

Gamificación para atender los desafíos de la enseñanza Ingeniería de Software en instituciones de educación superior

Mirna Muñoz¹, Gloria Piedad Gasca-Hurtado²

mirna.munoz@cimat.mx; gpgasca@udemedellin.edu.co

¹ Centro de Investigación en Matemáticas A.C.- unidad Zacatecas, Zacatecas, México.

² Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, 50026, Medellín, Colombia.

DOI: [10.17013/risti.49.5-21](https://doi.org/10.17013/risti.49.5-21)

Resumen: El desarrollo profesional de los ingenieros de software es uno de los intereses de la industria, ya que las habilidades profesionales contribuyen al desarrollo de software de calidad. Por lo tanto, los procesos de enseñanza aprendizaje requieren transformaciones importantes que fortalezcan la educación en estándares de Ingeniería de Software, estos estándares son utilizados para el desarrollo de software de calidad. Con su implementación se logra resolver los retos de la industria del software en cuanto a la producción de software de calidad que satisfaga sus necesidades. El desarrollo de estas habilidades se hace más crítico en muy pequeñas organizaciones, siendo la principal fuente de trabajo de recién egresados. En este contexto, la gamificación está siendo utilizada como estrategia útil en la academia para aumentar las capacidades de los futuros profesionales con altos índices de éxito. Tomando como base los desafíos para la enseñanza de estándares en instituciones de educación superior, obtenido de una muestra de 36 profesores, en este artículo se sugiere un conjunto de elementos de gamificación para diseñar estrategias que contribuyan a la educación en estándares de Ingeniería de Software, relacionados con los desafíos identificados.

Palabras-clave: entidades muy pequeñas, estándares de calidad, desafíos en la enseñanza, entidades de educación superior, estrategias de enseñanza, gamificación.

Gamification for addressing the challenges of teaching international Software Engineering standards in higher education institutions

Abstract: The professional development of software engineers is one of the industry's interests since professional skills contribute to developing quality software. Therefore, the teaching-learning processes require significant transformations that strengthen education in Software Engineering standards used to create quality software. Its implementation helps solve the software industry's challenges regarding the quality of its processes. The development of these skills becomes more critical in very small entities. In this context, gamification is being used as a helpful strategy in academia to increase the skills of future professionals

with high success rates. Based on the challenges that arise in the process of teaching standards in higher education institutions from a sample of 36 teachers, this article suggests a set of gamification elements to design strategies that contribute to education in Software Engineering standards, specifically related to the identified challenges.

Keywords: very small entities, quality standards, teaching challenges, higher education institutions, teaching strategies, gamification.

1. Introducción

La industria del software está teniendo una gran oportunidad como proveedora del software para distintos entornos industriales. Este hecho favorece a las empresas de desarrollo de software grandes, medianas, pequeñas y muy pequeñas, en especial para las muy pequeñas (EMPs), debido al lugar que éstas ocupan en la cadena de suministro de software para las pequeñas y medianas empresas (Muñoz, Mejía & Laporte, 2019) (Ibarra, Vullinghs & Burgos, 2021).

Este hecho resalta la responsabilidad que las EMPs, deben afrontar para desarrollar software con la calidad requerida por sus clientes. En este contexto, el uso de estándares de Ingeniería de Software puede apoyar a las entidades muy pequeñas para lograr desarrollar software de calidad. Desafortunadamente, para la mayoría de éstas, se complica la implementación de estándares de calidad, debido a sus características propias como (Muñoz, et. al., 2021):

1. Tienen poca o nula experiencia en la implementación de mejoras en sus procesos, así como en la implementación de modelos y estándares.
2. Deben trabajar muy duro para sobrevivir en el mercado del software.
3. Tienen muy pocos empleados, y la mayoría de las veces son recién egresados contratados con poca o nula experiencia.
4. Tienen un mínimo o nulo presupuesto para invertir en actividades relacionadas con la mejora de sus procesos de desarrollo de software.

Esta investigación se enfoca en la poca o nula experiencia de los ingenieros que son contratados, debido a que las EMPs contratan recién egresados. En una publicación previa (Muñoz et al., 2016), se aborda este tema resaltando dos desafíos que enfrentan los recién egresados al integrarse en la industria de software. Por un lado, haber adquirido el conocimiento para desempeñar de una manera adecuada el rol que le sea asignado (e.g. gestor de proyecto, miembro del equipo de desarrollo). Por otro lado, que los egresados sean capaces de trabajar bajo un modelo o estándar requerido por la organización en la que se integran a laborar.

En este contexto, la gamificación, entendida como una estrategia que facilita la creación de experiencias lúdicas en un contexto no lúdico (Caponetto et al. 2014), está siendo muy usada para el aprendizaje dando excelentes resultados tanto a nivel de mejoras en el proceso enseñanza - aprendizaje como en la mejora de factores como la motivación y el compromiso. Además, la incorporación de elementos de gamificación en estrategias de enseñanza puede reforzar habilidades como la resolución de problemas, la colaboración y la comunicación (Rabah et al., 2018).

Este trabajo toma como punto de partida los resultados de un análisis realizado con una muestra de 36 profesores, para identificar un conjunto de desafíos a los que se enfrentan los profesores para enseñar estándares internacionales a sus alumnos durante su formación en las Instituciones de Educación Superior (IES) (Muñoz, 2021), para realizar una propuesta que integra elementos de gamificación utilizados para diseñar estrategias para abordar los desafíos que enfrentan las IES para la incorporación de los estándares internacionales de Ingeniería de Software en sus currículas y en la integración de nuevas estrategias de enseñanza que demanda el mundo.

Después de la introducción, este artículo está organizado como sigue: en la sección 2 se muestran trabajos relacionados con estándares de Ingeniería de Software y de Gamificación para la enseñanza en Ingeniería de Software. En la sección 3 se describe el análisis del estudio exploratorio realizado para determinar los desafíos en la enseñanza de estándares de Ingeniería de Software. La sección 4 detalla los desafíos identificados y presenta la propuesta de elementos de gamificación sugeridos para abordarlos. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones y trabajo futuro de esta propuesta.

2. Trabajos relacionados

En esta sección se presentan trabajos relacionados con la enseñanza de estándares de Ingeniería de Software en la academia y el uso de gamificación para la enseñanza de Ingeniería de Software.

2.1. Enseñanza de estándares de Ingeniería de Software en la academia

Los estándares encapsulan un cuerpo de conocimiento común de la Ingeniería de Software representando un conjunto sólido de prácticas de desarrollo de software para la industria (Jovanovic & Andres, 1999)

Muñoz et al., en el artículo “*Análisis de la cobertura de las currículas de universidades de México para la industria de software en México*” (Muñoz et al., 2016), presentan un análisis de cobertura de currículas de universidades y la industria del software en México. El artículo analiza el nivel de cobertura que tienen carreras relacionadas con Ciencias de la Computación e Informática en referencia de la norma Moprosoft usada por la industria mexicana, el análisis se realizó para identificar el grado de cumplimiento de requisitos de conocimiento solicitados por la industria de software versus la formación recibida por los alumnos de carreras relacionadas con el desarrollo de software en las universidades. Como resultado se identificó un grado de cobertura medio entre el conocimiento requerido por el estándar y el proporcionado por las currículas de las universidades, resaltándose hallazgos referentes a la gestión de requisitos, gestión de riesgos, la validación, la medición y el análisis, y la gestión de la configuración como conocimiento que debe ser reforzado en las currículas.

Laporte, Muñoz and Bruel en el artículo “*La educación de estudiantes en el estándar ISO/IEC 29110 y su implementación en entidades muy pequeñas*” (Laporte, Muñoz & Gerançon, 2017) abordan las estrategias para implementación del estándar ISO/IEC 29110 que se han adoptado en diferentes países como Colombia, Brasil, Haití, Jordania, Malasia, México, Perú and Tailandia. En este artículo resalta la importancia de la

involucración de la academia para la enseñanza del estándar 29110 en países de América y Asia.

Claude y Muñoz en el artículo “*No enseñar estándares de ingeniería de software a futuros ingenieros, ¿es una mala práctica?*” (Laporte & Muñoz, 2021) analizan las consecuencias de la falta de uso de estándares en las organizaciones de desarrollo de software y de la falta de enseñanza de estándares a los ingenieros en formación y sus posibles consecuencias. Además, abordan cómo se podría apoyar a los profesores para la enseñanza de los estándares.

Vives, Melendez y Dávila en el artículo “*ISO/IEC 29110 and Software Engineering Education: A systematic Mapping Study*” (Vives, Melendez & Dávila, 2022) muestran los resultados de un estudio realizado con la enseñanza del estándar 29110 a los futuros ingenieros en la academia. Como resultado identifican dos técnicas didácticas utilizadas, por un lado, el aprendizaje orientado a proyectos, que habilita un espacio para adquirir experiencia en habilidades como son trabajo en equipo, visión holística del proyecto, pensamiento crítico y habilidades de análisis en situaciones reales. Por otro lado, las técnicas de gamificación para motivar de manera extrínseca el cumplimiento de los objetivos del curso.

2.2. Gamificación para la enseñanza en Ingeniería de Software

Se ha evidenciado que la gamificación brinda beneficios para promover el aprendizaje, el desempeño de los empleados, la participación del cliente e incluso iniciativas de crowdsourcing (Caponetto et al. 2014). En el contexto educativo, es considerada una estrategia interesante por su efectividad, ya que demuestra resultados positivos para la mejora del aprendizaje por medio de promoción de factores como la motivación y el compromiso. Además, tiene la capacidad de apoyar el refuerzo de habilidades como la resolución de problemas, la colaboración y la comunicación (Rabah et al., 2018).

A continuación se listan un conjunto de contribuciones que promueven el uso de la gamificación en el contexto de la enseñanza. Algunas de las contribuciones identificadas utilizan elementos como desafíos, que generan en los participantes motivación, mejora la capacidad de contribución al equipo, entre otros factores (Zhang et al., 2021; Yusri et al., 2020; Cheng et al., 2020; Norsanto & Rosmansyah, 2018). También es posible identificar propuestas donde la curiosidad, el deseo por descubrir y el elemento sorpresa (Palmas & Niermann, 2022; Gasca-Hurtado & Gomez-Alvarez, 2021; Lee et al., 2021; Gough et al., 2021; Zhang et al., 2021) son considerados importantes para el diseño de estrategias de gamificación enfocadas a la educación.

En términos generales, se logra identificar que hay un interés particular por el desarrollo de propuestas centradas en gamificación. Por lo tanto, se identifican en la literatura algunas propuestas que buscan evaluar la gamificación y arrojan resultados positivos, sobre todo en el campo de la enseñanza (Palmas & Niermann, 2022) al lograr motivar e involucrar a los alumnos, apoyando los procesos de aprendizaje diarios.

Otra propuesta muestra resultados relacionados con la enseñanza en Ingeniería de Software utilizando microaprendizaje y gamificación, donde se evidencia la asimilación

y fijación de conceptos por parte de los estudiantes en el área de conocimiento aplicada (Gasca-Hurtado & Gomez-Alvarez, 2021).

Finalmente, se menciona la propuesta con resultados positivos que reflejan la satisfacción de los alumnos durante una estrategia de gamificación en Ingeniería de Software relacionada con el algoritmo de emparejamiento (Yusri et al., 2020).

3. Análisis de los desafíos en la enseñanza de estándares de Ingeniería de Software

Este análisis se realizó a partir de los resultados de una encuesta para recopilar los datos. El instrumento se compartió por medio de invitaciones directas a profesores de Instituciones Educación Superior (IES) de México, Colombia, España y Chile. Además, se compartió a grupos de investigadores por WhatsApp y por LinkedIn.

La encuesta estuvo abierta dentro del periodo del 18 de enero al 1 de marzo del 2021 y recibieron un total de 36 respuestas de profesores de diferentes IES. De acuerdo con los datos recopilados por el instrumento, se identificó la participación de profesores de 4 países: 30 de México, 3 de España, 2 de Ecuador y 1 de Panamá.

3.1. Asignaturas impartidas

La Tabla 1 muestra una lista de 30 asignaturas en las que se podrían impartir temas relacionados con estándares de Ingeniería de Software. Éstas fueron seleccionadas de un total de 123 asignaturas mencionadas por los profesores (lista completa de asignaturas pueden consultarse en (Muñoz, 2022)).

Asignaturas	Profesores
Ingeniería de Software I y II	Prof2, Prof3, Prof6, Prof7, Prof8, Prof9, Prof11, Prof12, Prof16, Prof18, Prof19, Prof21, Prof23, Prof25, Prof36
Administración de proyectos, administración de proyectos ágil, administración de proyectos TSP, gestión cuantitativa de proyectos de software	Prof3, Prof11, Prof12, Prof15, Prof16, Prof17, Prof24, Prof30, Prof32
Sistemas de calidad en TI, calidad de software, métricas del software, evaluación de proyectos de software	Prof3, Prof1, Prof12, Prof13, Prof17, Prof27, Prof30, Prof34
Modelados de procesos de negocio	Prof3, Prof16,
Requisitos de software, Ing. de requisitos	Prof8, Prof11, Prof16, Prof19, Prof21
Gestión de la TI en una empresa	Prof9,
Modelos y métodos de mejora	Prof9
Arquitectura de software, arquitectura orientada a servicios	Prof10, Prof15,
Procesos de desarrollo, proceso personal de software	Prof10, Prof11, Prof34, Prof16
Administración de empresas de software, cultura empresarial	Prof12, Prof35

Asignaturas	Profesores
Modelado conceptual, modelado orientado a objetos, modelado de datos	Prof13, Prof23
Construcción del software, programación taller	Prof15, Prof26, Prof28, Prof29
Desarrollo ágil del software	Prof16,
Desarrollo de software	Prof17
Análisis y diseño de programas	Prof26, Prof33
Seguridad	Prof28, Prof29

Tabla 1 – Materias impartidas en las que se pueden impartir estándares de Ingeniería de Software

Del conjunto de materias reportadas por los profesores se identifican que las asignaturas de Ingeniería de software I y II son las que han sido mencionadas como impartidas con un total de 15 profesores, seguida por gestión de proyectos, mencionada por 9 profesores y calidad del software mencionada por 7 profesores.

3.2. Caracterización de la enseñanza de estándares

En análisis de las razones por las cuales existen deficiencias en la enseñanza de estándares se muestra en la Tabla 2.

ID	Razones	profesores
1	No se incluyen las normas en las asignaturas de las carreras	Prof1, Prof3, Prof6, Prof10, Prof25, Prof28, Prof29
2	No existen estándares para la asignatura	Prof4
3	Falta de reconocimiento de su utilidad	Prof7, Prof21
4	Los profesores no cuentan con preparación en Ingeniería de Software	Prof8, Prof10, Prof12, Prof13, Prof16, Prof18, Prof22, Prof32
5	Se centran en el qué más no el cómo	Prof9, Prof30
6	Son muy costosos	Prof10, Prof13
7	Requieren una actualización constante de versiones	Prof13, Prof22, Prof31, Prof35
8	Por desconocimiento	Prof14, Prof20, Prof22, Prof28, Prof29
9	Son aburridos	Prof23
10	Toman exceso de tiempo y papeleo que no aporta conocimiento	Prof23
11	Son complicados de enseñar cuando la formación de los ingenieros se centra en marcos de trabajo y lenguajes de programación	Prof24, Prof27, Prof30, Prof32, Prof34
12	Son absurdos los tiempos programados para enseñarlos	Prof26, Prof36

ID	Razones	profesores
13	No se usan en la industria	Prof12
14	Otra respuesta no relacionada a la pregunta	Prof2, Prof5, Prof15, Prof17, Prof19, Prof33, Prof11

Tabla 2 – Razones por las que no se enseñan estándares

Como se observa en la Tabla 2, la razón con más respuestas es la *falta de preparación de los profesores en Ingeniería de software* con 8 respuestas de profesores, seguido por la razón de que *no se incluyen estándares como parte de las asignaturas de las carreras* con 7 respuestas de profesores. Aunado a estas dos razones, podemos agregar al *desconocimiento por parte de los profesores*, debido a la complejidad que representa enseñarlos cuando los alumnos carecen de conocimiento previo, ya que su formación se centra en marcos de trabajo y lenguajes de programación respondido por 5 profesores cada razón.

3.3. Estándares comúnmente enseñados

Se identificaron 28 recursos diferentes, no son únicamente estándares. Entre las respuestas se mencionan metodologías, modelos y estándares, como se lista a continuación:

- Estándares: IEEE 1028 (1); IEEE 739(1); ISO 25000 (1); ISO/IEC 19761 COSMIC (1); IEEE 829 (1); ISO 21500(2); ISO 25000 (SQUARE) (2); ISO/IEC 20000 (2); ISO/IEC 330XX (SPICE) (2); ISO/IEC 12207 (2); ISO 9001 (4); IEEE Std. 830-1996 (5); MOPROSOFT, NMX-1-059-NYCE (6); ISO/IEC 29110 (13).
- Modelos: ciclo de vida cascada, espiral (1), ITIL (1), modelo relacional (2); CMMI (3).
- Metodologías y métodos: SCRUM (2); TSP (3); PSP(3).
- Otros: UML (1); SWEBOK (1); RUP (1); relacionados con IoT, IEEE, ETSi, CMU (3); PMBOK (4).

Como se observa en la lista los estándares que más se enseñan por parte los la muestra de profesores son el ISO/IEC 29110 con 13 respuestas, seguido de Moprosoft con 6 respuestas y el IEEE Std. 830-1998 con 5 respuestas.

Cabe resaltar que la mayoría de los profesores de la muestra son mexicanos y Moprosoft es el modelo para la industria mexicana y además es la base del estándar ISO/IEC 29110.

3.5. Beneficios de enseñar estándares

Con respecto a los beneficios que los profesores tienen identificados sobre la enseñanza de estándares internacionales, se pueden clasificar en dos grupos, por una parte, el beneficio que las empresas pueden tener al contratar ingenieros recién egresados formados en éstos, y por otro lado, los beneficios que los alumnos obtienen al ser formados en estos estándares. Cabe resaltar que del total de las 36 respuestas analizadas únicamente se encontró que una respuesta no estaba relacionada con la pregunta realizada.

- *Beneficios enfocados en las empresas:* (1) creación de software con calidad, (2) aseguramiento del producto de acuerdo al estándar, buenas prácticas demostradas, conocimiento sobre certificaciones en esos estándares, (3) promover la mejora de procesos al valorar la importancia del uso de éstos, y (4) desarrollo de proyectos TI más profesionales, relacionado con el seguimiento y aseguramiento de calidad debido al conocimiento de buenas prácticas.
- *Beneficios enfocados en los alumnos:* (1) los alumnos adquieren conocimiento integral y de regulación internacional de acuerdo a la temática tratada, (2) los alumnos egresan de las universidades mejor preparados para desarrollar software usando buenas prácticas de gestión e ingeniería, (3) desarrollan un mejor conocimiento y entendimiento de prácticas de Ingeniería de Software enfocadas a la calidad, (4) adquieren más conocimiento para el desarrollo de proyectos propios de emprendimiento, (5) mejoran su habilidad de trabajo en equipo teniendo la habilidad para distribuir responsabilidades y asumir compromisos, (6) mejoran el entendimiento en relación a la existencia de cuerpos de conocimiento elaborados, revisados y aplicados de forma global, en organizaciones de todos los países, y (7) mejor colocación de los estudiantes en empresas.

Es importante resaltar que ambos beneficios están relacionados, debido a que al adquirir conocimiento y un mejor entendimiento de la utilidad de los estándares, los recién egresados pueden promover su uso para la definición y/o mejora de procesos en las organizaciones de desarrollo de software.

3.5. Necesidades detectadas para lograr la enseñanza de estándares en instituciones de educación superior

Con las respuestas recibidas para esta pregunta se identificaron 5 categorías de necesidades que a continuación se describen:

1. *Capacitación a los profesores:* 21 respuestas hacen énfasis en la necesidad de capacitar y actualizar a los profesores en los estándares. Se resalta que la formación en estándares cubra tanto la parte teórica como la parte práctica para que los profesores puedan enseñar los estándares de una manera adecuada a los alumnos.
2. *Experiencia práctica:* 7 respuestas hacen referencia a la necesidad de que los profesores adquieran experiencia práctica en la implementación del o los estándares que se pretenden enseñar, tal que, los profesores tengan identificados los beneficios de su implementación y estos beneficios puedan ser transmitidos a sus alumnos.
3. *Incluir la enseñanza de los estándares como parte de las currículas de las IES:* 8 respuestas hacen énfasis en la necesidad de incluir a los estándares como parte de las currículas universitarias. Sin embargo, resaltan, por un lado, la necesidad de hacer una selección de los estándares que estén relacionados con la formación del alumno, y por otro lado, que sean los que están requiriendo las empresas.

4. *Presupuesto para adquisición de los estándares y certificaciones*: 3 respuestas hacen énfasis en la necesidad de contar con presupuesto en las IES para adquisición de estándares y el pago de certificaciones relacionadas con los mismos, debido a que los profesores no pueden tener acceso libre a los estándares por sus costos elevados, y además, no pueden optar por las certificaciones asociadas a estos estándares.
5. *Que los estándares sean requeridos por las empresas*: 2 repuestas hacen énfasis en la importancia de que sea la industria la que solicite a las IES la enseñanza de estándares requeridos por ser aplicados en su actividad diaria para garantizar la calidad de sus productos, procesos o servicios, debido a que el uso de los estándares no es constante en las empresas de desarrollo de software, debido a que su uso depende del tipo de cliente que atienden y la madurez de las mismas.

4. Propuesta de elementos de gamificación para abordar los desafíos identificados

Los elementos de gamificación son considerados la base para el diseño de estrategias de gamificación. Por esta razón, existen estudios donde se describen los elementos utilizados en el diseño de estrategias de gamificación, específicamente estrategias enfocadas al ambiente de aprendizaje (de Monterrey, 2016).

Existen diversos marcos de referencia para el diseño de la Gamificación tales como: Mechanics, Dynamics & Aesthetics - MDA (Hunicke, LeBlanc y Zubek, 2004; Zichermann y Cunningham, 2011), Mechanics, Dynamics & Emotions - MDE (Robson et al., 2015) y Dynamics, Mechanics & Components - DMC (Werbach & Hunter, 2015), entre otros.

Aunque hay diversidad de clasificaciones y definiciones de los elementos de juego (Dicheva et al., 2015), es posible identificar algunas que se destacan por su popularidad en la literatura, es el caso de mecánicas, dinámicas, componentes, estéticas y emociones (Wiklund & Wakerius, 2016).

A partir de estas diversas propuestas, en este trabajo se realiza una trazabilidad con los desafíos identificados a partir del estudio exploratorio. La caracterización de elementos de gamificación establecida por el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (de Monterrey, 2016), es la base para la trazabilidad realizada en este artículo.

Con la trazabilidad mencionada se pretende proponer un conjunto de elementos de gamificación sugeridos para ser utilizados en el diseño de estrategias de gamificación e instrumentos pedagógicos (Gómez-Alvarez et al., 2016).

A continuación, se mencionan los desafíos identificados a partir de los resultados de la encuesta y de las necesidades identificadas en la sección anterior. Los elementos de gamificación recomendados para abordar cada desafío son enunciados a continuación.

1. Compromiso de las IES.
 - Descripción del desafío: se requiere un análisis de curriculas en conjunto con un grupo empresas de desarrollo de software. Este análisis debe dar

como resultado un listado de necesidades de las organizaciones frente a las habilidades requeridas por los profesionales de Ingeniería de Software. Este listado de necesidades permitirá acotar la brecha entre la formación recibida por los estudiantes en las IES y los requisitos de la industria del software.

- Elementos de gamificación: la trazabilidad que se puede establecer entre este reto identificado y los elementos de juego está relacionada a partir de la necesidad del trabajo colaborativo. Por lo tanto, los elementos de gamificación de la categoría metas y objetivos, tales como retos, misiones y desafíos épicos podrían ser el pilar fundamental de una estrategia de gamificación. Además, para es necesario promover en los participantes el logro de los objetivos. Por lo tanto, se sugiere incorporar elementos de la categoría libertad para elegir. Estos elementos están relacionados con proporcionar al participante diferentes rutas o casillas para llegar a una meta, opciones de usar poderes o recursos, que pueden ser incorporados a la estrategia debidamente articulados con la categoría metas y objetivos. Tanto las empresas como las IES trabajan por un *statu quo*, por lo que puede ser interesante incluir en la estrategia una categoría de elementos de gamificación como el estatus visible que se materializa con elementos como insignias, puntos, logros, resultados obtenidos, tablero de posiciones.
2. Formación de profesores.
 - Descripción del desafío: este reto está asociado a la necesidad del diseño de estrategias de adquisición de conocimiento teórico-práctico para profesores. Este reto permitirá fortalecer las habilidades para enseñar estándares internacionales de Ingeniería de Software. Los requerimientos para lograr estrategias que enfrenten este reto están asociados con la generación de la suficiente confianza del profesor o facilitador, a partir de estrategias donde la retroalimentación sea un pilar fundamental de la formación.
 - Elementos de gamificación: la trazabilidad que se puede establecer con los elementos de gamificación está dada a partir del uso de elementos de juego como las pistas visuales, señalizaciones de respuesta o conducta correcta o incorrecta, barras de progreso, advertencias sobre riesgos que se tienen al realizar cierta acción, estadísticas del desempeño del jugador. Además, en un proceso de formación es indispensable permitir que el participante sienta libertad de equivocarse, por lo que es necesario que una estrategia de gamificación enfocada a la formación de profesores incluya elementos como vidas múltiples, puntos de restauración o reinicio, número ilimitado de posibilidades. Otra alternativa para consolidar la estrategia de gamificación es incluir elementos de categoría progreso, que facilita medir el nivel de formación adquirido, por ejemplo, a través de elementos de juego como los tutoriales para desarrollo de habilidades iniciales, puntos de experiencia, niveles, barras de progreso y acceso a contenido bloqueado.
 3. Entendimiento del conocimiento asociado al estándar.
 - Descripción del desafío: se requieren recursos que faciliten el entendimiento del conocimiento codificado en los estándares, y que éste además se establezca como un punto de apoyo para la enseñanza.

- Elementos de gamificación: la trazabilidad con elementos de gamificación se recomienda utilizando la categoría narrativa que puede materializarse a partir de elementos de gamificación como identidades, personajes o avatares; mundos, escenarios narrativos o ambientes tridimensionales. Con estos elementos se puede conseguir que la comprensión o el entendimiento de un tema particular sea más efectiva al considerar elementos donde hay una identificación del personaje con el actor real de la estrategia de gamificación. Al igual que la categoría retroalimentación a partir elementos de juego como pistas visuales, señalizaciones de respuesta o conducta correcta o incorrecta, barras de progreso, advertencias sobre riesgos que se tienen al realizar cierta acción, y estadísticas del desempeño del jugador.

4. Recursos económicos.

- Descripción del desafío: este desafío está asociado con los costos de las certificaciones asociadas con los estándares y las inversiones de alto nivel que deben realizar las IES para recursos de laboratorios de práctica de los estándares.
- Elementos de gamificación: a pesar de que es una restricción externa a una estrategia de gamificación, es posible sugerir la inclusión de elementos de gamificación como parte de la trazabilidad. Específicamente aquellos asociados con la categoría recompensas que se materializan con elementos como las monedas o recursos virtuales, vidas, poderes limitados. Estos elementos pueden ser combinados con las estrategias que se diseñen para afrontar los retos antes mencionados, donde los bienes recibidos en el juego estén relacionados con el logro de los objetivos, es decir con temas como el costo de la certificación, entre otros. Este recurso motiva la competencia y el sentimiento de logro de los participantes.

No obstante, esta propuesta de trazabilidad con los elementos de gamificación se considera que este reto debe ser intervenido desde una perspectiva diferente a la gamificación, ya que los recursos financieros de implementación y formación en estándares internacionales supone altos costos.

5. Concientización de empresas.

- Descripción del desafío: se requiere adquirir el compromiso formal por parte de las empresas para concientizar a las IES de la necesidad, importancia y beneficio del uso de estándares. Específicamente los beneficios asociados con la producción de software de calidad que implica establecimiento de procesos de calidad.
- Elementos de gamificación: una estrategia de gamificación con elementos de tipo Metas y objetivos como Desafíos, misiones, desafíos épicos, donde la IES y la EDS logren gestionar y diseñar sus propias misiones y desafíos en las que pretende involucrar sus participantes, así como establecer desafíos particulares para ser alcanzados durante el proceso de formación o implementación de las estrategias de gamificación con indicadores de logro de los participantes.

Finalmente, se sugiere que la categoría recompensa se considere como una categoría transversal. Esta categoría está compuesta por elementos tales como monedas o recursos virtuales, vidas y poderes, entre otros. La recompensa, además de ser una categoría de elementos de gamificación como los enunciados, se considera un principio básico de la gamificación ya que se ha demostrado que el uso de recompensas virtuales o reales aumenta la adopción de nuevas iniciativas (Perryer et al., 2012; Whitton, 2012; Dominguez et al., 2013). Por lo tanto, autores como Oprescu, et al., 2014 incluyen las recompensas basadas en logros como un principio clave para la gamificación al considerarlo un apoyo fundamental por sus beneficios orientados al bienestar (Perryer et al., 2012; Dominguez et al., 2013).

A continuación se presenta una matriz de trazabilidad, d a manera de resumen de la propuesta de este trabajo, a partir de retos identificados de un estudio exploratorio y elementos de gamificación sugeridos por el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (Tabla 3).

Reto	Metas y objetivos	Libertad para elegir	Estatus visible	Retroalimentación	Libertad para equivocarse	Progreso	Narrativa	Recompensa
1. Compromiso	Retos Misiones Desafíos épicos	Rutas o casillas para llegar a una meta Opciones de usar poderes o recursos	Insignias Puntos Logros Resultados obtenidos Tablero de posiciones					
2. Formación				Pistas visuales Señalizaciones de respuesta o conducta correcta o incorrecta Barras de progreso	Vidas múltiples Puntos de restauración o reinicio Número ilimitado de posibilidades	Tutoriales para desarrollo de habilidades iniciales Puntos de experiencia Niveles Barras de progreso		Monedas o recursos virtuales Vidas Poderes limitados
3. Entendimiento				Pistas visuales Señalizaciones de respuesta o conducta correcta o incorrecta Barras de progreso			Identidades, personajes o avatares Mundos Escenarios narrativos o ambientes tridimensionales	
4. Concientización	Retos Misiones Desafíos épicos							

Tabla 3. Matriz de trazabilidad de retos y elementos de gamificación.

En la matriz que se presenta en la Tabla 3 es posible evidenciar una categoría adicional de elementos de gamificación que hace referencia a monedas, recursos virtuales como vidas, poderes entre otros. Esta categoría se sugiere como una categoría común para cualquier estrategia que se diseñe en el marco de los retos identificados e reto asociado con el financiamiento ha sido eliminado por considerarse un reto externo que debe ser abordado desde otra perspectiva diferente a la gamificación.

Como parte del análisis que se propone en este artículo, a continuación, se presentan ejemplos de estrategias de gamificación previamente diseñadas que utilizan los elementos de gamificación de matriz de trazabilidad. Estas estrategias se presentan a manera de ejemplo y pueden ser utilizadas como punto de partida para la creación de nuevas estrategias, o bien para abordar el reto.

1. Compromiso de las IES: un ejemplo herramienta que implementa una estrategia de gamificación para abordar este reto es el Sistema de Exploración Planetaria.
 - Propósito: disminuir causas de resistencia al cambio en empresas de desarrollo de software.
 - Descripción: utiliza los datos reales para interactuar con plataformas de sistemas de gestión de incidentes y gestiones de proyectos. Esta herramienta software cuenta con un panel administrativo para configurar exploraciones, mundos, misiones y asociar los jugadores con la configuración dada. A partir de la integración del Sistema de Exploración Planetaria con sistemas de gestión de incidentes, gestiones de proyectos y herramientas de apoyo de procesos de mejora como los mencionados, es posible asignar valores ponderables a Teckitz. Los Teckitz es el equivalente al combustible de las naves, necesario para recorrer y cumplir las misiones en los planetas. En la estrategia propuesta también se define una escala de asignación de Teckitz relacionada con las actividades realizadas en la plataforma. De esta manera se busca la mejora del proceso de gestión de incidentes en una empresa de software.
 - Objetivos perseguidos: incrementar el conocimiento del equipo sobre el proceso mejorado a través de una definición clara de las responsabilidades de cada miembro. Además, con la estrategia se logra motivar al equipo a realizar las diferentes actividades del proceso mejorado mostrando sus beneficios. Otro de los objetivos está orientado a facilitar la integración de los diferentes actores del proceso a través de una visión compartida del propósito y alcance de la mejora esperada del proceso (Gasca-Hurtado, Gómez-Álvarez & Herrera, 2020).
2. Formación de profesores: un ejemplo herramienta que implementa una estrategia de gamificación para abordar este reto es la aplicación móvil denominada “Mr. Lottery”.
 - Propósito: Proporcionar conocimientos y habilidades de una manera más dinámica que la tradicional utilizando elementos de gamificación para diseñar una estrategia educativa involucrando el micoraprendizaje. El objetivo es dar mayor agilidad y brevedad con lecciones y unidades de aprendizaje proporcionadas a partir la asociación de conceptos y definiciones.

- Descripción: constituye una evolución del juego de mesa Lotería o Bingo que consta de un conjunto de cartas y un número de tarjetas distribuidas en tableros de manera aleatoria. En esta herramienta en lugar de asociar conceptos e imágenes en los tableros guía, los participantes deben asociar definiciones y conceptos sobre un área de conocimiento específica (configurable).
 - Objetivos perseguidos: Esta herramienta está presentada como estrategia de microaprendizaje diseñada con elementos de gamificación sugeridos como parte de las estrategias útiles para enfrentar los desafíos caracterizados en la categoría de formación de profesores (Gasca-Hurtado & Gomez-Alvarez, 2021).
3. Entendimiento del conocimiento asociado al estándar: un ejemplo herramienta que implementa una estrategia de gamificación para abordar este reto es un videojuego diseñado a partir de principios de gamificación para generar habilidades de trabajo en equipo y cooperación entre un grupo de estudiantes.
- Propósito: Se trata de una herramienta de realidad virtual colaborativa que fomenta que los participantes se involucren en la tarea que deben llevar a cabo.
 - Descripción: En el videojuego los participantes forman parte de una tripulación de un barco que después de una batalla quedó destruido y deben volver a armarlo. El barco y sus partes tienen un esquema y unos colores determinados para identificar las restricciones que maneja cada uno de los roles de los jugadores. Los participantes visualizan las islas donde se ubican ciertas piezas del barco. Los jugadores tendrán la oportunidad de ver una descripción de los posibles roles a desempeñar junto con sus limitaciones físicas (Gasca-Hurtado, et al., 2015).
 - Objetivos perseguidos: La interacción entre usuarios en un entorno virtual colaborativo es un valioso sustituto de una experiencia en la vida real, proporcionando a los participantes una práctica en primera persona que ayudará a generar un comportamiento espontáneo basado tanto en el involucramiento como en la sensación de co-presencia. Dentro de las reglas del juego está el fomentar la colaboración entre cuatro participantes.

5. Conclusiones

La industria del software, en especial muy pequeñas organizaciones EMPs, demanda profesionales del área de la Ingeniería de Software con altos niveles de cualificación. En este contexto, identificar y reconocer los desafíos que actualmente se tienen frente a la formación y entrenamiento de los futuros profesionales, se convierte en una responsabilidad tanto de la industria del software como de la académica, representada principalmente por las IES.

En este artículo, se presentan los desafíos y elementos de gamificación para abordar dichos retos. La principal contribución de la propuesta es su utilidad para el desarrollo de recursos de gamificación para la enseñanza de estándares internacionales de Ingeniería de Software. Estos estándares están siendo considerados como una de las principales

fuentes de información veraz y verificable que facilita la producción de productos y servicios de software de calidad. La principal limitación del análisis exploratorio base para esta propuesta, es el tamaño de muestra de 36 profesores, ya que no permite generalizar los resultados obtenidos.

Para este análisis se tomo como referencia la categorización de elementos de gamificación realizada por el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (de Monterrey, 2016). Además, A partir de la matriz de elementos de gamificación y desafíos identificados, fue posible mapear estrategias de gamificación diseñadas con elementos como los trazados para los desafíos.

Como trabajo futuro se pretende refinar el instrumento de recolección de datos y expandir la muestra de profesores tanto de México como de otros países de habla hispana para lograr la generalización de resultados. A partir de lo cual, será posible generar estrategias de gamificación específicas para los desafíos y validar los resultados de las posibles implementaciones que se realicen en grupos de individuos donde se puedan lograr resultados del uso de dichas estrategias.

Referencias

- de Monterrey, T. T. (2016). Observatorio de Innovación Educativa. Gamificación.
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 75–88. Recuperado de: http://www.ifets.info/journals/18_3/6.pdf
- Gasca-Hurtado, G. P., et al. (2015). Realidad virtual como buena práctica para trabajo en equipo con estudiantes de ingeniería= Virtual Reality as good practice for teamwork with engineering students. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información* (16),76-91.
- Gasca-Hurtado, G. P., & Gomez-Alvarez, M. C. (2021). Mobile application based on gamification to promote microlearning in Software Engineering. 2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). <https://doi.org/10.23919/cisti52073.2021.9476569>
- Gasca-Hurtado G. P., Gómez-Álvarez M. C. & Herrera S. (2020) Gamified tool to mitigate change resistance causes in software process improvement. 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Seville, Spain, 2020, pp. 1-7. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9141010>.
- Gómez-Alvarez, M. C., Gasca-Hurtado, G. P., Manrique-Losada, B., & Arias, D. M. (2016). Method of pedagogic instruments design for software engineering. In 2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE.
- Gasca-Hurtado, G. P., Gómez-Álvarez, M. C., Machuca-Villegas, L., & Muñoz, M. (2021). Design of a gamification strategy to intervene in social and human factors associated with software process improvement change resistance. *IET Software*, 15(6), 428-442.

- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. *Memorias en Challenges in Game AI* (Vol. 4, p. 1). <http://www.aaai.org/Papers/Workshops/2004/WS-04-04/WS04-04-001.pdf>
- Ibarra, G., Vullingsh, S., Burgos, F.J. (2021). *Panorama Digital de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes) de América Latina 2021*. Santiago, GIA Consultores.
- Jovanovic, V., Andres, L., & Sherlund, B. (1999). Use of software engineering standards in teaching. In *Proceedings 4th IEEE International Software Engineering Standards Symposium and Forum (ISESS'99)*. Best Software Practices for the Internet Age. Curitiba, Brazil, 1999, pp. 122-130, <https://doi.org/10.1109/SESS.1999.766586>
- Laporte, C. Y., Muñoz, M., Gerançon, B. (2017). The education of students about ISO/IEC 29110 software engineering standards and their implementations in very small entities. *2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*, 2017, pp. 94-98, <https://doi.org/10.1109/IHTC.2017.8058208>
- Laporte, C.Y., & Munoz, M. (2021). Not Teaching Software Engineering Standards to Future Software Engineers-Malpractice?. *Computer*, 54(05), 81-88. <https://doi.org/10.1109/MC.2021.3064438>
- Muñoz, M., (2021). Desafíos en la enseñanza de estándares internacionales en instituciones de educación superior. In the 12th International Conference of Software Process Improvement CIMPS 2022
- Muñoz, M., Mejía, J., Laporte, C.Y. (2019). Reinforcing Very Small Entities Using Agile Methodologies with the ISO/IEC 29110. In: Mejía, J., Muñoz, M., Rocha, Á., Peña, A., Pérez-Cisneros, M. (eds) *Trends and Applications in Software Engineering. CIMPS 2018, Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 865. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01171-0_8
- Muñoz, M., Mejía, J., Peña, A., Laporte, C., Gasca-Hurtado, G.P., Gómez-Álvarez, M.C. (2021). An Exploratory Analysis of the Perception of the Utility of Proven Practices of the Software Basic Profile of ISO/IEC 29110 by a Set of VSEs in Mexico. In: Yilmaz, M., Clarke, P., Messnarz, R., Reiner, M. (eds) *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2021, Communications in Computer and Information Science*, vol 1442. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85521-5_29
- Muñoz, M., Pena, A., Mejía, J., & Lara, G. (2016). Coverage of the university curricula for the Software Engineering industry in Mexico. *IEEE Latin America Transactions*, 14(5), 2382-2388. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7530436>
- Robson, K., Plangger, K., Kietzmann, J. H., McCarthy, I., & Pitt, L. (2015). Is it all a game? Understanding the principles of gamification. *Business Horizons*, 58(4), 411-420. http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38021108/2_015_Is_it_all_a_game__BH.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRT
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.

- Wiklund, E., & Wakerius, V. (2016). The Gamification Process: A framework on gamification. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:931932/FULLTEXT01.pdf>
- Vives, L., Melendez, K., & Dávila ,A. (2022). ISO/IEC 29110 and Software Engineering Education: A Systematic Mapping Study. *Program. Comput. Softw.*, 48(8), 745–755. <https://doi.org/10.1134/S0361768822080229>
- Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. Canada: O'Reilly Media.