H. (1997). Learner-Centered Web Instruction for Higher-Order Thinking, Teamwork, and Apprenticeship. In B. H. Khan (Ed.), *Web-Based Instruction* (pp. 167-178): Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Booch, G. (1994). *Object Oriented Analysis and Design with Applications* (2nd ed.): The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Booth, A. G., & Clark, B. P. (2006). *The WAFFLE Bus: A model for a serviceoriented learning architecture*. Paper presented at the 13th Association for Learning Technology Conference (ALT-C 2006). Scotland, UK.
- Booth, A. G., & Clark, B. P. (2009). A service-oriented virtual learning environment. *On the Horizon.*, 17(3), 232-244. doi: 10.1108/10748120910993268
- Bosom, Á., Fernández, E., Hernández, M. J., García-Peñalvo, F. J., & Seoane, A. (2007). Excellence in Virtual Education: The Tutor Online Approach. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 9(2), 61-74. doi: 10.4018/jcit.2007040106
- Bostrom, R. P., Gupta, S., & Hill, J. R. (2008). Peer-to-peer technology in collaborative learning networks: applications and research issues. *International Journal of Knowledge and Learning (IJKL)*, 4(1), 36-57. doi: 10.1504/IJKL.2008.019736
- Boud, A. C. (1999). *Virtual Reality and Augmented Reality as a Training Tool for Assembly Tasks*. Paper presented at the Proceedings of the 1999 International Conference on Information Visualisation.
- Bourguin, G., & Derycke, A. (2001). *Integrating the CSCL Activities into Virtual Campuses: Foundations of a new Infrastructure for Distributed Collective Activities*. Paper presented at the EuroCSCL 2001, Maastrich, Netherlands.
- Boyd, D., & Ellison, N. (2007). Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 210-230. doi: citeulike-article-id:2147286
- Bri, D., Garcia, M., Coll, H., & Lloret, J. (2009). A Study of Virtual Learning Environments. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, 6(1), 33-43.
- Bright, G. W., Harvey, J. G., & Wheeler, M. (1985). Learning and Mathematics Games. *Journal for Research in Mathematics Education Monograph*, 1.

- Broll, W., Ohlenburg, J., Lindt, I., Herbst, I., & Braun, A.-K. (2006). *Meeting technology challenges of pervasive augmented reality games*. Paper presented at the Proceedings of 5th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games, Singapore.
- Brown, A. W., Johnston, S. K., & Palistrant, J. (2005). SOA Development Using the IBM Rational Software Development Platform : A Practical Guide. *IBM Systems Journal*(September).
- Brown, J., & Duguid, P. (1991). Organizational Learning and Communities-of-Practice: Toward a Unified View of Working, Learning, and Innovation. *Organization Science*, 2(1), 40-57. doi: citeulike-article-id:843715
- Brown, J. S. (2010). *From VLEs to learning webs: the implications of Web 2.0 for learning and teaching* (Vol. 18): Routledge.
- Brown, J. S., & Adler, R. P. (2008). Minds on Fire: Open Education, the Long Tail, and Learning 2.0. *Educause Quarterly*, 42(6), 16-32.
- Browne, T., Hewitt, R., Jenkins, M., Voce, J., Walker, R., & Yip, H. (2010). Survey of Technology Enhanced Learning for higher education in the UK. In UCISA (Ed.). Oxford: UCISA - Universities and Colleges Information System Asociation.
- Bruffee, K. (1995). Sharing Our Toys: Cooperative Learning versus Collaborative Learning. *Change*, 27(1). doi: citeulike-article-id:9958662
- Brusilovsky, P. (2004). Adaptive Navigation Support: From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web and Beyond. *PsychNology Journal*, 2(1), 7-23.
- Buchem, I., Attwell, G., & Torres, R. (2011). *Understanding Personal Learning Environments: Literature review and synthesis through the Activity Theory lens*. Paper presented at the The PLE Conference 2011, Southampton, UK.
- Busca, C. (2007). uLearning: nuevas vías de formación. *N-Economía*. Retrieved from http://www.n-economia.com/notas_alerta/pdf/ALERTA_NE_18-2007.PDF
- Bush, V. (1945). As we may think. *The Atlantic Monthly*, 176(1), 101-108.
- Caillois, R. (1961). *Man, play, and games*. New York: Free Press of Glencoe.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*: Rand McNally.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1970). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*: Amorrortu Editores.
- campusM-TM. (2010). CampusM. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.campusm.com/>
- Carriço, J. A., & Marques, F. (2007). *E-Learning. Conceptos, Tecnologías y Modelos*. Rio de Mouro, Portugal: Ediciones Chambel, Lda.
- Casany, M. J., & Alier, M. (2011). *Mobile Learning: an asset for sustainable development in developing countries?* Paper presented at the 20th EDEN Annual Conference. "Learning and sustainability: the new ecosystem of innovation and knowledge: EDEN Annual Conference, Dublin, Ireland.
- Casany, M. J., Alier, M., Conde, M. Á., & García, F. J. (2009a). *SOA Initiatives for eLearning: A Moodle Case*. Paper presented at the 23rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA, Bradford, United Kingdom, May 26-29, 2009.

- Casany, M. J., Conde, M. Á., Alier, M., & García, F. (2009b). *Applications of Service Oriented Architecture for the Integration of LMS and m-Learning Applications*. Paper presented at the Fifth International Conference on Web Information Systems and Technologies – WEBIST 2009, Lisboa.
- Casquero, O., Portillo, J., Ovelar, R., Benito, M., & Romo, J. (2010). iPLE Network: an integrated eLearning 2.0 architecture from University's perspective. *Interactive Learning Environments*, 18(3), 293-308.
- Casquero, O., Portillo, J., Ovelar, R., Romo, J., & Benito, M. (2008). *iGoogle and gadgets as a platform for integrating institutional and external services*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 1st Workshop MUPPLE'08, Maastricht, The Netherlands.
- Castañeda, L., González, V., & Serrano, J. L. E. M., F. y solano, I. Comunicación y relaciones sociales de los jóvenes en la red. Alicante: Marfil. pp 47-63. (2011). Donde habitan los jóvenes: precisiones sobre un mundo de redes sociales. In F. Martínez & I. Solano (Eds.), *Comunicación y relaciones sociales de los jóvenes en la red*. (pp. 47-63). Alicante: Marfil.
- Castle, B. (2005). Introduction to Web Services for Remote Portlets. Use WSRP in a Service-Oriented Architecture. *Developer Works*. Retrieved from <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-wsrp/>
- Cebrián, M. (2003). Innovar con tecnologías aplicadas a la docencia universitaria. In M. Cebrián (Ed.), *Enseñanza virtual para la innovación universitaria* (pp. 21-36). Madrid: Nancea.
- Cecez-Kecmanovic, D., & Webb, C. (2000). Towards a communicative model of collaborative web-mediated learning. *Australian Journal of Educational Technology - AJET*, 16(1), 73-85.
- Célia, Q., & Damásio, J. (2004). *T-Learning and Interactive Television Edutainment: the Portuguese Case Study*. Paper presented at the 2nd European Conference on Interactive Television: Enhancing the Experience, Brighton, United Kingdom.
- CEN. (2008). CWA 15903:2008 - Metadata for Learning Opportunities (MLO) - Advertising: European Committee for Standardization.
- CEN/ISSS. (2004). Simple Query Interface Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/query.pdf>
- Cerami, E., & St.Laurent, S. (2002). *Web Services Essentials*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly & Associates, Inc.
- CETIS. (2007). Personal Learning Environment. Retrieved 20/04/2012, from <http://zope.cetis.ac.uk/members/pedagogy/articles/PLE/>
- Chabert, A., Grossman, E., Jackson, L. S., Pietrowiz, S. R., & Seguin, C. (1998). Java object-sharing in Habanero. *Commun. ACM*, 41(6), 69-76. doi: 10.1145/276609.276622
- Chadwick, C. (2001). Computadoras en la educación: problemas y precauciones. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, XXXI(001), 87-98.
- Chan, T., Corlett, D., Sharples, M., Ting, J., & Westmancott, O. (2005). *Developing interactive logbook: a personal learning environment*. Paper presented at the IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education - WMTE 2005.
- Chan, T.-W., Hue, C.-W., Chou, C.-Y., & Tzeng, O. J. L. (2001). Four spaces of network learning models. *Computers & Education*, 37(2), 141-161. doi: 10.1016/s0360-1315(01)00044-6

- Channabasavaiah, K., Holley, K., & Tuggle, E. (2003). Migrating to a service-oriented architecture, Part 1. Retrieved from <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-migratesoa/>
- Chatti, M. A., Agustawan, M. R., Jarke, M., & Specht, M. (2010). Toward a Personal Learning Environment Framework. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 1(4), 66-85. doi: 10.4018/jvple.2010100105
- Chatti, M. A., Jarke, M., & Specht, M. (2009). PLEF: A Conceptual Framework for Mashup Personal Learning Environments. *Learning Technology Newsletter*, 11(3).
- Chen, J.-H., Shih, T. K., Wang, C.-C., Yeh, S.-W., & Lee, C.-Y. (2008). *Combine Personal Blog Functionalities with LMS Using Tools Interoperability Architecture*. Paper presented at the Proceedings of the 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Okinawa, Japan.
- Chen, T. (2003). Recommendations for creating and maintaining effective networked learning communities: A review of the literature. *International Journal of Instructional Media*, 30(1), 35-44.
- Chen, Y.-S., Kao, T.-C., Sheu, J.-P., & Chiang, C.-Y. (2002). *A Mobile Scaffolding-Aid-Based Bird-Watching Learning System*. Paper presented at the Proceedings IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education.
- Cho, H., Stefanone, M., & Gay, G. (2002). *Social information sharing in a CSCL community*. Paper presented at the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community, Boulder, Colorado.
- Chumbe, S., MacLeod, R., & Kennedy, M. (2007). *Building Bridges with Blocks: Assisting Digital Library and Virtual Learning Environment Integration through Reusable Middleware*. Paper presented at the ELPUB2007 Openness in Digital Publishing: Awareness, Discovery and Access - 11th International Conference on Electronic Publishing, Viena, Austria.
- Chumley-Jones, H., Dobbie, A., & Alford, C. (2002). Web-based learning: sound educational method or hype? A review of the evaluation literature. *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges*, 77(10 Suppl). doi: citeulike-article-id:9378274
- Chung, M. J., Jung, H. S., Kim, W., Goplannalan, R., & Kim, H. (2004). *A Framework for Collaborative Product Commerce using Web Services*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services.
- Clark, R. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445-459. doi: citeulike-article-id:7294349
- Clark, W., Logan, K., Luckin, R., Mee, A., & Oliver, M. (2009). Beyond Web 2.0: mapping the technology landscapes of young learners. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(1), 56-69. doi: 10.1111/j.1365-2729.2008.00305.x
- CMT. (2011). Estadísticas del Sector - II Trimestre 2011. Barcelona: Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT).
- Colace, F., Santo, M. D., & Vento, M. (2003). *Evaluating On-line Learning Platforms: a Case Study*. Paper presented at the 36th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii.
- Colardyn, D., & Bjornavold, J. (2004). Validation of Formal, Non-Formal and Informal Learning: policy and practices in EU Member States *European Journal of Education. Willey - Blackwell*, 39(1), 21. doi: 10.1111/j.0141-8211.2004.00167.x

- Colás, P., & Buendía, L. (1992). *Investigación Educativa*. Sevilla: Alfar.
- Cole, D., Ryan, C. W., & Kick, F. (1995). *Portfolios Across the Curriculum and Beyond*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Cole, J., & Foster, H. (2007). *Using Moodle* (2 ed.): O'Really.
- Cole, M. (1998). *Cultural psychology: a once and future discipline*: Belknap Press of Harvard University Press.
- Coll, C., Bustos, A., & Engels, A. (2008). Las comunidades virtuales de aprendizaje. In C. Coll & C. Monereo (Eds.), *La psicología de la educación virtual*. Madrid: Morata.
- Colloquia. (2007). Retrieved 24/04/2012, from www.colloquia.net
- COM. (2001). *COM(2001) 678 final. Hacer realidad un espacio europeo del aprendizaje permanente*. COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2001:0678:FIN:ES:PDF>.
- Conde, M. Á. (2007). *mLearning, de camino hacia el uLearning*. Salamanca. Master en Sistemas Inteligentes Tesis de Máster, Universidad de Salamanca, Salamanca. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10366/21829>
- Conde, M. Á., Álvarez, I., & García, F. J. (2006a). *CLEFTCase: Herramienta CASE con soporte colaborativo*. Paper presented at the Diseño de la Interacción Persona-Ordenador: Tendencias y Desafíos. VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2006, Puertollano, Spain.
- Conde, M. Á., Carabias, J., Martín, R. M., González, I., & García, F. J. (2006b). Arquitectura para un LMS Basada en Portlets: CLAYNET 2.0. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información.*, 7(2), 213-234.
- Conde, M. Á., García, F. J., Casany, M. J., & Alier, M. (2009a). *Adapting LMS architecture to the SOA: an Architectural Approach*. Paper presented at the The Fourth International Conference on Internet and Web Applications and Services – ICIW 2009, Venice/mestre, Italy.
- Conde, M. Á., García, F. J., Casany, M. J., & Allier, M. (2010a). *Open Integrated Personal Learning Environment: Towards a New Conception of the ICT-Based Learning Processess*. Paper presented at the Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research. Third World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2010, Corfú, Greece, September 22-24.
- Conde, M. A., García-Peñalvo, F., Casañ, M. J., & Alier, M. (2011a). *Personal Learning Environments and the integration with Learning Management Systems*. Paper presented at the Knowledge Management, Information Systems, E-Learning, and Sustainability Research. Fourth World Summit on the Knowledge Society, WSKS 2011, Mykonos, Greece.
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., & Alier, M. (2011b). *Interoperability scenarios to measure informal learning carried out in PLEs*. Paper presented at the Third IEEE International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, IEEE INCoS 2011, Fukuoka, Japan.
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Alier, M., & Casany, M. J. (2011c). *Merging Learning Management Systems and Personal Learning Environments*. Paper presented at the The PLE Conference 2011, Southampton, UK.
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M. J., & Alier, M. (2008a). *Una Arquitectura Basada en Servicios para Acercar las Aplicaciones Móviles a los LMS*. Paper

- presented at the Conferencia IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2008, Lisboa, Portugal.
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M. J., & Alier, M. (2009b). *Back and Forth: From the LMS to the Mobile Device. A SOA Approach*. Paper presented at the IADIS International Conference Mobile Learning 2009, Barcelona, Spain.
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M. J., & Alier, M. (2010b). *Applying Web Services to define Open Learning Environments*. Paper presented at the Twenty-First International Workshops on Database and Expert Systems Applications – DEXA 2010. Third International Workshop on Social and Personal Computing for Web-Supported Learning Communities – SPeL 2010, Bilbao, Spain, 30 August - 3 September 2010.
- Conde, M. Á., Gómez, D. A., Pozo, A., & García, F. J. (2010c). *Moodle 2.0 Web Services Layer and Its New Application Contexts*. Paper presented at the Technology Enhanced Learning: Quality of Teaching and Educational Reform. 1st International Conference, TECH-EDUCATION 2010., Athens, Greece.
- Conde, M. Á., Muñoz, C., & García, F. J. (2008b). mLearning, the First Step in the Learning Process Revolution. *Internacional Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 2(4), 61-63.
- Conde, M. Á., Muñoz, C., & García, F. J. (2008c). *Sistemas de Adaptación de contenidos para dispositivos móviles*. Paper presented at the Actas del congreso de IX Congreso Internacional de Interacción Persona - Ordenador, Albacete.
- Conde, M. Á., Pozo, A., & García-Peñalvo, F. J. (2011d). e-Learning Services in Moodle 2.0. *CEPIS Upgrade.*, 12(2).
- Connolly, P. J. (2001). A standard for success. *InforWorld*, 23(42), 57-58.
- Conrad, D. (2002). Inhibition, integrating and etiquette among online learners: the art of niceness. *Distance Educatino*, 23(2).
- Cook, J. (in press). Travelling Without Moving: Design-Based Research into Augmented Contexts for Development. *Journal of Interactive Media in Education*.
- Coombs, P. H. (1985). *The World Crisis in Education: A View from the Eighties.*: New York: Oxford University Press.
- Cooper, A. (2010). The Paradox of the Derivative Work. Retrieved from <http://blogs.cetis.ac.uk/adam/2010/01/18/the-paradox-of-the-derivative-work/>
- Corlett, D., Chan, T., Ting, J., Sharples, M., & Westmancott, O. (2005). *Interactive Logbook: a Mobile Portfolio and Personal Development Planning Tool*. Paper presented at the mLearn 2005, 4th World conference on mLearning.
- Crane, L., Benachour, P., & Coulton, P. (2010). *Dissemination of Learning Services: Using RSS for m-learning*. Paper presented at the IADIS International Conference for Mobile Learning 2010., Porto, Portugal.
- Crook, C., & Barrowcliff, D. (2001). Ubiquitous Computing on Campus: Patterns of Engagement by University Students. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(2), 245-256. doi: 10.1207/S15327590IJHC1302_9
- Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cuesta, L. (2011). Wit Quiz. Plataforma de aprendizaje sobre dispositivos móviles. Retrieved from doi:<http://hdl.handle.net/10609/8018>

- Curtis, M., Luchini, K., Bobrowsky, W., Quintana, C., & Soloway, E. (2002). *Handheld Use in K-12: A Descriptive Account*. Paper presented at the Proceedings IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education.
- Dagger, D., O'Connor, A., Lawless, S., Walsh, E., & Wade, V. P. (2007). Service-Oriented E-Learning Platforms: From Monolithic Systems to Flexible Services. *Internet Computing, IEEE*, 11(3), 28-35.
- Dalsgaard, C. (2006). Social software: E-learning beyond learning management systems. *European Journal of Open and Distance Learning (EUODL)*. doi: citeulike-article-id:883862
- Damasio, M. (2003). *Uses of Interactive Television on Educational Settings: Evaluating the Media Impact*. Paper presented at the 1st European Conference on Interactive Television: from Viewers to Actors?, Brighton, United Kingdom.
- Dansereau, D. F. (1983). *Cooperative Learning: Impact on Acquisition of Knowledge and Skills*. Abilene, TX, USA: Army Research Institute for the Behavioural and Social Sciences.
- Davies, J., & Graff, M. (2005). Performance in e-learning: Online participation and student grade. *British Journal of Educational Technology*, 36, 657-663.
- Davis, H. C., Carr, L. A., Hey, J. M. N., Howard, Y., Millard, D., Morris, D., & White, S. (2010). Bootstrapping a Culture of Sharing to Facilitate Open Educational Resources. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 3(2), 96-109. doi: 10.1109/tlt.2009.34
- DCMI. (1999). Dublin Core Metadata Initiative. Retrieved 31/03/2012, from <http://dublincore.org/>
- de Freitas, S. (2006). Learning in Immersive worlds: A review of game-based learning. In J. e. programme (Ed.): Joint Information Systems Committee (JISC).
- De Pablos, J. (2007). El cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior y el papel de las tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 10(2), 15-44.
- de-la-Fuente-Valentín, L., Leony, D., Pardo, A., & Kloos, C. D. (2008). *Mashups in Learning Design: pushing the flexibility envelope*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 1st Workshop MUPPLE'08, Maastricht, The Netherlands.
- Dendaluce, I. (1994). Diseños cuasiexperimentales. In V. G. Hoz (Ed.), *Problemas y métodos de investigación en educación personalizada*. Madrid: Rialp.
- DEV.OPERA. (2011). Widget runtime: WAC-1.0-compliant Golden for Android. Retrieved 20/04/2012, from <http://dev.opera.com/articles/view/labs-widget-runtime-wac-1-0-compliant-golden-for-android/>
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: TOUCHSTONE.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches* (pp. 1-19): Elsevier.
- DiSessa, A. (2001). *Changing Minds. Computers, Learning and Literacy*. Massachusetts, USA: MIT Press.
- Dodero, J. M., & Ghiglione, E. (2008). ReST-Based Web Access to Learning Design Services. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1(3), 190-195. doi: 10.1109/tlt.2008.21
- Dondi, C. (2007). The underground rivers of innovative e-Learning: a preview from the HELIOS Yearly Report 2006/07 *eLearning Papers*(4).

- Downes, S. (2005). E-learning 2.0. *Elearn magazine*, 2005(10), 1. doi: 10.1145/1104966.1104968
- Downes, S. (2006). E-learning 2.0. *Elearn magazine*. Retrieved from <http://elearnmag.org/subpage.cfm?section=articles&article=29-1>
- Downes, S. (2010). New technology supporting informal learning. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 2(1), 27-33. doi: citeulike-article-id:6623135
- Duart, J. M., & Gil, M. (2008). *La Universidad en la sociedad red. Usos de Internet en la Educación Superior*. Barcelona: ARIEL.
- Eastman, T., & Pellacini, F. (2009). Hawk: 3D Gestured-Based Interactive Bird Flight Simulation *Technical Report series*. Dartmouth, USA: Dartmouth College Computer Science.
- Ebner, M., Stickel, C., Scerbakov, N., & Holzinger, A. (2009). *A Study on the Compatibility of Ubiquitous Learning (u-Learning) Systems at University Level*. Paper presented at the 5th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Part III: Applications and Services, San Diego, USA.
- Egaña, P. (2005). Aspectos sociológicos de la Internet: Glosario de las "E". Retrieved 20/04/2012, from <http://www.usergioarboleda.edu.co/grupointernet/gosarioe.htm>
- Ehlers, U.-D., & Pawlowski, J. (2006). Quality in European e-learning: An introduction. In U.-D. Ehlers & J. Pawlowski (Eds.), *Handbook on Quality and Standarisation in E-Learning* (Vol. 1, pp. 1-13). Berlin: Springer.
- ELGG. (2010). Moodle Network (MNET) Support. Retrieved 20/04/2012, from <http://community.elgg.org/pg/plugins/project/391628/developer/deds/moodle-network-mnet-support>
- Emmerich, W., Ellmer, E., & Fieglein, H. (2001). *TIGRA - an architectural style for enterprise application integration*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering, Toronto, Ontario, Canada.
- Endrei, M., Ang, J., Arsanjani, A., Chua, S., Comte, P., Krogdahl, P., . . . Newling, T. (2004). *Patterns: ServiceOriented Architecture and Web Services*. IBM Redbooks Retrieved from <http://www.chinagrid.net/grid/paperppt/Patterns-Services.pdf>
- Erl, T. (2007). *SOA Principles of Service Design*: Pearson Education.
- ESA. (2011). *Essential Facts about the Computer and Video Game Industry Sales, Demographics and Usage Data*: Entertainment Software Association.
- EUN. (2010). iTEC (Innovative Technologies for an Engaging Classroom). Retrieved 15/04/2012, from <http://itec.eun.org/>
- European-Union. (1999). *Towards the European Higher Education Area*. Conference of Ministers responsible for Higher Education in 29 European countries, Bologna, Italy: Retrieved from http://www.bologna-bergen2005.no/Docs/00-Main_doc/990719BOLOGNA_DECLARATION.PDF.
- Farley, L. (2007). Campus Virtual: la educación más allá del LMS. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 4(1), 1-7.
- Feiner, S. K. (2002). Augmented reality: A new way of seeing. *Scientific American*, 286(4), 48-55.

- Fernández-Manjón, B., Moreno-Ger, P., Sierra-Rodríguez, J. L., & Martínez-Ortiz, I. (2007). Uso de estándares aplicados a TIC en Educación. In M. Segura (Ed.), *Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE-MEC)* (Vol. 16).
- Fielding, R. T. (2000). *Architectural styles and the design of network-based software architectures.*, University of California, Irvine.
- Fielding, R. T., & Taylor, R. N. (2002). Principled design of the modern Web architecture. *ACM Transactions on Internet Technology*, 2(2), 115-150. doi: 10.1145/514183.514185
- Flintham, M., Benford, S., Anastasi, R., Hemmings, T., Crabtree, A., Greenhalgh, C., . . . Row-Farr, J. (2003). *Where on-line meets on the streets: experiences with mobile mixed reality games*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- Fontenla, J., Caeiro, M., & Llamas, M. (2009a). *Enhancing reusability in learning management systems through the integration of third-party tools*. Paper presented at the Proceedings of the 39th IEEE international conference on Frontiers in education conference, San Antonio, Texas, USA.
- Fontenla, J., Caeiro, M., & Llamas, M. (2009b). *Una Arquitectura SOA para sistemas de e-Learning a través de la integración de Web Services*. Paper presented at the Congreso Iberoamericano de Telemática. CITA 2009, Gijón, Spain.
- Fontenla, J., Perez, R., & Caeiro, M. (2011). *Using IMS basic LTI to integrate games in LMSs — Lessons from Game×Tel*. Paper presented at the IEEE EDUCON 2011 - Education Engineering - The Future of Global Learning Engineering Education, Amman, Jordan.
- Franc, A. (2008). *Outside-in: Application interoperability using an OSID-based framework*. Paper presented at the OpeniWorld:Europe2008 - Federating resources through open interoperability, Lyon, France. <http://hdl.handle.net/10090/5702>
- Friesen, N. (2003). Three Objections to Learning Objects. In R. McGreal (Ed.), *Learning Objects and Metadata. Online education using learning objects*. London: Taylor & Francis Books Ltd.
- Friesen, N. (2004). The E-learning Standardization Landscape. Retrieved from http://cancore.athabasca.ca/docs/intro_e-learning_standardization.html
- Frohberg, D., Göth, C., & Schwabe, G. (2009). Mobile Learning projects – a critical analysis of the state of the art. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(4), 307-331. doi: 10.1111/j.1365-2729.2009.00315.x
- Frost, C. (2009). Only Connect Project - Final Report. Bolton: JISC - Joint Information Systems Comitee.
- Fundación-Orange. (2011). eEspaña 2011 - Informe anual sobre el desarrollo de la sociedad de la información en España. In V. Suárez (Ed.), *Informe anual sobre el desarrollo de la sociedad de la información en España*. Madrid, Spain.
- FUNDACIÓN-TELEFÓNICA. (2011a). Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo. In R. M. Sáinz (Ed.). Barcelona: Editorial Ariel - Fundación Telefónica.
- FUNDACIÓN-TELEFÓNICA. (2011b). Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas. In R. M. Sáinz (Ed.). Barcelona: Editorial Ariel - Fundación Telefónica.
- FUNDACIÓN-TELEFÓNICA. (2011c) Sociedad de la Información en España 2010. Barcelona: Editorial Ariel - Fundación Telefónica.

- FUNDACIÓN-TELEFÓNICA. (2012). Sociedad de la Información en España 2011. In R. M. Sáinz (Ed.). Barcelona: Editorial Ariel - Fundación Telefónica.
- García, J., & Castillo, A. (2005). Los componentes de un sistema de educación virtual: El subsistema tecnológico. *ODISEO - Revista electrónica de pedagogía*, 3. Retrieved from <http://www.odiseo.com.mx/2005/07/garcia-castillo-componentetecnologico.htm>
- García, J., García-Peñalvo, F. J., Therón, R., & Ordóñez-de-Pablo, P. (2011). Usability Evaluation of a Visual Modelling Tool for OWL Ontologies. *Journal of Universal Computer Science*, 17(9), 1299-1313.
- García-Penalvo, F. J., & Suárez, C. (2011). *Universidad y desarrollo social de la web*. Washington DC: Editandum.
- García-Peñalvo, F. J. (2005). Estado Actual de los Sistemas E-Learning. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 6(2).
- García-Peñalvo, F. J. (2008a). Docencia. In J. Laviña & L. Mengual (Eds.), *Libro Blanco de la Univesidad Digital 2010* (pp. 29-61). Barcelona: Ariel. Fundación Telefónica.
- García-Peñalvo, F. J. (2008b). *Preface of Advances in E-Learning: Experiences and Methodologies*. Hershey, PA, USA: Information Science Reference.
- García-Peñalvo, F. J. (2010). *Recursos Informáticos - Unidad I: Gestión de la Tecnología y del Conocimiento - TEMA 2 eLearning*. Máster en las TIC en la Educación: Análisis y Diseño de Procesos, Recursos y Prácticas Formativas. Departamento de Informática y Automática. Universidad de Salamanca. Salamanca.
- García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á., Alier, M., & Casany, M. J. (2011a). Opening Learning Management Systems to Personal Learning Environments. *Journal of Universal Computer Science*, 17(9), 1222-1240.
- García-Peñalvo, F. J., García, J., & Therón, R. (2011b). Analysis of the OWL ontologies: A survey. *Scientific Research and Essays*, 6(20), 4318-4329.
- García-Peñalvo, F. J., Palacios, R. C., & Lytras, M. D. (2012). Outcomes of International Research Projects on Technology Applied to Education. *Journal of Universal Computer Science*, 18(1), 1-4.
- Garrett, J. J. (2005). *Ajax: A New Approach to Web Applications*. San Francisco, USA: Adaptive Path.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. (2002). Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467. doi: citeulike-article-id:1786398
- Geniant, S. O. A., What, Why, How, Technical Report, 26 April 2004. (2004). *Service Oriented Architecture: What, Why, How Technical Report*: Geninat.
- Gerald, D. E., & Hussar, W. J. (2003). Projections of education statistics to 2013. Washington, DC: National Center for Education Statistics, Technology Report NCES 2004-013.
- Giasson, F. (2005). SWFP: Secure Web Feed Protocol. Retrieved from <http://fgiasson.com/articles/swfp.pdf>
- Gil, R., Sancristobal, E., Martín, S., Díaz, G., Colmenar, A., Llamas, M., . . . Castro, M. (2009). *S-Learning: New Web Services in E-Learning Platforms*. Paper presented at the 2009 American Society for Engineeering Education - ASSE Annual Conference, Austin, TX.
- Gillmor, D. (2006). *We the media: Grassroots journalism by the people, for the people*. Sebastopol: O'Reilly.

- Godwin-Jones, R. (2009). Emerging technologies personal learning environments. *Language, Learning & Technology*, 13(2), 3-9.
- Goldstein, I. P., & Miller, M. L. (1976). AI Based Personal Learning Environments: Directions for Long Term Research. AI Memo 384.: Massachusetts Inst. of Tech., Cambridge. Artificial Intelligence Lab.
- Gómez, A., García, M. E., & Martínez, M. A. (2003). Nuevas Tecnologías y herramientas en la teleformación. In F. M. Sánchez (Ed.), *Redes de comunicacion en la enseñanza*: Paidós.
- Gómez, D. A., Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., & Therón, R. (2011). *Improving Moodle-based eLearning through visual analysis, a case study*. Paper presented at the The CAL Conference 2011. Learning Futures: Education, Technology & Sustainability Manchester, UK.
- Gómez, D. A., Conde, M. Á., Therón, R., & García-Peñalvo, F. J. (2011). *Reveling the evolution of semantic content through visual analysis*. Paper presented at the 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2011), Athens, Georgia, USA.
- Gómez, D. A., Sánchez, R. T., & García, F. J. (2008). Semantic Spiral Timeline as a Support for eLearning. *Journal of Universal Computer Science*, 15(7), 1526-1545. doi: 10.3217/jucs-015-07-1526
- Gómez, D. A., Therón, R., & García, F. J. (2008). *Understanding educational relationships in Moodle with ViMoodle*. Paper presented at the The Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT 08, Santander, Cantabria, Spain.
- Gonzalez-Torres, A., Theron, R., García-Peñalvo, F. J., Wermelinger, M., & Yu, Y. (2011). Maleku: An evolutionary visual software analysis tool for providing insights into software evolution. *Ieee International Conference On Software Maintenance. Proceedings*, 594-597. doi: 10.1109/icsm.2011.6080838
- Gosen, J., & Washbush, J. (2004). A Review of Scholarship on Assessing Experiential Learning Effectiveness. *Journal of Simulation and Gaming*, 35(2), 270-293. doi: 10.1177/1046878104263544
- Gottschalk, K., Graham, S., Kreger, H., & Snell, J. (2002). Introduction to web services architecture. *IBM Syst. J.*, 41(2), 170-177. doi: 10.1147/sj.412.0170
- Greenberg, L. (2002). LMS and LCMS: What's the Difference? *Learning Circuits - ASTD's source for E-Learning*. Retrieved from http://www.astd.org/lc/2002/1102_greenberg.htm
- Greller, W., & Casey, J. (2007). The RDA of Standards for a Healthy e-Learning System. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 3(2), 9-26.
- Grissom, S. (2008). iPhone application development across the curriculum. *J. Comput. Small Coll.*, 24(1), 40-46.
- GSIC. (2010). Group Learning Unified Environment. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.gsic.uva.es/glue/>
- Harasim, L. M., Hiltz, S. R., Turoff, M., & Teles, L. (1995). *Learning networks: A field guide to teaching and learning online*: MIT Press.
- Harding, M. (2010). Elggmobile. Retrieved 20/04/2012, from <http://code.google.com/p/elggmobile/>

- Harvard. (2003). RSS 2.0. Retrieved 20/04/2012, from <http://cyber.law.harvard.edu/rss/rss.html>
- Hauger, D., & Köck, M. (2007). *State of the Art of Adaptivity in E-Learning Platforms*. Paper presented at the 15th Workshop on Adaptivity and User Modeling in Interactive Systems in Lernen - Wissen - Adaption (LWA 2007), Halle/Saale, Germany. <http://dblp.uni-trier.de/rec/bibtex/conf/lwa/HaugerK07>
- Haythornthwaite, C. (2002). Building social networks via computer networks: Creating and sustaining distributed learning communities. In K. A. Renninger & W. Shumar (Eds.), *Building virtual communities: learning and change in cyberspace*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Haywood, J., Macleod, H., Haywood, D., Moge, N., & Alexander, W. (2004). Student Views of e-Learning – A survey of University of Edinburgh WebCT Users: SCROLLA (Scottish Centre for Research into Online Learning and Assessment).
- Heckel, R., Küster, J., Thöne, S., & Voigt, H. (2003). *Towards a UML Profile for Service-Oriented Architectures*. Paper presented at the Workshop on Model Driven Architecture: Foundations and Applications (MDAFA '03), Enschede, The Netherlands.
- Hellers, N. (2004). Aprendizaje portátil, la revolución que se viene. *eLearning en América Latina*, 2(38). Retrieved from http://www.elearningamericalatina.com/edicion/junio1_2004/na_1.php
- Hermans, H., & Verjans, S. (2009). *Developing a sustainable, student centred VLE: the OUNL case*. Paper presented at the 23rd ICDE World Conference on Open Learning and Distance Education including the 2009 EADTU Annual Conference, Maastricht, The Netherlands.
- Hernández, E. (2003). Estándares y Especificaciones de E-learning: Ordenando el Desorden. Retrieved from <http://www.uv.es/ticape/docs/eduardo.pdf>
- Hiltz, S. R. (1994). *The virtual classroom: learning without limits via computer networks*. Norwood, NJ, USA: Ablex Publishing Corp.
- Hoel, T. (2010). If we are concerned with what we standardise we should be able to describe it for people to understand. Retrieved from <http://hoel.nu/wordpress/?p=426>
- Hoel, T., Hollins, P. A., & Pawlowski, J. M. (2010). On the Status of Learning Technology Specifications and Standards. *Journal of IT Standards and Standardization Research*, 8(2), Editorial Guest Preface.
- Hoisl, B., Haley, D., Wild, F., Lucas Anastasiou, Buelow, K., Koblichke, R., . . . Posea, V. (2010). Building a Personal Learning Environment with Language-Technology-based Widgets: Services v2 - integrated thread. Heerlen, The Netherlands: Open University of the Netherlands.
- Hussein, D., Alaa, G., & Hamad, A. (2010). *Web 2.0 Based Service-Oriented E-Learning Systems: Recurrent Design and Architectural Patterns*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 11th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing.
- Huynh, M. Q. (1999). *A critical study of computer-supported collaborative learning*. State University of New York at Binghamton, Binghamton Binghamton, NY, USA.
- Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2008). Criteria, Strategies and Research Issues of Context-Aware Ubiquitous Learning. *Educational Technology & Society*, 11(2), 81-91.

- Hwang, G.-J., Yang, T.-C., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments. *Computers & Education*, 53(2), 402-413. doi: 10.1016/j.compedu.2009.02.016
- IEEE. (2002). LOM - Learning Object Metadata New Jersey, USA: IEEE Standards Department.
- IEEE. (2008). IEEE Reusable Competency Definitions (RCD) - IEEE 1484.20.1: IEEE - Learning Technology Standards Committee.
- IETF. (2000). HTTP over TLS *Request for Comments: 2818*
- IETF. (2010). The OAuth 1.0 Protocol *Request for Comments: 5849*
- Illanas, A., & Llorens, F. (2011). Los retos Web 2.0 de cara al EEES. In F. J. Garcia-Penalvo & C. Suárez (Eds.), *Universidad y desarrollo social de la web*. Washington DC: Editandum.
- IMS-GLC. (2002). IMS Enterprise. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/enterprise/>
- IMS-GLC. (2003). IMS Learning Design Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/learningdesign/>
- IMS-GLC. (2005a). IMS ePortfolio Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/ep/>
- IMS-GLC. (2005b). IMS Learner Information Package. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/profiles/>
- IMS-GLC. (2006a). IMS-QTI. IMS Question & Test Interoperability Specification v2.1. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/question/>
- IMS-GLC. (2006b). Tools for Interoperability Guidelines. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/ti/index.html>
- IMS-GLC. (2007a). IMS Content Packaging Specification v1.2. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/content/packaging/>
- IMS-GLC. (2007b). IMS Learning Tools Interoperability v1.0. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/toolsinteroperability2.cfm>
- IMS-GLC. (2009a). IMS Content Packaging v1.2 Public Draft v2.0. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/content/packaging/>
- IMS-GLC. (2009b). IMS Simple Learning Tools Interoperability. Retrieved 20/04/2012, from <http://simplelti.appspot.com/>
- IMS-GLC. (2010a). Basic Learning Tools Interoperability. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/liti/blti/bltiv1p0/litiBLTlimgv1p0.html>
- IMS-GLC. (2010b). IMS Learning Tools Interoperability Basic LTI Implementation Guide v1.0. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/liti/blti/bltiv1p0/litiBLTlimgv1p0.html>
- IMS-GLC. (2011a). Common Cartridge and Basic Learning Tools Interoperability Progress and Conformance Status. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/cc/statuschart.html>
- IMS-GLC. (2011b). IMS Common Cartridge Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/cc/>

- IMS-GLC. (2011c). IMS-GLC NEWS - IMS: important update on Learning Tools Interoperability (LTI) *IMS-GLC NEWS*. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/community/forum/messageview.cfm?catid=46&threadid=766>
- IMS-GLC. (2011d). Learning Information Services. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/developers/lisalliance/lisv2p0/LISv2p0SpecPrimerv1p0.html>
- IMS-GLC. (2011e). Learning Tools Interoperability. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.imsglobal.org/lti/>
- ISO. (2008). ISO/IEC 24751-3:2008 - Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training - "Access for all": International Organization for Standardization.
- ISO. (2010). Accessibility for All. *ISO Focus+*, 1(2010). Retrieved from http://www.iso.org/iso/iso-focusplus_2010-08.htm
- ISO. (2011). ISO/IEC 19788. Information technology for learning, education and training. Metadata for Learning Resource: International Standards Organization.
- Itmazi, J. A., Gea, M., Paderewski, P., & Gutiérrez, F. L. (2005). *A comparison and evaluation of Open source Learning Management Systems*. Paper presented at the IADIS International Conference on Applied Computing, Algarve, Portugal.
- ITU. (2011). Measuring the Information Society. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union.
- Jackson, C., & Wang, H. J. (2007). *Subspace: secure cross-domain communication for web mashups*. Paper presented at the Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web, Banff, Alberta, Canada.
- Jacobson, I., Booch, G., & Rumbaugh, J. (1999). *The Unified Software Development Process*. . Boston, MA, USA.: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Jenkins, H. (2006). *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. New York: NYU Press.
- Jenkins, H., Purushotoma, R., Clinton, K. A., Weigel, M., & Robison, A. J. (2006). Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century. Retrieved from <http://www.projectnml.org/files/working/NMLWhitePaper.pdf>
- Jennings, T. (2011). Technology Audit - CampusM: Ovum's Knowledge Centers.
- JISC. (1993). Joint Information Systems Committee. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.jisc.ac.uk/>
- JISC. (2006). Effective Use of VLEs: Introduction to VLEs. Newcastle: JISC InfoNet.
- JISC. (2007). JISC Standards Catalogue. In JISC-CETIS (Ed.).
- JISC. (2008). SWORD: Simple Web-service Offering Repository Deposit. Retrieved 20/04/2012, from <http://swordapp.org/>
- JISC-CETIS. (2010). LEAP - LEARning Profile Specification. Retrieved 20/04/2012, from http://wiki.cetis.ac.uk/LEAP_specification
- JISC-CETIS. (2011). The Leap2A specification for e-portfolio portability and interoperability. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.leapspecs.org/2A/core-specification>

- Johnson, D. W., Maruyama, G., Johnson, R. T., & Nelson, D. (1981). Effect of cooperative, competitive, and individualistic goal structures on achievement: A meta analysis. *Psychological Bulletin*, 89, 47-61.
- Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012). The NMC Horizon Report 2012: Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Stone, S. (2010). The 2010 Horizon Report : Edición en español. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). The 2011 Horizon Report. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, M., & Liber, O. (2007). The Personal_Learning_Environment - A report on the JISC CETIS PLE project: JISC-CETIS.
- Johnson, M., Liber, O., Wilson, S., Sharples, P., Milligan, C., & Beauvoir, P. (2006). *Mapping the Future: The personal learning environment reference model and emerging technology*. Paper presented at the The next generation. Research Proceedings of the 13th Association for Learning Technology Conference (ALT-C 2006). Heriot-Watt University, Scotland, UK. 5-7 September 2006.
- Jones, C. (2001). Learning content management systems promise to change the way people learn online. Will they deliver? *Online Learning Magazine*.
- Kahiigi, E. K., Ekenberg, L., Henrik Hansson, Tusubira, F. F., & Danielson, M. (2008). Exploring the e-Learning State of Art. *The Electronic Journal of e-Learning - EJEL*, 6(2), 77-88.
- Kambourakis, G., Kontoni, D. P. N., & Sapounas, I. (2004). *Introducing Attribute Certificates to Secure Distributed E-Learning or M-Learning Services*. Paper presented at the IASTED International Conference Web Based Education – WBE'2004, Innsbruck, Australia.
- Kaufmann, H., & Papp, M. (2006). *Learning Objects for Education with Augmented Reality*. Paper presented at the EDEN 2006 (European Distance and E-Learning Network) Conference, Vienna, Austria.
- Keegan, D. (2005). *Mobile learning: the next generation of learning*. Dublin: Distance Education International.
- Keen, M., Adamski, D., Basu, I., Chilcott, P., Eames, M., Endrei, M., . . . Seabury, S. D. (2007). *Implementing Technology to Support SOA Governance and Management*: IBM Redbooks publication.
- Kelle, S., Sigurðarson, S., Westera, W., & Specht, M. (2010). Game-Based Life-Long Learning. In G. D. Magoulas (Ed.), *E-Infrastructures and Technologies for Lifelong Learning: Next Generation Environments*. Hershey, Pennsylvania (USA): IGI Global.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. Deakin University.
- Khan, B. H. (1997). *Web-based instruction*: Educational Technology Publications.
- Khedr, M., & Karmouch, A. (2004). Negotiating Context Information in Context-Aware Systems. *IEEE Intelligent Systems*, 19(6), 21-29. doi: 10.1109/mis.2004.70
- Kien, T. (2010). *Body Movement Interaction: An Immersive Learning Game*. Master Thesis, National Central University, Taiwan.
- Kim, B., Park, H., & Baek, Y. (2009). Not just fun, but serious strategies: Using meta-cognitive strategies in game-based learning. *Computers & Education*, 52(4), 800-810. doi: 10.1016/j.compedu.2008.12.004

- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7-15. doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (version 2.3). *Software Engineering Group School of, (EBSE 2007-001)*, 1051.
- Klein, H. K., & Huynh, M. Q. (1999). *The Potential of the Language Action Perspective in Ethnographic Analysis*. Paper presented at the Proceedings of the IFIP TC8 WG8.2 International Working Conference on New Information Technologies in Organizational Processes: Field Studies and Theoretical Reflections on the Future of Work.
- Klößner, K. (2001). *Preparing the next generation of learning: Enhancing learning opportunities by Web-based cooperation*. Paper presented at the 10th European Distance Education Network (EDEN), Stockholm, Sweden.
- Knowles, M. S. (1950). *Informal Adult Education*: New York: Association Press. Guide for educators based on the writer's experience as a programme organizer in the YMCA.
- Kondo, T. (2006). *Augmented Learning Environment using Mixed Reality Technology*. Paper presented at the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2006, Chesapeake, USA.
- Kooijmans, A. L., Greef, N. d., Raisch, D., & Yona, E. (2005). The Value of the IBM System z and z/OS in Service-Oriented Architecture *IBM Redbooks*
- Kozma, R. B. (2001). Counterpoint theory of "learning with media, ". In R. E. Clark (Ed.), *Learning from media: Arguments, analysis, and evidence* (pp. 137-178). Greenwich: CT: Information Age Publishing Inc.
- Kurz, S., Podwyszynski, M., & Schwab, A. (2008). *A Dynamically Extensible, Service-Based Infrastructure for Mobile Applications* (Vol. 5232): Springer.
- LAMS. (2002). Learning Activity Management System. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.lamsinternational.com/>
- Laurent, S. S., Johnston, J., & Dumbill, E. (2001). *Programming web services with XML-RPC*: O'Reilly.
- Laurent, S. S., Johnston, J., Dumbill, E., & Winer, D. (2001). *Programming Web Services with XML-RPC*: O'Reilly Media.
- Lawa, E., Müllerb, D., & Nguyen-Ngoca, A. V. (2009). *Differentiating and Defining Portlets and Widgets: A Survey Approach*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 2nd Workshop MUPPLE'09, Nize France.
- Lehtinen, E., Hakkarainen, K., Lipponen, L., Rahikainen, M., & Muukkonen, H. (2001). *Computer supported collaborative learning: A review*: University on Nijmegen.
- Lepper, M. R. (1985). Microcomputers in education: Motivational and social issues. *American Psychologist*, 40, 1-18.
- Levis, D. (2011). Redes educativas 2.1. Medios sociales, entornos colaborativos y procesos de enseñanza y aprendizaje. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 8(1), 7-24.
- Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34-46. doi: 10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x

- Liarokapis, F. (2005). *Augmented Reality Scenarios for Guitar Learning*. Paper presented at the Eurographics UK Chapter, Theory and Practice of Computer Graphics 2005, Canterbury, United Kingdom.
- Liarokapis, F., White, M., & Lister, P. (2004). *Augmented Reality Interface Toolkit*. Paper presented at the 8th International Conference on Information Visualisation, IV 2004, London, United Kingdom.
- Liber, O. (2002). Colloquia - The Innovative Learning Managment and Groupware System. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.colloquia.net/>
- Liber, O., & Corley, L. (2003). *Learning Technology Standards - Where's The Pedagogy?* Paper presented at the 2nd Int. Conference on Multimedia and ITC in Education, m-ICTE2003. Junta de Extremadura, Spain.
- Liu, G.-Z., & Hwang, G.-J. (2010). A key step to understanding paradigm shifts in e-learning: towards context-aware ubiquitous learning. *British Journal of Educational Technology*, 41(2), E1-E9. doi: 10.1111/j.1467-8535.2009.00976.x
- Livingston, M. A., Rosenblum, L. J., Julier, S. J., Brown, D., Baillot, Y., Swan-II, J. E., . . . Hix, D. (2002). *An augmented reality system for military operations in urban terrain*. Paper presented at the The Interservice/Industry Training Simulation Education Conference IITSEC, Orlando, Florida, USA.
- Livingstone, D. (1999). Exploring the icebergs of adult learning: Findings of the first Canadian survey of informal learning practices. . *Canadian Journal for the Study of Adult Education*, 3(2), 49-72.
- Lo, J. L. C., Bishop, J., & Eloff, J. H. P. (2008). SMSec: An end-to-end protocol for secure SMS. *Computers & Security*, 27(5-6), 154-167. doi: 10.1016/j.cose.2008.05.003
- Locke, J. (2004). *Open source solutions for small business problems*: Charles River Media.
- Lockwood, F., & Gooley, A. (2001). *Innovation in open & distance learning: successful development of online and Web-based learning*: Kogan Page.
- Loidl, S. (2006). Towards Pervasive Learning: WeLearn.Mobile A CPS Package Viewer for Handhelds. *Journal of Network and Computer Applications*, 29(4), 277-293.
- Lonn, S., & Teasley, S. D. (2009). Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of Learning Management Systems. *Computers & Education*, 53(3), 686-694. doi: 10.1016/j.compedu.2009.04.008
- Lonn, S. D. (2009). *Student use of a Learning Management System for group projects: A case study investigating interaction, collaboration, and knowledge construction*. Doctor of Philosophy, University of Michigan.
- López, M., Pazos, J. J., Díaz, R. P., Blanco, Y., García, J., Rey, M., . . . Ramos, M. (2005). *Bringing Standards into T-learning*. Paper presented at the 3rd European Conference on Interactive Television: User Centred ITV Systems, Programmes and Applications (EuroITV), Aalborg, Denmark.
- López-Guzmán, C. (2005). *Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning*. Trabajo de grado del doctorado en Procesos de Formación en Espacios Virtuales, Universidad de Salamanca, Salamanca. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10366/56649>
- López-Sanz, M., Acuña, C. J., Cuesta, C. E., & Marcos, E. (2008). Modelling of Service-Oriented Architectures with UML. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science (ENTCS)*, 194(4), 23-37. doi: 10.1016/j.entcs.2008.03.097

- LUISA. (2009, 29/01/2010). Learning Content Management System Using Innovative Semantic Web Services Architecture. . from <http://luisa.atosorigin.es>
- Lytras, M., Lougos, C., Chozos, P., & Pouloudi, A. (2002). *Interactive Television and e-Learning Convergence: Examining the Potential of t-Learning*. Paper presented at the European Conference on e-Learning (ECEL), Uxbridge, United Kingdom.
- Maggie, M. (2005). Developing innovation in e-learning: lessons to be learned. *British Journal of Educational Technology*, 36(4), 585-586. doi: citeulike-article-id:263830
- Maier, M. W., Emery, D., & Hilliard, R. (2004). IEEE 1471 and systems engineering. *Systems Engineering: the Journal of the International Council on Systems Engineering*, 7(3), 257-270. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/sys.v7:3>
- Mann, B. D., Eidelson, B. M., Fukuchi, S. G., Nissman, S. A., Robertson, S., & Jardines, L. (2002). The development of an interactive game-based tool for learning surgical management algorithms via computer. *American journal of surgery*, 183(3), 305-308.
- Mark, M., & Greer, J. (1993). Evaluation methodologies for intelligent tutoring systems.
- Marqués, J. (2010). *Proyecto de final de carrera: Despliegue de una estrategia integral de T-learning basada en la interactividad a través de la TDT*. Universidad Politécnica Valencia, Valencia. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10251/8588>
- Martindale, T., & Dowdy, M. (2010). Personal Learning Environments. In G. Veletsianos (Ed.), *Emerging Technologies in Distance Education* (pp. 177-195). Edmonton: Athabasca University Press.
- Mase, K., Kadobayashi, R., & Nakatsu, R. (1996). *Meta-Museum: A Supportive Augmented-Reality Environment for Knowledge Sharing*. Paper presented at the in ATR Workshop on Social Agents: Humans and Machines. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.51.6659>
- Masie. (2003). Making Sense of Learning Specifications & Standards: A Decision Maker's Guide to their Adoption. New York, USA: The MASIE Center. Learning and Technology e-Lab & ThinkTank.
- Maxime-Bouroumeau-Fuseau. (2008). Harmony Framework. Retrieved 15/04/2012, from <http://www.harmony-framework.com/>
- McGreal, R., Tin, T., Cheung, B., & Schafer, S. (2005). *The Athabasca University Digital Reading Room: Library resources for mobile students*. Paper presented at the IADIS International Conference Mobile Learning - mLearn '05, Qawra, Malta. <http://hdl.handle.net/2149/214>
- McKimm, J., Jollie, C., & Cantillon, P. (2003). Web based learning. *BMJ*, 326(7394), 870-873. doi: 10.1136/bmj.326.7394.870
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2009). Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies. Washington, DC: U.S. Department of Education. Office of Planning, Evaluation and Policy Development. Center for Technology in Learning.
- Meisenberger, M., & Nischelwitzer, A. (2004). *The mobile learning engine (MLE) - a mobile, computer-aided, multimedia-based learning application*. Paper presented at the Multimedia Applications in Education Conference, MApEC'04, Austria. http://drei.fh-joanneum.at/mle/docs/Matthias_Meisenberger_MApEC_Paper_mLearning.pdf
- Merrill, D. (2009). Mashups: The new breed of Web app. *Developer Works*. Retrieved from <http://www.ibm.com/developerworks/xml/library/x-mashups/index.html>

- Merrill, M. D. (1980). Learner control in Computer Based Learning. *Computers & Education*, 4(77-95).
- Mezo, B. M., Chaparro, T. S. n., & Heras, A. D. (2008). Características de las empresas que utilizan arquitectura orientada para servicios y de su contexto de operación. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management (Online)*, 5, 269-304.
- Microsoft. (1995). COM: Component Object Model Technologies. Retrieved 31/03/2012, from <http://www.microsoft.com/com/default.mspx>
- Microsoft. (2007). Distributed Component Object Model (DCOM) Remote Protocol Specification. Retrieved 20/04/2012, from [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc226801\(v=prot.13\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc226801(v=prot.13).aspx)
- Milligan, C. (2006). The Road to the Personal Learning Environment? Retrieved from <http://zope.cetis.ac.uk/members/ple/resources/colinmilligan.pdf>
- Minami, M., Morikawa, H., & Aoyama, T. (2004). *The Design of Naming-Based Service Composition System for Ubiquitous Computing Applications*. Paper presented at the The 2004 Symposium on Applications and the Internet-Workshops (SAINT 2004 Workshops).
- Mioduser, D., Nachmias, R., Lahav, O., & Oren, A. (2000). Web-based Learning Environments: Current Pedagogical and Technological State. *Journal of Research on Computing in Education*, 33(1), 55-76.
- Mirri, S., Salomoni, P., Rocchetti, M., & Gay, G. (2011). Beyond Standards: Unleashing Accessibility on a Learning Content Management System. In Z. Pan, A. Cheok, W. Müller & X. Yang (Eds.), *Transactions on Edutainment V* (Vol. 6530, pp. 35-49): Springer Berlin / Heidelberg.
- Moccozet, L., Benkacem, O., Ndiaye, B., Ahmeti, V., Roth, P., & Burgi, P.-Y. (2011). *An exploratory study for the implementation of a techno-pedagogical personal learning environment*. Paper presented at the The PLE Conference 2011, Southampton, UK.
- Molist, M. (2008). Moodle llena la geografía educativa española de campus virtuales. *Diario el País*. Retrieved from http://www.elpais.com/articulo/portada/Moodle/llena/geografia/educativa/espanola/campus/virtuales/elpeutec/20081204elpeibpor_1/Tes
- Molly. (2010). Molly Project - The open source Mobile portal. Retrieved 20/04/2012, from <http://mollyproject.org/>
- Moodbile. (2012). Moodbile Web Service Documentation. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.dfwikilabs.org/>
- Moodle. (1999). Plugin Directory. Retrieved 20/04/2012, from <http://moodle.org/plugins>
- MoodleDocs. (2008). Development: Web services. Retrieved 20/04/2012, from http://docs.moodle.org/en/Development:Web_services
- MoodleTracker. (2008). Web service infrastructure. Retrieved 20/04/2012, from <http://tracker.moodle.org/browse/MDL-12886>
- Moore, K., & Aspen, L. (2004). Coping, adapting, evolving: the student experience of e-learning. *Library and Information Update*, 3(4), 22-24.
- Morales, E. (2008). *Gestión del conocimiento en sistemas E-Learning, basado en objetos de aprendizaje, cualitativa y pedagógicamente definidos*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca.

- Morales-Morgado, E. M., Muñoz, C., Conde, M. Á., & García-Peñalvo, F. J. (2009). Integración de la Herramienta de Evaluación de Objetos Didácticos de Aprendizaje Reutilizables (HEODAR) en Moodle. In M. E. P. Méndez, S. Sánchez-Alonso, X. Ochoa & S. J. P. Campos (Eds.), *Recursos digitales para el aprendizaje*. Mérida, Yucatán, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Morrison, D. (2003). *E-learning Strategies: How to Get Implementation and Delivery Right First Time*: Willey.
- Mott, J., & Wiley, D. (2009). Open for Learning: The CMS and the Open Learning Network. *In Education - Exploring our connective educational landscape*, 15(2).
- Mueller, D., & Strohmeier, S. (2011). Design characteristics of virtual learning environments: state of research. *Computers & Education*, 57(4), 2505-2516. doi: 10.1016/j.compedu.2011.06.017
- Muilenburg, L., & Berge, Z. (2009). *mLearning and Individualized Learning*. Paper presented at the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2009, Vancouver, Canada.
- Muñoz, M., Muñoz, P. J., & Delgado, C. (2010). Personalized Service-Oriented E-Learning Environments. *IEEE Internet Computing.*, 14(2), 62-67. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/MIC.2009.121>
- Myers, B. A. (1990). A new model for handling input. *ACM Trans. Inf. Syst.*, 8(3), 289-320. doi: 10.1145/98188.98204
- Naeve, A., Lytras, M., Nejd, W., Balacheff, N., & Hardin, J. (2006). Advances of the Semantic Web for e-learning: expanding learning frontiers. *British Journal of Educational Technology*, 37(3), 321-330. doi: citeulike-article-id:611389
- Najjar, J., Derntl, M., Klobučar, T., Simon, B., Totschnig, M., Grant, S., & Pawlowski, J. (2010). A Data Model for Describing and Exchanging Personal Achieved Learning Outcomes (PALO). *International Journal of IT Standards and Standardization Research (IJITSR)*, 8(2), 87-104. doi: 10.4018/jitsr.2010070107
- Navarro, R. (2007). Rest Vs Web Services. *Modelado, Diseño e Implementación de Servicios Web 2006-2007*. Retrieved from www.dsic.upv.es/~rnavarro/NewWeb/docs/RestVsWebServices.pdf
- Nicholson, P. (2007). A History of E-Learning Computers and Education. In B. Fernández-Manjón, J. M. Sánchez-Pérez, J. A. Gómez-Pulido, M. A. Vega-Rodríguez & J. Bravo-Rodríguez (Eds.), *Computers and Education* (pp. 1-11): Springer Netherlands.
- Nicol, D., & MacFarlane-Dick, D. (2005). Rethinking Formative Assessment in HE: A Theoretical Model and Seven Principles of Good Feedback Practice.: Quality Assurance Agency for Higher Education.
- Nieto, S., & Necamán, A. (2010). Investigación y conocimiento científico en educación. In S. Nieto & M. J. Rodríguez-Conde (Eds.), *Investigación y Evaluación Educativa en la sociedad del conocimiento*. Salamanc: Ediciones Universidad de Salamanca.
- NIMLE. (2002). Northern Ireland Integrated Managed Learning Environment. Retrieved 31/03/2012, from <http://www.niimle.ac.uk/>
- NMC. (2003). Horizon Project. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.nmc.org/horizon/>
- Norman, D. A. (2007). The next UI breakthrough, part 2: physicality. *interactions*, 14(4), 46-47. doi: 10.1145/1273961.1273986

- O'Reilly, T. (2007). What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *International Journal of Digital Economics*, 65, 17-37.
- OASIS. (2002). SAML - Security Assertion Markup Language. Retrieved 20/04/2012, from <http://saml.xml.org/>
- OASIS. (2003a). Web Services for Remote Portlets Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/3343/oasis-200304-wsrp-specification-1.0.pdf>
- OASIS. (2003b). WSRP - Web Services for Remote Portlets. Retrieved 20/04/2012, from http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=wsrp
- OASIS. (2004). Web Services Security: SAML Token Profile. Retrieved 20/04/2012, from <http://docs.oasis-open.org/wss/oasis-wss-saml-token-profile-1.0.pdf>
- OASIS. (2006). Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. Retrieved from http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm
- OASIS. (2008). Web Services for Remote Portlets Specification. Version 2.0. Retrieved 20/04/2012, from <http://docs.oasis-open.org/wsrp/v2/wsrp-2.0-spec.html>
- Ogata, H., & Yano, Y. (2004). *Context-Aware Support for Computer-Supported Ubiquitous Learning*. Paper presented at the 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'04).
- OKI. (2002). OKI Project. Retrieved 20/04/2012, from <http://sourceforge.net/projects/okiproject/>
- Olivares, O. J. (2009). Collaborative vs. Cooperative Learning: The Instructor's Role in Computer Supported Collaborative Learning. In N. Kock (Ed.), *E-Collaboration: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 129-141): IGI-Global.
- Olivier, B., & Liber, O. (2001). Lifelong Learning: The Need for Portable Personal Learning Environments and Supporting Interoperability Standards. Bristol: The JISC Centre for Educational Technology Interoperability Standards, Bolton Institute.
- OMG. (1997). CORBA Specifications. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.omg.org/spec/index.htm>
- OMG. (2008). Business Process Model and Notation. Retrieved from <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/PDF>
- OMG. (2009). Service oriented architecture Modeling Language (SoaML) - Specification for the UML Profile and Metamodel for Services (UPMS) - Beta 2.
- OpenId. (2006). OpenID developer specifications. Retrieved 20/04/2012, from <http://openid.net/developers/specs/>
- OSAF. (2007). The chandler project. Retrieved 31/03/2012, from <http://chandlerproject.org/>
- Padak, N., & Padak, G. (1994). Guidelines for Planning Action Research Projects. Research to Practice: Kent State University. OH. Ohio Literacy Resource Center.
- Palmér, M., Sire, S., Bogdanov, E., Gillet, D., & Wild, F. (2009). *Mapping Web Personal Learning Environments*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 2nd Workshop MUPPLE'09, Nize, France.
- Palmer, S. (2010). Social Media in Communities of Practice. *Learning Circuits - ASTD's source for E-Learning*. Retrieved from http://www.astd.org/LC/2010/0810_palmer.htm

- Panitz, T. (1996). A Definition of Collaborative vs Cooperative Learning. Retrieved from <http://www.friendsofchalkbytes.org/uploads/cb1398ec-0683-4f10-8909-6af19fb84986/A%20Definition%20of%20Collaborative%20vs%20Cooperative%20Learning.doc>
- Pankratius, V., Sandel, O., & Stucky, W. (2004). *Retrieving content with agents in web service e-learning systems*. *Symposium on Professional Practice in AI*. Paper presented at the First IFIP Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI), Toulouse, France.
- Papazoglou, M. P. (2003). *Service Oriented Computing: Concepts, Characteristics and Directions*. Paper presented at the Proceedings of the Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering.
- Pardo, A. (2005). *Los contenidos en el e-Learning universitario*. Paper presented at the VI Jornada Práctica eLearning y empresa.
- Pardo-Kuklinski, H., & Balestrini, M. (2010). Prototipos de Mobile Open Education: Una breve selección de Casos. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 5(4), 125-132.
- Parsons, D., & Ryu, H. (2006). *A Framework for Assessing the Quality of Mobile Learning*. Paper presented at the 11th International Conference for Process Improvement Research and Education INSPIRE, Southampton Solent University, UK.
- Pastor, O., Abrahão, S., & Fons, J. (2001). Building E-commerce applications from object-oriented conceptual models. *ACM SIGecom Exchanges.*, 2(2), 28-36. doi: 10.1145/844316.844321
- Pätzold, S., Rathmayer, S., & Graf, S. (2008). Proposal for the Design and Implementation of a Modern System Architecture and integration infrastructure in context of e-learning and exchange of relevant data EIFEL (Ed.) *ILearning Forum 2008* (pp. 82-90).
- Payne, B. R., & Barrody, A. J. (2006). Service oriented architecture. *Technology selection and strategic IT management*. : Rochester Institute of Technology.
- Pearson, E., & Perrin, F.-O. (2011). *Widgets for Personal Learning Environments adaptable to the needs of disabled students*. Paper presented at the The PLE conference, Southampton, UK. http://journal.webscience.org/555/1/Widget_for_Personal_Learning_Environments_adaptable_to_the_needs_of_disabled_students.doc
- Peret, Y., Leroy, S., & Leprêtre, E. (2010). *First steps in the integration of institutional and personal learning environments*. Paper presented at the Workshop Future Learning Landscape - EC-TEL 2010, Barcelona, Spain.
- Perifanou, M. (2010). *Using iphone as my "Personal Mobile Language Learning Environment": an exploration and classification of language learning possibilities*. Paper presented at the PLE Conference 2010, Barcelona, Spain. http://pleconference.citilab.eu/cas/wp-content/uploads/2010/06/ple2010_submission_74.pdf
- Perrinet, J., Pañeda, X. G., Acevedo, C., Arciniegas, J. L., Cabrero, S., Melendi, D., & García, R. (2009). *Adaptación de una aplicación de e-Learning a t-Learning*. Paper presented at the V Congreso Iberoamericano de Telemática (CITA 2009), Vigo, España.
- Pettit, J., & Kukulska-Hulme, A. (2007). Going with the grain: Mobile devices in practice. *Australian Journal of Educational Technology - AJET*, 23(1), 17-33.
- Piaget, J. (1926). *The Language and Thought of a Child*. London: Routledge & Kegan Paul.

- Piekarski, W., & Thomas, B. (2002). ARQuake: the outdoor augmented reality gaming system. *Communications of the ACM - Internet abuse in the workplace and Game engines in scientific research*, 45(1), 36-38. doi: 10.1145/502269.502291
- Pike, G. R. (1993). The Relationship between Perceived Learning and Satisfaction with College: An Alternative View. *Research in Higher Education*, 34(1), 23-40.
- Pipino, L. L., Lee, Y. W., & Wang, R. Y. (2002). Data quality assessment. *Communications of the ACM - Supporting community and building social capital*, 45(4), 211-218. doi: 10.1145/505248.506010
- Piscitelli, A., Adaime, I., & Binder, I. (2010). *El proyecto facebook y la posuniversidad. Sistemas operativos sociales y entornos abiertos de aprendizaje*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- Pivec, M. (2007). Editorial: Play and learn: potentials of game-based learning. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 387-393. doi: 10.1111/j.1467-8535.2007.00722.x
- Põldoja, H., & Laanpere, M. (2009). *Conceptual Design of EduFeedr — an Educationally Enhanced Mash-up Tool for Agora Courses*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 2nd Workshop MUPPLE'09, Nize France.
- Portilla, J. A. (2006). *Arquitecturas Orientadas a Servicios como soporte a Modelos de Educación Virtual (Módulos: académico, investigación, entorno y los servicios a estudiantes)*. Ingeniería de Sistemas, Universidad de Pamplona, Pamplona. (88033161)
- Poupyrev, I., Tan, D. S., Billingham, M., Kato, H., Regenbrecht, H., & Tetsutani, N. (2002). Developing a Generic Augmented-Reality Interface. *Computer*, 35(3), 44-50. doi: 10.1109/2.989929
- Pratt, J., Hinkelman, D., Bateson, G., Gettings, B., Sekiya, N., & Takemoto, T. (2006). Moodle for Mobile. Retrieved from http://docs.moodle.org/en/Moodle_for_Mobiles
- Prendes, M. P. (2009). Plataformas de campus virtuales de Software Libre: Análisis comparativo de la situación actual de las Universidades Españolas.: Informe del proyecto EA-2008-0257 de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación.
- Prensky, M. (2001a). The Digital Game-Based Learning Revolution *Digital Game-based Learning*. New York and London: McGraw-Hill.
- Prensky, M. (2001b). Digital Natives, Digital Immigrants, Part II: Do They Really Think Differently? *On the Horizon*, 9(6).
- Prensky, M. (2001c). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5).
- Prensky, M. (2001d). The Games Generations: How Learners Have Changed *Digital Game-Based Learning*. New York and London: MacGraw-Hill.
- Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Magazine Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1). doi: 10.1145/950566.950596
- Prieto, M. (2006). *METHADIS - Metodología para el diseño de sistemas hipermedia adaptativos para el aprendizaje, basada en estilos de aprendizaje y estilos cognitivos*. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Punie, Y., Zinnbauer, D., & Cabrera, M. (2008). A Review of the Impact of ICT on Learning (JRC 47246 ed.). Sevilla: European Commission Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies.

- Qing, L. (2009). Guest Editors' Introduction: Emerging Internet Technologies for E-Learning. *Internet Computing*, 13(4), 11-17.
- Queirós, R., Oliveira, L., Leal, J. P., & Moreira, F. (2011). *Integration of ePortfolios in Learning Management Systems*. Paper presented at the International Conference Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011, Santander, Spain.
- Queiroz, N., Siebra, C., & Lemos, G. (2011). *Exploring Semantic Representation for t-learning on the ITV Platform*. Paper presented at the 15th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED'2011) Auckland, New Zeland.
- Qureshi, K. A. (2005). *Enterprises Application Integration*. Paper presented at the IEEE International Conference on Emerging Technologies Islamabad, Pakistan.
- RAE. (Ed.) (2011) Real Academia Española de la Lengua.
- Ramaratnam, R. (2007). An analysis of service oriented architectures. *System Design and Management Program*. Retrieved from <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/42372/234382950.pdf?sequence=1>
- Ramón, O. (2007). Del eLearning al uLearning: la liberación del aprendizaje. *Artículos de la Sociedad de la Información*. Retrieved from doi:http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/DYC/SHI/Articulos_Servicios_-_Del_eLearning_al_uLearning/seccion=1188&idioma=es_ES&id=2009100116310051&activo=4.do
- Razavi, M. N., & Iverson, L. (2006). *A grounded theory of information sharing behavior in a personal learning space*. Paper presented at the Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work, Banff, Alberta, Canada.
- Recordcon, D. (2008). The OWF Way. *OWF Wiki*. Retrieved from <http://open-web.pbworks.com/w/page/6330590/The%20OWF%20Way>
- Rego, H. (2012). *AHKME (Adaptive Hypermedia Knowledge Management Elearning System). Management and Adaptation of Learning Objects and Learning Design in a Web-based Information System toward the Third Generation of Web*. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Rego, H., Moreira, T., & García-Peñalvo, F. J. (2011). AHKME eLearning Information System: A 3.0 Approach. *International Journal of Knowledge Society Research (IJKSR)*, 2(2), 73-81.
- Rengarajan, R. (2001). LCMS and LMS: Taking advantage of tight integration. *Click 2 Learn*. Retrieved from http://www.e-learn.cz/soubory/lcms_and_lms.pdf
- Requena, F. (1989). El concepto de red social. *Revista española de investigaciones sociológicas (REIS)*, 48, 137-152.
- Rey, M., Díaz, R. P., Fernández, A., Pazos, J. J., & López, M. (2007). Adaptive Learning Objects for t-learning. *IEEE Latin America Transactions*, 5(6), 401-408. doi: 10.1109/TLA.2007.4395228
- Richardson, L., & Ruby, S. (2007). *RESTful web services*: O'Reilly.
- Rinaldi, M. (2011). *Revolución Mobile Learning*: Lulu.com.
- Robbins, S. R. (2002). Evolution of the Learning Content Management System. *Learning Circuits*. Retrieved from http://www.astd.org/LC/2002/0402_robbins.htm

- Rodríguez, A., García, E., Ibáñez, R., González, J., & Heine, J. (2009). Las TIC en la educación superior: estudio de los factores intervinientes en la adopción de un LMS por docentes innovadores. *RELATEC - Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 8(1), 35-51.
- Romo, J., Benito, M., Portillo, J., & Casquero, O. (2007). *Generación de materiales docentes para elearning bajo la perspectiva Web 2.0*. Paper presented at the X Congreso Iberoamericano de Tecnología Educativa (EDUTEC), Buenos Aires, Argentina.
- Roschelle, J., & Teasley, S. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C. O'Malley (Ed.), (pp. 69-97): Springer-Verlag.
- Rosemberg, M. (2001). *E-learning strategies for delivering knowledge in the digital age*. Columbus, USA: McGraw Hill.
- Rosen, M., Lublinsky, B., Smith, K. T., & Balcer, M. J. (2008). *Applied SOA: service-oriented architecture and design strategies*: Wiley Pub.
- Roy, J., & Ramanujan, A. (2001). Understanding Web Services. *IT Professional*, 3(6), 69-73. doi: 10.1109/6294.977775
- Ruipérez, G. (2003). *Educación Virtual y eLearning*. Madrid: Fundación Auna.
- RWTH-Aachen. (2008). PLEF-Personal Learning Environment Framework. Retrieved 31/03/2012, from <http://eiche.informatik.rwth-aachen.de:3333/PLEF/index.jsp>
- Sachse, J. (2010). *The Standardization of Widget-APIs as an Approach for Overcoming Device Fragmentation*: GRIN Verlag GmbH.
- Sakai. (2005). Sakai Community - Contribute. Retrieved 20/04/2012, from <http://sakaiproject.org/contribute>
- Sakai. (2011). Google Summer of Code Ideas 2011. Retrieved 20/04/2012, from <https://confluence.sakaiproject.org/display/MGT/Google+Summer+of+Code+2011+idea+s+list#GoogleSummerofCode2011ideaslist->
- Sakai-Pilot. (2009). Sakai Pilot Evaluation Final Report: University of North Carolina.
- Salinas, J., Marín, V., & Escandell, C. (2011). *A Case of an Institutional PLE: Integrating VLEs and E-Portfolios for Students*. Paper presented at the The PLE Conference 2011, Southampton, UK.
- Sánchez, J. (2009). Plataformas de enseñanza virtual para entornos educativos. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 34, 217 - 233.
- Sang Lee, J. C., Jong-Il Park. (2009). Interactive e-learning system using pattern recognition and augmented reality. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 5(2), 883-890. doi: 10.1109/TCE.2009.5174470
- Santanach, F., Casamajó, J., Casado, P., & Alier, M. (2007). *Proyecto CAMPUS. Una plataforma de integración*. Paper presented at the IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables. SPDECE 07, Bilbao, Spain.
- Santis, A. D., Castiglione, A., Cattaneo, G., Cembalo, M., Petagna, F., & Petrillo, U. F. (2010). *An Extensible Framework for Efficient Secure SMS*. Paper presented at the 2010 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, Krakow, Poland. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/CISIS.2010.81>

- Santos, C., & Pedro, L. (2009). *SAPO Campus: a social media platform for Higher Education*. Paper presented at the Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education m-ICTE, Lisbon, Portugal. <http://www.formatex.org/micte2009/book/1104-1108.pdf>
- Santos, P. M., Braga, M., Ferreira, M. V. A., & Spanhol, F. J. (2010). *An Application Model for Digital Television in e-Learning*. Paper presented at the 8th European conference on interactive TV and Video (EuroITV), Tampere, Finland.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *Journal of the Learning Sciences*, 1, 37-68.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1994). Computer Support for Knowledge-Building Communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 265-283. doi: citeulike-article-id:8816774
- Scardamalia, M., Bereiter, C., McLean, R. S., Swallow, J., & Woodruff, E. (1989). Computer-supported intentional learning environments. *Journal of Educational Computing Research*, 5(1), 51-68. doi: 10.2190/CYXD-6XG4-UFN5-YFB0
- Schaffert, R., & Hilzensauer, W. (2008). On the way towards Personal Learning Environments: Seven crucial aspects. *eLearning papers*, 2(9), 1-11. doi: citeulike-article-id:8361564
- Schulte, R., & Natis, Y. (1996a). SSA Research Note SPA-401-068, Service Oriented Architectures, Part 1.
- Schulte, R., & Natis, Y. (1996b). SSA Research Note SPA-401-069, Service Oriented Architectures, Part 2.
- Schwaber, K. (2004). *Agile Project Management with Scrum*. Redmond, WA, USA.: Microsoft Press.
- Schwaber, K., & Beedle, M. (2008). *Agile Software Development with Scrum*: Pearson Education, Limited.
- Sclater, N. (2008). Web 2.0, Personal Learning Environments, and the Future of Learning Management Systems. *Research Bulletin*(13).
- SCOPEO. (2009). Formación Web 2.0. *Monográfico SCOPEO*, (1). Retrieved from <http://scopeo.usal.es/images/documentoscopeo/scopeom001.pdf>
- SCOPEO. (2011a). Aproximación pedagógica a las plataformas open source en la universidad española. *Monográfico SCOPEO*, (2). Retrieved from <http://scopeo.usal.es/investigacion/monograficos/scopeom002>
- SCOPEO. (2011b). M-learning en España, Portugal y América Latina. *Monográfico SCOPEO*, (3). Retrieved from <http://scopeo.usal.es/investigacion/monograficos/scopeom003>
- Segaran, T. (2008). *Inteligencia Coletiva. Desarrollo de aplicaciones Web 2.0*. Madrid: Anaya.
- Seoane, A. M., García, F. J., Bosom, Á., Fernández, E., & Hernández, M. J. (2007). Lifelong Learning Online Tutoring Methodology Approach. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning (IJCEELL)*, 17(6), 479-492.
- Seoane-Pardo, A. M., & García-Peñalvo, F. J. (2006). Determining Quality for Online Activities. Methodology and Training of Online Tutors as a Challenge for Achieving the Excellence. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, 3(9), 823-830.
- Seoane-Pardo, A. M., & García-Peñalvo, F. J. (2010). Introducción al eLearning. *Tutoría Online*. Retrieved 20/04/2012, from <http://grialdspace.usal.es:443/handle/123456789/27>

- Severance, C. (2009). Standards Experience – IMS Basic Learning Tools Interoperability. Retrieved from <http://www.dr-chuck.com/csev-blog/2009/11/standards-experience-ims-basic-learning-tools-interoperability/>
- Severance, C. (2010). Issues with Open Source and Standards. Retrieved from <http://www-personal.umich.edu/~csev/talks/2009/2009-05-14-open-stds.pdf>
- Severance, C., Hanss, T., & Hardin, J. (2010). IMS Learning Tools Interoperability: Enabling a Mash-up Approach to Teaching and Learning Tools. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 7(3-4), 245-262.
- Severance, C., Hardin, J., & Whyte, A. (2008). The coming functionality mash-up in Personal Learning Environments. *Interactive Learning Environments*, 16(1), 47-62. doi: 2134561
- Shan, T. C. (2004). *Building a Service-Oriented eBanking Platform*. Paper presented at the IEEE International Conference on Services Computing 2004.
- Sharon, S. (1990). *Cooperative Learning: Theory and Research*. New York, USA: Praege.
- Sharples, M., Milrad, M., Arnedillo, I., & Vavoula, G. (2009). Mobile Learning: Small devices, Big Issues. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. d. Jong, A. Lazonder & S. Barnes (Eds.), *Technology Enhanced Learning: Principles and Products* (pp. 233-249). Heidelberg: Springer.
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2007). A theory of learning for the mobile age. In R. Andrews & C. Haythornthwaite (Eds.), *The Sage Handbook of Elearning Research* (pp. 221-247). London: Sage.
- Shaw, M., & Garlan, D. (1996). *Software architecture: perspectives on an emerging discipline*. Prentice-Hall, Inc.
- Shindig. (2007). Apache Shindig. Retrieved 20/04/2012, from <http://shindig.apache.org/>
- Sire, S., & Vagner, A. (2008). *Increasing Widgets Interoperability at the Portal Level*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 1st Workshop MUPPLE'08, Maastricht, The Netherlands.
- Slavin, R. E. (1982). *Cooperative Learning: Student Teams. What Research Says to the Teacher*. Washington, USA: National Education Association Professional Library.
- Smith, L., & Mann, S. (2002). *Playing the Game: A Model for Gameness in Interactive Game Based Learning*. Paper presented at the 15th Annual NACCQ, Hamilton, New Zealand.
- Sosnoski, D. (2011). Servicios web Java: El alto costo de (WS-)Security. *Developer Works*. Retrieved from <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/j-jws6/index.html>
- Sotomayor, G. (2010). Las redes sociales como entonos de aprendizaje colaborativo mediado para segundas lenguas (L2). *EDUTEC - Revista electrónica de tecnología educativa*, 34(2010).
- Sprott, D., & Wilkes, L. (2004). Understanding Service-Oriented Architecture. Retrieved from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa480021.aspx>
- Squire, K. (2005). Game-based Learning: Present and Future State of the Field *An x-Learn Perspective Paper*. MASIE Center.
- Stahl, G. (2004). Groupware goes to school - adapting BSCW to the classroom. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 19(3/4), 162-174. doi: 10.1504/ijcat.2004.004045

- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An Historical Perspective. In R. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 409-426): Cambridge University Press.
- Starter, T., Mann, S., Rhodes, B., Levine, J., Healey, J., Kirsch, D., . . . Pentland, A. (1997). Augmented Reality Through Wearable Computing. *Presence: Teleoperator and Virtual Environments*, 6(4), 386-398. doi: citeulike-article-id:6532083
- Stine, L. (1989). Local area networks - the ENFI project (writing on the college campus). *Writing Notebook*, 7(1), 34-35.
- Stubbs, M. (2009). Researching Emerging Administration Channel. Manchester: JISC - Joint Information Systems Comitee.
- Suárez, C. (2008). *Educación y virtualidad*: URP.
- Suárez, C. (2009). *Dimensiones cooperativas en la formación virtual*. Paper presented at the Expoelearning, VII edición, VIRTUALC@MPUS., Barcelona.
- Suárez, C. (2011). Redes sociales universitarias, un giro hacia la interacción 2.0. In F. J. García-Penalvo & C. Suárez (Eds.), *Universidad y desarrollo social de la web*. Washington DC: Editandum.
- SUN. (1996). The Java Language Specification, Third Edition. Santa Clara, California, USA: Addison-Wesley.
- SUN. (2002). White-paper: e-Learning Interoperability Standars. San Antonio, USA: SUN Microsystems.
- SUN. (2003a). Java(TM) Portlet Specification ("Specification") Version: 1.0: Sun Microsystems.
- SUN. (2003b). JSR-000168 Portlet Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/final/jsr168/index.html>
- SUN. (2006). JSR 220: Enterprise JavaBeans,Version 3.0. Retrieved 20/04/2012, from <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/final/jsr220/index.html>
- Takahata, M., Shiraki, K., Sakane, Y., & Takebayashi, Y. (2004). *Sound feedback for powerful karate training*. Paper presented at the Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression, Hamamatsu, Shizuoka, Japan.
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986). The new new product development game. *Harvard Business Review*. doi: citeulike-article-id:3431923
- Tan, P.-H., Ling, S.-W., & Ting, C.-Y. (2007). *Adaptive digital game-based learning framework*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Digital interactive media in entertainment and arts, Perth, Australia.
- Tarsi, Y. (2007). USA Patent No.: P. A. Publication.
- Taylor, J., Sharples, M., O'Malley, C., Vavoula, G., & Waycott, J. (2006). Towards a task model for mobile learning: a dialectical approach. *International Journal of Learning Technology*, 2(2/3), 138-158. doi: 10.1504/ijlt.2006.010616
- Therón, R., González, A., & García, F. J. (2008). *Supporting the Understanding of the Evolution of Software Items*. Paper presented at the 4th Symposium on Software Visualization – SOFTVIS 2008, Herrsching am Ammersee, Germany.

- Therón, R., González, A., García, F. J., & Santos, P. (2007). *The Use of Information Visualization to Support Software Configuration Management*. Paper presented at the Human-Computer Interaction – INTERACT 2007, Rio de Janeiro, Brasil.
- Thomas, B., Piekarski, W., Hepworth, D., Gunther, B., & Demczuk, V. (1998). *A Wearable Computer System with Augmented Reality to Support Terrestrial Navigation*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers.
- Thomas, S. (2008). Pervasive scale: A model of pervasive, ubiquitous, and ambient learning. *IEEE Pervasive Computing*, 7(1), 85-88.
- Thompson, R., & Schaeck, T. (2005). Enabling Interactive, Presentation-Oriented Content Services Through the WSRP Standard. Retrieved from http://www.idealliance.org/papers/dx_xml03/papers/04-06-05/04-06-05.pdf
- Thüs, H., Akbari, M., & Schroeder, U. (2011). *Mobile Personal Environment for Higher Education*. Paper presented at the PLE Conference 2011, Southampton, UK.
- Toorani, M., & Beheshti-Shirazi, A. A. (2008). *SSMS - A Secure SMS Messaging Protocol for the M-payment Systems*. Paper presented at the IEEE Symposium on Computers and Communications, 2008. ISCC 2008. , Marrakech.
- Torres, R., Edirisingha, P., & Mobbs, R. (2008). *Building Web 2.0-Based Personal Learning Environments: A Conceptual Framework*. Paper presented at the EDEN Research Workshop 2008, Paris, France.
- Totkov, G. (2003). *Virtual learning environments: towards new generation*. Paper presented at the Proceedings of the 4th international conference conference on Computer systems and technologies: e-Learning, Rousse, Bulgaria.
- Toughtandsame. (2011). Social Networks, Communities of Practice. Retrieved from <http://thoughtsandme.wordpress.com/2011/08/11/social-networks-communities-of-practice/>
- Trucano, M. (2005). Knowledge Maps: ICT in Education. *ICT and Education Series*. Retrieved from <http://www.infodev.org/en/Publication.8.html>
- Tsung-Yu, L., Tan-Hsu, T., & Yu-Ling, C. (2007). *2D Barcode and Augmented Reality Supported English Learning System*. Paper presented at the 6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2007), Melbourne, Australia. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kS-2ujXyKl0J:homepage.ttu.edu.tw/g9604020/04276349.pdf+augmented+reality+applications+for+learning+the+alphabet+using+handheld+devices&hl=en>
- Tu, C.-H., Blocher, M., & Gallagher, L. (2010). Asynchronous Network Discussions as Organizational Scaffold Learning: Threaded vs. Flat-Structured Discussion Boards. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 3(1), 43-56.
- Túñez, M., & Sixto, J. (in press). Las redes sociales como entorno docente: análisis del uso de facebook en la docencia universitaria. *Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación*.
- Turunen, M., Kallinen, A., Ivä, S., nchez, . . . Raisamo, R. (2009). *Multimodal interaction with speech and physical touch interface in a media center application*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Athens, Greece.
- UE. (2004). *Decision 2004/387/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on the interoperable delivery of pan-European eGovernment services to public*

- administrations, businesses and citizens (IDABC)*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- University-of-Bolton. (2005). PLEX - The PLE prototype. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.bolton.ac.uk/IEC/EducationalSoftware/PLEX.aspx>
- University-of-Bolton. (2011). XCRI-CAP eXchanging Course Related Information, Course Advertising Profile. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.xcri.co.uk/what-is-xcri-cap.html>
- UOC. (2010). UOC at IMS Learning Impact 2010 *EDTECH - Defining, designing and developing the educational technology of the future*. Barcelona, Spain.
- van Harmelen, M. (2006). *Personal Learning Environments*. Paper presented at the Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Kerkrade, The Netherlands.
- van Harmelen, M. (2008). Design trajectories: four experiments in PLE implementation. *Interactive Learning Environments*, 16(1), 35-46. doi: citeulike-article-id:2134565
- van Harmelen, M. (2009). Manchester PLE demos during ALT-C 2009. Retrieved from <http://hedtek.com/2009/mple-demos-at-alt-c-2009/>
- Van-Eck, R. (2006). Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16-30.
- Van-Eecke, P., & Truyens, M. (2009). Standarization in the European Information and Technology Sector: Official Procedures on the Verge of Being Overhauled. *Shidler Journal of Law, Commerce & Technology*, 5(11).
- Vélez, J., Fabregat, R., Nassiff, S., Fernandez, A., & Petro, J. (2009). Integrated User Model in an Adaptive Virtual Learning Environment *TechRepublic*. Retrieved from http://bcds.udg.edu/papers/integrated_user_model_in_an_adaptive_virtual_learning_environment.pdf
- Vélez-Reyes, J. (2009). *Pelican, a platform for the design and development of collaborative learning scenarios*. UNED, Madrid.
- Verpoorten, D., Glahn, C., Kravcik, M., Ternier, S., & Specht, M. (2009). *Personalisation of Learning in Virtual Learning Environments*. Paper presented at the Proceedings of the 4th European Conference on Technology Enhanced Learning: Learning in the Synergy of Multiple Disciplines, Nice, France.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- W3C. (1999a). Frames. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.w3.org/TR/html4/present/frames.html>
- W3C. (1999b). HTML 4.01 Specification. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.w3.org/TR/1999/REC-html401-19991224/>
- W3C. (1999c). Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Retrieved 20/04/2012, from <http://www.w3.org/Protocols/>
- W3C. (2004). Web Services Glosary. Retrieved from <http://www.w3.org/TR/ws-gloss/>
- W3C. (2007). Simple Object Access Protocol (SOAP). Version 1.2. Retrieved 20/04/2012, from <http://www.w3.org/TR/soap/>

- W3C. (2008a). Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). Retrieved 20/04/2012, from <http://www.w3.org/TR/REC-xml/>
- W3C. (2008b). Widgets 1.0 Packaging and Configuration. Retrieved from <http://www.w3.org/TR/widgets/>
- W3C. (2009). Widget Packaging and XML Configuration.
- W3C. (2011). HTML5. *A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML*. Retrieved from <http://www.w3.org/TR/html5/>
- Wadsworth, Y. (1998). What is Participatory Action Research? *Action Research International*, 2(1). doi: citeulike-article-id:760109
- Wang, C.-C. (2009). The Development of Collaborative Learning Environment with Learning Blogs. *Journal of Software*, 4(2). doi: 10.4304/jsw.4.2.147-152
- Watkins, K., & Marsick, V. (1990). *Informal and incidental learning in the workplace*.: London: Routledge.
- Watson, W. R., & Watson, S. L. (2007). An Argument for Clarity: What Are Learning Management Systems, What Are They Not, and What Should They Become? *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, 51(2), 28-34.
- Webb, L. (2009). The future of higher education: Two contrasting viewpoints. *UtahPolicy.com*. Retrieved January, 2010, from http://www.utahpolicy.com/featured_article/the-future-higher-education-two-contrasting-viewpoints
- Weber, G., & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 351-384.
- Weber, N., Nelkner, T., Schoefegger, K., & Lindstaedt, S. N. (2010). *SIMPLE - a social interactive mashup PLE*. Paper presented at the 3rd Workshop on Mashup Personal Learning Environments - MUPPLE'10, Barcelona, Spain.
- Webinos. (2010). Webinos Project. Retrieved 20/04/2012, from <http://webinos.org/>
- WEBINOS-Partnership. (2011). Webinos phase I architecture and components (p. 276).
- Wegner, E. (2001). *Comunidades de práctica: aprendizaje, significado e identidad*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Weigel, V. B. (2001). *Deep Learning for a Digital Age: Technology's Untapped Potential to Enrich Higher Education*: Jossey-Bass.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the Twenty-First Century. *Scientific American*, 265(3), 94-104. doi: 10.1145/329124.329126
- Wesch, M. (2009). From Knowledgable to Knowledge-able: Learning in New Media Environments. Retrieved from <http://www.academiccommons.org/commons/essay/knownedgable-knowledge-able>
- Wexler, S., Dublin, L., Grey, N., Jagannathan, S., Karrer, T., Martinez, M., . . . Barneveld, A. v. (2008). LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS. The good, the bad, the ugly,... and the truth. *Guild Research 360 Degree Report*: The eLearning Guild.
- Wild, F., Mödritscher, F., & Sigurdarson, S. (2009). Mash-Up Personal Learning Environments. In F. Wild (Ed.): iCamp.

- Wild, F., Mödritscher, F., & Sigurdarson, S. E. (2008). Designing for Change: Mash-Up Personal Learning Environments. *eLearning Papers*, 9, 1-15.
- Wilson, S. (2008). Patterns of Personal Learning Environments. *Interactive Learning Environments*, 16(1), 17-34. doi: citeulike-article-id:2134505
- Wilson, S. (2010). Community-Driven Specifications: XCRI, SWORD, and LEAP2A. *Journal of IT Standards and Standardization Research*, 8(2), 74-86.
- Wilson, S., Daniel, F., Jugel, U., & Soi, S. (2011). *Orchestrated User Interface Mashups Using W3C Widgets*. Paper presented at the ComposableWeb 2011 : 3rd International Workshop on Lightweight Integration on the Web, Cyprus, Greece.
- Wilson, S., Liber, O., Johnson, M., Beauvoir, P., Sharples, P., & Milligan, C. (2007). Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 3(3), 27-38.
- Wilson, S., & Potat, K. (2009). FeedForward: A Personal Information Application (Final Report): JISC - Joint Information System Comitee.
- Wilson, S., Sharples, P., & Griffiths, D. (2008). *Distributing education services to personal and institutional systems using Widgets*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 1st Workshop MUPPLE'08, Maastricht, The Netherlands,.
- Wilson, S., Sharples, P., Griffiths, D., & Popat, K. (2009). *Moodle Wave: Reinventing the VLE using Widget technologies*. Paper presented at the Mash-Up Personal Learning Environments - 2nd Workshop MUPPLE'09, Nize France.
- Wilson, S., & Velayutham, K. (2009). Creating an innovation-oriented technology strategy. *On the Horizon*, 17(3), 245-255. doi: 10.1108/10748120910993277
- Wobbrock, J. O., Morris, M. R., & Wilson, A. D. (2009). *User-defined gestures for surface computing*. Paper presented at the Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems, Boston, MA, USA.
- Wojciechowski, R., Walczak, K., White, M., & Cellary, W. (2004). *Building Virtual and Augmented Reality museum exhibitions*. Paper presented at the Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology, Monterey, California.
- Wong, J., & Hong, J. (2008). *What do we "mashup" when we make mashups?* Paper presented at the Proceedings of the 4th international workshop on End-user software engineering, Leipzig, Germany.
- Wookie. (2009). Apache Incubator - Wookie Project. Retrieved 31/03/2012, from <http://incubator.apache.org/projects/wookie.html>
- Yang, S. J., Zhang, J., & Chen, I. Y. (2007a). Ubiquitous Provision of Context-Aware Web Services. *International Journal of Web Services Research (IJWSR)*, 4(4), 83-103. doi: 10.4018/jwsr.2007100104
- Yang, S. J. H. (2006). Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-to-Peer Collaborative Learning. *Educational Technology & Society*, 9(1), 188-201. doi: citeulike-article-id:1988307
- Yang, X., Wang, X. D., & Allan, R. (2007b). Investigation of WSRP support in selected open-source portal frameworks: Research Articles. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 19(12), 1729-1738. doi: 10.1002/cpe.v19:12
- Yang, X., Wang, X. D., Allan, R., Dovey, M., Baker, M., Crouchley, R., . . . Ark, T. v. (2006). *Integration of Existing Grid Tools in Sakai VRE*. Paper presented at the Proceedings of

- the Fifth International Conference on Grid and Cooperative Computing Workshops, Changsha, China.
- Yingling, M. (2006). Mobile Moodle. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 21(6), 280-281.
- Yu-mei, P., Xue-jun, Z., & Li, L. (2010). *Learning Can Happen Anytime and Anywhere: The Application of M-learning in Medical Education*. Paper presented at the Second International Workshop on Education Technology and Computer Science (ETCS), 2010, Wuhan, China.
- Yuan, L., Wilson, S., Cooper, A., & Campbell, L. M. (2010). The Future of Interoperability and Standards in Education – System and Process. Retrieved from http://wiki.cetis.ac.uk/images/3/38/Fis_whitepaper_final_.pdf
- Zarandioon, S., Yao, D., & Ganapathy, V. (2008). *OMOS: A Framework for Secure Communication in Mashup Applications*. Paper presented at the Annual Computer Security Applications Conference, 2008 - ACSAC 2008, Anaheim, CA, USA. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.150.6811>
- Zhang, G., Jin, Q., & Lin, M. (2005). *A Framework of Social Interaction Support for Ubiquitous Learning*. Paper presented at the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications - Volume 2.
- Zhang, J.-P. (2008). *Hybrid Learning and Ubiquitous Learning*. Paper presented at the Proceedings of the 1st international conference on Hybrid Learning and Education, Hong Kong, China.
- Zoellner, M., Stricker, D., Bleser, G., & Pastarmov, Y. (2007). *iTACITUS - novel interaction and tracking paradigms for mobile AR*. Paper presented at the International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST), Brighton, United Kingdom.
- Zorrilla, M. E., García-Saiz, D., & Balcázar, J. L. (2011). *Towards Parameter-Free Data Mining: Mining Educational Data with yacaree*. Paper presented at the Educational Data Mining, Eindhoven, The Netherlands.