



Hacia una Arquitectura para Apoyar el Aprendizaje Ubicuo en Múltiples Dominios Utilizando Datos Abiertos Enlazados

Pablo García Zarza, Miguel L. Bote Lorenzo, Juan I. Asensio Pérez,
Eduardo Gómez Sánchez, Guillermo Vega Gorgojo

Dept. Teoría de la Señal, Comunicaciones e Ingeniería Telemática, E.T.S.I. de Telecomunicación, Univ. de Valladolid
Campus Miguel Delibes, Paseo de Belén 15, 47011 Valladolid
{pablogz@gsic, [migbot, juaase, edugom, guiveg]}@tel}.uva.es

El aprendizaje ubicuo (*ubiquitous learning*, UL) puede tener lugar en cualquier lugar y momento. Ofrece ventajas como el acceso remoto a los materiales educativos y su adaptación a los estudiantes. A menudo los profesores quieren diseñar situaciones de UL que implican la creación y gestión de cosas espaciales (lugares de interés desde una perspectiva educativa) y tareas de aprendizaje. Este trabajo no es trivial ya que requiere recopilar datos como las coordenadas de las cosas espaciales y enlazar las tareas de aprendizaje a esas ubicaciones. Afortunadamente, los repositorios de datos abiertos, en particular los Datos Abiertos Enlazados (LOD), pueden utilizarse como fuentes de información para situaciones de UL. Esto facilita el trabajo de autoría de los profesores. Por ello, existen aplicaciones que utilizan LOD para apoyar el UL en dominios específicos. Sin embargo, el diseño de este tipo de aplicaciones basadas en LOD no es sencillo. Además, a los profesores les podría resultar útil permitir utilizarlas en diferentes contextos de aprendizaje, incluyendo otras áreas geográficas o nuevos temas educativos. Con este objetivo, en este póster se propone una arquitectura software que simplifica la puesta en marcha de situaciones de UL mediante el uso de LOD. Esta arquitectura proviene del análisis de cuatro aplicaciones de UL. La arquitectura consta de componentes que controlan la gestión de los recursos educativos, las acciones de los usuarios y el análisis de estas acciones. Además, se ha llevado a cabo una implementación de la arquitectura a través de una aplicación utilizada por profesores y estudiantes en una situación de aprendizaje real.

Palabras Clave—servicios de apoyo al aprendizaje, arquitectura orientada a servicios, aprendizaje ubicuo, web semántica, LOD

I. INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones y la educación se han vuelto cada vez más interdependientes, especialmente con el auge del aprendizaje digital. Esta tendencia fue la que llevó a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*International Telecommunication Union*, ITU) a elaborar un informe en 2012 [1] sobre el estado de la estandarización de

las tecnologías de apoyo al aprendizaje, con la participación de diversas organizaciones como el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la ITU (ITU-T) y el Comité de Estándares de Tecnología Educativa del IEEE. El informe destacó la necesidad de nuevas normas para abordar la «desconexión entre el desarrollo y la implementación de tecnologías educativas» que era evidente en aquel momento. Desde entonces, la ITU-T ha publicado numerosos estándares oficiales relacionados con la tecnología educativa. Estos estándares abordan cuestiones como la especificación de requisitos para los servicios de apoyo al aprendizaje y la definición de arquitecturas de referencia para servicios de aprendizaje que puedan dar soporte a diversos paradigmas educativos, incluido el aprendizaje ubicuo (por ejemplo, [2], [3]).

El aprendizaje ubicuo (*ubiquitous learning*, UL) se define como aquel que, apoyado por la tecnología, puede tener lugar en cualquier lugar y momento a través de múltiples espacios [4], [5]. Este enfoque de aprendizaje difumina las distinciones entre las situaciones de aprendizaje que se producen dentro y fuera del aula gracias a la popularización y el uso de las tecnologías móviles. Bomsdorf [6] destaca los principales beneficios del UL para los estudiantes. Los profesores que deseen que sus estudiantes se aprovechen del UL tendrán que crear los recursos educativos necesarios. Estos recursos consistirán en las cosas espaciales (*spatial things*, ST) en las que quieran desarrollar la situación educativa (lugares de interés para el dominio como catedrales en el dominio del patrimonio cultural, árboles en el dominio forestal, etc.), las tareas de aprendizaje asociadas a estos lugares y el orden en el que los estudiantes deberán realizar las tareas. La autoría de estos recursos no es trivial [7] y puede tener un impacto significativo en la carga de trabajo de los profesores.

Existen muchas aplicaciones de UL que tienen como

objetivo apoyar a los profesores. Para reducir la carga de los profesores algunas aplicaciones utilizan datos abiertos (*Open Data*, OD) para facilitar la puesta en marcha de situaciones de UL. Los Datos Abiertos Enlazados [8] (*Linked Open Data*, LOD) destacan para ser utilizados en UL. Esto es debido al gran volumen de datos de distintos dominios que se almacenan como LOD. La creciente relevancia de LOD puede observarse en Wikidata –el repositorio LOD más importante en la actualidad– que ha pasado de almacenar unos 15 millones de entidades en agosto de 2014 a más de 117 en junio de 2025¹. Además, otra de las características de LOD son las relaciones que se pueden establecer entre repositorios de distintas organizaciones ya que permiten la navegabilidad entre recursos. Esto resulta útil para la creación de situaciones de UL y facilita la reutilización de datos. Por ejemplo, un repositorio LOD que almacena información sobre árboles singulares de un país puede vincular sus entidades con la especie arbórea correspondiente de Wikidata. Esto permite que una aplicación que utilice dicho repositorio de árboles singulares obtenga datos adicionales que ofrecer a los profesores cuando diseñen la situación de aprendizaje.

Las aplicaciones que ofrecen un mayor nivel de apoyo a los docentes pueden ser complicadas de diseñar y desarrollar. En este artículo proponemos una arquitectura software para facilitar el diseño de aplicaciones de apoyo al aprendizaje ubicuo multidominio que utilicen LOD. Se han analizado las funcionalidades ofrecidas por cuatro aplicaciones de UL que utilizan distintos tipos de datos para encontrar elementos comunes que se reflejen en la arquitectura. Un elemento común a todas estas aplicaciones es el uso de un mapa para visualizar ST y la creación de recursos de aprendizaje. Además, en algunos casos es posible realizar un seguimiento de los estudiantes mientras completan las tareas. Para comprobar la validez de la propuesta, se ha implementado un prototipo basado en la arquitectura que ha sido utilizado por dos profesores y sus estudiantes en una situación de aprendizaje auténtica.

El resto del documento se organiza de la siguiente forma. En la sección II se describen las principales funciones de las aplicaciones de UL estudiadas. La arquitectura propuesta se presenta y describe en la sección III. En la sección IV se describe el prototipo basado en la arquitectura propuesta. Finalmente, en la sección V se discuten las conclusiones y el trabajo futuro.

II. ANÁLISIS DE APLICACIONES DE APRENDIZAJE UBICUO

El análisis de esta sección tiene como objetivo extraer los componentes que formarían parte de una arquitectura software que permita apoyar la creación de aplicaciones de UL para distintos dominios. Una parte de las aplicaciones de UL se limita a hacer uso de datos propios lo que puede dar lugar a los problemas mencionados en la sección I. SituLearn² es una aplicación representativa de este tipo ya que permite compartir recursos educativos entre docentes

dentro de su propia plataforma, pero actúa como un silo de datos para el resto de aplicaciones de UL. En cambio, MeLOD [7], EducaWood³ y CHEST [9] obtienen parte de sus datos de repositorios abiertos. Además, permiten la reutilización de sus recursos puesto que los publican como LOD. A continuación, se analizan las principales características de las aplicaciones mencionadas y que se muestran resumidas en la Tabla I.

SituLearn es un conjunto de aplicaciones de código abierto. SituLearn-Editor (herramienta de autoría) permite la creación de situaciones de UL de distintos dominios (como historia o geografía) compuestas por ST y tareas de aprendizaje. Opcionalmente, estas situaciones de aprendizaje pueden ser compartidas por los usuarios del SituLearn-Editor. Las tareas de aprendizaje disponibles son preguntas de opción múltiple (*Multiple Choice Question*, MCQ), MCQ con imagen y texto (una sola palabra). Los tres tipos de tareas permiten ofrecer realimentación a los estudiantes. Los datos generados por los profesores se almacenan en su base de datos privada. Los estudiantes pueden acceder a estos recursos y realizar las situaciones de UL a través de SituLearn-Player. Mientras los estudiantes completan las tareas sus profesores pueden hacer un seguimiento de su progreso utilizando SituLearn-Monitor.

MeLOD es una aplicación para apoyar situaciones de UL que tengan lugar al visitar una ciudad. Los datos de las ST se recuperan de repositorios LOD (como DBpedia). Los usuarios pueden personalizar los tipos de ST que desean recibir. Además, pueden votar (mediante valoraciones y comentarios) los ST que visitan. Las preferencias y los datos generados por los usuarios al utilizar MeLOD (por ejemplo, al visitar un ST) se almacenan como LOD. Usando su panel de control se pueden analizar estos datos.

EducaWood es una aplicación diseñada para su uso en educación forestal. Los usuarios pueden crear anotaciones de árboles mediante el uso de formularios. Aparte de estas anotaciones, EducaWood recupera y muestra información de repositorios LOD externos (como Wikidata). Las anotaciones pueden ser completadas de forma colaborativa por varios usuarios (por ejemplo, un usuario indica las coordenadas del árbol y otro determina su especie y adjunta una fotografía). EducaWood solo admite la tarea de anotar árboles por el momento. Los estudiantes pueden descargar la información disponible en EducaWood.

CHEST pretende apoyar a los profesores en la creación de situaciones de UL del ámbito del patrimonio cultural. Los datos sobre las ST se recuperan de fuentes de OD (OpenStreetMap) y de repositorios LOD (como Wikidata). Los profesores pueden crear nuevas ST (basándose en datos que CHEST recupera de LOD). Además de las ST, los profesores pueden crear distintos tipos de tareas de aprendizaje (fotografía, preguntas de opción múltiple, texto, etc.) asociadas a estos lugares. Por último, los profesores pueden utilizar CHEST para crear itinerarios compuestos por ST y tareas de aprendizaje. Todos estos datos se almacenan como LOD. Los estudiantes pueden seguir los itinerarios a través de la misma aplicación.

¹<https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Statistics>

²<https://situlearn.univ-lemans.fr/>

³<https://educawood.gsic.uva.es/>

Tabla I
RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS APLICACIONES DE APRENDIZAJE UBICUO ANALIZADAS.

	SituLearn	MeLOD	EducaWood	CHEST
Dominio	Ciencias de la Tierra, Historia, Geografía, Educación Física	Patrimonio cultural	Educación forestal	Patrimonio cultural
Autoría del usuario	ST, tareas, itinerarios		ST	ST, tareas, itinerarios
Tipos de tareas	MCQ, imagen con MCQ, texto	Valoración y comentarios	Anotación de árboles	MCQ, texto, fotografía (múltiple)
Fuentes de datos externas		DBpedia, Europeana, GeoName	Wikidata, IFN	OpenStreetMap, Wikidata, DBpedia
Publicación de datos	Datos privados	LOD	LOD	LOD
Monitorización	Sí	Sí		

III. HACIA UNA ARQUITECTURA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE UBICUO

Los principales componentes de la arquitectura software propuesta para posibilitar la puesta en marcha de aplicaciones de UL en múltiples dominios utilizando OD se muestran en la Fig. 1. Estos componentes se derivan del análisis realizado en la sección II y de la experiencia adquirida diseñando e implementando aplicaciones de UL.

Los componentes **gestor de ST**, **gestor de tareas de aprendizaje** y **gestor de itinerarios** serían los responsables de responder a las solicitudes relacionadas con los recursos de aprendizaje. Estos módulos responden al hecho de que en todas las aplicaciones revisadas en la sección II se definen ST. A estas ST se les suele asociar tareas de aprendizaje. Dentro de estos módulos se deberá gestionar una memoria caché que permita reducir el número de consultas que se realicen a repositorios externos. Estas memorias también buscan reducir los tiempos de respuesta. En el módulo del gestor de ST se deberán incorporar adaptadores para que sea posible recuperar información de múltiples repositorios (locales o externos y que puedan gestionar OD y LOD). Además, tanto CHEST como SituLearn ofrecen a los profesores la posibilidad de agregar situaciones de UL complejas mediante la combinación de tareas y ST. Este módulo deberá hacer consultas a los gestores de ST y tareas de aprendizaje para conseguir sus recursos. Dado que la aplicación de UL deberá permitir

que los estudiantes completen las tareas propuestas (como en SituLearn, MeLOD, EducaWood y CHEST), el gestor de tareas de aprendizaje deberá administrar sus respuestas. Estos datos se deberán incorporar al perfil del estudiante en la base de datos privada de la aplicación.

El **gestor de usuarios** controla la identificación de los usuarios y los roles que pueden asumir. Con estos roles se controlarán las acciones que puede realizar cada usuario. Por ejemplo, mientras que en CHEST y SituLearn solamente los usuarios con rol de docente pueden crear nuevos recursos de aprendizaje, en EducaWood todos los usuarios registrados pueden añadir nueva información.

El **gestor de monitorización** es el responsable de supervisar las acciones realizadas por los usuarios. Puede ser utilizado por los profesores para hacer un seguimiento de las acciones que realizan sus estudiantes. Así, podrán consultar las tareas que los estudiantes han completado, los lugares que han visitado, sus preferencias, etc.

El medio para acceder a estos componentes será a través de una API. Gracias a ello, cada componente de esta arquitectura se puede implementar, parcial o completamente, en distintas partes de la aplicación software. Por ejemplo, los adaptadores de las ST solo serán necesarios en la aplicación software donde se realicen peticiones a las fuentes de información externa.

IV. NEST: UN EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA

NEST⁴ es un prototipo diseñado para ayudar a profesores de todo el mundo a poner en marcha situaciones de UL en el dominio del aprendizaje forestal en medios urbanos y vida activa. Esta aplicación se basa en la arquitectura propuesta en la sección III. NEST hace uso del gestor de ST para recuperar ST de repositorios de OD (como OpenStreetMap) y LOD (Wikidata y su propio repositorio). Además, los profesores pueden crear otras ST que no se encuentren en la aplicación, tareas de aprendizaje e itinerarios haciendo uso, de forma transparente, del gestor correspondiente en cada caso. Los estudiantes pueden seguir los itinerarios diseñados por los profesores y resolver las tareas que les propongan. El prototipo NEST fue utilizado por dos profesores. Estos profesores crearon 49 ST, 146 tareas y 5 itinerarios. En una entrevista realizada a los profesores una vez que finalizaron la actividad con

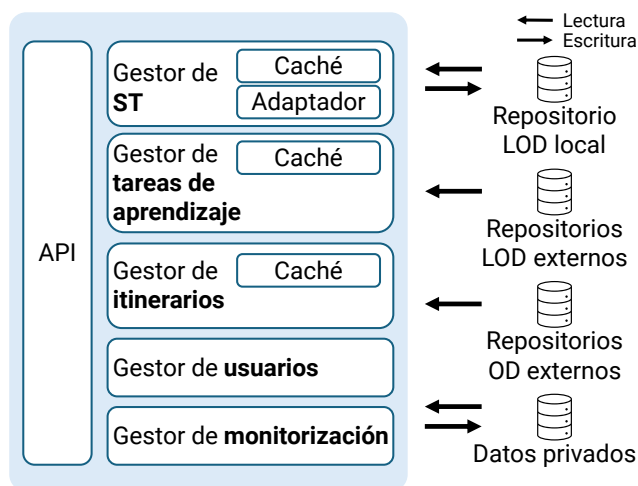


Fig. 1. Arquitectura propuesta para aplicaciones de UL.

⁴<https://nest.gsic.uva.es>

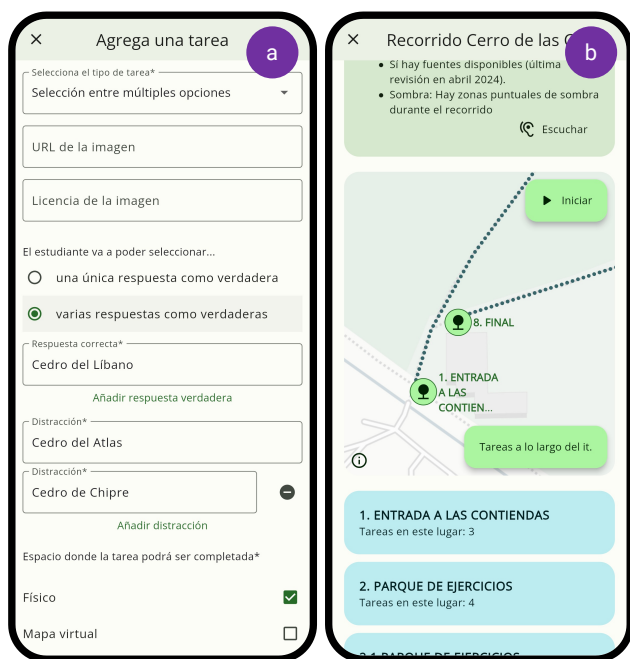


Fig. 2. Capturas de pantalla de NEST. (a) Creación de una tarea de aprendizaje. (b) Información de un itinerario.

NEST indicaron que «NEST es intuitiva» y «la creación de los recursos de aprendizaje ubicuo es sencilla». Según estos profesores, NEST «fomenta la autonomía de los participantes» y destacan su «sistema colaborativo». 22 de sus estudiantes completaron más de 1000 tareas.

NEST fue diseñada como una aplicación cliente-servidor. El cliente (Fig. 2) fue desarrollado utilizando Flutter⁵ para poder crear aplicaciones con un único código para múltiples plataformas (como web, Android e iOS). Sus interfaces se basan en mapas y formularios. Dependiendo del rol del usuario (profesor, estudiante o usuario sin registrar) podrá realizar unas acciones u otras. El servidor de NEST fue desarrollado usando Node.js⁶ y, entre otras funciones, se encarga de gestionar las consultas a los diferentes repositorios LOD. Tanto en el cliente como en el servidor de NEST contienen partes de los gestores de la arquitectura propuesta.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La arquitectura software que se ha propuesto es un primer paso hacia la creación de una aplicación genérica de apoyo al UL que podría personalizarse para diferentes dominios educativos. Esta aplicación podría hacer uso de múltiples repositorios de OD contribuyendo a reducir el esfuerzo de los docentes al crear y poner en marcha situaciones de UL. Con aplicaciones construidas sobre esta arquitectura, los docentes podrán crear tareas de aprendizaje vinculadas a ST y combinarlas en itinerarios (siendo apoyados en el uso de LOD). Además, podrán monitorizar a los estudiantes mientras realizan sus actividades.

⁵<https://flutter.dev/>

⁶<https://nodejs.org/>

Sin embargo, es necesario dar unos pasos previos para conocer diferentes aspectos de la actividad que los docentes desean desarrollar. Además, es necesario definir un modelo de datos que respalde este tipo de situaciones y que pueda ser utilizado en múltiples dominios. En este modelo de datos deben aparecer los conceptos que se han considerado en la arquitectura propuesta. Todos estos esfuerzos se deberán traducir en un proceso que defina los pasos y actores necesarios para realizar la personalización entre profesores e ingenieros de las aplicaciones de UL que utilicen LOD implementadas a partir de la arquitectura propuesta. En [10] se presentó una primera aproximación del proceso formado por varias etapas donde (etapa 1) diferentes ingenieros preparan adaptadores para utilizar datos de múltiples repositorios, (etapa 2) informan a los docentes para que puedan crear tareas de UL y (etapa 3) los docentes ponen en marcha sus situaciones de UL.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por los proyectos PID2023-146692OB-C32 y LOD.For.Trees (TED2021-130667B-I00) financiados por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE y por NextGenerationEU y MCIN/AEI. Pablo García Zarza ha sido financiado con cargo a la convocatoria de contratos predoctorales UVA 2022, cofinanciada por el Banco Santander.

REFERENCIAS

- [1] ITU-T, "Standards for technology-enabled learning," ITU-T Technology Watch Report, 2012. [Online]. Available: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000180001PDFE.pdf
- [2] ITU-T, "Service framework to support web objects based ubiquitous self-directed learning," ITU-T Recommendation Y.2241, 2017.
- [3] ITU-T, "Smart farming education service based on u-learning environment," ITU-T Recommendation Y.2246, 2021.
- [4] G.-J. Hwang, C.-C. Tsai, and S. J. H. Yang, "Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning," *Source: Journal of Educational Technology & Society*, vol. 11, pp. 81–91, 2008.
- [5] J. A. Muñoz-Cristóbal, L. P. Prieto, J. I. Asensio-Pérez, A. Martínez-Monés, I. M. Jorrín-Abellán, and Y. Dimitriadis, "Deploying learning designs across physical and web spaces: Making pervasive learning affordable for teachers," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 14, pp. 31–46, 10 2014.
- [6] B. Bomsdorf, "Adaptation of Learning Spaces: Supporting Ubiquitous Learning in Higher Distance Education," in *Mobile Computing and Ambient Intelligence: The Challenge of Multimedia*, ser. Dagstuhl Seminar Proceedings (DagSemProc), vol. 5181. Dagstuhl, Germany: Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2005, pp. 1–13.
- [7] G. Fulantelli, D. Taibi, and M. Arrigo, "A semantic approach to mobile learning analytics," in *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*, ser. TEEM '13. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013, p. 287–292.
- [8] T. Berners-Lee, "Linked data - design issues," 7 2006. [Online]. Available: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData>
- [9] P. García-Zarza, M. L. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, and J. I. Asensio-Pérez, "CHEST: A Linked Open Data-based Application to Annotate and Carry Out Learning Tasks About Cultural Heritage," in *Educating for a New Future: Making Sense of Technology-Enhanced Learning Adoption*. Springer International Publishing, 2022, pp. 441–447.
- [10] P. García-Zarza, "Supporting Teachers in the Generation of Ubiquitous Learning Situations Across Multiple Domains and Spaces Based on Linked Open Data," in *Doctoral Consortium of the 18th EC-TEL co-located with EC-TEL 2023*, 2023, pp. 62–71. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3539/paper10.pdf>