

Análisis de integración de soluciones basadas en *software* como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos

Alicia García Holgado¹ y Francisco José García Peñalvo¹

¹Grupo de investigación GRIAL - Instituto Universitario de Ciencias de la Educación (IUCE) - Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca.
Paseo de Canalejas 169. 37008 Salamanca, España
{aliciagh,fgarcia}@usal.es

Resumen El *software* como servicio y la orientación 2.0, con independencia del dominio, constituyen la realidad tecnológica de las instituciones. Existen aplicaciones *Open Source* potentes que cubren la mayoría de las necesidades TIC de cualquier entidad, tanto para su operatividad como para la gestión de sus procesos internos. Por tanto, el problema no reside en la falta de soluciones tecnológicas sino en lograr que la integración no sea *ad-hoc*. En este punto entra en juego el concepto de *mashup*, que considera un sistema de información web como una combinación de componentes de varias fuentes para conformar un servicio completo. Este trabajo busca cómo obtener *mashups* con una alta flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades tanto del usuario final como del técnico o especialista. Este tipo de solución constituye un ecosistema tecnológico, donde cada uno de los componentes del sistema es un organismo con un ciclo de vida independiente, y el medio físico donde se relacionan abarcará la integración y los flujos de información entre dichos componentes. Para ello se estudian soluciones en diferentes ámbitos como empresas, la Administración Pública o instituciones educativas. Con los principales resultados y conclusiones de estos estudios se define un patrón arquitectónico para un ecosistema tecnológico de aprendizaje que se aplica en un nuevo dominio.

Keywords: Ecosistema Tecnológico, Ecosistema *eLearning*, *Software Open Source*, Servicios Web, Patrón Arquitectónico

1. Introducción

La constante evolución de la tecnología en el ámbito de la computación, más concretamente de las redes de información y los dispositivos que acceden a dichas redes, ha supuesto una evolución en el desarrollo de soluciones *software*. La aparición en 2004 de la Web 2.0 [29] supuso un cambio radical en la forma de percibir el uso de Internet. Las páginas web con contenido estático creadas por unos pocos usuarios con los conocimientos de HTML necesarios dejaban paso a una web dinámica en la que el espectador se convierte en creador, ya que puede aportar sus propios contenidos de manera sencilla.

Hace tan solo una década el desarrollo *software* se centraba en la definición de aplicaciones de escritorio que fueran compatibles con el sistema operativo de los usuarios finales. Actualmente tanto los usuarios como las empresas de *software* han ido abandonando este tipo de aplicaciones estancas para pasar a utilizar y desarrollar aplicaciones *software* basadas en la Web 2.0. Unido a esto, la alta penetración de los dispositivos móviles en la sociedad ha generado una gran demanda de aplicaciones accesibles desde cualquier tipo de dispositivo, lo que acentúa más la tendencia de las organizaciones de moverse hacia un modelo de *cloud computing* [8] [35] para cubrir sus necesidades, tendiendo al uso de soluciones *Software as a Service* (SaaS), un modelo de implementación *software* donde las aplicaciones están alojadas remotamente por el proveedor de la aplicación o servicio y puestas a disposición del cliente bajo demanda a través de Internet [33].

El cambio de paradigma, junto a la aparición de una gran variedad de *frameworks* para el desarrollo de este tipo de soluciones, ha provocado una explosión en el desarrollo de aplicaciones *software* basadas en la Web, así como de aplicaciones para dispositivos móviles. Existe una sobrecarga de soluciones *software* con un mismo objetivo, de tal manera que, en muchas ocasiones, el problema no reside tanto en el desarrollo de soluciones *software* sino en la elección de la mejor solución de las que ya existen.

Paralelamente a la vertiginosa evolución de la tecnología, el concepto de *Software Libre* [32] y desarrollos *Open Source* [25] ha tomado fuerza y cada vez son más las empresas e instituciones que apuestan por este tipo de desarrollos. Un ejemplo de ello es la estrategia de la Comisión Europea de promoción de *software Open Source* [10] [24] o la apuesta por el conocimiento y el uso del *software* libre del Gobierno de España mediante el Centro nacional de Referencia de Aplicación de las TIC basadas en fuentes abiertas (CENATIC) [23].

Las entidades, desde la pequeña empresa hasta la Administración Pública, generan una gran cantidad de conocimiento. La importancia de darle valor a dicho conocimiento ha ido en incremento a lo largo de los últimos años, unido a la creciente capacidad tecnológica para almacenar y difundir la información. Hoy en día, son pocas las empresas e instituciones que no tienen entre sus objetivos estratégicos realizar una correcta gestión del conocimiento que generan, de tal forma que este revierta en beneficios para la propia entidad. A grandes rasgos, los principales beneficios que el conocimiento generado puede reportar a una entidad, independientemente del tipo de entidad que sea, son dos. En primer lugar, una buena gestión del conocimiento y, por tanto, de la información, permite mejorar los flujos de trabajo y proporciona las vías necesarias para la toma de decisiones. En entidades de pequeño tamaño esta ventaja puede ser menos evidente pero si se toma una institución de gran envergadura o un grupo de empresas, la toma de decisiones es un proceso complejo cuyo resultado conlleva graves consecuencias si no se tienen en cuenta todas las variables. En segundo lugar, una buena gestión del conocimiento incluye procesos y métodos para darle visibilidad, si no a todo al menos a una parte, con el fin de llegar al público de interés. Una empresa o una institución que no tiene presencia en Internet, que

no muestra los logros conseguidos, las mejoras en las que invierte sus esfuerzos, tiene fecha de caducidad.

Las empresas e instituciones están realizando una fuerte apuesta por la orientación 2.0 y el *software Open Source* como pilares fundamentales para cubrir sus necesidades tecnológicas, tanto para su funcionamiento interno como para su visibilidad de cara al público.

Existe un gran abanico de soluciones *Open Source* que cubren las necesidades TIC básicas de una entidad, desde aplicaciones para la gestión de contenidos o de la formación hasta herramientas para la toma de decisiones o la planificación temporal. Por tanto, el problema no reside en el desarrollo de dichas soluciones, sino en la elección e integración de las mismas para que los flujos de información se adapten a las peculiaridades propias de cada entidad. Este tipo de soluciones, denominadas ecosistemas tecnológicos y cuya definición se plantea a continuación, permiten centrarse en la información, en el conocimiento, para dejar de lado la tecnología subyacente.

El término ecosistema tecnológico se utiliza para definir un conjunto de componentes *software* que se relacionan entre sí mediante flujos de información en un medio físico que proporciona el soporte para dichos flujos. Si se toma la definición más sencilla de ecosistema natural se habla sobre un conjunto de organismos vivos y un medio físico donde se relacionan. Si se observa ambas definiciones se ve una clara analogía entre un ecosistema natural y un ecosistema tecnológico, los componentes *software* desempeñan la labor de organismos vivos del ecosistema tecnológico, interactuando con otros organismos y viéndose condicionados por el medio físico que les rodea. Al igual que ocurre en un ecosistema natural, el ecosistema tecnológico cumple los tres principios básicos de la ética ecológica:

- En un ecosistema todos los seres vivos son interdependientes y se necesitan entre sí. Lo mismo ocurre en un ecosistema tecnológico, donde cada componente se relaciona con otros componentes. Si un componente es totalmente independiente entonces no forma parte del ecosistema.
- La estabilidad de los ecosistemas depende de su diversidad. Un ecosistema tecnológico es más estable cuantas más posibilidades y opciones ofrezca, pero manteniendo una armonía, unidad, seguridad y coherencia entre sí.
- Todas las materias primas son limitadas y existen límites en el crecimiento de todos los sistemas vivos. El ecosistema tecnológico debe crecer de manera controlada. Su evolución sin un fin concreto puede llevar a tener un ecosistema insostenible que no cumple con la finalidad para la que se desarrolló.

Cabe destacar que una de las características fundamentales de un ecosistema tecnológico es la capacidad del sistema para soportar los cambios y adaptarse a las necesidades de los usuarios a lo largo del tiempo. Para que esto ocurra los componentes *software* que forman el ecosistema deben ser capaces de adaptarse a los cambios. Según Darwin “*It is not the strongest of species that survive, nor the most intelligent, but the ones most adaptable to change.*” [13]. Traducido al contexto tecnológico, no pervive en el ecosistema aquel componente que es más robusto, o que aporta la funcionalidad clave, sino el que mejor se adapta a los cambios del conjunto de componentes con los que coexiste.

El ecosistema tecnológico se puede orientar a diferentes ámbitos. Si el ecosistema está orientado a la gestión de la formación se denomina ecosistema de aprendizaje o ecosistema *eLearning* [12] [34]. También puede orientarse a la creación de un espacio integral de gestión de la información interna/externa de la entidad o a la gestión de procesos internos, la implementación de herramientas y procesos de social media, o una combinación de estas soluciones.

El GRupo de Investigación en InterAcción y *eLearning* (GRIAL) de la Universidad de Salamanca (<http://grial.usal.es>), desde su nacimiento en 2006, ha trabajado en la mejora y evolución de los ecosistemas tecnológicos, de forma que la gestión estratégica del conocimiento y de la tecnología es una de sus principales líneas de investigación. Gracias al carácter interdisciplinar de sus miembros, procedentes de tres ámbitos de investigación bien diferenciados pero que se complementan (la Ingeniería Informática, la Educación y la Teoría de la Comunicación), el planteamiento de los ecosistemas tecnológicos ha podido llevarse a cabo en contextos muy variados, lo que ha permitido aprender de las experiencias e incorporar los resultados de investigación generados en las otras líneas de investigación que desarrolla el grupo, todas ellas estrechamente vinculadas entre sí de manera transversal (sistemas interactivos para el aprendizaje, las tecnologías para el aprendizaje, la ingeniería web y la arquitectura del *software*, la metodología del aprendizaje *online*, la calidad y evaluación en educación, la teoría de la comunicación) [19].

En las siguientes secciones se presenta una descripción del estado del arte sobre sistemas de información hasta llegar a la percepción actual de los ecosistemas tecnológicos y en particular de los ecosistemas para el aprendizaje (2), los diferentes casos de estudio analizados (3), la propuesta arquitectónica obtenido a partir del análisis de los casos previos (4) y por último las conclusiones obtenidas junto con las líneas de investigación futuras que se plantean como resultado del proceso de investigación llevado a cabo (5).

2. Estado del arte

Toda empresa necesita disponer de sistemas de información para la gestión de la propia empresa. A lo largo del tiempo, con la evolución del *software* y de las necesidades de las empresas, los sistemas de información destinados a estas han evolucionado considerablemente, pasando desde el *software* para la gestión contable y el *software* de control de stocks al MRP (*Material Requirement Planning*), pasando por el MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), hasta llegar finalmente a los sistemas de información para la gestión de empresa actuales, los ERP (*Enterprise Resources Planning*) [15].

Un ERP según Esteves & Pastor [14] es “un sistema compuesto por varios módulos, tales como, recursos humanos, ventas, finanzas y producción, que posibilitan la integración de datos a través de procesos de negocios incrustados. Estos paquetes de *software* pueden ser configurados para responder a las necesidades específicas de cada organización”. El ERP proporciona la infraestructura de gestión de la información en los ecosistemas de negocio, los cuales se definen como

la red de compradores, proveedores y fabricantes de productos o servicios y su entorno de negocio [34]. Se trata, por tanto, de la parte tecnológica, digital, del ecosistema de negocio y por analogía, el ERP podría ser el ecosistema tecnológico o ecosistema digital de la empresa o institución. El ecosistema tecnológico o digital de la empresa sería un sistema compuesto por un conjunto de módulos que proporcionan la funcionalidad necesaria para gestionar los procesos de negocio internos y externos de la empresa, para permitir el flujo de información entre los diferentes componentes del sistema. Uden [34] extiende esta definición con conceptos tales como evolución y cooperación, de tal forma que un ecosistema digital es un entorno digital que permite la cooperación, el intercambio de conocimiento, el desarrollo de tecnologías *open* y *adaptive*, junto con la evolución del modelo de negocio, mediante la recombinación y evolución de los componentes digitales que forman el ecosistema. Se consideran como componentes digitales elementos tales como las aplicaciones, los servicios, el conocimiento, los procesos y los modelos de negocio y los módulos de aprendizaje.

Desde la Unión Europea se considera a los ecosistemas digitales como la evolución de las herramientas de *e-business* y los entornos de colaboración para redes de organización. Un ecosistema digital posee una arquitectura basada en componentes de *Open Source* que se combinan para trabajar de manera conjunta para permitir la evolución gradual del sistema mediante la aportación de ideas y nuevos componentes por parte de la comunidad [11].

Según Chang [9] el ecosistema natural se define como un entorno abierto, débilmente acoplado, agrupado por dominios, conducido por las necesidades, con agentes auto-organizados, donde cada especie es proactiva y responsable de su propio beneficio. Si se sigue esta definición, cada una de las características del ecosistema natural mencionadas se corresponden con características del ecosistema digital. Abierto hace referencia a la transparencia del entorno. Débilmente acoplado se define como las relaciones abiertas que se establecen entre especies o entidades en la comunidad virtual, es decir, las entidades se relacionan entre sí, pero no existe una fuerte dependencia entre las mismas. El dominio, que se define como un conjunto de especies que tienen en común el mismo tipo de vida o intereses parecidos, está presente dentro de un ecosistema digital donde los componentes se agrupan según los objetivos de gestión de información, claramente definidos por la entidad en la que se implementa el ecosistema. Conducido por las necesidades significa que las especies dentro del ecosistema digital colaboran para alcanzar un beneficio mutuo. Los agentes auto-organizado son las personas, las herramientas y las tecnologías de la información que dan soporte a los flujos de información entre los diferentes recursos, de tal forma que pueden tomar decisiones y cumplir responsabilidades para que dichos flujos tenga lugar de forma correcta. Los agentes participan activamente en la comunidad y son responsables de sus propias acciones.

Chang propone el ecosistema digital como un conjunto de agentes *software* inteligentes que se organizan y colaboran entre sí para gestionar la información según las necesidades existentes en cada momento dentro del ecosistema. Este planteamiento sustituye a los usuarios como elementos centrales del ecosistema,

de forma que este rol se le atribuye a los agentes inteligentes que, a pesar de poder llevar a cabo diferentes tareas y poseer características que les distinguen unos de otros, tienen un comportamiento predefinido y aunque puedan aprender a lo largo del tiempo y evolucionar no dejan de ser un componente *software* más. La interacción entre usuarios es un elemento fundamental en el ecosistema, deben existir tareas automatizadas, flujos de información que se adapten a las necesidades cambiantes del usuario, pero la interacción del usuario y la detección de necesidades, permiten que el ecosistema evolucione y se adapte más rápidamente a su contexto. Los agentes inteligentes pueden adaptarse, pero les falta la visión de una parte del sistema, la evolución de la propia entidad.

Basándose en la definición de Chang, Pata [30] elimina el concepto de agente inteligente como especies del ecosistema y plantea una definición mucho más biológica dentro del contexto tecnológico: “Es un entorno abierto, auto-organizado, que conecta ubicaciones geográficas y basadas en web, individuos, servicios de información basados en herramientas sociales, interacción en la red y herramientas de intercambio del conocimiento junto con recursos que ayudan a mantener las sinergias entre las personas, donde cada sujeto es proactivo y responsable de su propio beneficio.”

Aunque existen diferencias entre unos autores y otros, todos están de acuerdo en un punto fundamental, hay una clara relación entre las características de un ecosistema natural y un ecosistema tecnológico en cualquiera de sus variantes. De esta forma, la mayoría de los autores respaldan la definición de ecosistema tecnológico o de ecosistema de aprendizaje con la definición de ecosistema natural con diferentes matices.

Cabe destacar la manera en la que Laanpere [27] aborda el tema. Este autor se centra en los conceptos y deja de lado la funcionalidad o la naturaleza de los elementos que representan estos conceptos. Laanpere representa los ecosistemas naturales y los ecosistemas digitales mediante conceptos relacionados entre sí, de tal manera que el ecosistema digital es una extensión del ecosistema natural. Todos los conceptos que se utilizan para describir un ecosistema natural permiten describir un ecosistema digital. De esta forma, según lo expresado en el propio diagrama, un ecosistema *eLearning* digital estará formado por elementos bióticos, elementos abióticos, el entorno y los agentes.

Si se observan estas y otras definiciones, hay tres elementos que forman parte de todo ecosistema natural y que están presentes en todas las definiciones [4]:

- Organismos, cada uno de los cuales intenta cubrir sus funciones básicas: comer, reproducirse y respirar.
- El medio físico en el cual los organismos llevan a cabo sus funciones básicas.
- El conjunto de relaciones entre los organismos, entre sí y con el medio.

Lo mismo ocurre en un ecosistema tecnológico, aunque con diferentes matices, en todas las definiciones se tienen una serie de componentes *software* que se relacionan entre sí en un medio físico que proporciona el soporte para dichas relaciones.

El ecosistema tecnológico se puede orientar a diferentes ámbitos. Si el ecosistema está orientado a la gestión de la formación se denomina ecosistema de aprendizaje o ecosistema *eLearning*.

Pirie [31] plantea en el 2004 el ecosistema *eLearning* como la unión entre la comunidad de aprendizaje y la empresa mediante un *Learning Management System* (LMS). Considera inherente al desarrollo de este tipo de ecosistema la integración con los recursos humanos y el portal web de la empresa, lo que permite a los empleados, desde el propio ecosistema, llevar a cabo actividades relativas al contexto laboral tales como gestión de los planes médicos o consultar los programas de formación que cubran las competencias relacionadas con el puesto de trabajo y la carrera profesional del empleado. Pirie introduce un concepto muy interesante, el uso del ecosistema *eLearning* para la toma de decisiones gracias a la información proporcionada por el ecosistema para definir planes de formación o mejorar la gestión de las actividades de toda la empresa.

Brodo [7] define ecosistema como un conjunto de interacciones sistémicas entre grupos de organizaciones en las industrias que se superponen y entrecruzan para crear un equilibrio entre los flujos de oferta y demanda. Si se toma dicha definición como punto de partida, se indica que el término ecosistema de aprendizaje se utiliza para describir todos los elementos necesarios para implementar una solución *eLearning*, de forma que dichos elementos pertenecen a tres categorías: proveedores de contenidos, consultores e infraestructura. A pesar de utilizar el concepto de ecosistema, la solución no se diferencia de las soluciones *eLearning* tradicionales donde existen unos contenidos, una metodología y un *software* encargado en proporcionar el entorno de gestión del aprendizaje, el LMS. La interacción entre los elementos así como los flujos de información no son parte del ecosistema.

Más adelante, Uden [34], que parte de la base de las definiciones de Pirie y Brodo, propone una aproximación a la definición de un ecosistema *eLearning* en cinco grandes bloques, lo que refuerza dos aspectos fundamentales de cualquier ecosistema, independientemente de la orientación del mismo, la integración y una base teórica o metodológica:

- La identificación de las necesidades de la organización que permiten la definición de una estrategia *eLearning*.
- La elección del LMS correcto que se pueda integrar con las herramientas ya existentes y que evite el uso de sistemas propietarios.
- La definición del diseño pedagógico que sustenta la formación.
- Los contenidos que van a estar disponibles dentro del ecosistema, además se debe tener en cuenta el soporte a los estándares definidos en cuanto a desarrollos de objetos de aprendizaje con el objetivo de incrementar la reusabilidad de los contenidos.
- La facilidad de adaptación frente a cambios.

Ficheman [16] propone un esquema bastante simple de un ecosistema de aprendizaje, con usuarios y contenidos como factores bióticos y *hardware*, *software* y tecnología de red como elementos abióticos del ecosistema. En un ecosistema natural los individuos de una misma especie se agrupan en poblaciones,

y varias poblaciones se agrupan en una comunidad. Ficheman propone que las poblaciones en un ecosistema de aprendizaje se forman a partir de los roles de los usuarios, docente, tutor, técnico, etc., y las comunidades son las organizaciones que agrupan a los diferentes roles y tipos de contenido.

Según Littlejohn [28], la combinación de las herramientas sociales con los ecosistemas de aprendizaje permite plantear ecosistemas de aprendizaje colectivo. El ecosistema *eLearning* se centra en los recursos y las interacciones como medio para llegar a ellos y crear nuevo conocimiento. Los recursos funcionan como nexo de unión entre las personas que participan en el ecosistema, pero el centro del aprendizaje es la interacción que se genera alrededor de estos recursos, de tal manera que gracias a esa interacción se puede generar nuevo conocimiento, que permite que el ecosistema de aprendizaje se mantenga y evolucione.

Ark [3] plantea el ecosistema *eLearning* como una evolución del LMS cuyo fin es cubrir aspectos que influyen en el paradigma de aprendizaje, tales como contenidos adaptativos, aprendizaje social, perfiles globales, motores inteligentes, gran cantidad de contenidos en abierto y la explosión de aplicaciones móviles.

Independientemente del enfoque que se le de al ecosistema, ya sea de aprendizaje centrado en recursos o interacción entre agentes inteligentes, existe un conjunto de componentes tecnológicos que forman el ecosistema. Adomavicius [1] propone una serie de sencillos pasos para identificar la tecnología utilizada en el ecosistema tecnológico:

- Identificar la tecnología central o el punto de inicio del ecosistema tecnológico y definir el contexto para poder identificar el resto de tecnologías necesarias.
- Identificar las tecnologías que complementan a la central.
- Identificar los componentes tecnológicos finales.
- Identificar las tecnologías para dar soporte y crear la infraestructura necesaria para las anteriores tecnologías.

Según plantea Haymes [22], los ecosistemas tecnológicos influyen en la aceptación de una nueva tecnología. Cada vez se tiende más a la integración de diferentes herramientas para cubrir las necesidades de los usuarios. Si una tecnología emergente no es capaz de integrarse con tecnologías cuyo uso está extendido y aceptado por un gran número de usuarios y cuya funcionalidad puede complementar a la de la nueva tecnología, entonces dicha tecnología terminará por caer en desuso. Haymes añade un patrón para evaluar nuevas tecnologías, de tal forma que las tecnologías utilizadas en el ecosistema deberían cumplir dicho patrón y el conjunto global, el ecosistema, también:

- Debe hacer algo que sea evidente para los usuarios.
- Debe ser fácil de utilizar.
- Debe convertirse en algo esencial en la vida del usuario.

Finalmente, Uden [34] organiza la tecnología elegida en tres capas: infraestructura que sería una base tecnológica genérica, una capa que implementa la adecuación del ecosistema al entorno de negocio y, por último, la implementación de un modelo de negocio específico.

Aquí entra en juego la escalabilidad del sistema. El ecosistema tecnológico, al igual que el ecosistema natural, debe estar en continua evolución, adaptándose a los cambios del entorno y permitiendo que los organismos que forman parte del mismo puedan adaptarse a dichos cambios. El ecosistema tecnológico centrado en la gestión del conocimiento en las empresas e instituciones tiende a crecer al igual que lo hace el contexto en el que se encuentra. El crecimiento puede tener lugar de dos formas, bien debido a que hay un mayor número de usuarios que interactúan con el ecosistema, o bien debido a que los componentes del ecosistema tienen que evolucionar, se incorporan componentes adicionales para cubrir nuevas necesidades o se cambia unos componentes por otros. En ambos casos el conocimiento gestionado, si el ecosistema está bien definido y cubre las necesidades de la entidad, crecerá de manera continua a lo largo del tiempo.

Cada vez son más las empresas que utilizan servicios en la nube o *cloud computing* para mejorar la escalabilidad de sus servicios y poder hacer frente al crecimiento de la demanda de manera continua o puntual [8]. Resulta por tanto lógico que las ventajas del uso de una infraestructura que siga el paradigma del *cloud computing* pueden extenderse a los ecosistemas tecnológicos y concretamente a los ecosistemas *eLearning* [6].

Para permitir la escalabilidad en un ecosistema tecnológico basado en *cloud computing* se debe hacer uso de la virtualización, de tal manera que no exista una barrera física entre los recursos *hardware* y la gestión de los mismos. La virtualización de la infraestructura sobre la que se sustenta el ecosistema tecnológico se realiza mediante tecnologías que permiten la monitorización y administración de los recursos, las Máquinas Virtuales [36].

Bo et al. [5] realizan una propuesta de arquitectura basada en *cloud computing* para los ecosistemas *eLearning*, aunque también es extensible a otros ecosistemas tecnológicos. Estos autores plantean una arquitectura en tres capas, desde la infraestructura hasta la aplicación, y un conjunto de módulos que permiten:

- Monitorizar los recursos utilizados en el *cloud*.
- Gestionar automáticamente los recursos del *cloud* en función de las estrategias *eLearning* definidas y el uso de los recursos para llevar a cabo dichas estrategias.
- Gestionar manualmente algunas políticas del *cloud*.
- Reasignar los recursos a partir de las órdenes recibidas por los módulos de monitorización y políticas.

Este conjunto de módulos, además de asegurar la escalabilidad, permiten disponer de mecanismos que detecten problemas antes de que afecten al funcionamiento del sistema de cara al usuario, y además aseguran la calidad del servicio y la disponibilidad del mismo.

3. Casos de estudio

Se introducen someramente tres casos de estudios que sirven como experiencia acumulada y evolución tecnológica del concepto de ecosistema digital de

aprendizaje. En cada uno de los casos ha realizado el análisis DAFO cuyo resumen comparativo se recoge en la Fig. 2 y que servirá de base para la definición de la propuesta arquitectónica objeto del presente trabajo.

3.1. Universidad Virtual

Dentro del contexto de la Universidad de Salamanca, surge en 2008, de la mano del Vicerrectorado de Innovación Tecnológica el proyecto Estrategia Digital 2010 con el objetivo de “definir, adquirir e implementar la infraestructura física y lógica adecuada para que los procesos de formación, investigación y gestión se puedan llevar a cabo utilizando la tecnología como una herramienta o un medio que los facilite o posibilite, sin que por ello esta tecnología suponga una barrera añadida a su desarrollo. Este objetivo se afronta desde una perspectiva estratégica que concluya con una solución integrada, coherente y accesible” [26].

Se plantea la definición e implantación del ecosistema tecnológico institucional para gestionar todo el conocimiento de la Universidad, tanto de forma interna, para lo que proporciona los medios necesarios para llevar a cabo los procesos de formación, investigación y gestión, como de forma externa, ya que aporta visibilidad a todo el conocimiento que posee una universidad con la trayectoria de la Universidad de Salamanca, con casi 800 años de historia. Son muchas las implicaciones, técnicas, metodológicas y de gestión, que conlleva un proyecto de esta envergadura por lo que este caso de estudio se centra únicamente en cuatro de los principales hitos del proyecto Estrategia Universidad Digital 2010 [26]: el repositorio institucional que permite la gestión documental de todo el conocimiento producido dentro de la institución, GREDOS (Gestión del Repositorio Documental de la Universidad de Salamanca) (<http://gredos.usal.es>); el nuevo portal web institucional que proporciona la infraestructura necesaria para dar soporte a la gestión de la información pública de todos los órganos, institutos, facultades, departamentos, etc. existentes dentro de la Universidad (<http://www.usal.es>); el Campus Virtual de la Universidad de Salamanca, Studium (<http://studium.usal.es>), puesto en marcha desde la Universidad Virtual; y el gestor de *blogs*, Diarium (<http://diarium.usal.es>), para proporcionar a la comunidad universitaria un espacio personal donde poder gestionar su propio conocimiento.

3.2. GRIAL 2.0. Una propuesta de integración de servicios y aplicaciones web en un portal académico personalizable

La definición y desarrollo del ecosistema tecnológico de GRIAL se plantea como un portal académico 2.0 dentro del proyecto de fin de carrera de García Holgado [17]. Se parte de la base del *know-how* adquirido a través de la experiencia con el ecosistema tecnológico de la Universidad de Salamanca para plantear un ecosistema formado por cuatro componentes principales, el portal web del Grupo (<http://grial.usal.es>), la plataforma de *eLearning* (<http://grial.usal.es/polis>), el gestor de *blogs* (<http://grial.usal.es/agora>)

y el repositorio documental (<http://grialdspace.usal.es:443>), conectados entre sí a través de una serie de flujos de información.

El ecosistema de GRIAL supone un paso adelante respecto al ecosistema institucional desarrollado en el marco del proyecto Universidad Digital de Salamanca. Se han planteado soluciones a las debilidades detectadas con el objeto de potenciar las fortalezas y ofrecer una mayor consistencia y adaptabilidad frente a la evolución de todo el sistema.

3.3. Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences (TRAILER)

El tercer caso de estudio se desarrolla en el marco del proyecto europeo TRAILER (*Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences*) (<http://trailerproject.eu>) [20] [21] cuyo objetivo principal es la elaboración de un ecosistema para la gestión de competencias adquiridas mediante aprendizaje informal desde la perspectiva del usuario como de la institución o empresa.

Los resultados principales que se desea alcanzar una vez finalizado el proyecto son dos. En primer lugar, la definición y aplicación de un conjunto de metodologías y recomendaciones para la integración del aprendizaje informal en las instituciones y organizaciones. En segundo lugar, un ecosistema que proporcione el marco tecnológico adecuado para la gestión de competencias, especialmente aquellas adquiridas de manera informal, de tal forma que proporcione las herramientas necesarias para llevar a cabo dicha gestión desde el punto de vista de todos los actores involucrados, tanto los individuos como la institución a la que estos pertenecen.

En la Fig. 1 se muestran los cuatro elementos principales del ecosistema, el portfolio, el catálogo de competencias, el *Informal Learning Collector* (ILC) [2] y el entorno institucional que proporciona herramientas de toma de decisiones [18]. La integración de los diferentes componentes se ha realizado mediante servicios web.

El ecosistema tecnológico de TRAILER introduce grandes cambios tanto metodológicos como tecnológicos respecto a los planteamientos analizados en los casos de estudio previos.

4. Patrón arquitectónico para un ecosistema tecnológico de aprendizaje

Para llevar a cabo el análisis comparativo a partir de las matrices DAFO obtenidas en los casos de estudio, se ha realizado una tabla que contiene el análisis interno de cada uno de los ecosistemas tecnológicos planteados (Fig. 2). La tabla se ha dividido en tres columnas, una por cada ecosistema analizado, colocadas por orden temporal. Las debilidades y las fortalezas se han agrupado en filas, para lo que se ha utilizado como criterio una serie de características básicas entre las que se incluyen los cuatro ejes fundamentales. Para distinguir

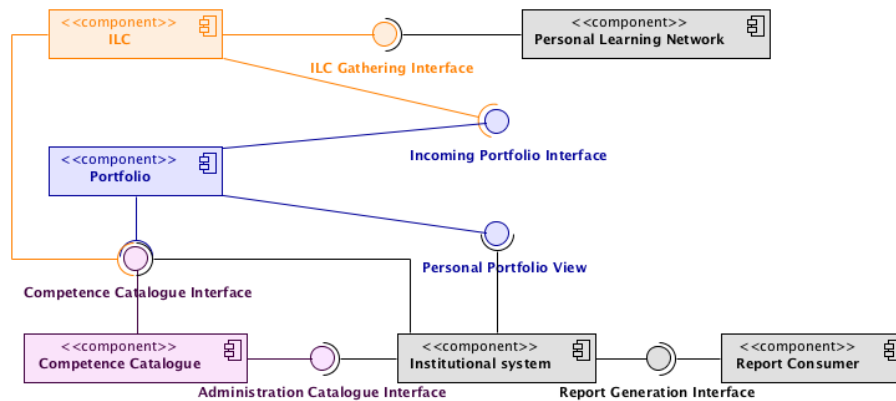


Figura 1. Arquitectura del ecosistema TRAILER [21]

las debilidades de las fortalezas, y poder ver la evolución del sistema de manera algo más visual, se ha utilizado el color rojo para indicar las debilidades y el negro para las fortalezas.

El análisis de las diferentes características a lo largo de los diferentes ecosistemas tecnológicos estudiados proporciona el marco adecuado para definir una serie de puntos en común que debe tener un ecosistema tecnológico:

- Establecimiento de una sólida base metodológica y de gestión de proyecto y riesgos.
- Definición clara de los procesos y *workflows* necesarios para gestionar el ecosistema.
- Gestión centralizada de usuarios, con cobertura tanto de la gestión de los datos como de la autenticación en todo el ecosistema.
- Gestión centralizada de los datos estáticos, para que puedan ser utilizados en los diferentes componentes del sistema.
- Integración de los componentes de manera transparente, para así asegurar la flexibilidad y la adaptabilidad del sistema frente a los cambios, es decir, se debe contar con un plan de aseguramiento de la evolución del ecosistema.
- Potenciación de la reutilización de los componentes del ecosistema, lo que a su vez se transforma en un beneficio para la evolución de los diferentes componentes.
- Integración a nivel de presentación que transmita unicidad, de tal forma que el usuario sea consciente de que se encuentra en el ecosistema.
- Fuerte componente social que permita la integración con herramientas sociales.
- Soporte para la toma de decisiones y para el análisis de los flujos de información que tienen lugar tanto dentro del ecosistema como provenientes del exterior y viceversa.
- Uso de *software Open Source* como base para el desarrollo de los componentes del sistema con el fin de beneficiarse de las ventajas de este tipo de *software*.

	Universidad Virtual	GRIAL 2.0	TRAILER
Metodología	El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica involucrando a diferentes servicios de la Universidad coordinados desde el Vicerrectorado de Innovación Tecnológica pero con poder para la toma de decisiones acerca del componente del ecosistema en cuya definición, implantación y gestión están implicados.	El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica proporcionada por los miembros del grupo de investigación.	El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica que involucra a diferentes universidades europeas coordinadas por el grupo GRIAL de la Universidad de Salamanca.
Novedad	Aunque hay en el mercado soluciones <i>software</i> que cubren diferentes aspectos del ecosistema, las peculiaridades que tiene una universidad no están cubiertas por dicho <i>software</i> . El ecosistema tecnológico planteado permite establecer una conexión entre los diferentes componentes, lo que permite llegar a una integración en el nivel de los datos y adaptarse a las necesidades de la institución.	Aunque hay en el mercado soluciones <i>software</i> que cubren diferentes aspectos del ecosistema, las peculiaridades que tiene un grupo de investigación no están cubiertas por dicho <i>software</i> . El ecosistema tecnológico planteado permite establecer una conexión entre los diferentes componentes para proporcionar una funcionalidad adicional que no existe si se toman estos por separado.	No existe en el mercado ninguna solución <i>software</i> que permita la gestión integral de competencias, tanto adquiridas de manera formal como informal, dentro de una institución o empresa.
Usuarios	El sistema es dependiente de la gestión de usuarios existente.	A pesar de que la autenticación de usuarios sea centralizada, no existe una gestión centralizada integral de usuarios, lo que impide un control global de los mismos. El uso de un servidor único de autenticación de usuarios introduce una capa de seguridad adicional.	No existe una gestión centralizada de los usuarios, tanto a nivel de datos como a nivel de autenticación, lo que supone un paso atrás en la usabilidad del ecosistema.
Información	El repositorio permite un primer nivel de centralización de datos de diversa procedencia institucional (investigación, docencia, archivo institucional y acervo histórico), además de una clasificación y etiquetado semántico. Amplia difusión de los contenidos al integrar el repositorio con los principales rectorales.	Los datos del repositorio documental no son accesibles de manera transparente desde cualquier punto del ecosistema, sino que su utilización fuera del repositorio debe hacerse de forma manual. Existe un primer nivel de centralización de los datos gracias al repositorio documental.	Existe una gestión centralizada de las competencias gestionadas dentro del ecosistema.
Integración	La integración entre los componentes no se ha realizado únicamente a nivel de lógica de negocio y de presentación, sino que ciertos flujos de información conllevan la integración a nivel de datos, lo que genera dependencias entre las aplicaciones. La integración a nivel de presentación no sigue una única identidad corporativa de tal forma que cada elemento, aunque se mantienen diseños similares y se sigue un diseño institucional, no proporcionan unicidad. Interoperabilidad limitada a ciertas conexiones <i>ad-hoc</i> .	La integración a nivel de presentación mantiene la identidad corporativa pero sigue existiendo una falta de unicidad que muestre el ecosistema como un todo. La integración se ha llevado a cabo mediante el uso de servicios web, con lo que se mantiene la independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.	La integración a nivel de presentación mantiene la identidad corporativa pero sigue existiendo una falta de unicidad que muestre el ecosistema como un todo. El entorno institucional <i>ad-hoc</i> es totalmente dependiente del resto de componentes, a pesar de que la integración se ha realizado mediante servicios web, existen fuertes dependencias a nivel de lógica de negocio. web, gracias a lo que se consigue una independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.
Movilidad	No existe soporte para dispositivos móviles.	No existe soporte para dispositivos móviles.	El portfollio posee soporte para dispositivos móviles mediante una aplicación desarrollada <i>ad-hoc</i> .
Social	No existe integración con redes sociales, de tal forma que la capa social se limita a los blogs.	Integración de diferentes herramientas sociales como componentes satélite del ecosistema.	No existe una explotación del carácter social en la gestión de las competencias, lo cual es una de sus mayores oportunidades.
Toma de decisiones	La toma de decisiones se basa en informes <i>ad-hoc</i> no automatizados.	Los flujos de diseminación permiten un mayor impacto de la información generada en el ecosistema pero no existe una visión global del impacto conseguido mediante dichos flujos. No existe ningún tipo de monitorización sobre el funcionamiento del ecosistema, no disponiendo de la información necesaria para tomar decisiones relativas a la evolución del mismo. No proporciona las herramientas necesarias para establecer flujos de trabajo relacionados con la toma de decisiones.	Existe una visión global de los flujos de información gracias a las herramientas de toma de decisiones incorporadas en el entorno institucional.
Evolución	La solución planteada a la hora de satisfacer los requisitos de información en el portal web introduce una fuerte resistencia al cambio. A pesar de realizar un desarrollo por módulos sustentado en un CMS muy flexible, la gran cantidad de funcionalidad que se implementó no tuvo en cuenta permitir la evolución del sistema. La versión de Drupal que hay disponible actualmente mejora considerablemente la versión utilizada en su momento en el portal web, pero la actualización del mismo a una nueva versión supondría un desarrollo desde cero. La gran envergadura del ecosistema requiere de un gran trabajo de mantenimiento y de un constante seguimiento para asegurar el correcto funcionamiento tanto desde el punto de vista metodológico como técnico. La gestión de usuarios basada en un sistema independiente a cada uno de los componentes que forman el ecosistema tecnológico permite asegurar que el sistema crezca y evolucione, que permite añadir nuevos componentes o cambiar los existentes con el fin de ajustarse a las necesidades cambiantes que surjan a lo largo de los años, comunidad universitaria.	Las soluciones <i>software</i> desarrolladas para satisfacer los requisitos de los diferentes componentes del sistema permiten la evolución del mismo, de tal forma que la actualización de alguno de los elementos <i>software</i> utilizados conlleva un esfuerzo mínimo de desarrollo.	La arquitectura planteada permite la evolución de cada uno de los componentes del ecosistema de manera independiente e introducir nuevos componentes propios de la institución o empresa que despliegue el ecosistema TRAILER.
Reutilización	Algunos de los desarrollos <i>ad-hoc</i> llevados a cabo no permite ningún tipo de reutilización.	Los desarrollos <i>ad-hoc</i> , a pesar de cubrir necesidades particulares del ecosistema GRIAL, pueden ser reutilizados en otros entornos.	El catálogo de competencias desarrollado <i>ad-hoc</i> puede ser reutilizado en otros entornos.
Open Source	El uso de <i>software</i> Open Source permite realizar el desarrollo dentro de la propia Universidad con todas las ventajas que implica, tanto económicas como estratégicas.	El uso de <i>software</i> Open Source permite realizar el desarrollo dentro del propio grupo de investigación con todas las ventajas que implica, tanto económicas como estratégicas y de adquisición de conocimientos.	El uso de <i>software</i> Open Source permite desarrollar el ecosistema manteniendo unos costes mínimos y siguiendo la política de uso de <i>software</i> libre promovida dentro de la Unión Europea.
Desarrollo	El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.	El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.	El desarrollo por componentes permite reducir los tiempos de desarrollo y de mantenimiento del ecosistema global.
Despliegue	La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de planes estratégicos de formación, asesoramiento y evaluación y gestión de la calidad.	La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha cubierto mediante una serie de manuales así como un soporte técnico continuo a través de correo electrónico.	La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de talleres y experiencias piloto que han permitido definir los planes de explotación y puesta en marcha del ecosistema en aquellas instituciones y empresas interesadas en darle valor a las competencias adquiridas de manera informal por sus estudiantes o empleados.

Figura 2. Análisis comparativo de los ecosistemas tecnológicos

Cabe destacar la posibilidad de la modificación del código, el soporte de una extensa comunidad de desarrolladores, así como la reducción de costes.

- Definición de las estrategias y los planes de formación e inmersión necesarios para facilitar la aceptación del ecosistema por parte de sus usuarios finales.

Tomando como punto de partida las características que debe tener un buen ecosistema tecnológico, se ha definido un patrón arquitectónico de cinco capas que permita sentar las bases del ecosistema teniendo siempre presente la flexibilidad y adaptabilidad de sus componentes con el objetivo de permitir la evolución de todos ellos (Fig. 3).

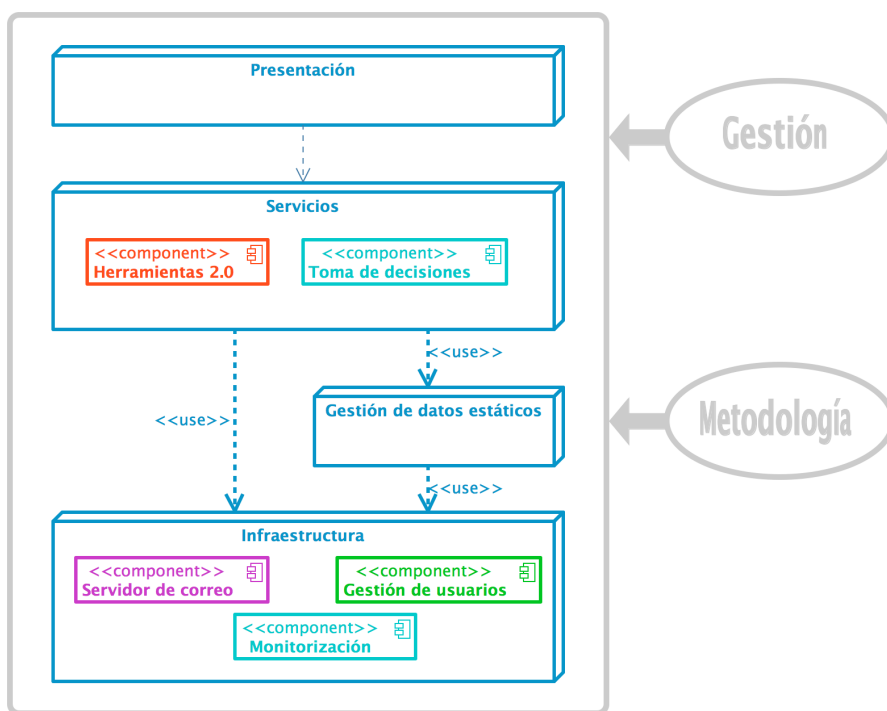


Figura 3. Propuesta de patrón arquitectónico

5. Conclusiones

Los casos de estudio que se han analizado en este trabajo han permitido obtener una visión global de los ecosistemas tecnológicos, tanto desde un punto de vista teórico como práctico. Poder estudiar y analizar estas experiencias desde todas las perspectivas proporciona una visión que no se tenía antes de realizar

este trabajo. Cada caso de estudio, en el momento que se definió y desarrolló se había basado en los casos previos pero no existía un trabajo que agrupara todo este conocimiento.

El patrón arquitectónico propuesto supone un paso adelante en la evolución de los ecosistemas tecnológicos. La posterior experiencia llevaba a cabo en la Administración Pública para gestionar todo el conocimiento que se genera dentro de la misma ha demostrado que el patrón propuesto funciona bien aunque se han detectado algunos puntos débiles que se deben mejorar.

El concepto de ecosistema tecnológico así como el patrón o patrones arquitectónicos sobre los que se sustenta, deben mantenerse en constante evolución de tal forma que cada vez se adapte mejor a las necesidades cambiantes de los usuarios y las entidades sin abandonar la apuesta por el desarrollo *Open Source*.

Este trabajo sienta las bases para la realización de una futura tesis doctoral enmarcada en el contexto de los ecosistemas tecnológicos. Las posibles líneas de investigación que quedan abiertas tras este estudio son las siguientes:

- Mejora en la integración de soluciones tecnológicas *Open Source* con el objetivo de dejar de lado la integración *ad-hoc* de los componentes de un ecosistema.
- Determinar soluciones sobre la gestión de la vista en un ecosistema, transmitiendo una uniformidad que hasta ahora no se ha logrado por las dependencias de interfaz que existen en los diferentes componentes.
- Necesidad de un mayor grado de flexibilidad y adaptabilidad a los diferentes problemas y usuarios.
- Sistemas de toma de decisiones a partir del análisis de flujos de información.

6. Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado con el apoyo de la Junta de Castilla y León dentro del proyecto GR47 “eLearning sin barreras: Nuevos paradigmas de comunicación, servicios y modalidades de interacción para la formación en línea” (<http://grial.usal.es/grial/node/80>) y de la Comisión Europea dentro del proyecto 519141-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KA3MP “Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences (TRAILER)” (<http://trailerproject.eu>).

Referencias

1. Adomavicius, G., Bockstedt, J.C., Gupta, A., Kauffman, R.J.: Technology roles in an ecosystem model of technology evolution. *International Journal of Information Technology and Management - IJITM* (2005)
2. Alier, M., Galanis, N., Mayor, E., Piguillem, J., Casany, M.J., García Peñalvo, F.J., Conde González, M.Á.: Del ple al lms+portfolio: Integración de elementos de aprendizaje informal en moodle + mahara. In: *MoodleMoot Madrid 2012. Globalización y Socialización* (Madrid, España, 19-21 de septiembre de 2012). pp. 24–29 (2012)

3. Ark, T.V.: From LMS to Learning Ecosystem. <http://getttingsmart.com/2012/06/from-lms-learning-ecosystems/> (2012)
4. Berthelemy, M.: Definition of a learning ecosystem. <http://www.learningconversations.co.uk/main/index.php/2010/01/10/the-characteristics-of-a-learning-ecosystem?blog=5> (2013)
5. Bo, D., Qinghua, Z., Jie, Y., Haifei, L., Mu, Q.: An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure. In: Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on. pp. 125–127 (2009)
6. Briscoe, G., Marinos, A.: Digital ecosystems in the clouds: towards community cloud computing. In: Digital Ecosystems and Technologies, 2009. DEST'09. 3rd IEEE International Conference on. pp. 103–108 (2009)
7. Brodo, J.: Today's Ecosystem of eLearning. http://www.enebuilder.net/salesmarketing/e_article000615779.cfm (2006)
8. Buyya, R., Yeo, C.S., Venugopal, S., Broberg, J., Brandic, I.: Cloud computing and emerging it platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation computer systems* 25(6), 599–616 (2009)
9. Chang, E., West, M.: Digital Ecosystems A Next Generation of the Collaborative Environment. the Eight International Conference on Information Integration and Web-Based Applications & Services 214, 3–23 (2006)
10. Commission, E.: European Union Public Licence (EURL). <http://joinup.ec.europa.eu/software/page/eupl>
11. Commission, E.: Digital Ecosystems: The New Global Commons for SMEs and local growth. <http://www.digital-ecosystems.org/doc/papers/d5-intro-for-the-press.pdf> (2006)
12. Conde, M.A., García-Peñalvo, F., Rodríguez-Conde, M.J., Alier, M., García-Holgado, A.: Perceived openness of Learning Management Systems by students and teachers in education and technology courses. *Computers in Human Behavior* (2013), <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074756321300174X>
13. Darwin, C., Beer, G.: *The origin of species*. Oxford University Press (1951)
14. Esteves, J., Pastor, J.: An ERP lifecycle-based research agenda. In: First International workshop in Enterprise Management and Resource. Planning: Methods, Tools and Architectures-EMRPS. vol. 99 (1999)
15. Ferran, C., Salim, R.: *Enterprise resource planning for global economies*. Idea Group Inc (IGI) (2008)
16. Ficheman, I.K., Lopes, R.d.D.: Digital Learning Ecosystems: Authoring, Collaboration, Immersion and Mobility. In: Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT '08. Eighth IEEE International Conference on. pp. 371–372 (2008)
17. García Holgado, A.: GRIAL 2.0 Una propuesta de integración de servicios y aplicaciones web en un portal académico personalizable. Master's thesis, University of Salamanca (March 2011)
18. García-Peñalvo, F.J., Conde González, M.Á.: Knowledge management and decision making based on informal learning activities in business. In: Proceedings of the 2nd Global Innovation and Knowledge Academy (GIKA 2013) (Valencia, Spain, July 9-11, 2013) (2013)
19. García-Peñalvo, F.J., Rodríguez Conde, M.J., Seoane Pardo, A.M., Zangrando, V., García Holgado, A.: GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning), USAL. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa* (2012)
20. García-Peñalvo, F.J., Conde-González, M.Á., Zangrando, V., García-Holgado, A., Seoane Pardo, A.M., Alier, M., Galanis, N., Brouns, F., Vogten, H., Griffiths,

- D., Mykowska, A., Ribeiro Alves, G., Minović, M.: TRAILER project (Tagging, Recognition, Acknowledgment of Informal Learning Experiences). a Methodology to make visible learners' informal learning activities to the institutions. *Journal of Universal Computer Science* (2013)
21. García-Peñalvo, F.J., Zangrando, V., García-Holgado, A., Conde-González, M.Á., Seoane Pardo, A.M., Alier, M., Janssen, J., Griffiths, D., Mykowska, A., Ribeiro Alves, G.: TRAILER project overview: Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences. In: *Computers in Education (SIIE), 2012 International Symposium on*. pp. 1–6. IEEE (2012)
 22. Haymes, T.: Toward a Model for a Technology Ecosystem. <http://www.nmc.org/news/toward-model-technology-ecosystem> (2012)
 23. Ministerio de Industria, E.y.T., de Extremadura, J.: Centro Nacional de Referencia de Aplicación de las TIC basadas en fuentes abiertas. <http://www.cenatic.es>
 24. for Informatics (DIGIT), E.C.D.G.: Strategy for internal use of OSS at the EC. http://ec.europa.eu/dgs/informatics/oss_tech/index_en.htm
 25. Initiative, O.S.: The Open Source Definition. <http://opensource.org/osd>
 26. de Innovación Tecnológica, V.: Proyecto Estrategia Digital 2010. <http://www.usal.es/webusal/node/1258>
 27. Laanpere, M.: Digital Learning ecosystems: rethinking virtual learning environments in the age of social media. <http://es.slideshare.net/martlaa/digital-learning-ecosystems> (2012)
 28. Littlejohn, A.: The Dynamics of Learning Ecosystems: literacies and resources. <http://littlebylittlejohn.com/learning-ecosystem/> (2011)
 29. O'Reilly, T.: What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *International Journal of Digital Economics* 65, 17–37 (2007)
 30. Pata, K.: Meta-design framework for open learning ecosystems. <http://tihane.wordpress.com/2011/06/09/meta-design-framework-for-open-learning-ecosystems-at-mupple-lecture-series/> (2011)
 31. Pirie, C.: E-learning Ecosystems: The Future of Learning Technology. http://clomedia.com/articles/view/e_learning_ecosystems_the_future_of_learning_technology/2 (2004)
 32. Stallman, R.M., Manual, G.E.: Free Software Foundation. *El proyecto GNU-Fundación para el software libre* (1999)
 33. Subashini, S., Kavitha, V.: A survey on security issues in service delivery models of cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications* 34(1), 1–11 (2011)
 34. Uden, L., Wangsa, I.T., Damiani, E.: The future of E-learning: E-learning ecosystem. In: *Digital EcoSystems and Technologies Conference, 2007. DEST'07. Inaugural IEEE-IES*. pp. 113–117. IEEE (2007)
 35. Weiss, A.: Computing in the Clouds. *netWorker* 11(4), 16–25 (December 2007)
 36. Zhang, Q., Cheng, L., Boutaba, R.: Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications* 1(1), 718 (2010)