

Gamificación de un entorno educativo en Ingeniería de Software: caso de estudio para la accesibilidad digital de PcD

Gloria Piedad Gasca-Hurtado, María Clara Gómez-Álvarez, Jesús Andrés Hincapié y Vianca Vega Zepeda

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

G. P. Gasca-Hurtado, M. C. Gómez-Álvarez, J. A. Hincapié and V. V. Zepeda, "Gamification of an Educational Environment in Software Engineering: Case Study for Digital Accessibility of People With Disabilities," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 16, no. 4, pp. 382-392, Nov. 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3137372.

Title—Gamification of an educational environment in software engineering: case study for digital accessibility of people with disabilities

Abstract— Motivation is an essential aspect of performance and team productivity as key factors of success in software engineering. Hence, to achieve effective teaching of Software Engineering, it is required to structure an educational environment with new teaching and learning strategies. Classroom gamification has become an alternative strategy to improve the motivation and the commitment required by work teams. This paper presents a software tool to create gamified experiences in the classroom with a methodological structure designed to gamify a software engineering educational environment. The most relevant result of this work is the design of a gamified environment and an experience that, in accordance with the Educational Project of the Universidad Católica del Norte (UCN), is used in the Software Engineering Advanced Topics course where students develop software products for non-profit organizations made up of people with disabilities and their families.

Index Terms— Gamification, software engineering, education, accessibility.

I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería de Software es una disciplina que abarca los procesos, instrumentos y herramientas para construir software de una manera sistemática, cuantificable y eficiente [1]. Esto incluye el desarrollo de herramientas, métodos y técnicas para soportar la producción de software, así como aspectos relacionados con la gestión de proyectos donde se involucran personas, procesos y herramientas tecnológicas. La enseñanza de Ingeniería de Software conjuga el desarrollo de habilidades técnicas, propias de las ciencias de la computación, así como

habilidades sociales como: el trabajo en equipo, la capacidad de establecer consensos, el liderazgo y la comunicación efectiva [2].

En este contexto, la motivación resulta ser un factor fundamental para lograr procesos de formación exitosos. Por lo tanto, hay un interés por lograr altos niveles de motivación en el aula. Este interés ha dado lugar a la aparición de diversas estrategias de innovación en la enseñanza de Ingeniería de Software, tales como la gamificación [3-11].

Con el propósito de aportar herramientas y guías instruccionales al docente para la creación de entornos educativos apoyados por gamificación, en este artículo se presenta una herramienta de software de acceso libre, que facilita la creación de experiencias de gamificación para la enseñanza de Ingeniería de Software. Con el acceso libre a la herramienta se pretende generar una dinámica de transferencia de conocimiento, aportando a la generación de redes de colaboración en el área de Educación en Ingeniería de Software.

Esta herramienta de software es un prototipo desarrollado a partir de una estructura metodológica diseñada para gamificar un entorno educativo de Ingeniería de Software [12], siguiendo un diseño arquitectónico basado en el patrón modelo vista controlador. Nuestro propósito es generar una guía instruccional para el profesor/facilitador de la estrategia gamificada. Por lo tanto, el beneficiario principal de esta propuesta es el profesor/facilitador como usuario final de la herramienta software. La herramienta software puede ser el punto de partida para la medición de la motivación y el compromiso alcanzado en los estudiantes. Sin embargo, el objetivo principal de esta herramienta es constituir una base de guías instruccionales de estrategias gamificadas, orientadas a la Enseñanza de Ingeniería de Software.

La estructura metodológica que incorpora la herramienta consta de las siguientes fases: fase de facilitación, donde los participantes tienen un primer acercamiento al tema a través de una actividad lúdica, fase de núcleo, donde se presentan en detalle los conceptos de la temática a impartir con el apoyo de actividades gamificadas, así como herramientas tecnológicas y que proporciona la web 2.0; y finalmente, fase de evaluación, donde se hace uso de diferentes actividades de gamificación para verificar el logro de los objetivos de aprendizaje asociados a la experiencia.

El objetivo principal de este trabajo es mostrar los resultados de un proyecto de aula donde, en concordancia

Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, gpgasca@udemedellin.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-0157-1959>, María Clara Gómez-Álvarez, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, mcgomez@udemedellin.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-4355-2978>, Jesús Andrés Hincapié, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, jehincapie@udemedellin.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-5268-3382>, Vianca Vega Zepeda, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile, vvega@ucn.cl, <https://orcid.org/0000-0002-2932-1639>

con el Proyecto Educativo de la UCN, se logra un entorno gamificado para apoyar la estrategia docente del curso Proyecto Tópicos Avanzados de Ingeniería de Software (PTAIS). La estrategia incluye el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Aprendizaje más Servicio (A+S). Desde el año 2017, la carrera Ingeniería Civil en Computación e Informática decidió trabajar de manera articulada en el aula con socios comunitarios. Estos socios son organizaciones sin fines de lucro, especialmente aquellas conformadas por personas con algún tipo de discapacidad y sus familias. Con este curso se establece un caso de estudio que ofrece la oportunidad de diseñar un entorno educativo gamificado a partir de la herramienta software. El caso de estudio se enmarca en objetivos relacionados con solución de problemas reales de la industria del software. Esta solución se desarrolla con un aporte evidente para la inclusión educativa, la igualdad de oportunidades y equidad educativa en la diversidad bajo el esquema de la vinculación de los socios comunitarios mencionados.

Este trabajo se estructura de la siguiente forma: en la Sección II se presentan los antecedentes sobre propuestas y herramientas relativas a gamificación en el contexto educativo, en la Sección III se presenta la propuesta metodológica para gamificar entornos de aprendizaje; en la Sección IV se describe el diseño de la herramienta de apoyo para crear experiencias de gamificación en entornos educativos; en la Sección V se describe el caso de estudio del curso PTAIS que evidencia el uso de la herramienta para crear una experiencia de gamificación. Se finaliza con la Sección VI donde se plantean las conclusiones y trabajo futuro.

II. ANTECEDENTES

A continuación, se describen trabajos que reportan experiencias del uso de gamificación para la enseñanza de distintos tópicos relacionados con la Ingeniería de Software.

García y otros [3] proponen un *framework* para gamificación en Ingeniería de Software. Estos autores indican que los proyectos de desarrollo se pueden organizar como un conjunto de desafíos, para los cuales se requiere satisfacer ciertas necesidades, desarrollar algunas habilidades y trabajo colectivo. Proponen un *framework* compuesto de una ontología, una metodología que guía el proceso y un motor de gamificación.

Morschheuser y otros [4] proponen un método y los principios clave de diseño para gamificar la Ingeniería de Software. Con base en la evaluación empírica y de expertos realizada, los autores aseguran que el método desarrollado es exhaustivo, implementable, completo y útil. Por su parte, Aguilar Vera y otros [5] plantean el uso de un modelo instruccional configurable, basado en elementos de gamificación, para la enseñanza de Ingeniería de Software. Los elementos de gamificación que incorpora este modelo son: nivel de complejidad, acumulación de puntos, obtención de insignias, retroalimentación, barra de progreso y tabla de clasificación.

Snijders y otros [6] presentan Refine, una plataforma gamificada en línea. El propósito es la enseñanza de la temática ‘Educción y Refinamiento de Requisitos’. Involucra a todas las partes interesadas (usuarios, desarrolladores y analistas), incrementando su interacción y

su compromiso en la gestión de requisitos. Refine incorpora elementos de juego como recursos, puntos, exploración, trabajo en equipo y tableros de reconocimiento.

También relacionado con requisitos, Yasin y otros [7] proponen un juego serio llamado SREG. El propósito es la enseñanza de la temática ‘Educción de Requisitos de Seguridad’. Este juego es creado como una forma efectiva y divertida de aprender conceptos relacionados con seguridad. El juego imita un entorno de problemas de la vida real para motivar a los jugadores al aprendizaje de conceptos relacionados con la seguridad en el futuro.

Piteira y Costa [8] proponen un *framework* de gamificación orientado a cursos a distancia en línea para aprender a programar. El *framework* está compuesto por el público objetivo, objetivos generales, resultados de aprendizaje, temas, contenidos, gamificación, entre otros. El *framework* es una contribución para guiar a los docentes en la gamificación de los cursos de programación en línea.

Passos y otros [9] proponen el uso de juegos serios en la enseñanza de Ingeniería de Software, para hacer el proceso más divertido. Esta propuesta plantea la incorporación de mecánicas de juego directamente en el proceso de desarrollo de software. Igualmente, García y otros [10] presentan un juego serio denominado Requengin, para la enseñanza del estándar ISO/IEC/IEEE 29148. Este juego especifica el proceso que debe ser implementado para Ingeniería de Requisitos de software. El objetivo es incrementar la comprensión y aplicación de los principales procesos del estándar y técnicas de ingeniería de requisitos relacionadas. Los resultados del uso de este juego muestran que se consigue contribuir a la adquisición de conocimiento del estándar e incrementar la motivación de los estudiantes.

Calderón y otros [11] analizan la aplicación de juegos serios para entender, enseñar y soportar el estándar ISO 21500 con el objetivo de proponer un juego serio basado en simulación que respalda los procesos de gestión en el contexto de proyectos de software.

En relación con el tema de la inspección de software, Potter y otros proponen el uso de InspectorX [12]. Es un juego serio que busca mejorar la calidad de los artefactos. Los jugadores asumen el rol de inspector y acumulan puntos cada vez que detectan y clasifican de manera correcta los defectos presentes en un artefacto. InspectorX incorpora un tablero con los mejores puntajes y los ganadores.

Por su parte, Sheth, Bell y Kaiser [13] plantean la incorporación de un juego para lograr motivación en un curso básico de *testing* de software. Este juego se desarrolla por niveles y promueve la práctica de integración continua de tecnologías. Dentro de sus objetivos está lograr mayor compromiso de los estudiantes frente a actividades de documentación, reporte de bugs y cubrimiento de los *tests* de prueba.

Rodríguez y otros [14] proponen un juego serio denominado ScrumGame para formar tanto a estudiantes como a profesionales de Ingeniería de Software en el marco de trabajo ágil Scrum. Este juego se apoya en una aplicación móvil que conjuga gamificación y aprendizaje basado en juegos. Uno de los objetivos es impactar en la motivación y las estrategias de aprendizaje de Scrum.

Además de las propuestas mencionadas, el interés por el uso de la gamificación en la enseñanza y práctica de la

Ingeniería de Software ha aumentado los mapeos o revisiones sistemáticas de literatura [16], [17], [18] y [19]. Estos estudios demuestran que existen aún líneas de trabajo por desarrollar y que crece constantemente el interés por analizar y proponer estrategias de gamificación en la Enseñanza de Ingeniería de Software.

Tanto los mapeos como las revisiones y las propuestas de juegos, juegos serios y videojuegos mencionadas, evidencian el creciente interés por esta área de investigación. Sin embargo, lo que más se destaca de dichas propuestas es la necesidad de identificar e incorporar elementos de gamificación para conseguir éxito con las estrategias de Enseñanza de Ingeniería de Software intervenidas con gamificación. Dicho interés contrasta con la carencia de guías o metodologías a manera de instrumentos pedagógicos como herramienta para profesores/facilitadores. Los métodos de diseño de instrumentos pedagógicos continúan siendo una línea de interés en el área de estudio objeto de este trabajo.

No obstante, los estudios analizados identifican elementos de gamificación desarrollados en propuestas como: 1) uso de juegos serios como InspectorX [12], 2) plataformas gamificadas como Refine [6], entre otros. Los elementos de gamificación utilizados en dichas propuestas están relacionados con estudios que recogen y clasifican dichos elementos como la propuesta de Machuca-Villegas y otros [17]. En dicha propuesta se abre el camino para el planteamiento de un catálogo de elementos de gamificación útiles para el diseño de estrategias en el contexto de la Ingeniería de Software. Estos autores destacan como elementos de gamificación más usados en este contexto: puntos, insignias, retos, recompensas, niveles y tabla de posiciones. Este estudio coincide con la clasificación de elementos de juego que propone el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey [21], donde se especifican categorías como: metas y objetivos, estatus visible, recompensas y progreso que contienen los elementos identificados en el estudio de Machuca-Villegas y otros [20].

Nuestra propuesta, más que centrarse en los elementos de gamificación a incorporar en el diseño de una estrategia, pretende constituirse en una guía instruccional para el profesor/facilitador. Si bien, dicha guía contempla componentes asociados a la gamificación, el diseño de una estrategia como tal se discute en [21]. No obstante, nuestra propuesta es una estructura metodológica descriptiva que se enfoca en generar una guía instruccional para que el profesor/facilitador ejecute las estrategias de gamificación diseñadas.

Nuestra principal motivación en la realización de este estudio es que, aunque existen interesantes propuestas encontradas, que dan solución a gran parte de la problemática de la Enseñanza en Ingeniería de Software, aún se requiere un procedimiento instruccional para que los profesores/facilitadores implementen estrategias basadas en gamificación. La contribución más importante de este procedimiento instruccional es brindar una herramienta software como soporte al proceso de diseño de estrategias de gamificación para la Enseñanza de Ingeniería de Software.

La estructura metodológica propuesta incorpora la gamificación en cursos de Ingeniería de Software, apoyada

por TIC y herramientas web 2.0. Con la herramienta software se pretende constituir una base de guías instruccionales de estrategias gamificadas al servicio de la comunidad.

III. METODOLOGÍA DE LA ESTRATEGIA IMPLEMENTADA

La metodología que se presenta a continuación hace referencia a la estructura metodológica propuesta previamente [12]. Está diseñada en fases y componentes. Los componentes se identifican a partir de figuras geométricas y las fases en un rectángulo que abarca la cantidad de componentes de cada fase (Ver Fig.1). Lo anterior facilita tener un indicador de elementos relacionados con su respectivo componente. El diseño de los elementos facilita la configuración de la estructura metodológica de la experiencia pedagógica [15].

La estructura contempla dos tipos de componentes: a) componentes básicos, son componentes claves para la metodología propuesta, porque aportan al logro del objetivo de la estructura, es decir gamificar un entorno educativo, y b) componentes de apoyo, son componentes que flexibilizan la estructura para darle al profesor/facilitador alternativas de recursividad con elementos diseñados previamente.

De esta forma, los componentes básicos son: a) un componente de gamificación como estrategia de dinamización del ambiente de clase y b) un componente tecnológico como apoyo para el desarrollo de los elementos que se diseñen en el componente de gamificación. Los demás son componentes de apoyo o soporte a la estructura. Se resaltan con borde negro (Figura 1) para indicar que es un componente alternativo para la fase donde se utilice.

A continuación, se describe brevemente cada una de las fases.

- Fase facilitación. Hace referencia al punto de inicio. En esta fase se diseña con el fin de programar actividades de ambientación y facilitar el proceso de familiarización con la sesión/clase y con la temática a desarrollar. Está compuesta por un único componente básico, es decir el componente de gamificación.
- Fase núcleo. Corresponde a la fase *core* de la propuesta, donde se desarrollarán los contenidos básicos del tema a tratar (sesión/clase). El conjunto de componentes para establecer una estrategia gamificada son: 1) Componente de gamificación para la dinamización de la sesión/clase y 2) Componente tecnológico para el desarrollo de los elementos que se diseñen en el componente anterior. En esta fase la Fig. 1 muestra el componente tradicional y componente web 2.0 como componentes de apoyo. Es decir, el profesor/facilitador tomará la decisión de diseñar o eliminar de la estructura estos componentes de apoyo, según lo considere.
- Fase evaluación. Esta fase debe tener el componente de gamificación articulado con los elementos de gamificación diseñados en la fase *core*. Un elemento de evaluación debería estar debidamente asociado a este componente, así: en la fase evaluación debe existir al menos un componente de gamificación

asociado cuando el componente de gamificación presente en la fase *core*.

A continuación, se presentan los objetivos de cada una de las fases [15]:

Fase de facilitación: Proporcionar la respectiva ruta de aprendizaje motivando y estimulando a los estudiantes para el inicio de una sesión/clase a partir de la gamificación.

Fase de núcleo: Lograr aprendizajes significativos en los estudiantes. En esta fase se deben diseñar los procedimientos y recursos necesarios para lograr un proceso de aprendizaje activo, participativo, de cooperación y vivencial. Para esta fase se despliegan gamificación y tecnología como elementos básicos. Mientras que las herramientas web 2.0 y tradicionales se consideran elementos de apoyo.

Fase de evaluación: Intervenir el aprendizaje a partir de la evaluación. En esta fase se consideran las competencias y los recursos tecnológicos como facilitadores de la correspondiente evaluación.

En la siguiente sección se presenta el diseño arquitectónico de propuesta.

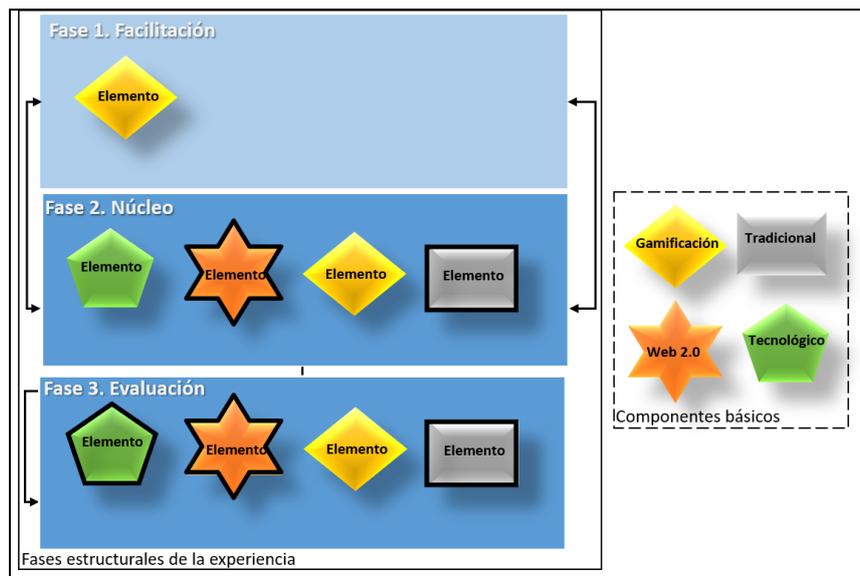


Fig. 1. Estructura metodológica de la experiencia [16]

IV. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

La implementación de la herramienta de software que apoye la creación de experiencias de gamificación consiste en el diseño de una aplicación Web siguiendo un diseño arquitectónico basado en el patrón Modelo Vista Controlador (MVC). Este patrón facilita separar las funcionalidades de la vista de las funcionalidades del negocio.

A continuación, se presentan las diferentes vistas de la arquitectura de la herramienta, con base en el enfoque arquitectónico propuesto por Kruchten [22].

A. Vista conceptual

En esta vista se presentan los conceptos más importantes involucrados en la metodología para gamificar un entorno educativo. Estos conceptos se representan en las Figuras 2 y

3. Estas figuras muestran un diagrama de paquetes conceptuales y un diagrama de clases conceptuales respectivamente.

El diagrama de paquetes conceptuales (Fig. 2) da cuenta de los módulos identificados para la aplicación: Experiencia Gamificación, Consultas, Maestros y Seguridad.

El módulo Experiencia Gamificación es el que contendrá todas las funcionalidades asociadas a la estructura metodológica para gamificar un entorno educativo.

El módulo Consultas proveerá funcionalidades para que los usuarios de la herramienta puedan consultar experiencias de gamificación existentes.

El módulo de Maestros proveerá las funcionalidades para administrar la información de las temáticas y los componentes utilizados para definir las experiencias de gamificación.

El módulo Seguridad proveerá servicios de autenticación y autorización.

En el modelo conceptual de la Figura 3 se muestra cómo está estructurada una experiencia de gamificación en términos de componentes que pueden ser tradicionales, de gamificación, web o tecnológicos.

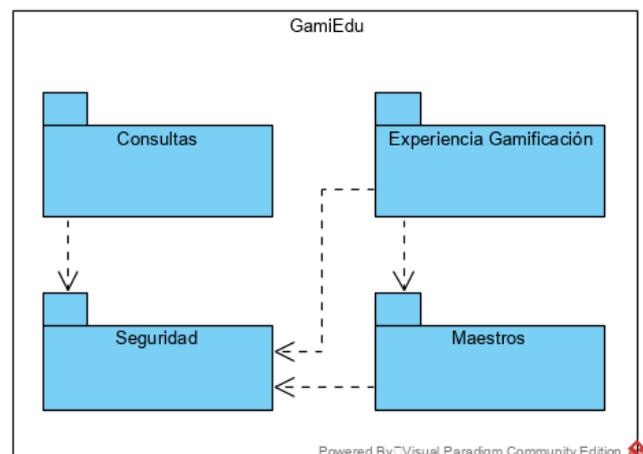


Fig 2. Diagrama de paquetes conceptuales

B. Vista de escenarios

Esta vista presenta los requisitos funcionales de la

herramienta en forma de casos de uso. Se crea un diagrama de casos de uso por cada módulo de la aplicación, donde se presentan las funcionalidades y los actores que las usan.

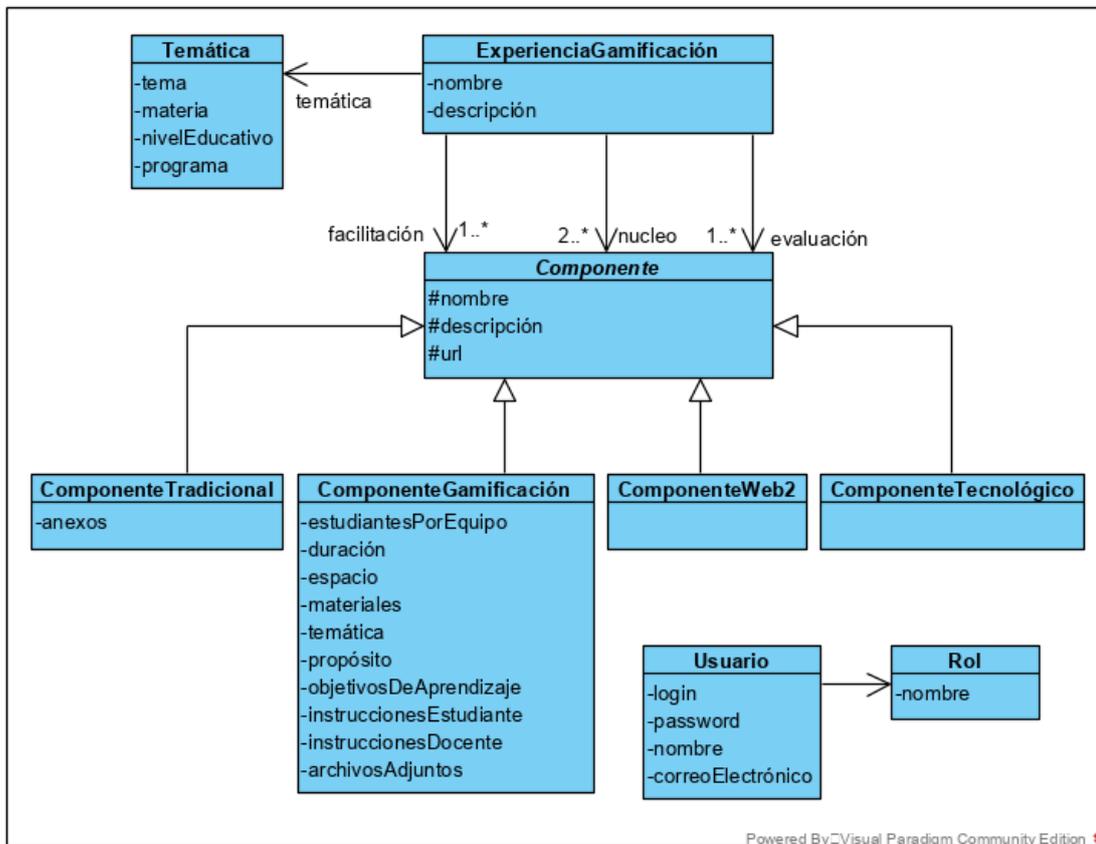


Fig 3. Modelo conceptual

La Figura 4 presenta los casos de uso del módulo de Consultas. Allí, el usuario tiene funcionalidades que le permiten hacer búsquedas filtradas sobre las experiencias de gamificación existentes.

La Figura 5 presenta los casos de uso para el módulo Experiencia de Gamificación. Allí, el usuario tiene la opción para definir los elementos asociados a la experiencia de gamificación: la temática y las fases de facilitación, núcleo y evaluación. Igualmente, tiene la posibilidad de generar la guía de la experiencia.

La Figura 6 presenta los casos de uso del módulo Maestros. Este módulo provee las funcionalidades para crear, leer, actualizar y borrar, es decir gestionar o hacer operaciones CRUD, sobre las entidades de negocio del sistema, que para este caso son los tipos de componente que se pueden usar en la definición de la experiencia de gamificación.

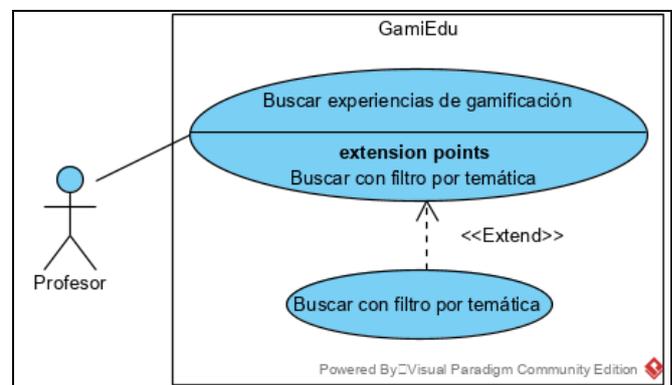


Fig. 4. Casos de uso del módulo Consultas

La Figura 7 presenta los casos de uso del módulo Seguridad. Allí, los usuarios pueden acceder a las funcionalidades asociadas con la autenticación y la autorización del sistema. Igualmente, el administrador del sistema puede acceder a la funcionalidad para la gestión de los usuarios.

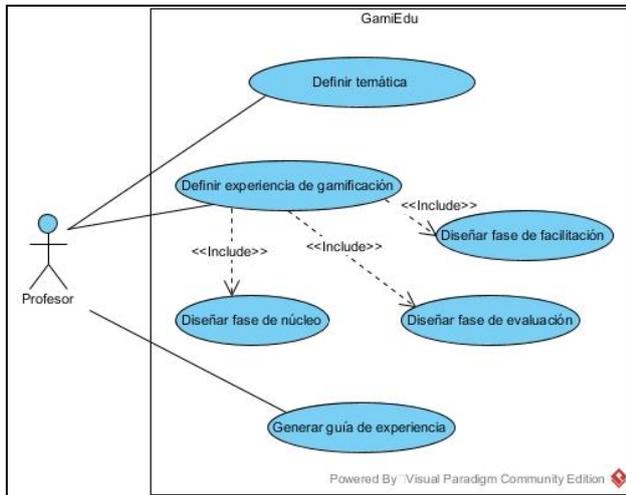


Fig. 5. Casos de uso del módulo Experiencia de gamificación

C. Vista lógica

La vista lógica presenta las capas en las que se organizarán los componentes de la aplicación. Para este caso se utilizó una vista de múltiples capas que permite separar los intereses de la presentación, el control, la lógica de negocio y la persistencia de datos. Además, provee una capa transversal de transferencia de datos que sirve a las demás capas. La Figura 8 presenta un diagrama de paquetes donde se muestra la vista lógica de la herramienta.

D. Vista física

La vista física, que se muestra en la Figura 9, presenta una estructura genérica de despliegue para una aplicación Web. En este caso se decidió plantearla de manera genérica, ya que existen muchas posibilidades en términos de plataformas tecnológicas para la implementación.

V. CASO DE ESTUDIO

En esta sección se describe un caso de estudio de la herramienta de software propuesta para la creación de una experiencia de gamificación de un curso del programa de Ingeniería Civil en Computación e Informática de la Universidad Católica del Norte, en Chile.

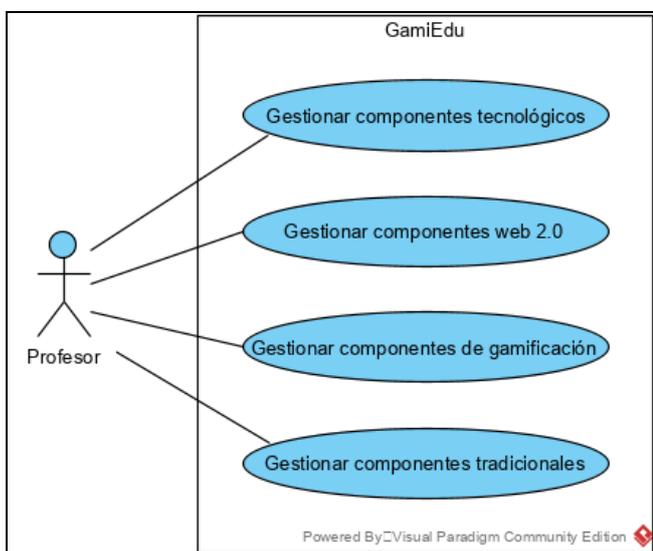


Fig. 6. Casos de uso del módulo Maestros

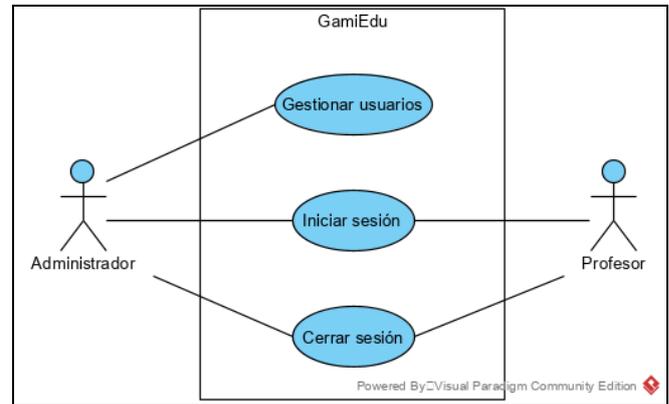


Fig. 7. Casos de uso del módulo Seguridad

Este caso de estudio se constituye en una aproximación a un proceso de validación formal de la propuesta. Los resultados de caso de estudio que se muestran en el apartado VI, son el insumo principal de la evaluación de la estructura metodológica.

A continuación, se describen las características del curso.

A. Caracterización del caso de estudio

Este curso fue seleccionado para diseñar su entorno gamificado ya que cumple con los siguientes criterios: 1) objetivos de aprendizaje enmarcados en Ingeniería de Software, 2) necesidades evidentes de conseguir motivación y compromiso en la audiencia, 3) libertad de cátedra para proponer nuevas estrategias de enseñanza para la adopción de la gamificación y 4) desarrollo práctico de un proyecto de aula.

Bajo estos parámetros se selecciona el curso PTAIS. El curso tiene dos ejes de trabajo así: 1) Eje teórico conocido como cátedra, donde el profesor/facilitador se centra en entregar conocimientos teóricos básicos para el desarrollo de las competencias esperadas y 2) Eje práctico, conocido como proyecto, donde los estudiantes de forma autónoma demuestran aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos en la cátedra. Los estudiantes deben demostrar dichos conocimientos mediante el trabajo con el Socio Comunitario. Para realizar el trabajo con el Socio Comunitario deben seguir las etapas del ciclo de vida de desarrollo del software, desde la elicitación de requisitos hasta la entrega del producto final. En el proyecto, el rol del profesor/facilitador es acompañar, asesorar y facilitar el desarrollo del producto final y la toma de decisiones de los estudiantes para conseguir el objetivo del curso.

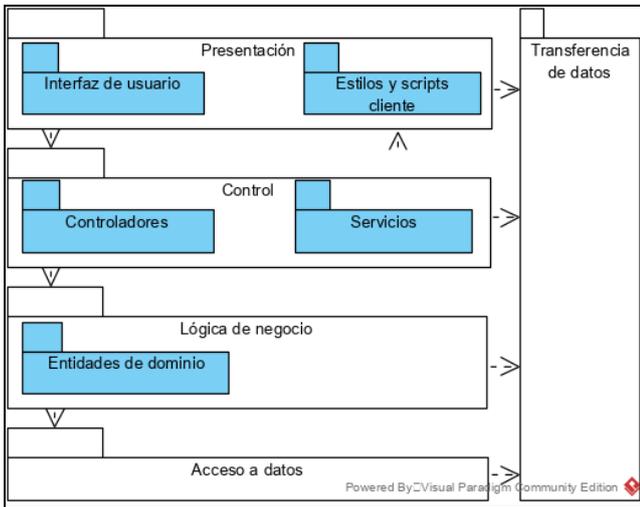


Fig. 8. Diagrama de paquetes con la vista lógica de la herramienta

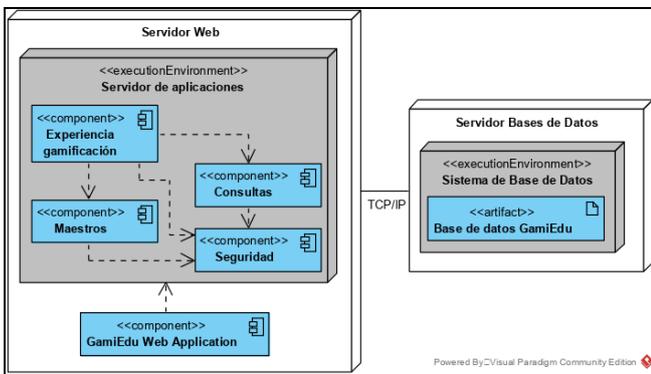


Fig. 9. Vista física de la herramienta

B. Ficha técnica del caso de estudio

Los datos del caso de estudio se presentan en la siguiente ficha (Tabla 1):

TABLA I. FICHA TÉCNICA DEL CASO DE ESTUDIO

Carrera o programa académico	Ingeniería Civil en Computación e Informática
Nombre del curso	Proyecto Tópicos Avanzados de Ingeniería de Software (PTAIS).
Pre-requisitos del curso	Proyecto Desarrollo de Software Basado en Plataformas
Unidades temáticas	1) Gestión de proyectos de desarrollo de software 2) Gestión de la configuración del software 3) Administración de la calidad, 4) Evolución de sistemas de software 5) Desarrollo de software seguro
Nivel académico	Semestre 8
Cantidad de estudiantes	18
Periodo de ejecución de la estrategia	Primer semestre 2019

C. Objetivos de aprendizaje

En el curso PTAIS se pretende integrar las buenas prácticas para el desarrollo de software seguro en los procesos de producción de software. Además, aplicar las técnicas y modelos para la mantención de sistemas de software. A partir de las temáticas mencionadas, también se

proponen objetivos relacionados con la gestión de un proyecto de desarrollo de software, incorporando actividades de gestión de calidad.

El logro de estos objetivos de aprendizaje se promueve mediante la ejecución de un proyecto de desarrollo de software en un entorno real. El proyecto se desarrolla utilizando un proceso iterativo e incremental como parte de la estrategia de Aprendizaje + Servicio. Dicha estrategia incluye el cumplimiento del compromiso de responsabilidad social declarado en el Proyecto Educativo de la Institución. La ejecución del proyecto facilita la aplicación de los conocimientos adquiridos en los cursos de Ingeniería de Software y Proyecto de Desarrollo de Software. Para cumplir con esta propuesta se utiliza la alianza con los socios comunitarios con quienes se trabaja en la Universidad Católica del Norte. Durante el primer semestre 2019, se les presenta a los estudiantes la alianza y las necesidades del socio comunitario en una primera reunión de inicio del proyecto. Dicha reunión es liderada por el profesor/facilitador y participan tanto los estudiantes como la Fundación Sordos Iguales.

La Fundación Sordos Iguales, se constituye en la entidad proponente del proyecto. Esta fundación es una entidad que desde su constitución realiza una importante labor entorno a la normalización de la Lengua de Señas Chilena, y educación de la comunidad sorda en temas de diversidad sexual (LGBT), Educación Sexual, VIH-Sida, y sobre las leyes chilenas antidiscriminación.

A continuación, se describen los pasos y las fases realizadas para la creación del entorno gamificado, mostrando las interfaces de la herramienta software desarrollada para el caso de estudio.

D. Descripción del caso de estudio para el entorno gamificado

A partir de la estructura metodológica propuesta y con el apoyo de la herramienta de software se crea el entorno gamificado. El primer paso es definir la temática del curso. En este caso de estudio la temática seleccionada es “Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software” porque hace parte de PTAIS (Fig. 10).

El segundo paso consiste en crear la experiencia de gamificación. En la Figura 11 se presenta la interfaz donde se evidencia: 1) configuración de los datos generales del entorno, 2) diseño de fase de facilitación, 3) diseño de la fase de núcleo o *core* y 4) diseño de la fase de evaluación.

En la configuración del entorno se registran los datos generales de la experiencia. Para el caso de estudio corresponden a la implementación de un sistema web para la Fundación Sordos iguales asociada a la temática Gestión de Proyectos de desarrollo de Software (Fig. 11).

En el diseño de la fase de facilitación se define el “Concurso de preguntas” como componente de gamificación. Este componente se programa para iniciar la sesión de trabajo en clase. El propósito es verificar la asimilación de conceptos presentados en clases previas y la evaluación individual de la apropiación de conceptos. Esto último facilita introducir un nuevo tema eliminando riesgos de aprendizajes previos requeridos.

Fig. 10. Interfaz Definir Temática para el tema “Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software”

Fig. 11. Interfaz para el caso de uso “Crear Experiencia de Gamificación”

En la Figura 12 se presenta la interfaz de la fase de facilitación. Esta interfaz implementa un menú desplegable de los componentes de gamificación existentes, tales como Caritas Felices o Concurso de Preguntas. Complementa esta interfaz la funcionalidad de crear un nuevo componente, cuando sea necesario.

Fig. 12. Interfaz para crear la Fase de Facilitación

El diseño de la fase de núcleo o *core* permite la creación de componentes asociados a la temática seleccionada. En la Figura 13 se presenta la interfaz para crear la fase de núcleo del entorno gamificado. Dicha figura muestra que para la fase *core* es obligatorio asociar, al menos, un componente de gamificación y un componente tecnológico. Los componentes de tipo web 2.0 y tradicional son de apoyo.

Con relación a la temática del caso de estudio “Gestión de proyectos de desarrollo de software”, en la fase *core* se incluye como componente de gamificación el “Concurso de preguntas”. Este componente se complementa con el componente tecnológico denominado Laravel, un framework de implementación de aplicaciones web. El componente web 2.0 está asociado con la herramienta

Kahoot, conocida como un servicio web de educación social y gamificada. Finalmente, en esta fase se definen las presentaciones en diapositivas como componente tradicional para presentar conceptos de la temática.

Fig. 13. Interfaz para crear la Fase de Núcleo

En el diseño de la fase de evaluación, la herramienta software facilita la creación del componente correspondiente. Según la estructura metodológica para la fase de evaluación es obligatorio que el componente esté relacionado con el componente de gamificación. Por lo tanto, para este caso se describe el componente “Caritas Felices” (Fig. 14). “Caritas Felices” consiste en un sistema de premios basado en puntos. Los puntos se asignan por la exitosa ejecución de actividades extras y voluntarias. También se pueden lograr puntos cuando el nivel de calidad del trabajo obligatorio de la asignatura PTAIS supera el nivel de calidad esperado. Al final del curso se realiza la equivalencia entre el sistema de puntos y la nota (en décimas) que impacta el promedio académico de los estudiantes.

Fig. 14. Interfaz para crear la Fase de Evaluación

Además, la herramienta facilita la relación de los componentes Laravel, Kahoot y presentaciones como componentes tecnológicos, web 2.0 y tradicional, respectivamente, en la fase de evaluación.

Finalizando con la fase de evaluación, el entorno gamificado está diseñado y listo para ser utilizado por el profesor/facilitador de la experiencia. Cada componente cuenta con una interfaz de diseño similar a la que se muestra en la Figura 15. Dicha figura presenta un segmento de la interfaz de creación/consulta de componentes de gamificación con la información de “Caritas Felices”, a manera de ejemplo.

Name	Caritas felices
Description	Sistema de premios en base a puntos ganados por actividades extras o
URL	N/A
Components	Gamification
Students per Team	1
Length	Todo el semestre
Space	Laboratorio
Materials	Hoja de registro de las caritas felices; stickers; otros según la actividad espe
Subject Matter	Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software

Fig. 15. Interfaz de creación de componentes de gamificación (segmento)

Como evidencia de la creación del entorno gamificado, la herramienta proporciona un documento de trabajo guía y un diagrama resumen (Fig. 16). Esta guía se constituye en el instrumento pedagógico para el profesor/facilitador. El principal objetivo es la facilidad de ejecución de la estrategia diseñada. Para el caso de estudio seleccionado, el entorno gamificado generado está asociado a la temática “Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software” y la guía del instrumento diseñado para el profesor/facilitador y sus componentes se pueden consultar en <https://git.io/Jkq0r>.

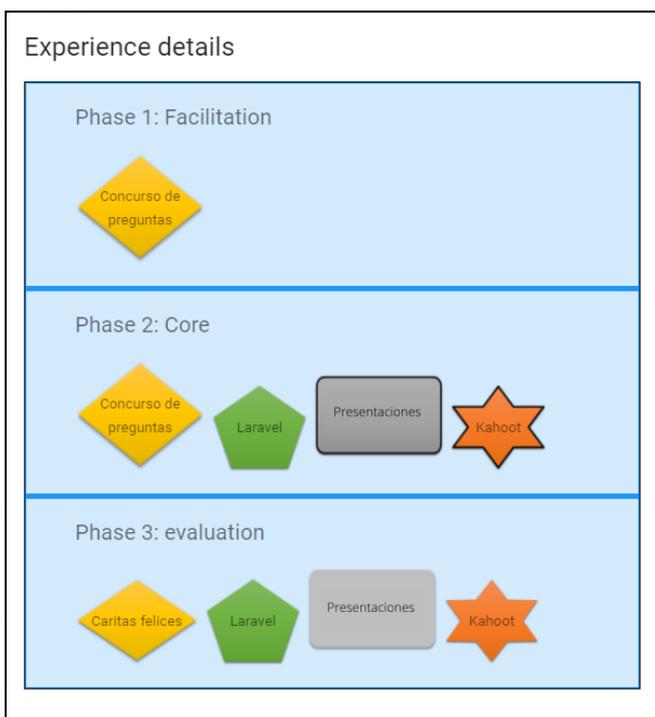


Fig. 16. Diagrama resumen de la experiencia de gamificación para la temática “Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software”

E. Resultados del caso de estudio

A continuación, se presentan los resultados del caso de estudio a partir de cuatro categorías: (1) resultados de la asignatura, (2) resultados del producto entregable de la asignatura, (3) resultados de la estrategia de enseñanza y (4) resultados de la herramienta y experiencia de uso.

1. Resultados de la asignatura: en la asignatura PTAIS se obtiene como resultado productos de software orientados a la población sorda. El beneficiario de esta estrategia es la Fundación Sordos Iguales. Estos productos son desarrollos tecnológicos, resultado del trabajo práctico en el aula e implementados por los estudiantes del curso. El grupo de estudiantes de la asignatura es distribuido en equipos con un propósito común, dar acceso a información desplegada a través de una plataforma disponible en Internet, mediante el uso de lengua de señas chilena (LSCh) a la comunidad sorda, especialmente a quienes tienen un bajo desarrollo en la habilidad de lecto-escritura.

2. Resultados del producto entregable de la asignatura: en la Figura 17 se presenta la interfaz de una de las plataformas creadas. Esta interfaz es una evidencia del resultado del desarrollo tecnológico implementado para la Fundación Sordos Iguales. Este producto cuenta con un módulo público, de libre acceso. En este módulo todas las opciones del menú son animadas y se despliegan incluyendo la opción en LSCh. La principal funcionalidad implementada es la opción de compartir videos para presentar noticias y desarrollar temas de interés de la comunidad sorda, con base en LSCh.

La plataforma también cuenta con un módulo privado, con acceso restringido mediante usuario y contraseña. Este módulo tiene funcionalidades asociadas a la gestión de los cursos de LSCh que ofrece la Fundación Sordos Iguales. Además, cuenta con la actualización del contenido de la información que se despliega.

3. Resultados de la estrategia de enseñanza: esta plataforma se constituye en la principal evidencia asociada a la aplicación de la estrategia de gamificación diseñada por el profesor/facilitador del curso PTAIS. En el marco de este curso, los estudiantes desarrollan una solución a un problema real donde el público objetivo es la Fundación Sordos Iguales.

El diseño del entorno gamificado evidencia resultados positivos en términos de la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje del curso. Dichos objetivos de aprendizaje se evaluaron a partir de tres actividades de aprendizaje en equipos. Estas actividades coinciden con tres iteraciones del proyecto y se evidencian con su ejecución y el reporte de documentos como el plan de proyecto, la especificación de requisitos de software y el manual de sistema.

Con respecto la estrategia de enseñanza Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Aprendizaje más Servicio (A+S) utilizada en el caso de estudio, su principal ventaja es la consecución de productos software funcionales, bajo un esquema de gestión de

proyectos. Dicha estrategia facilita el aprendizaje de los estudiantes y la generación de productos tecnológicos que resuelven problemas reales en un contexto empresarial o social. Además, en este caso de estudio el valor agregado es la articulación de un problema real con iniciativas tecnológicas para la accesibilidad digital de PcD.



Fig. 17. Interfaz de la plataforma web

4. Resultados de la herramienta y experiencia de uso: este caso de estudio incluyó una entrevista semiestructurada de percepción del usuario con respecto a su experiencia en el uso de la herramienta para el diseño y creación del entorno gamificado. La entrevista semiestructurada fue el instrumento seleccionado porque presenta el grado de flexibilidad requerido para este estudio. Partimos de preguntas planeadas, que fueron ajustadas para adaptarse al interlocutor, aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos [23].

Las preguntas planteadas giraron alrededor de temas como la facilidad de uso, claridad en los pasos a realizar, análisis de registro de errores que se produjeron en las pruebas funcionales realizadas, el tiempo dedicado para el diseño de la guía, percepción frente a la seguridad y privacidad de la información registrada, sensación de estrés que produjo la imposibilidad de hacer tareas requeridas, entre otras. Con respecto a los resultados obtenidos de dicha entrevista, se evidencia que la herramienta tiene un diseño arquitectónico sencillo y flexible. Su arquitectura incluye todas las funcionalidades requeridas para el diseño y registro de actividades de gamificación propuestas en la estructura metodológica. Permite la reutilización de los componentes de gamificación en varias experiencias y tiene un entorno de control con la gestión de usuario a través de una cuenta de acceso.

Sin embargo, los resultados de la entrevista también permiten identificar mejoras de la herramienta. Las mejoras más significativas son las relacionadas con atributos de calidad, tales como: a) Seguridad, implementar restricciones para las claves de acceso seguras, b) Usabilidad, visibilidad del estado del sistema a partir del diseño de interfaces de usuario con indicadores de navegabilidad, es decir definir un *workflow*, como guía para el usuario en la creación de la experiencia y sus componentes y, además, c) Usabilidad, incorporando mensajes de error adecuados y acertados que le permitan al usuario identificar el problema y recuperarse de los errores continuando rápidamente con el proceso de creación de entornos educativos gamificados. Estos resultados son útiles para continuar con el desarrollo del

prototipo de software y obtener una versión estable de la herramienta software.

Además, los resultados de la entrevista semiestructurada también evidencian que la guía generada por la herramienta potencia los beneficios de estrategia de enseñanza Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Aprendizaje más Servicio (A+S) utilizada en el curso. La claridad de dicha guía e instrucciones generadas para la creación del entorno, condujo a un uso sistemático para las diferentes sesiones del curso a manera del plan de ejecución clase a clase. Por lo tanto, el profesor que diseñó la estrategia y usó la herramienta manifiesta que la volvería utilizar para futuras versiones del curso y otros cursos del área.

VI. CONCLUSIONES

El creciente interés en el uso de la gamificación en la Enseñanza de Ingeniería de Software, motiva a diseñar nuevas herramientas como la estructura metodológica propuesta en este trabajo. La propuesta considera 3 fases: 1) Facilitación enfocada a lograr el acercamiento entre docentes y estudiantes, 2) Núcleo donde se diseñan elementos clave para el desarrollo de contenidos asociados a objetivos y competencias del curso y 3) Evaluación como componente de verificación de objetivos de aprendizaje o competencias.

Esta propuesta define cuatro tipos de componentes utilizados durante la ejecución de cada fase: 1) gamificación, 2) herramientas web 2.0, 3) tecnología y 4) métodos tradicionales de enseñanza.

La herramienta de software que facilita la creación de entornos gamificados es el soporte tecnológico de la propuesta y un caso de estudio permite identificar los primeros resultados de la implementación en un entorno real.

Los resultados más relevantes demuestran que se lograron desarrollar productos de software orientados a la población sorda y desplegarlo en un entorno real, siendo el beneficiario la Fundación Sordos Iguales.

Con respecto a la herramienta se evidencian fortalezas en su arquitectura y diseño. Sin embargo, existen mejoras técnicas importantes que se deben realizar, con el fin de conseguir un soporte tecnológico sólido para la propuesta.

La principal contribución de la propuesta está en la generación de una guía instruccional para el desarrollo de una o más sesiones de trabajo en clase. La guía facilita el uso de la estrategia de gamificación de manera sistemática y la reutilización de los componentes de estrategias previamente creadas. Además, se concibe como un repositorio de información clasificada que facilita la articulación de elementos, componentes y estrategias de gamificación diseñadas.

Algunas líneas de trabajo futuro han sido identificadas a partir de las pruebas de software realizadas a la herramienta software, tales como (1) desarrollo de un módulo para gestión del perfil de usuario (foto, institución a la que pertenece, cambio de clave, creación de cuenta, etc.), (2) diseño de una funcionalidad para gestión de la privacidad de los entornos gamificados (3) implementación de los

atributos de calidad para control de acceso, mensajes de error y elementos de navegabilidad durante el proceso de creación y diseño de la estrategia.

El desarrollo de una versión estable del prototipo de software, utilizando heurísticas de usabilidad para el diseño de la herramienta como las heurísticas de Nielsen, también es una línea de trabajo abierta.

Además, existen oportunidades de mejora de la estructura metodológica para la incorporación de elementos de gamificación en beneficio de la disciplina Ingeniería de Software. Esta línea de trabajo futuro puede fortalecerse para la enseñanza de temáticas como la Gestión de Proyectos de Software, Calidad de Software. Sin embargo, es necesario diseñar la plataforma tecnológica para que cumpla con objetivos de integración e incluya la propuesta de diseño [24] y la versión estable del prototipo de software mencionada.

Finalmente, buscando una generalización de los resultados se propone, también como trabajo futuro, la validación de la estructura metodológica a partir del diseño de casos de estudio, experimento o cuasiexperimento, entre otros métodos de Experimentación en Ingeniería de Software [25]. Además, el uso de técnicas como análisis de contenido y teoría fundamentada para la formalización de los resultados con métodos como la entrevista semiestructurada [24].

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Sordos Iguales, de la ciudad de Antofagasta <https://sordosiguales.cl/>, Chile, por su participación en el caso de estudio. También se agradece el compromiso y trabajo realizado por los estudiantes del curso PTAIS, primer semestre 2019, especialmente por su entusiasta participación en todas las actividades gamificadas.

REFERENCIAS

- [1] Sommerville, I. (2001) *Software Engineering*. Pearson, New York.
- [2] Prikladnicki, R. et al. (2013) 6th International workshop on cooperative and human aspects of software engineering. In 2013 35th International Conference on Software Engineering, ICSE 2013 - Proceedings (pp. 1511-1512). <https://doi.org/10.1109/ICSE.2013.6606762>
- [3] García, F. et al. (2017) A framework for gamification in Software Engineering. *Journal of Systems & Software* 132: 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.06.021>.
- [4] Morschheuser B, Hassan K, Werder K., Hamari, J (2017) How to design gamification? A method for engineering gamified software. *Information and Software Technology* 95:219-231. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.10.015>.
- [5] Aguilar-Vera, R.A. et al. (2020) Configurable and computable instructional model based on gamification elements: a case study on education in software engineering, *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 12(2) : 20-35
- [6] Snijders R et al. (2016) REfine: A gamified platform for participatory requirements engineering. In 1st Int. Work. Crowd-Based Requir. Eng. *CrowdRE 2015 – Proc* 1-6.
- [7] Yasin A et al. (2018) Design and preliminary evaluation of a cyber Security Requirements. *Information and Software Technology* 95: 179–200. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.12.002>
- [8] Piteira M, Costa CJ (2017) Gamification: Conceptual framework to online courses of learning computer programming. In 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI).
- [9] Passos EB et al. (2011) Turning Real-World Software Development into a Game. In 2011 Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment 260-269.
- [10] Garcia, I., Pacheco, C., Leon, A., & Calvo-Manzano, J. A. (2020). A serious game for teaching the fundamentals of ISO/IEC/IEEE 29148

- systems and software engineering–Lifecycle processes–Requirements engineering at undergraduate level. *Computer Standards & Interfaces*, 67, 103377.
- [11] Calderón A, Ruiz M, O'Connor R.V. (2018) A serious game to support the ISO 21500 standard education in the context of software project management. *Computer Standards & Interfaces* 60:80–92. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.04.012>.
- [12] Potter H et al. (2014) InspectorX: A game for software inspection training and learning. In 2014 IEEE 27th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T) 55–64.
- [13] Sheth S, Bell J, Kaiser G (2012) Increasing Student Engagement in Software Engineering with Gamification. *Columbia University Computer Science Technical Reports*.
- [14] Rodriguez y otros Rodriguez, G., Gonzalez, P., Teyseyre, A., & Glessi, M. (2020). Un enfoque para enseñar Scrum a través de la gamificación en las plataformas móviles, *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 10(3)
- [15] Gasca-Hurtado GP, Gómez-Álvarez MC, Vega Zepeda V (2018) Gamification experience of an educational environment in software engineering. In 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI).
- [16] Alhammad MM, Moreno AM (2018) Gamification in software engineering education: A systematic mapping. *Journal of Systems and Software* 141: 131–150. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.03.065>
- [17] Calderón A, Ruiz M, O'Connor R.V. (2018) A multivocal literature review on serious games for software process standards education. *Computer Standards & Interfaces* 57: 36–48. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.11.003>
- [18] Pedreira O et al. (2015) Gamification in software engineering – A systematic mapping. *Information and Software Technology* 57:157–168. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.08.007>
- [19] A. Souzaa MR et al. (2018) A systematic mapping study on game-related methods for softwareengineering education. *Information and Software Technology* 95: 201–218. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.014>
- [20] Machuca-Villegas, L.; Gasca-Hurtado, G.P.; Tamayo, L.M.; Puente, S. (2020). Elementos de Gamificación en el Contexto de Ingeniería de Software. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E27): 718-732.
- [21] de Monterrey, T. (2016). Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa. Disponible en: <https://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/edutrends-gamificacion.pdf>. Último Acceso: 23/03/2021.
- [22] Kruchten PB (1995) The 4+1 View Model of architecture. *IEEE Software* 12:42-50. DOI: 10.1109/52.469759
- [23] Diaz-Bravo, L. et al. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7): 162-167
- [24] Gasca-Hurtado, G. P., Gómez-Álvarez, M. C., & Manrique-Losada, B. (2019). Using gamification in software engineering teaching: Study case for software design. In *World Conference on Information Systems and Technologies* (pp. 244-255). Springer, Cham.
- [25] Runeson, P., Höst, M.: “Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering,” *Empir. Softw. Eng.*, vol. 14, no. 2, pp. 131–164, Apr. 2009, doi: 10.1007/s10664-008-9102-8.
- [26] Eddington, A.S. (1953), “Fundamental Theory”, CUP Archive.

Gloria Piedad Gasca-Hurtado es profesora-investigadora titular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín. Su Doctorado fue cursado en la Universidad Politécnica de Madrid, España en el Departamento de Idiomas, Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software de la Facultad de Informática. Sus áreas de investigación incluyen mejora y optimización de procesos de software de tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), entornos multimodelo para el desarrollo de software, desarrollo de software y metodologías ágiles aplicadas a pequeñas empresas (PYMES), factores sociales y humanos asociados a la productividad de proyectos de software, entre otros. Se desempeña como Directora del Programa Académico de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Medellín.

María Clara Gómez-Álvarez es profesora asociada de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Medellín y actualmente coordina la Maestría en Ingeniería de Software. Ingeniería de Sistemas- Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Magister en Ingeniería-Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Doctora en Ingeniería – Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Sus áreas de investigación incluyen: Educación en Ingeniería, Ingeniería de Requisitos, Gamificación y Mejora de Procesos Software. Sus intereses en docencia incluyen Ingeniería de Software, Sistemas de Información, Modelado de procesos de negocio y metodologías ágiles de

desarrollo de software. Actualmente se desempeña como coordinadora del Capítulo de Educación y Tecnologías de la Información de la Sociedad Colombiana de Computación

Jesús Andrés Hincapié recibió una licenciatura en Ciencias de la Computación de la Universidad de Antioquia y una maestría en Ingeniería de Software de la misma universidad, en Antioquia, Colombia. Actualmente es profesor asociado en la Universidad de Medellín, Medellín, Colombia. Sus intereses de investigación actuales incluyen diseño y arquitectura de software, desarrollo web, desarrollo de software basado en modelos y mejora de procesos de software.

Vianca Vega Zepeda tiene un Doctorado en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid. Estudió Ingeniería en Computación e Informática en la Universidad Católica del Norte, en Chile. Es académica del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Católica del Norte (UCN). Su área de trabajo es la ingeniería de software. Es miembro del Comité de Programa de Magíster en Ingeniería Informática de la UCN. Forma parte de la red de Mejora de Procesos de Software conformada por instituciones de Colombia, México y Chile. Ha participado como expositora en diversos eventos científicos internacionales y ha publicado artículos científicos en revistas internacionales y capítulos de libro. Es parte del equipo oficial de traducción del Modelo CMMI, del SEL. Entre los años 2012 al 2018 y 2019 al 2020, estuvo a cargo como Jefa de Carrera de Ingeniería Civil en Computación e Informática de la UCN. Actualmente ocupa un puesto

directivo en la Vicerrectoría Académica de la UCN, como Directora General Estudiantil, a cargo del bienestar, apoyo y acompañamiento de la comunidad estudiantil. Sus áreas de investigación son la Mejora de Procesos de Software, y la Gestión de Calidad en el desarrollo de software. También trabaja en investigación aplicada en el área de desarrollo tecnológico para la inclusión de personas en situación de discapacidad.