

Definición de ecosistemas de aprendizaje independientes de plataforma

Definition of learning ecosystems platform-indepent

Alicia García-Holgado, Francisco J. García-Peñalvo
aliciagh@usal.es, fgarcia@usal.es

GRIAL Research Group
Research Institute for Educational Sciences
University of Salamanca
Salamanca, Spain

Resumen- En la actualidad, el uso de tecnologías educativas para dar soporte al aprendizaje y la gestión del conocimiento tiende a la personalización y la adaptabilidad. Los ecosistemas de aprendizaje se posicionan como una solución tecnológica capaz de proporcionar entornos de aprendizaje que evolucionen con el tiempo a medida que cambien las necesidades de sus usuarios o surjan nuevas herramientas para la gestión del conocimiento. El ecosistema deberá ser capaz de soportar el incremento de la complejidad interna para ofrecer de forma transparente más funcionalidad y sencillez a los usuarios. Además, en un ecosistema tecnológico, los componentes *software* son heterogéneos, de tal forma que pueden estar desarrollados en diferentes lenguajes y tener requisitos diferentes para su correcto funcionamiento. En este contexto, uno de los principales objetivos a la hora de definir y desarrollar ecosistemas de aprendizaje es establecer las bases para que dichos procesos sean independientes de plataforma. Este trabajo plantea el modelado de un ecosistema de aprendizaje para la gestión del conocimiento en programas de doctorado siguiendo el marco de trabajo *Model-Driven Architecture* definido por el *Object Management Group*.

Palabras clave: *ecosistema de aprendizaje; MDA; modelado; gestión de la información; ingeniería del software*

Abstract- Nowadays, the use of educational technologies to support learning and knowledge management tends to personalization and adaptability. Learning ecosystems are positioned as a technological solution capable of providing learning environments that evolve over time as users' needs change or new tools for knowledge management emerge. The ecosystem should be able to support transparently the increase of internal complexity in order to offer more functionality and simplicity to users. In addition, in a technological ecosystem, the software components are heterogeneous, in such a way they can be developed in different programming languages and have different requirements for correct operation. In this context, one of the main objectives to define and develop learning ecosystems is to establish the basis for these processes are platform independent. This work proposes the modeling of a learning ecosystem for knowledge management in PhD programs following the Model-Driven Architecture framework defined by the Object Management Group.

Keywords: *mínimo learning ecosystem; MDA; modeling; information management; software engineering*

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas tecnológicos son un marco general que permite definir y desarrollar cualquier tipo de solución

tecnológica en la que los datos y la información son el centro del problema.

La metáfora de ecosistema tecnológico proviene del mundo de la biología y en los últimos años se ha transferido a otros ámbitos para representar mejor la componente evolutiva de las relaciones que tienen lugar en contextos sociales, económicos, etc. (García-Peñalvo & García-Holgado, 2017). En particular, en el ámbito tecnológico se ha adaptado el concepto de ecosistema de negocios propuesto por Moore (Moore, 1993) y Iansiti (Iansiti & Levien, 2004) con el fin de definir los ecosistemas *software* o ecosistemas tecnológicos.

Existe un gran número de definiciones de ecosistema natural, pero todas hacen referencia a tres elementos principales: los organismos o factores bióticos; las relaciones entre los organismos; y el medio físico o factores abióticos. La definición de ecosistema tecnológico propuesta en trabajos previos (García-Holgado & García-Peñalvo, 2013) extrapola estos elementos al ámbito de la tecnología de tal forma que los componentes *software* y las personas que forman el ecosistema tecnológico se corresponden con los factores bióticos; los flujos de información representan o establecen las relaciones entre los organismos; y los factores abióticos son los elementos que permiten el funcionamiento del ecosistema (hardware, conexión de red, etc.). De esta forma, un ecosistema tecnológico es un conjunto usuarios y componentes *software* que se relacionan entre sí mediante flujos de información en un medio físico que proporciona el soporte para dichos flujos.

Los ecosistemas tecnológicos se posicionan como la evolución de los sistemas de información tradicionales con dos elementos clave a destacar. En primer lugar, los ecosistemas tecnológicos tienen una fuerte componente evolutiva basada en la integración de diferentes herramientas *software* capaces de evolucionar por separado y en conjunto con el fin de adaptarse a las necesidades cambiantes del contexto. En segundo lugar, las personas son un componente fundamental del ecosistema, no solo meros usuarios que interaccionan con el sistema sino elementos que dirigen la evolución y funcionamiento del mismo.

Los ecosistemas tecnológicos se pueden orientar a diferentes dominios, dependiendo de los problemas que resuelvan. En el ámbito educativo, los ecosistemas tecnológicos para el aprendizaje plantean una verdadera red de

servicios de aprendizaje más allá de proporcionar una colección de tecnologías de moda (García-Peñalvo, Hernández-García, Conde-González, Fidalgo-Blanco, Sein-Echaluce Lacleta, et al., 2015; García-Peñalvo, Hernández-García, Conde-González, Fidalgo-Blanco, Sein-Echaluce, et al., 2015; Llorens, 2009, 2011). Estos ecosistemas tecnológicos permiten establecer ecologías de aprendizaje, entornos de aprendizaje con una fuerte componente interactiva que permiten el intercambio de conocimiento de manera informal y desestructurada.

El uso de las tecnologías de la información en el aprendizaje y gestión del conocimiento en un futuro cercano estará marcado por la personalización y la adaptabilidad (Llorens, 2014). Los ecosistemas de aprendizaje deberán ser capaces de incorporar las herramientas emergentes para la gestión del conocimiento, así como retirar aquellas que queden obsoletas o que los usuarios no utilicen. Los ecosistemas deberán ser capaces de soportar el incremento de la complejidad interna para ofrecer de forma transparente más funcionalidad y más sencillez a los usuarios.

Las herramientas *software* que componen un ecosistema son elementos independientes que se integran para proporcionar una funcionalidad adicional y mejorar la experiencia del usuario final. En un ecosistema pueden y deben colaborar herramientas desarrolladas en diferentes lenguajes, con requisitos *software* y *hardware* distintos para su correcto funcionamiento.

En este contexto, la definición y desarrollo de ecosistemas de aprendizaje independientes de plataforma se constituye como un objetivo principal a la hora de mejorar este tipo de soluciones para la gestión del conocimiento.

El presente trabajo tiene como principal objetivo proporcionar un caso de estudio que permita dar soporte a la validación del metamodelo para la definición de ecosistemas de aprendizaje planteado en un trabajo previo (García-Holgado & García-Peñalvo, 2017). De esta forma se pretende lograr el desarrollo guiado por modelos (MDD) de ecosistemas de aprendizaje. Se ha realizado el modelo de un ecosistema de aprendizaje para la gestión del conocimiento en programas de doctorado siguiendo el marco de trabajo *Model-Drive Architecture* (MDA) propuesto por el *Object Management Group* (OMG).

En las siguientes secciones se presenta la metodología utilizada, el contexto del ecosistema de aprendizaje modelado, la definición del modelo conceptual a partir del metamodelo para la definición de ecosistemas tecnológicos y, por último, las conclusiones.

2. CONTEXTO

El ecosistema de aprendizaje para la gestión del conocimiento en programas de doctorado se trata de una solución *software* desarrollada en el contexto del Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca (España) bajo el Real Decreto 99/2011.

El Programa tiene un enfoque totalmente interdisciplinar soportado principalmente por grupos de investigación reconocidos por la Universidad de Salamanca.

El objetivo principal de este Programa de Doctorado es poner de relieve los procesos de enseñanza-aprendizaje como motor de la Sociedad del Conocimiento, con el fin de discutir y generar nuevos conocimientos sobre el aprendizaje como elemento clave de la Sociedad del Conocimiento, incluyendo tanto los estudios de ciencias sociales como los nuevos avances tecnológicos (García-Holgado, García-Peñalvo, & Rodríguez Conde, 2015).

En este contexto, el ecosistema de aprendizaje proporciona un entorno en el que los estudiantes puedan gestionar todo el conocimiento que generan a lo largo de sus estudios de doctorado. Así mismo, el ecosistema permite dar visibilidad y difundir dicho conocimiento, de tal forma que el trabajo realizado por los investigadores nobeles tenga un mayor impacto a nivel nacional e internacional. Para alcanzar dichos objetivos el ecosistema de aprendizaje combina tecnología y metodología para proporcionar las herramientas necesarias tanto a los estudiantes del Programa como a los docentes y colaboradores.

Los principales componentes del ecosistema son el Portal de Doctorado (<https://knowledgesociety.usal.es>) y un conjunto de herramientas sociales externas tales como SlideShare para compartir presentaciones o un canal de Youtube para compartir seminarios y conferencias que tienen lugar como parte de las actividades del Programa.

Así mismo, el ecosistema de aprendizaje ha sido transferido a otros contextos, concretamente a dos universidades mexicanas. En primer lugar, al Instituto Tecnológico de Monterrey para dar soporte al Programa de Doctorado en Innovación Educativa de la Escuela de Educación, Humanidades y Ciencias Sociales.

En segundo lugar, a la Universidad de Guadalajara para dar soporte al conocimiento generado en el Centro de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (CICAN) tanto por el Máster como por el Doctorado en Ciencia del Comportamiento con Orientación en Alimentación y Nutrición.

3. DESCRIPCIÓN

El modelo planteado está basado en un patrón arquitectónico obtenido a partir de diagramas BPMN (*Business Process Model and Notation*) (García-Holgado & García-Peñalvo, 2016) cuya definición se sustenta en el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) de las experiencias extraídas de diferentes proyectos de desarrollo de ecosistemas de aprendizaje (García-Holgado & García-Peñalvo, 2014).

El patrón arquitectónico se compone de cuatro capas: presentación, servicios, gestión de datos estáticos e infraestructura; además de dos flujos de datos de entrada que permiten introducir el factor humano como un elemento clave.

Para permitir el modelado a partir del patrón arquitectónico se ha desarrollado un metamodelo de ecosistema tecnológico

utilizando el marco de trabajo MDA. Este metamodelo no se centra en la captura de requisitos relacionados con los componentes *software* o humanos del ecosistema. Los componentes son cajas negras y el metamodelo no busca describir cada componente ya que el objetivo del mismo es poder definir ecosistemas de aprendizaje que conecten y adapten componentes existentes; por tanto el metamodelo se centra en capturar los elementos de modelado necesarios para definir las relaciones entre componentes (García-Holgado & García-Peñalvo, 2017).

Finalmente, el proceso de definición del modelo que se ha llevado a cabo en el presente trabajo, ha utilizado MDA para definir un modelo de nivel M1 dentro de la arquitectura de cuatro capas de OMG. Las capas de dicha arquitectura son: la capa M3 que representa la capa de meta-metamodelo que en este caso es el lenguaje propuesto por OMG para MDA, *Meta Object Facility* (MOF); la capa M2, que es la capa de modelado; la capa M1 que es la de modelado; y la M0, la capa de objetos de usuario.

4. RESULTADOS

La definición del modelo conceptual del ecosistema de aprendizaje para la gestión de conocimiento en programas de doctorado se ha realizado definiendo tres vistas o paquetes a partir del metamodelo de nivel M2 definido en García-Holgado and García-Peñalvo (2017).

En primer lugar, en la vista de herramientas *software* (Figura 1), la clase *PhDEcosystem* representa el ecosistema en sí mismo, realizando la función de contenedor. Esta clase se instancia a partir de la clase *Ecosystem* que es el elemento central del metamodelo. El resto de componentes *software* están relacionados con el ecosistema a través de una relación de composición, de tal forma que si el ecosistema desaparece todos sus componentes desaparecerán; en cambio, si uno de los componentes se elimina el ecosistema y el resto de componentes permanecerán inmutables.

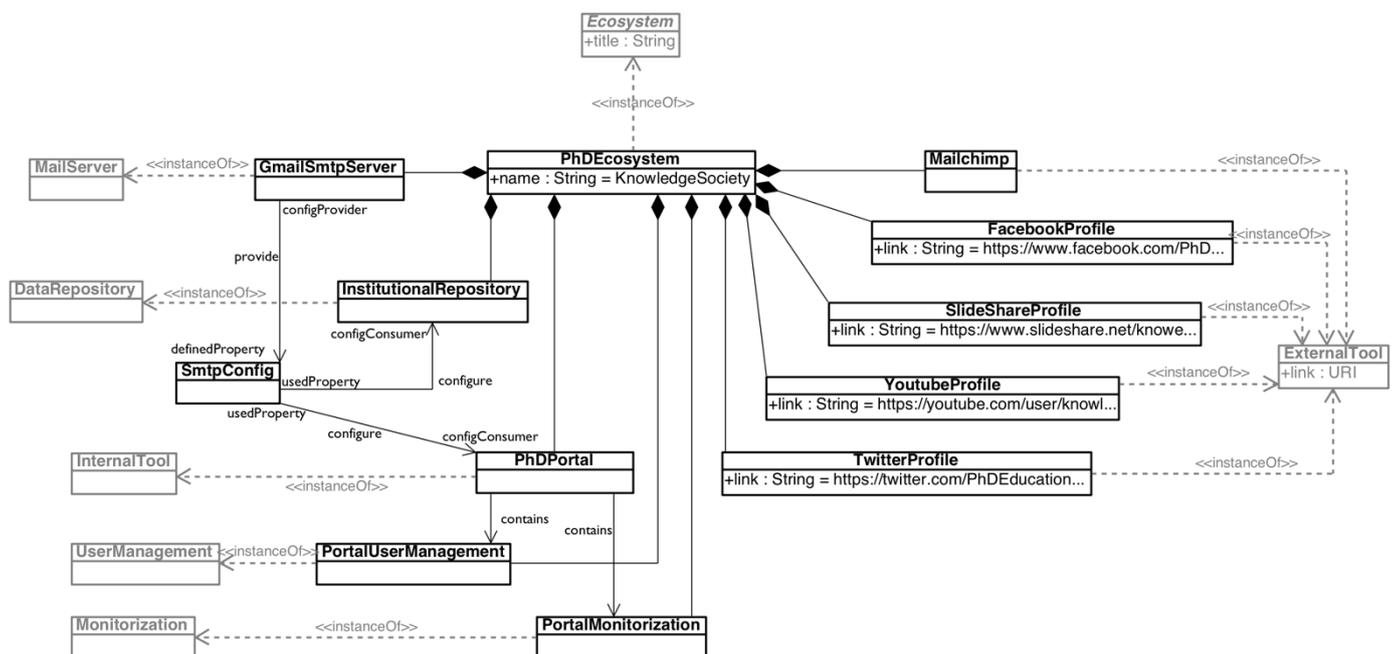


Figura 1. Vista de las herramientas *software* del ecosistema de aprendizaje

Los componentes *software* de un ecosistema pueden ser de muchos tipos. En el patrón arquitectónico se identifican una serie de herramientas que todo ecosistema de aprendizaje debe contener para dar solución a gran parte de los problemas detectados en los ecosistemas previamente implementados. Estos componentes son: un sistema de gestión de usuarios; un sistema de monitorización que permita controlar lo que ocurre en el sistema; y dar soporte a la toma de decisiones cuando sea oportuno y un servidor de correo. Además, todos estos componentes, aunque funcionan de forma independiente, tienen como objetivo dar soporte a otras herramientas, de tal forma que para que se pueda considerar un ecosistema de aprendizaje al menos deberá haber otro componente *software* interno.

Estas condiciones que todo ecosistema que implementa el patrón arquitectónico debe poseer, se reflejan en el modelo instanciando componentes *software* que representen cada uno de los elementos mencionados. En cambio, a nivel de metamodelo, es necesario definir un conjunto de restricciones en lenguaje OCL (*Object Constraint Language*) que aseguren su cumplimiento cada vez que se definan nuevos modelos de ecosistema.

Así mismo, los diferentes tipos de componentes *software* se pueden abstraer en una jerarquía que proporcione la estructura base para incluir nuevos tipos de componentes cuando sea necesario (Figura 2). Además, un componente puede formar parte de otro, lo cual establece una relación reflexiva en el supertipo de la parte superior de la jerarquía, para que cualquier

tipo de componente pueda contener a cualquier otro, inclusive a uno del mismo tipo.

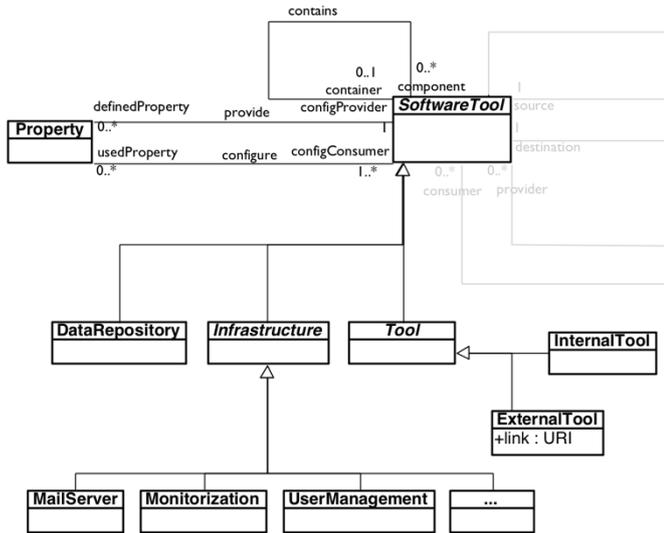


Figura 2. Jerarquía de tipos de componentes software en el metamodelo

Destacar los componentes *software* externos, que representan elementos con los que el ecosistema establece flujos de información, pero cuya definición y desarrollo no es parte del ecosistema (*Mailchimp*, *FacebookProfile*, *TwitterProfile*, etc.). Debido a que son componentes que no están bajo el control del ecosistema, es necesario conocer cómo acceder a los mismos, por este motivo cada uno de estos componentes tiene un atributo con la dirección de acceso al recurso. A partir de esta situación se puede generalizar de tal forma que el tipo *ExternalTool* en el metamodelo requiera la definición de un atributo que permita identificar la dirección.

Finalmente, la integración de dos o más componentes puede establecerse de dos formas: (1) a través de flujos de información como se refleja en la vista del modelo de la Figura 5; (2) mediante ficheros de configuración que establecen protocolos de comunicación o flujos de información predefinidos en el componente sin necesidad de realizar ningún tipo de definición o desarrollo. Esta segunda opción se ve en el modelo mediante la propiedad *SmtplibConfig* que proporciona el servidor de correo, *GmailSmtplibServer*, y que son utilizadas por el repositorio de información del ecosistema, *InstitutionalRepository*, y el portal de doctorado, *PhDPortal*. Esta propiedad no es opcional, es decir, dado que todo ecosistema debe tener un servidor de correo, es necesario que las herramientas puedan conectarse al mismo y para ello deberá proporcionarse los datos de conexión. Esta restricción también debe indicarse mediante OCL en el metamodelo para completar la definición del tipo *Property*.

La segunda vista o paquete modela el factor humano del ecosistema (Figura 5). En el Programa de Doctorado existen dos factores humanos clave, el comité académico (*AcademicCommittee*), que realizar tareas de gestión (*PhDGuidelines*, *PhDProcedures*); y el comité de calidad (*QualityCommittee*), cuyo objetivo es asegurar la calidad del programa a través de un plan de calidad (*QualityPlan*). Estos

elementos también son componentes del ecosistema y por tanto deben establecer una relación de composición con el mismo. Además, siguiendo el patrón arquitectónico, todo ecosistema de aprendizaje debe tener dos flujos de información, uno metodológico y otro de gestión, que introducen el factor humano como elemento clave. Todos estos elementos se pueden abstraer en el metamodelo a través de una jerarquía de tipos que permita instanciar tanto componentes tecnológicos como componentes relacionados con el factor humano (Figura 3). Una restricción en OCL que obligue a que todo ecosistema instanciado a partir del metamodelo contenga al menos una instancia de tipo *Methodology* y una de tipo *Management*, asegure la concordancia con el patrón arquitectónico.

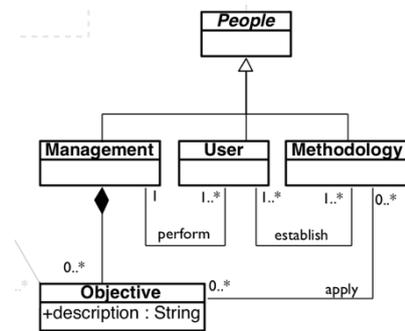


Figura 3. Jerarquía de tipos relacionados con el factor humano en el metamodelo

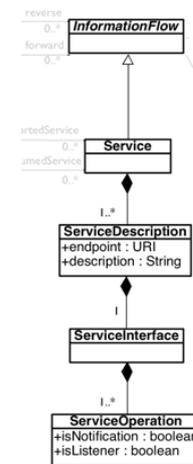


Figura 4. Tipos del metamodelo para definir servicios web

Respecto a la definición de las relaciones entre componentes *software*, además de los ficheros de configuración ya mencionados, esta se realiza en base a unos objetivos marcados por la gestión y guiados por la metodología. Esta terna, flujos de información, objetivos y metodología, permite facilitar la evolución del ecosistema debido a que todas las conexiones y dependencias entre elementos están claramente identificadas y soportadas en base al factor humano.

Cada objetivo definido debe tener asociado un flujo de información implementado a través de uno o varios servicios web que aseguren una alta cohesión y un bajo acoplamiento entre los componentes integrados. En la Figura 6 se observa

como cada objetivo define un servicio, o dos en el caso de *AutopostService*. Los servicios son proporcionados y consumidos por los componentes *software* del ecosistema, por ejemplo, el repositorio institucional proporciona un servicio para publicar automáticamente documentos y el portal de doctorado hace uso de dicho servicio (*PublicationService*). Cada elemento de la vista se corresponde con un tipo definido en el metamodelo. La definición de servicios se basa en el metamodelo propuesto por Jegadeesan and Balasubramaniam (2008).

Los servicios web permiten establecer conexiones de cualquier tipo entre dos herramientas de forma casi transparente. Si un servicio web deja de funcionar o cambia el ecosistema continuará funcionando. Igualmente, si el componente que proporciona el servicio cambia basta con reemplazar ese servicio o eliminar la relación que se establece entre el consumido y el servicio que ya no existe. El modelo refleja la interoperabilidad entre los elementos que existen en el ecosistema real del Programa de Doctorado, y la abstracción de esa interoperabilidad en el metamodelo se centra en los tipos que aparece en la Figura 4.

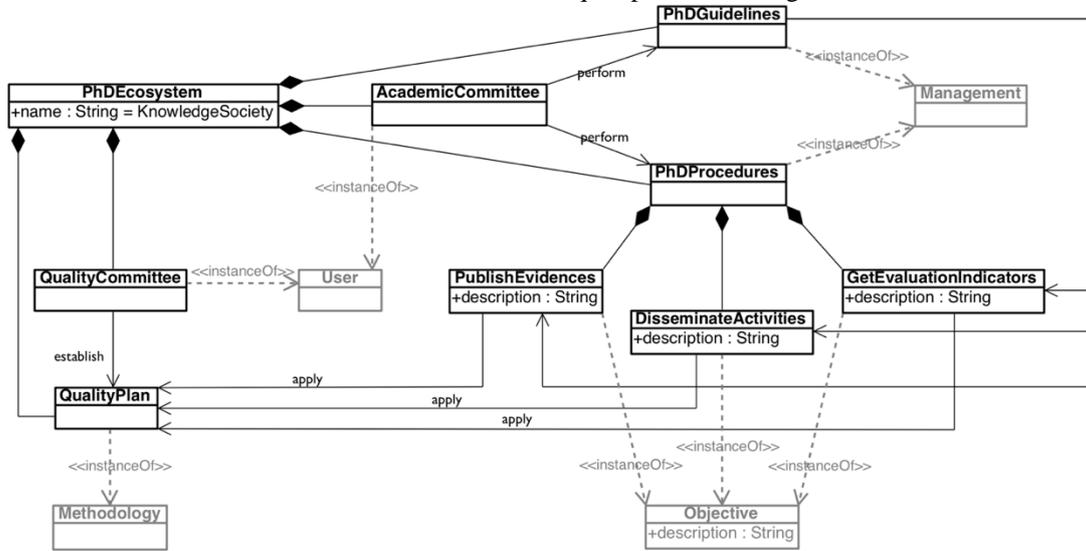


Figura 5. Vista de los componentes relacionados con el factor humano del ecosistema de aprendizaje

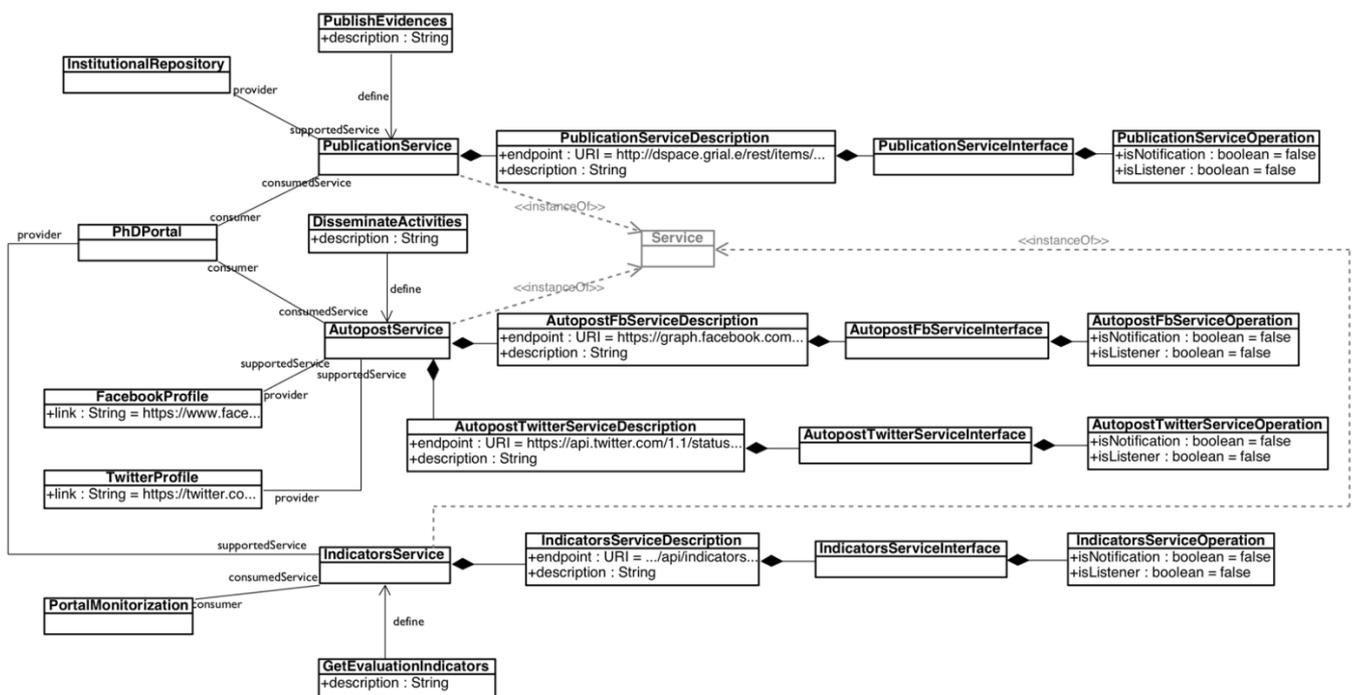


Figura 6. Vista de las relaciones entre componentes del ecosistema de aprendizaje

5. CONCLUSIONES

El marco MDA permite definir sistemas independientes de plataforma a través del modelado conceptual desde diferentes niveles de abstracción. Este planteamiento, aplicado al contexto de los ecosistemas tecnológicos y en particular de los ecosistemas de aprendizaje, permite resolver uno de los principales problemas a la hora de definir y desarrollar este tipo de soluciones *software*, ya que una de sus principales características es la integración de componentes software heterogéneos.

La definición del metamodelo definido en (García-Holgado & García-Peñalvo, 2017) ha permitido modelar un ecosistema de aprendizaje real, el ecosistema para la gestión del conocimiento en programas de doctorado. El modelo planteado encaja con los diferentes elementos del metamodelo y cumple las diferentes condiciones definidas mediante reglas OCL.

Este trabajo sienta las bases para validar el metamodelo para la definición de ecosistemas de aprendizaje. La validación se completará con otro caso de estudio y posteriormente se definirán las reglas de transformación necesarias para automatizar el mapeo de un nivel a otro de la arquitectura de cuatro capas de OMG, es decir, para permitir la definición de modelos de ecosistemas de aprendizaje a partir del metamodelo propuesto. Así mismo, las reglas de transformación permitirán realizar la transformación inversa, abstraer de metamodelo a partir de los modelos, de tal forma que el trabajo manual que se ha desarrollado en las secciones previas se realice de forma automática.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado dentro del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca <http://knowledgesociety.usal.es> con financiación del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España para la Formación de Profesorado Universitario (FPU014/04783).

El trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España a través del proyecto DEFINES (Ref. TIN2016-80172-R).

REFERENCIAS

- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2013). The evolution of the technological ecosystems: an architectural proposal to enhancing learning processes *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM'13) (Salamanca, Spain, November 14-15, 2013)* (pp. 565-571). New York, NY, USA: ACM.
- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2014). Patrón arquitectónico para la definición de ecosistemas de eLearning basados en desarrollos open source. In J. L. S. Rodríguez, J. M. D. Beardo, & D. Burgos (Eds.), *Proceedings of 2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE) (Logroño, La Rioja, Spain, November 12-14, 2014)* (pp. 137-142). Logroño, La Rioja, España: Universidad Internacional de la Rioja (UNIR).
- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2016). Architectural pattern to improve the definition and

implementation of eLearning ecosystems. *Science of Computer Programming*, 129, 20-34. doi:10.1016/j.scico.2016.03.010

- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2017). A Metamodel Proposal for Developing Learning Ecosystems. In P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems. LCT 2017. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10295). Cham: Springer.
- García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., & Rodríguez Conde, M. J. (2015). Definition of a Technological Ecosystem for Scientific Knowledge Management in a PhD Programme *Proceedings of the Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15) (Porto, Portugal, October 7-9, 2015)* (pp. 695-700). New York, NY, USA: ACM.
- García-Peñalvo, F. J., & García-Holgado, A. (Eds.). (2017). *Open Source Solutions for Knowledge Management and Technological Ecosystems*: IGI Global.
- García-Peñalvo, F. J., Hernández-García, Á., Conde-González, M. Á., Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce Laleta, M. L., Alier-Forment, M., . . . Iglesias-Pradas, S. (2015). Mirando hacia el futuro: Ecosistemas tecnológicos de aprendizaje basados en servicios. In Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Laleta, & F. J. García-Peñalvo (Eds.), *La Sociedad del Aprendizaje. Actas del III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad. CINAIC 2015 (14-16 de Octubre de 2015, Madrid, España)* (pp. 553-558). Madrid, Spain: Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.
- García-Peñalvo, F. J., Hernández-García, Á., Conde-González, M. Á., Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., Alier, M., . . . Iglesias-Pradas, S. (2015). *Learning services-based technological ecosystems*. Paper presented at the Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality.
- Iansiti, M., & Levien, R. (2004). Strategy as ecology. *Harvard Business Review*, 82(3), 68-78.
- Jegadeesan, H., & Balasubramaniam, S. (2008). An MOF2-based Services Metamodel. *Journal of Object Technology*, 7(8), 71-96.
- Llorens, F. (2009). La tecnología como motor de la innovación educativa. Estrategia y política institucional de la Universidad de Alicante. *Arbor*, 185(Extra), 21-32.
- Llorens, F. (2011). La biblioteca universitaria como difusor de la innovación educativa. Estrategia y política institucional de la Universidad de Alicante. *Arbor*, 187(Extra_3), 89-100.
- Llorens, F. (2014). Campus virtuales: De gestores de contenidos a gestores de metodologías. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 42, 1-12.
- Moore, J. F. (1993). Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.