



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE
DOCTORADO

Un entorno para la creación de
actividades de aprendizaje: uso de
estándares de interoperabilidad,
analíticas de aprendizaje y
automatización basada en modelos

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias a Jesús García Molina. Siempre ha sido para mí un referente profesional y personal. Aceptó dirigir mi tesis entendiendo que mi contexto era complejo con un trabajo y una familia y algunas iniciativas que me llevaron a impartir docencia durante dos años de la tesis. Hemos vivido durante estos años muchas experiencias que siempre recordaré.

A Mathieu Kessler, con él he compartido la ilusión de muchos proyectos llevados a cabo en el Centro de Producción de Contenidos Digitales de la Universidad Politécnica de Cartagena. Su colaboración en la parte final de la tesis enriqueció mi trabajo.

Agradecer a mi mujer y mis hijas su infinita paciencia durante estos años. Desde que comenzamos esta aventura muchos han sido los sacrificios realizados por cada uno de los miembros de mi familia. Mi mujer, estudiante de psicología, priorizó mi tesis sobre su carrera. Mi hija Rocío supo entender mi ausencia en muchos momentos y Lucia, aún muy pequeña para darse cuenta, aportó sus travesuras durante toda esta etapa.

Agradecer a mis padres que posibilitaron en un inicio mis estudios con el mayor de los esfuerzos. Sin ellos en aquel momento no hubiera llegado este momento.

Por último, agradecer a mis suegros su gran ayuda durante estos años. Su colaboración nos ha permitido en muchos momentos poder sacar tiempo de donde no lo había.

Índice general

Agradecimientos	III
1. Resumen	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodología	4
1.4. Resultados	6
1.4.1. Infraestructura UPCTforma	6
1.4.2. La herramienta INDIEAuthor	8
1.4.3. Un enfoque adaptable y escalable para analíticas de aprendizaje	9
1.5. Conclusiones y trabajo futuro	10
1.5.1. Discusión	10
1.5.2. Trabajo Futuro	12
Infraestructura UPCTforma	12
Herramienta de autor INDIEAuthor	12
Analíticas de Aprendizaje	12
1.5.3. Contribuciones	12
1.6. Cartas de Aceptación	14
A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification.	14
INDIEAuthor:A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses.	15
A customizable and incremental processing approach for learning analytics.	15
Referencias	17
A. Publicaciones	19
A.1. A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification.	19
A.1.1. Denominación	19
A.1.2. Resumen	19
A.1.3. Dirección url	19
A.2. INDIEAuthor:A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses.	20
A.2.1. Denominación	20
A.2.2. Resumen	20
A.2.3. Dirección url	20
A.3. A customizable and incremental processing approach for learning analytics.	20
A.3.1. Denominación	20
A.3.2. Resumen	20
A.3.3. Dirección url	21

Índice de figuras

1.1. Actividades en DSRM.	4
1.2. Arquitectura UPCTforma.	7
1.3. Lenguajes específicos del dominio de INDIEAuthor.	8
1.4. Proceso de analíticas de aprendizaje en UPCTforma.	10

Capítulo 1

Resumen

1.1. Motivación

Uno de los principales retos al que actualmente se enfrentan las universidades es cómo mejorar sus métodos de enseñanza/aprendizaje utilizando las nuevas tecnologías. Ahora, las prácticas presenciales tradicionales pueden ser combinadas o reemplazadas por métodos en los que el aprendizaje online, fuera del aula, juega un papel crucial, como son la “clase invertida” o los “laboratorios remotos”. Este cambio requiere disponer de contenidos digitales online apropiados para un aprendizaje eficaz.

La producción de contenidos online es una tarea compleja que requiere primero de un diseño y luego de su creación usando, normalmente, herramientas de autor (*author tools*). Una vez creados los contenidos deben ser publicados y enlazados a plataformas e-learning. Además, la producción de contenidos debe considerar otros aspectos, entre los que destacaríamos los siguientes: (i) la *portabilidad* a diferentes plataformas, evitando crear diferentes versiones, lo cual dificultaría su evolución y mantenimiento; (ii) la *integración* del contenido producido con otros creados con herramientas externas; (iii) la *reutilización* de contenido en diferentes cursos, y (iv) el análisis de los datos de la interacción del estudiante con los contenidos con el fin de obtener una realimentación que permita mejorar el proceso de aprendizaje. La interoperabilidad entre herramientas es un factor clave para ofrecer estas funcionalidades.

La interoperabilidad es normalmente conseguida a través de la integración de APIs que son proporcionadas por organizaciones destinadas a promover especificaciones estándares. En el contexto e-learning varias especificaciones han sido propuestas para el empaquetado de contenido, integración de aplicaciones, etiquetado de eventos de aprendizaje y evaluación. En concreto, SCORM [19], IMS Common Cartridge (CC) [10] y cmi5 [3] permiten empaquetar contenido, desplegarlo y usarlo. CC incluye la especificación Learning Tools Interoperability (LTI) [11] cuyo propósito es integrar aplicaciones de aprendizaje y contenido en plataformas e-learning. También existe un gran interés en la interoperabilidad para análisis de datos de aprendizaje, para lo que las especificaciones IMS Caliper [9], basada en LTI, y xAPI [22], basada en cmi5, han sido presentadas.

En los últimos años, el análisis de datos de aprendizaje ha sido reconocido como un medio muy útil para mejorar el aprendizaje de los estudiantes [7]. Este tipo de análisis se denomina *analíticas de aprendizaje* (learning analytics, LA) y ha dado lugar a un área de investigación muy activa. Un gran esfuerzo de investigación ha sido llevado a cabo para definir métodos, técnicas, y herramientas LA, aunque su adopción es todavía muy limitada. Por ello, nuevas líneas de investigación han sido

propuestas recientemente [5]. Una de ellas es la personalización de LA a las necesidades de los docentes y estudiantes, por ejemplo del análisis realizado o de los paneles mostrados con los resultados.

En cuanto a las herramientas de autor utilizadas para crear contenidos, un buen número de ellas están disponibles en la actualidad. Un análisis de las más utilizadas nos ha permitido identificar las que consideramos principales limitaciones: (i) no ofrecen medios para la creación de contenidos reutilizables; (ii) ausencia de un mecanismo que permita definir la secuenciación de las unidades de un curso; (iii) las características relacionadas con la gamificación de contenidos son muy limitadas o no están soportadas; (iv) el contenido creado no es portable sino que es generado para una plataforma y tecnología concreta, lo cual dificulta su integración con herramientas externas; (v) SCORM es soportado por todas las herramientas de autor y muchas son las que han añadido soporte para xAPI, sin embargo ninguna de ellas permite la interoperabilidad a través de los estándares LTI y Caliper; y (vi) no permiten la personalización de los paneles de control para analíticas de aprendizaje. Todas las herramientas de autor existentes ofrecen un editor gráfico para la creación de contenidos. Sin embargo, podría ser interesante explorar la vía de usar lenguajes textuales, en particular por parte de profesores de materias de matemáticas, ciencias e ingeniería (STEM), dado que muchos de ellos tienen experiencia en el lenguaje LaTeX e incluso en algún lenguaje de programación.

A principios de la década pasada, la Ingeniería del Software Dirigida por Modelos (Model-Driven Software Engineering, MDE) emergió como un nuevo paradigma de desarrollo de software. Este paradigma propugna el uso sistemático de modelos a lo largo del ciclo de desarrollo con el objetivo de aumentar los niveles de abstracción y automatización [1, 21]. En el área de tecnologías e-learning, su uso ha sido limitado y la construcción de una herramienta de autor basada en lenguajes textuales podría ser una vía muy interesante para explorar sobre la aplicación de MDE en dicho contexto.

Dado el considerable esfuerzo que supone a los docentes la producción de contenidos, las universidades deben apoyarlos si desean que se involucren en ello. Este apoyo debe manifestarse de varias maneras. Por un lado, ellas deberían proporcionar herramientas adecuadas para crear contenidos. Sería muy conveniente que dichas herramientas estuviesen integradas en un entorno que incluyese una herramienta de autor junto a otras que ofrezcan las funcionalidades indicadas arriba, entre otras. Por otra parte, las universidades deben ofrecer formación en el diseño y creación de contenidos a sus docentes, lo cual exige un conocimiento de las herramientas necesarias para ello.

En la actualidad la mayoría de universidades disponen de campus virtuales soportados por plataformas e-learning como Moodle o Sakai, pero son pocas las que ofrecen un entorno integrado de herramientas.

El trabajo de tesis aquí presentado ha estado dirigido al diseño e implementación de un entorno o plataforma para la producción de contenidos digitales que ofreciese características novedosas y superase algunas de las limitaciones de entornos y herramientas actuales. Dado que el doctorando ha ejercido como responsable de los proyectos desarrollados en el Centro de Producción de Contenidos Digitales (CPCD) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) desde su creación en 2014, esta universidad ha servido como caso de estudio para la implantación y evaluación del entorno desarrollado. La plataforma se ha denominado INDIEOpen y está formada por la infraestructura UPCTforma que soporta la herramienta de autor INDIEAuthor. Los beneficios que INDIEOpen ofrece a una universidad son: i) disponer de una plataforma extensible e interoperable que puede proporcionar la funcionalidad

deseada para su campus virtual, ii) evitar los problemas de integrar diferentes herramientas de diferentes proveedores, y iii) permitir investigar e innovar en el campo de las tecnologías educativas.

1.2. Objetivos

El objetivo general establecido es el desarrollo de una plataforma para la creación de contenido online con las siguientes características o funcionalidades:

- permitir crear contenido online *interoperable* basado en estándares
- el contenido debe ser *portable*, esto es independiente de una plataforma o tecnología particular
- proveer mecanismos para la *reutilización* a nivel de contenido completo o de partes del contenido (por ejemplo, unidades de un curso)
- proveer mecanismos de *secuenciación* de las partes de un contenido
- posibilidad de *gamificar* el contenido
- capacidad de realizar *analíticas de aprendizaje* personalizadas y eficientes en la visualización de los resultados sea cual sea la frecuencia de petición (al final de la actividad de aprendizaje, varias veces a la semana durante la realización, o en tiempo real).

Para ello se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- O1 Diseño e implementación de una arquitectura basada en estándares que ofrezca el soporte requerido para la creación de contenido online interoperable y portable.
- O2 Diseño e implementación de una herramienta de autor basada en lenguajes textuales que permitan definir unidades de contenido y evaluación, la secuenciación de unidades y la gamificación de contenidos.
- O3 Abordar la reutilización de contenidos en la herramienta de autor.
- O4 Experimentar con la aplicación de MDE en el desarrollo de herramientas y utilidades para e-learning.
- O5 Definición de un componente LA que se integre en la arquitectura, el cual esté basado en estándares.
- O6 Asegurar la eficiencia y escalabilidad de la plataforma, en especial la visualización eficiente de los paneles de control (dashboards) LA.
- O7 Diseño e implementación de alguna solución que permita a los docentes expresar sus propios indicadores sobre el progreso del aprendizaje de un estudiante en un curso o actividad.

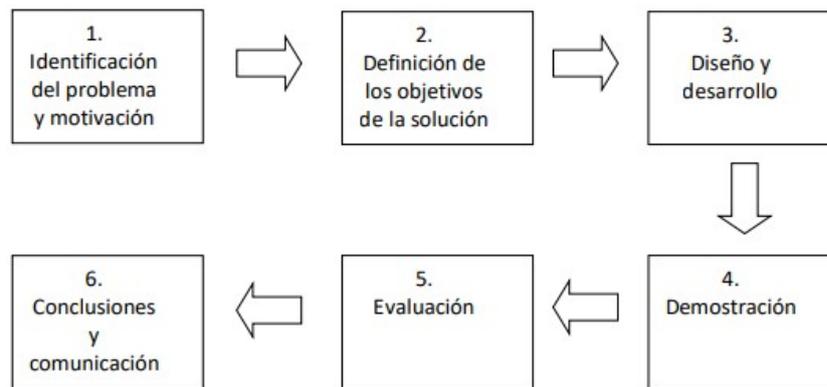


FIGURA 1.1: Actividades en DSRM.

1.3. Metodología

Con el objetivo de alcanzar los objetivos presentados en la sección anterior, hemos aplicado el método DSRM (Design Science Research Methodology) [12, 20], no en toda su extensión sino siguiendo las actividades que define y sus guías básicas. DSRM consiste en 6 actividades mostradas en la Figura 1.1: (1) Identificación del problema y motivación, (2) Definición de los objetivos de la solución, (3) Diseño y desarrollo, (4) Demostración, (5) Evaluación, y (6) Conclusiones y difusión de resultados.

Se trata de un proceso iterativo en el que la secuencia de actividades 3 a 5 se va aplicando en ciclo hasta obtener el artefacto definitivo. El conocimiento obtenido en cada ciclo sirve para retroalimentar el siguiente ciclo mejorando el diseño y la implementación.

A continuación, se describirá cómo se ha aplicado DSRM en esta tesis. Comenzamos identificando el problema y su motivación. En nuestro caso, la experiencia del doctorando en la creación de contenidos online en el CPCD de la UPCT sirvió para identificar el problema. En ese momento, los contenidos se creaban manualmente siguiendo el siguiente proceso. Primero, un diseñador se reunía con el docente para definir la estructura de los contenidos y la evaluación. Entonces, el diseñador expresaba el diseño en un documento PowerPoint siguiendo una serie de convenciones. Este diseño era implementado por los desarrolladores web y el docente tenía la posibilidad de revisar el contenido e indicar qué cambios eran necesarios. Una vez creado el contenido final, éste era empaquetado en SCORM y desplegado. Tras analizar este proceso se consideró el interés de automatizar parcial o totalmente la producción de contenidos online, de modo que la etapa de implementación no fuese necesaria. El CPCD ya había desarrollado algún material online como el curso de “Gestión de los Recursos Humanos” del Grado de Administración y Dirección de Empresas de la UPCT y contenidos para el Proyecto ACADIA (African Center for Applicative Development & Innovation in Agribusiness), un proyecto europeo que la UPCT lideraba. La experiencia adquirida por el doctorando en la producción de este material sirvió, pues, de base para motivar el objetivo de la tesis. También se investigó el estado del arte en creación de contenidos, en concreto se realizó una revisión exhaustiva de las herramientas de autor. En la evaluación de las herramientas de autor, se detectaron algunas limitaciones que podía ser objeto de investigación. Además, para expresar los dos principales aspectos de un contenido: estructura y evaluación, se decidió experimentar con lenguajes textuales en vez de crear editores

gráficos considerando el uso extendido de LaTeX entre profesores STEM.

Una decisión de diseño importante fue aplicar MDE en la creación de los lenguajes de autor. Se crearían dos lenguajes específicos del dominio textuales (DSL) [6] utilizando un enfoque y herramientas basados en metamodelado [1, 8]. De este modo, los scripts de los lenguajes darían lugar a modelos conformes a un metamodelo y podrían servir de entrada a diferentes utilidades.

Se comenzó creando una herramienta para la creación de vídeo, uno de los tipos de contenidos que debían ser manejados en la herramienta de autor. En la difusión de ese trabajo [13] se tuvo conocimiento de la tecnología IMS LTI. Se realizó un estudio profundo sobre esta especificación y sobre la interoperabilidad de contenidos. Diseñamos, entonces, la infraestructura UPCTforma que integraba un conjunto de componentes que ofrecían la funcionalidad básica para soportar la herramienta de autor. En la sección 1.4.1 se describe la arquitectura de esta infraestructura en la que la interoperabilidad jugó un papel central para conseguir los requisitos expuestos en la sección anterior: portabilidad, reutilización y fácil mantenimiento, entre otros. UPCTforma se evaluó primero con un simulador y luego por medio de una actividad de gamificación real [2], como se describe en 1.4.1. Esta evaluación nos permitió detectar algunas mejoras y problemas que fueron abordados, como la distribución uniforme de las áreas del juego “La Ruleta”, la escalabilidad de la infraestructura, y la personalización de las analíticas de aprendizaje. La herramienta fue presentada en un artículo publicado en la revista “Software Practice Experience” [17].

Una vez desarrollada UPCTforma, comenzamos la construcción de la herramienta de autor INDIEauthor. Primero, se realizó un análisis del dominio para establecer los requisitos de cada lenguaje. Para ello, se volvieron a evaluar las herramientas de autor más extendidas, dado que había pasado un año y medio de la anterior evaluación. Como parte de este análisis se definió un marco conceptual para comparar las diferentes herramientas de autor. Este marco estaba formado por un conjunto de *feature models* extraídos del estudio de las herramientas. Los resultados de la comparación se plasmaron en unas tablas que se pueden encontrar en [18]. En este análisis del dominio se observó la conveniencia de definir dos lenguajes adicionales: uno para secuenciar las unidades de un curso y otro para expresar cómo gamificar los contenidos. Una vez establecidos los requisitos, se implementó INDIEauthor usando la arquitectura generativa que se describe en la sección 1.4.2. La herramienta fue evaluada tanto a nivel de lenguaje como de herramienta. Para ello se llevó a cabo un experimento con 22 usuarios a los se les proporcionó formación sobre la herramienta y se les pidió elaborar un curso demo con unidades de evaluación y contenido, utilizando la secuenciación y la gamificación. Finalmente se les pidió responder un cuestionario. Este experimento nos permitió evaluar la funcionalidad desarrollada, la usabilidad, la expresividad, la productividad y la mantenibilidad. Además, también fueron evaluados los beneficios de utilizar técnicas MDE. INDIEauthor fue presentada en la revista IEEE Access [15].

La tercera iteración se dedicó a mejorar la funcionalidad relacionada con learning analytics de UPCTforma, la cual es descrita en [17]. Se abordaron dos tareas de investigación: (i) mejorar la eficiencia en la visualización de los paneles de control cuando el número de eventos a analizar es muy elevado, y (ii) ofrecer un lenguaje que permita a los docentes la definición de los indicadores de aprendizaje. Para conseguir la eficiencia deseada se ideó una estrategia de procesamiento incremental de los eventos. Por otro lado, la personalización de los indicadores se exploró con un nuevo lenguaje, llamado CustomLA, añadido a INDIEauthor. Ambas mejoras serán descritas con más detalle en la sección 1.4.3. Tanto la eficiencia como el lenguaje fueron evaluados por medio de un caso de estudio basado en el curso “Gestión de

los Recursos Humanos” del grado de Administración y Dirección de Empresas de la UPCT. En este experimento participaron 119 estudiantes y cuatro profesores de dicho curso. Se les proporcionó formación a los docentes y se les solicitó que crearan indicadores para su asignatura. Aprovechamos la impartición de la asignatura para comprobar el correcto funcionamiento del algoritmo de procesamiento incremental en un escenario real. La evaluación realizada permitió identificar mejoras en el algoritmo que fueron implementadas. El trabajo realizado sobre LA fue publicado en la revista IEEE Access [16].

1.4. Resultados

En esta sección describiremos de forma resumida los tres trabajos cuyas publicaciones han sido presentadas para optar a una tesis por compendio. A continuación exponemos las referencias de las tres publicaciones a las que nos referiremos como P1, P2 y P3.

- P1 Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification. *Softw., Pract. Exper.* 48(6): 1238-1268 (2018)
- P2 Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: INDIEAuthor: A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses. *IEEE Access* 7: 51396-51416 (2019)
- P3 Daniel Pérez-Berenguer, Mathieu Kessler y Jesús García Molina: A customizable and incremental processing approach for learning analytics. *IEEE Access* 8: 36350-36362 (2020)

1.4.1. Infraestructura UPCTforma

Como se señaló en la Sección 1.1, la creación de contenido digital online es una tarea compleja que consume mucho tiempo al docente. Además, una vez creado el contenido, ya sea utilizando alguna herramienta de autor o por medio de desarrollo de contenido Web, el creador se debe enfrentar a problemas técnicos relacionados a aspectos como con problemas de portabilidad, evolución, reutilización e integridad. Estos problemas podrían ser evitados con plataformas que aprovechasen las especificaciones estandar de interoperabilidad para resolverlos. Pero en la actualidad, la mayoría de las herramientas ofrecen un soporte de interoperabilidad muy limitado. En el artículo P1 se presenta la arquitectura basada en componentes UPCTforma prestando atención al soporte de interoperabilidad basada en los estándares IMS LTI y Caliper.

Como muestra la Figura 1.2, UPCTforma ofrece un conjunto de componentes desacoplados que son organizados en tres capas: Servicios Técnicos, Servicios de Contenido y Analíticas de Aprendizaje. Estos servicios ofrecen una funcionalidad básica a herramientas de creación de contenidos como INDIEAuthor. La capa de *Servicios Técnicos* está formada por el componente de interoperabilidad y el componente de gestión (management). El componente de interoperabilidad utiliza el estándar IMS LTI para permitir que las unidades de aprendizaje desarrolladas sobre UPCTforma puedan ser enlazadas desde cualquier plataforma e-learning que implemente LTI. El componente de gestión se encarga de recibir las peticiones de los usuarios a través del componente de interoperabilidad y actuar como un controlador del resto de componentes.

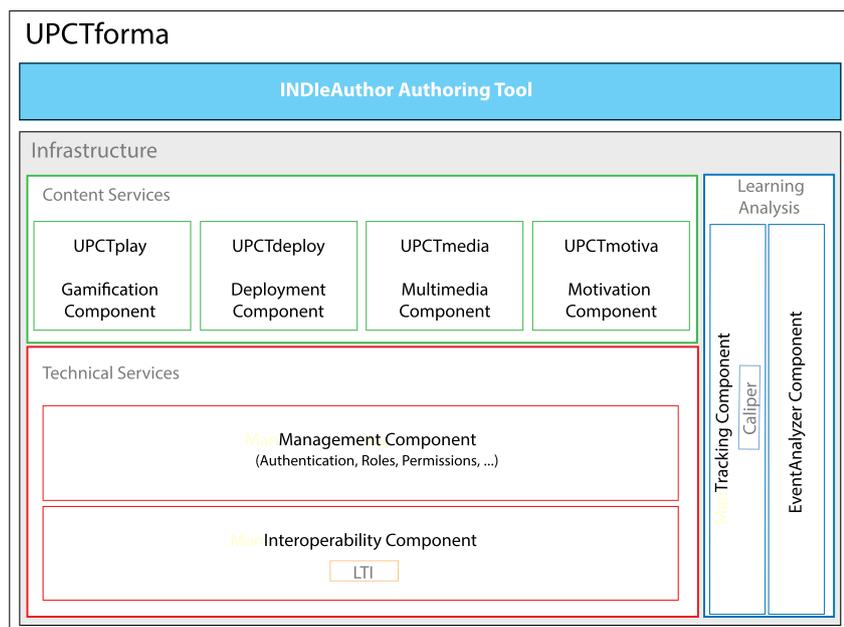


FIGURA 1.2: Arquitectura UPCTforma.

La capa de *Servicios de Contenido* está integrada por los componentes que proporcionan servicios relacionados con la creación de contenido: gamificación (UPCTplay), despliegue (UPCTdeploy), multimedia (UPCTmedia) y motivación (UPCTmotiva). UPCTmedia permite la creación, almacenamiento, publicación y visualización de contenido multimedia en streaming o bajo demanda. UPCTplay incluye un repositorio de juegos que pueden ser integrados en un curso. UPCTdeploy está encargado del despliegue de las unidades de aprendizaje creadas con INDIEAuthor. UPCTmotiva genera y envía mensajes de motivación a través de bots cuando las condiciones especificadas por los docentes se cumplen en el análisis realizado por el componente de análisis de eventos, EventAnalyzer.

La capa de *análíticas de aprendizaje (LA)* incluye el componente de tracking y el componente de análisis de eventos. El componente de tracking está encargado de capturar, etiquetar y almacenar los eventos generados en la interacción del estudiante con el contenido. Utiliza el estándar Caliper para el etiquetado de eventos. Cabe destacar que Caliper es un estándar de IMS que está soportado por LTI. El componente de análisis de eventos realiza un procesamiento batch de los eventos Caliper obteniendo la información requerida para las analíticas de aprendizaje y para la motivación.

UPCTforma se evaluó primero con un simulador y luego con una actividad de gamificación. Desarrollamos un simulador y se utilizaron las plataformas e-learning Moodle y Sakai para acceder a diferentes actividades de aprendizaje creadas con UPCTforma con el fin de probar el componente de interoperabilidad. Se comprobó que la capa de analíticas de aprendizaje capturaba, etiquetaba, almacenaba y analizaba los eventos generados. Se verificó que el componente de motivación generaba mensajes de motivación personalizados. Se comprobaron que los paneles de control mostraban correctamente los datos analíticos. Y por último, se realizó un test de estrés para verificar el correcto escalado de la infraestructura cuando se incrementaba la carga.

Tras el uso del simulador, se evaluó UPCTforma a través del programa educativo Rétame y Aprendo [2], desarrollado en colaboración entre la UPCT y la Consejería

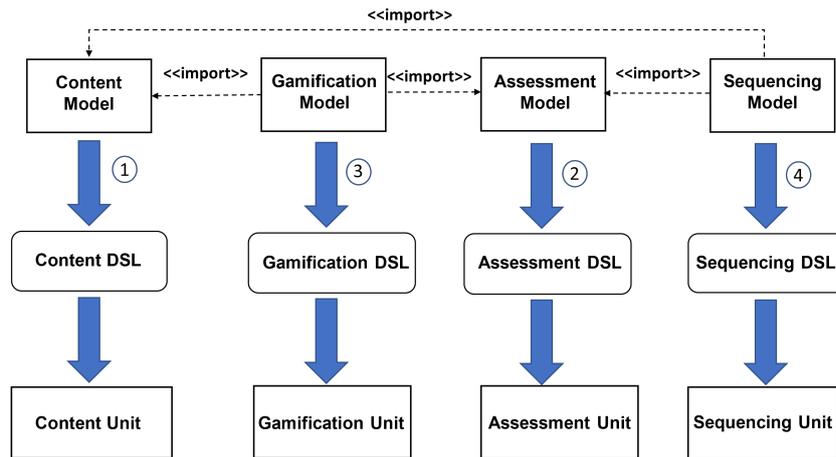


FIGURA 1.3: Lenguajes específicos del dominio de INDIEAuthor.

de Educación de la Región de Murcia. En este programa educativo participaron cerca de 4.000 estudiantes de toda la Región de Murcia en una actividad de gamificación creada con UPCTforma. Se evaluó la interoperabilidad, las analíticas de aprendizaje, las reglas de motivación, la seguridad y la escalabilidad de UPCTforma. Esta evaluación nos permitió detectar algunas mejoras y problemas que debían ser solucionados. En la sección 1.3 se explicó con más detalle esta evaluación.

1.4.2. La herramienta INDIEAuthor

INDIEAuthor es una herramienta de autor construida sobre UPCTforma. Su diseño e implementación se describe en detalle en el artículo P2. Previo al desarrollo de INDIEAuthor se realizó un análisis del dominio para establecer los requisitos. Como parte de este análisis se probaron las herramientas de autor más extendidas y se realizó un estudio comparativo. Para definir los requisitos de INDIEAuthor y comparar su funcionalidad con aquella de las herramientas estudiadas, se definió un marco conceptual que establece los criterios y características de las herramientas de autor. Se realizó un modelado basado en *feature models* [4] para establecer dicho marco conceptual.

INDIEAuthor está formada por una familia de cuatro lenguajes específicos del dominio (DSL), como muestra la Figura 1.3. Cada uno de estos lenguajes permite expresar un aspecto esencial del contenido digital online: estructura, evaluación, secuenciación y gamificación. INDIEAuthor ha sido implementada aplicando MDE para obtener los siguientes beneficios: (i) utilizar los entornos de creación de DSL basados en metamodelado (*DSL definition workbenches*), los cuales automatizan el proceso de creación de lenguajes textuales, en concreto se utilizó el entorno Xtext; (ii) tomar ventaja de disponer de modelos a partir de los scripts del DSL para crear los generadores de código utilizando técnicas de transformación de modelos a texto, en nuestro caso usamos Xtend y Acceleo; (iii) utilizar los modelos para crear con facilidad algunas utilidades para contenidos online como son generar Beamer/LaTeX a partir de las unidades de contenido o crear diagramas de actividad UML para mostrar cuál es la secuenciación de las unidades de un curso.

La notación de los cuatro DSL fue definida con Xtext, creando siempre primero el metamodelo del DSL. Xtext generó automáticamente el parser y editor de cada DSL a partir del metamodelo, así como el inyector que convierte los scripts de los DSLs en modelos. Un generador de código fue creado para cada DSL, el cual generaba el

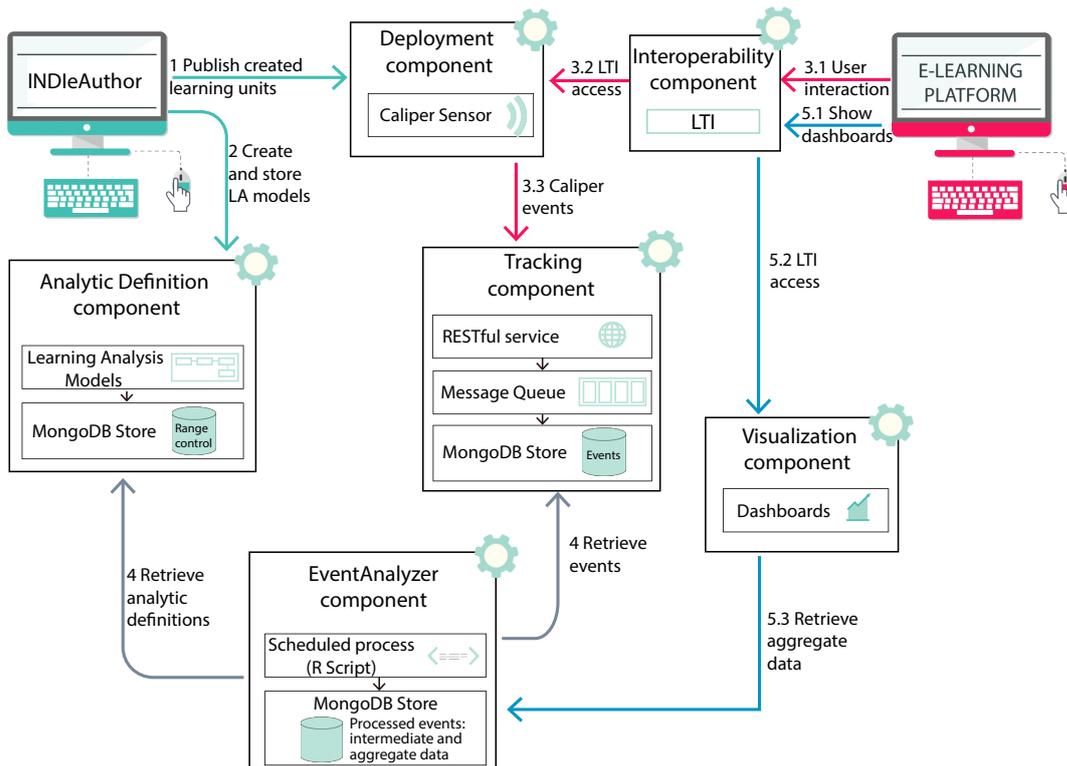


FIGURA 1.4: Proceso de analíticas de aprendizaje en UPCTforma.

código correspondiente a los aspectos asociados al DSL, por ejemplo código HTML, CSS y JavaScript en el caso del DSL de estructura del contenido. Cada uno de estos generadores fue implementado por medio de transformaciones modelo a texto. Finalmente, los cuatros generadores fueron integrados en una herramienta que se encargaba de retornar un curso completo con todas sus unidades de contenido y evaluación. Para ello, integra el código generado por cada transformación modelo a texto en un framework que proporciona las funcionalidades comunes a cualquier curso.

Los modelos creados en INDIEAuthor proporcionan una representación abstracta de los cursos que permite que sean independiente de una plataforma particular. Esta representación favorece la integración de INDIEAuthor con otras herramientas, la portabilidad del contenido a otras plataformas, y la creación de utilidades para gestionar el contenido.

Por último, se realizó una evaluación de las características de los lenguajes de INDIEAuthor y de la propia herramienta. INDIEAuthor fue comparada con las 8 herramientas de autor más utilizadas. En la sección 1.3 se explicó con más detalle esta evaluación.

1.4.3. Un enfoque adaptable y escalable para analíticas de aprendizaje

El artículo P3 presenta una nueva arquitectura LA que mejora algunos aspectos del componente LA incluido inicialmente en UPCTforma, y que se describe en P1. La Figura 1.4 muestra la nueva estrategia definida para aplicar LA en INDIEOpen.

En UPCTforma la interacción del alumno con las unidades de aprendizaje es capturada mediante sensores que generan eventos etiquetados en el formato Caliper. Estos eventos son almacenados y posteriormente analizados para obtener indicadores del aprendizaje. Finalmente, los docentes pueden visualizar unos paneles de

control con los indicadores obtenidos por los estudiantes. Esta información proporciona feedback sobre el proceso de aprendizaje que permite ajustarlo, si es necesario, para alcanzar los objetivos previstos.

La nueva arquitectura ofrece dos mejoras significativas: i) permite que los docentes puedan personalizar los paneles de control, y ii) mejora la eficiencia de la visualización de estos paneles de control cuando una gran cantidad de eventos deben ser analizados. Para permitir la personalización de las analíticas de aprendizaje se ha definido el DSL CustomLA. Este DSL permite al docente expresar sus propios indicadores. Estos indicadores pueden referirse a medidas sobre sí, en un momento determinado, se están cumpliendo una o más condiciones en términos de tiempo de estudio o logros. Este lenguaje ha sido integrado en la familia de DSLs presentada en el artículo P2.

Dependiendo de la frecuencia en la que se requiere ver los resultados del análisis podemos identificar tres soluciones LA: i) cuando un curso ha finalizado, ii) periódicamente mientras se imparte el curso, y iii) mientras las actividades están siendo realizadas por los estudiantes. En el caso de UPCTforma se debe dar soporte a las tres posibilidades. Por este motivo UPCTform incorpora, ahora, una estrategia de procesamiento incremental que cumple con dos requisitos: i) una visualización eficiente de los paneles de control durante la impartición de un curso, y ii) tener en cuenta la personalización de los paneles de control por medio de scripts de un DSL que pueden ser escritos en cualquier momento. Este segundo requisito es el que sin duda ha complicado más la definición de la estrategia de procesamiento incremental.

En la nueva arquitectura, los eventos son procesados mediante un algoritmo de procesamiento incremental que genera una estructura incremental y otra agregada. La estructura incremental se utiliza para procesar los nuevos eventos recibidos mientras que la estructura agregada proporciona una representación de la información que será mostrada en los paneles de control. Esta estrategia permite una visualización eficiente al no ser necesario realizar procesamiento en el momento de visualizar.

Tanto el lenguaje CustomLA como la estrategia de procesamiento incremental fueron evaluadas por medio de un caso de estudio basado en el curso de “Gestión de los Recursos Humanos” del grado de Administración y Dirección de Empresas de la UPCT. En la sección 1.3 hemos indicado algunos detalles sobre esta evaluación.

1.5. Conclusiones y trabajo futuro

1.5.1. Discusión

A continuación vamos a discutir cómo se han alcanzado los objetivos establecidos en la sección *Introducción* de este documento.

O1 *Diseño e implementación de una arquitectura basada en estándares que ofrezca el soporte requerido para la creación de contenido online interoperable y portable.*

UPCTforma aísla toda la funcionalidad básica común a cualquier herramienta de creación de contenidos como puede ser una herramienta de autor o una herramienta de gamificación. De esta forma puede soportar a nuevas herramientas construidas sobre ella, por ejemplo sistemas tutores inteligentes (STI). Se ha organizado como una arquitectura basada en componentes que se organizan en tres capas, y estos componentes son interoperables a través de los estándares LTI y Caliper, pero puede ser extendida para soportar otros estándares como xAPI o cmi5. Gracias al uso de estándares, los contenidos creados

para UPCTforma pueden ser desplegados sobre cualquier otra plataforma o herramienta que soporte los estándares. En la actualidad, ofrece componentes de motivación basados en bots que están relacionados con los resultados del LA, varios juegos para gamificación y una potente utilidad para crear vídeos.

- O2 *Diseño e implementación de una herramienta de autor basada en lenguajes textuales que permitan definir unidades de contenido y evaluación, la secuenciación de unidades y la gamificación de contenidos.*
- O3 *Abordar la reutilización de contenidos en la herramienta de autor.*
- O4 *Experimentar con la aplicación de MDE en el desarrollo de herramientas y utilidades para e-learning.*

INDIEAuthor incorpora características innovadoras en la creación de contenido, como son mecanismos avanzados de secuenciación, gamificación y reutilización. Se ha implementado como una familia de cuatro lenguajes textuales que permiten especificar aspectos básicos de un contenido digital online: estructura, evaluación, posibles secuencias de seguimiento y gamificación. En cuanto a la reutilización se han definido dos mecanismos novedosos: ofrecer al usuario la posibilidad de definir plantillas de contenido y reutilizar unidades en diferentes cursos. El uso de DSL textuales para crear contenidos es también novedoso y puede resultar de interés para docentes STEM. INDIEAuthor se ha implementado aplicando MDE, lo cual nos ha permitido experimentar con los beneficios de disponer de modelos en la creación de contenidos como es la creación de utilidades como la transformación de unidades de contenido INDIEAuthor en presentaciones Beamer de LaTeX o la creación de diagramas de actividad UML para representar la secuenciación de unidades de un curso.

- O5 *Definición de un componente LA para la arquitectura, el cual esté basado en estándares.*
- O6 *Asegurar la eficiencia y escalabilidad de la plataforma, en especial la visualización eficiente de los paneles de control (dashboards) LA.*
- O7 *Diseño e implementación de alguna solución que permita a los docentes expresar sus propios indicadores sobre el progreso del aprendizaje de un estudiante en un curso o actividad.*

Finalmente, se ha conseguido que UPCTforma sea eficiente y escalable para realizar el procesamiento y análisis de eventos en escenarios de aplicación de LA, de acuerdo con los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas. Por otra parte, la nueva arquitectura LA incorpora una característica novedosa y que es demandada por los docentes, como es la personalización de los paneles de control. La definición del lenguaje CustomLA nos ha permitido experimentar con esa posibilidad ofreciendo a los docentes un lenguaje que les permite expresar indicadores propios de aprendizaje a ser mostrados por los paneles. CustomLA se ha integrado en INDIEAuthor y ha sido evaluado para contenidos producidos con esa herramienta. La creación de CustomLA nos ha permitido también probar la extensibilidad de INDIEAuthor al añadir un nuevo DSL, y ha resultado una experiencia exitosa. Cabe destacar que los indicadores son manejados en el algoritmo de procesamiento incremental.

1.5.2. Trabajo Futuro

En esta sección presentamos el trabajo futuro organizado en tres categorías, relacionado a la infraestructura UPCTforma, a la herramienta INDIEAuthor y a la investigación en analíticas de aprendizaje.

Infraestructura UPCTforma

Un trabajo, ya en progreso, tiene que ver con el desarrollo de un repositorio de contenido que permitirá al docente compartir los contenidos que cree con UPCTforma, como son cursos, unidades, o actividades de aprendizaje. Otro trabajo que vamos a iniciar es automatizar la definición de reglas y alertas de motivación asociadas al análisis de eventos. Finalmente, creemos de interés inmediato extender la herramienta para soportar los estándares de interoperabilidad xAPI y cmi5, con los cual soportaría los estándares de referencia en interoperabilidad xAPI/cmi5 y LTI/Caliper.

Herramienta de autor INDIEAuthor

IndieAuthor puede ser extendido en varias formas como son: i) desarrollo de nuevos widgets para la creación de contenido, ii) añadir utilidad para importar y exportar contenido entre INDIEAuthor y Powerpoint, iii) desarrollar una herramienta de verificación de la corrección los modelos de secuenciación que permita detectar errores en los mismos, y iv) extender el lenguaje de secuenciación con nuevas construcciones que permitan definir caminos más complejos.

Analíticas de Aprendizaje

El lenguaje CustomLA podría ser extendido con nuevas construcciones como es la definición de indicadores para las secciones de un curso, y aumentar el número de paneles de control personalizables. Además, sería de interés la definición de un DSL que permita también a los estudiantes personalizar sus paneles de control.

1.5.3. Contribuciones

Las contribuciones del trabajo de investigación reflejado en el artículo P1 son: 1) el diseño e implementación de una arquitectura basada en componentes que soporta la interoperabilidad de contenidos mediante el uso de especificaciones estándares; 2) la introducción de la noción de *modelo de análisis de aprendizaje* para permitir adaptar LA a las necesidades de los docentes y estudiantes; 3) la definición de estrategias de motivación específicas a un curso o actividad; 4) la validación de la arquitectura mediante un proyecto de gamificación interoperable creado con una herramienta soportada por UPCTforma; y 5) la experiencia obtenida mediante el desarrollo de la herramienta e implementación de la actividad de gamificación, esta experiencia ha permitido implementar mejoras sobre la herramienta.

Las contribuciones del trabajo de investigación de P2 son: 1) la definición de un marco conceptual destinado a comparar herramientas de autor, el cual se ha obtenido mediante un análisis del dominio basado en feature models, 2) la creación de una familia de cuatro lenguajes textuales para expresar aspectos básicos de los cursos y unidades de aprendizaje, 3) mostrar como las técnicas MDE pueden ser aplicadas en el dominio del e-learning, 4) ofrecer mecanismos que mejoran las características de las herramientas de autor actuales: reutilización, secuenciación y gamificación,

y 5) un análisis de los beneficios de usar modelos en la creación de actividades de aprendizaje.

Las contribuciones del trabajo de investigación de P3 son: 1) la creación del DSL textual CustomLA que permite a los docentes personalizar los paneles de control de las analíticas de aprendizajes, 2) el diseño e implementación de un procesamiento incremental de eventos que permite una visualización eficiente de los paneles de control y que incorpora la personalización de indicadores de aprendizaje, y 3) la integración de CustomLA en INDIEAuthor agregándoles las capacidades de personalización de paneles de control a esta herramienta de autor.

Los trabajos P1 y P2 sirvieron como base de la definición del proyecto europeo INDIE (<http://indie.upct.es> INDIE es un proyecto Erasmus+ de la Unión Europea (2018-1-ES01-KA201-050924) liderado por la UPCT y en el que participa la Consejería de Educación y Cultura de la Región de Murcia, tres centros de educación secundaria de la Región de Murcia, la Universidad Kauno Kolegija de Lituania, la Dirección de Educación Secundaria de Levadia, Grecia, un centro de educación secundaria y dos centros de educación primaria de Grecia. Los objetivos de INDIE son el desarrollo de una plataforma para la creación, publicación y compartición de contenido digital para estudiantes de educación secundaria. Dentro del proyecto europeo se ha desarrollado la interfaz gráfica de INDIEAuthor y se está trabajando en el desarrollo del repositorio de actividades de aprendizaje. En la actualidad hay 198 usuarios registrados, 209 unidades de contenido y 95 unidades de evaluación, y 68 vídeos interactivos. El vídeo interactivo es uno de los widgets nuevos que han sido recientemente incorporados a INDIEAuthor durante el desarrollo del proyecto.

La actividad de investigación de esta tesis ha dado lugar a la presentación de los artículos que se detallan a continuación en orden de fecha de publicación.

- A1** Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: Un enfoque para la creación de contenido online interactivo. *Revista Educación a Distancia*, vol. 51, Nov. 2016, Art. no. 3.
[Online]. Available: <https://revistas.um.es/red/article/view/275151/199631>
- A2** Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: An approach for developing interoperable online content. *International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. IEEE. 2016, págs. 1-4.
- A3** Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: A cross-platform interoperable component for course analytics. Paper presented at: In *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 887-892).
- A4** Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification. *Softw., Pract. Exper.* 48(6): 1238-1268 (2018) Area JCR: Computer Science, Software Engineering Índice de Impacto: 1,93 (JCR 2018). Cuartil: Q2 (42/107)
- A5** Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: INDIEAuthor: A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses. *IEEE Access* 7: 51396-51416 (2019) Area JCR: Computer Science, Information Systems Cuartil: Q1 (23/155) Factor de Impacto (JCR 2018): 4,098
- A6** Daniel Pérez-Berenguer, Mathieu Kessler y Jesús García Molina: A customizable and incremental processing approach for learning analytics. *IEEE Access* 8:

36350-36362 (2020) Area JCR: Computer Science, Information Systems Cuartil: Q1 (23/155) Factor de Impacto (JCR 2018): 4,098

Estos artículos tienen 12 citas sin contar las auto-referencias.

El programa educativo Régame y Aprendo, desarrollado mediante la plataforma UPCTforma, recibió en 2017 el premio nacional SIMO a la Innovación Educativa en la categoría Mejor Recurso Digital de Creación Propia [14].

Durante la tesis se han realizado las presentaciones de difusión que se detallan a continuación por orden de fecha.

- D1 Daniel Pérez Berenguer: El programa educativo Régame y aprendo, SIMO Educación 2017 <https://www.ifema.es/simo-educacion/noticias/simo-educacion-2017-premia-10-innovadoras-experiencias-tic-par>
- D2 Daniel Pérez Berenguer: UPCTforma: un entorno para la creación de contenidos online interactivos, Jornada GTs FOLTE (CRUE TIC) y EOL (CRUE Asuntos Académicos) 2018 https://eventos.crue.org/event_detail/21949/programme/jornada-gts-folte-crue-tic-y-eol-crue-asuntos-academicos.html
- D3 Daniel Pérez Berenguer: Modernización de aplicaciones en la nube, Microsoft University Day 2019 <http://cpcd.upct.es/documentos/microsoftuniversityday.pdf>
- D4 Daniel Pérez Berenguer: Formación sobre la plataforma INDIEOpen, INDIE short training event 2019 <https://eventos.upct.es/39190/detail/indie-short-training-event.html>
- D5 Mathieu Kessler y Daniel Pérez Berenguer: Generación de Unidades de Aprendizaje Interactivas con Analíticas de Aprendizaje, Jornada GT FOLTE 2019 https://eventos.crue.org/event_detail/34811/programme/tercera-jornada-gt-folte.html
- D6 Daniel Pérez Berenguer: INDIE: un caso de uso de Azure en la Universidad Politécnica de Cartagena, Grupos de Trabajo RedIRIS 2019 <https://www.rediris.es/gt/gt2019/programa/gt/>

Todo el código desarrollado durante la tesis y el proyecto europeo se encuentra publicado en: <https://github.com/cpcdupct?tab=repositories>

1.6. Cartas de Aceptación

En esta sección se presentan las cartas de aceptación de los tres trabajos presentados para optar a una tesis por compendio.

A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification.

21-Jan-2018

Software: Practice and Experience - Decision on Manuscript ID SPE-17-0108.R1

Dear Mr Pérez-Berenguer,

It is a pleasure to accept your manuscript entitled “A standard-based architecture to support learning interoperability. A practical experience in gamification.” in its current form for publication in *Software: Practice and Experience*. The comments of the referee(s) who reviewed your manuscript are included at the bottom of this letter.

INDIeAuthor: A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses.

IEEE Access - Decision on Manuscript ID Access-2018-24408

09-Apr-2019

Dear Prof. Pérez-Berenguer:

Your manuscript entitled “INDIeAuthor: A metamodel-based textual language for authoring educational courses” has been accepted for publication in IEEE Access. The comments of the reviewers who reviewed your manuscript are included at the foot of this letter. We ask that you make changes to your manuscript based on those comments, before uploading final files. However, **NO CHANGES** to the references will be permitted, even if suggested by the reviewers.

A customizable and incremental processing approach for learning analytics.

IEEE Access - Decision on Manuscript ID Access-2020-08952

18-Feb-2020

Dear Prof. Pérez-Berenguer:

Your manuscript entitled “A customizable and incremental processing approach for learning analytics” has been accepted for publication in IEEE Access. The comments of the reviewers who reviewed your manuscript are included at the foot of this letter. We ask that you make changes to your manuscript based on those comments, before uploading final files.

Referencias

- [1] M. Brambilla, J. Cabot y M. Wimmer. *Model-Driven Software Engineering in Practice*. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
- [2] *Challenge Me and I Learn website*. <http://retame.upct.es/>. 2020 (accessed March 28, 2020).
- [3] *cmi5 website*. http://aicc.github.io/CMI-5_Spec_Current/. 2017 (accessed June 4, 2017).
- [4] Krzysztof Czarnecki y Ulrich W. Eisenecker. *Generative programming - methods, tools and applications*. Addison-Wesley, 2000. ISBN: 978-0-201-30977-5.
- [5] Shane Dawson y col. «Increasing the Impact of Learning Analytics». En: *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge, LAK 2019, Tempe, AZ, USA, March 4-8, 2019*. 2019, págs. 446-455. DOI: [10.1145/3303772.3303784](https://doi.org/10.1145/3303772.3303784).
- [6] M. Fowler. *Domain-Specific Languages*. Addison-Wesley, 2010.
- [7] Dragan Gašević, Shane Dawson y George Siemens. «Lets not forget: Learning analytics are about learning». En: *TechTrends* 59.1 (2015), págs. 64-71.
- [8] Richard C. Gronback. *Eclipse Modeling Project: A Domain-Specific Language (DSL) Toolkit*. Addison-Wesley Professional, 2009.
- [9] *IMS Global Learning Consortium. Caliper Analytics*. Accessed April 04, 2017. URL: <https://www.msglobal.org/activity/caliperram>.
- [10] *IMS Global Learning Consortium. IMS Common Cartridge*. Accessed April 04, 2017. URL: <https://www.msglobal.org/cc/index.html>.
- [11] *IMS Global Learning Consortium. Learning Tools Interoperability (LTI)*. Accessed April 04, 2017. URL: <http://www.msglobal.org/activity/learning-tools-interoperability>.
- [12] Ken Peffers y col. «A design science research methodology for information systems research». En: *Journal of management information systems* 24.3 (2007), págs. 45-77.
- [13] Daniel Pérez-Berenguer y Jesús García-Molina. «An approach for developing interoperable online content». En: *2016 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. IEEE. 2016, págs. 1-4.
- [14] *Premio nacional en innovación educativa por Rétame y Aprendo en la categoría Mejor Recurso Digital de Creación Propia*. http://www.ifema.es/PresentacionInet/groups/public/documents/binario/if_136853.pdf. 2020 (accessed March 30, 2020).
- [15] D. Pérez-Berenguer y J. García-Molina. «INDIEAuthor: A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses». En: *IEEE Access* 7 (2019), págs. 51396-51416. ISSN: 2169-3536. DOI: [10.1109/ACCESS.2019.2911884](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2911884).

- [16] D. Pérez-Berenguer, M. Kessler y J. García-Molina. «A Customizable and Incremental Processing Approach for Learning Analytics». En: *IEEE Access* 8 (2020), págs. 36350-36362. ISSN: 2169-3536. DOI: [10.1109/ACCESS.2020.2975384](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975384).
- [17] Daniel Pérez-Berenguer y Jesús García-Molina. «A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification». En: *Software: Practice and Experience* 48.6 (2018), págs. 1238-1268.
- [18] Daniel Pérez-Berenguer y Jesús García-Molina. *Authoring tools comparative study*. <http://cpcd.upct.es/upctforma/study.html>. Accessed 29/03/2020.
- [19] SCORM website. <https://adlnet.gov/projects/scorm-1-2/>. 2020 (accessed March 28, 2020).
- [20] V. Vaishnavi y W. Kuechler. *Design science research in information systems*. <http://desrist.org/desrist/content/design-science-research-in-information-systems.pdf>. 2017 (accessed March 06, 2020).
- [21] J. Whittle, J. Hutchinson y M. Rouncefield. «The State of Practice in Model-Driven Engineering». En: *IEEE Software* 31.3 (2014), págs. 79-85.
- [22] *xAPI website Rustici Software*. <http://tincanapi.com/>. 2017 (accessed April 7, 2017).

Apéndice A

Publicaciones

A.1. A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification.

A.1.1. Denominación

Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: A standard-based architecture to support learning interoperability: A practical experience in gamification. *Softw., Pract. Exper.* 48(6): 1238-1268 (2018)

A.1.2. Resumen

Creating quality online content requires a great deal of effort from teachers. In addition to issues specific to the design and creation of the elements of a course, teachers must face technical hurdles so as to perform common tasks, such as deploying the same content on different e-learning platforms and integrating content into external tools, or acquiring the ability to analyze tracking data generated during learner interactions. These problems principally arise owing to the very limited level of interoperability provided by content creation tools. In order to facilitate the creation of interoperable contents, the Digital Content Production Center at the Polytechnic University of Cartagena (Spain) has developed the UPCTforma tool, whose main architectural driver has been interoperability. More specifically, the tool takes advantage of the Learning Tools Interoperability and Caliper interoperability specifications to provide several types of quality regarding three key aspects of content production: tool interoperability, learning analytics, and motivation. In this paper, we provide a detailed description of the component-based architecture proposed and present a validation of the requirements elicited through the use of a UPCTforma gamification activity created for a real project involving approximately 4000 students. One of the novel aspects of this architecture is the transformation of tracking data into “learning analysis models” that represent the information in the tracked learning activities at a higher level of abstraction. These models are used to provide activity-specific learning analytics and motivation. Platform independency with respect to data analytics technologies, messaging systems, and communication protocols is achieved by using adapters.

A.1.3. Dirección url

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/spe.2572>

A.2. INDIEAuthor: A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses.

A.2.1. Denominación

Daniel Pérez-Berenguer, Jesús García Molina: INDIEAuthor: A Metamodel-Based Textual Language for Authoring Educational Courses. IEEE Access 7: 51396-51416 (2019)

A.2.2. Resumen

This paper presents the INDIEAuthor authoring tool, which has been developed at the Digital Content Production Center, Polytechnic University of Cartagena (UPCT). INDIEAuthor has been developed in order for the university to have its own tool that supports all the desired features, in addition to a platform with which to investigate innovative features. When building INDIEAuthor, we have overcome some limitations identified for existing authoring tools: 1) Lack of two essential content reuse mechanisms: defined-user templates and course-independent units; 2) No support to sequence the units on a course; 3) Gamification feature is either very limited or does not exist. Two new aspects of the proposal are: providing a family of four textual domain-specific languages rather than a graphical user interface and applying model-based software engineering techniques during the implementation of the languages. Four essential aspects in the course definition can be specified to the language family: content, assessment, gamification, and sequencing. We discuss the benefits of representing courses as models and present two utilities developed as a proof of concept. This paper also contributes with the definition of a feature model that establishes a conceptual framework in which to compare authoring tools. An evaluation of INDIEAuthor is also presented: a case study was carried to evaluate the language characteristics, and the tool is contrasted with eight widely-used authoring tools. This paper presented here is the baseline of INDIE Erasmus+ European project that is currently ongoing.

A.2.3. Dirección url

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8693779>

A.3. A customizable and incremental processing approach for learning analytics.

A.3.1. Denominación

Daniel Pérez-Berenguer, Mathieu Kessler y Jesús García Molina: A customizable and incremental processing approach for learning analytics. IEEE Access 8: 36350-36362 (2020)

A.3.2. Resumen

The ability of learning analytics to improve the learning/teaching processes is widely recognized. In this paper, the learning analytics architecture developed at the Digital Content Production Center of the Technical University of Cartagena (Spain) is presented. This architecture contributes to the field of learning analytics in two

aspects: it allows for dashboard customization and improves the efficiency of the analysis of learners' interaction data. Events resulting from learners' interaction are captured and stored in Caliper standard format, to be further processed incrementally to allow dashboards to be shown without delay to teachers. Customization is considered a mandatory requirement for learning analytics tools, however, although some proposals have recently been made, a greater research effort in this topic is necessary. In the present work, this requirement is addressed by defining a domain-specific language (DSL) that allows teachers to customize dashboards. This language allows to express indicators (logical expressions) that classify students into different groups depending on their performance level. The paper also shows how our learning analytics approach was evaluated with a course that applies a flipped classroom method, and how it compares to the most relevant related works that have been published

A.3.3. Dirección url

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9004573>