

Transferencia de conocimiento en equipos de desarrollo de software usando gamificación: un cuasiexperimento

Knowledge transfer in software development teams using gamification: a quasi-experiment

Luz Marcela Restrepo-Tamayo¹  <https://orcid.org/0000-0001-9123-9030>

Gloria Piedad Gasca-Hurtado¹  <https://orcid.org/0000-0003-0157-1959>

Saray Galeano Ospino^{1, 2*}  <https://orcid.org/0000-0003-1755-781X>

Liliana Machuca-Villegas³  <https://orcid.org/0000-0002-5150-4570>

Recibido 19 de agosto de 2022, aceptado 30 de noviembre de 2022

Received: August 19, 2022 Accepted: November 30, 2022

RESUMEN

La transferencia de conocimiento en equipos de desarrollo de software permite captar el conocimiento no externalizado de sus integrantes, formar el conocimiento organizativo a partir de un repositorio y compartirlo entre ellos. Durante este proceso se pueden presentar dificultades para tener disponible este conocimiento, las cuales pueden estar asociadas con la falta de colaboración y motivación del equipo, así como una deficiente comunicación y escaso apoyo de la organización. Ante estas dificultades, se propuso la estrategia GamifiK, soportada en gamificación para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento en equipos de desarrollo de software. En este artículo se utilizó un enfoque de investigación empírica con un diseño cuasiexperimental en un contexto académico para evaluar la colaboración de los integrantes de un equipo ágil al compartir su conocimiento y contribuir con la transferencia de conocimiento. Se percibió un aumento estadísticamente significativo en la productividad del equipo, reflejado en la capacidad para realizar más historias de usuario por sprint y completar incidencias en menos tiempo. GamifiK es una estrategia con potencial para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento entre los miembros de equipos de desarrollo de software.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, transferencia de conocimiento, equipos de desarrollo de software, gamificación, colaboración.

ABSTRACT

Knowledge transfer in software development teams allows their members' non-externalized knowledge to be collected, to form the organizational knowledge from a repository and share it among them. During this process, difficulties may arise in making this knowledge available, which may be associated with the lack of collaboration and motivation of the team, as well as poor communication and little support from the organization. Given these difficulties, the GamifiK strategy, supported by gamification, was proposed to foster collaboration in the transfer of knowledge in software development teams. This paper used an empirical research approach with a quasi-experimental design in an academic context to evaluate the collaboration of agile team members in sharing their knowledge and contributing to knowledge transfer.

¹ Universidad de Medellín. Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.

E-mail: lmrestrepo@udemedellin.edu.co; gpgasca@udemedellin.edu.co

² Corporación Universitaria Adventista. Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia. E-mail: sagaleano@unac.edu.co

³ Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Cali, Colombia. E-mail: liliana.machuca@correounivalle.edu.co

* Autor de correspondencia: Saray Galeano Ospino.

A statistically significant increase in team productivity was perceived, reflected in the ability to perform more user stories per sprint and complete incidents in less time. GamifiK is a promising strategy for fostering collaborative knowledge transfer across software development teams.

Keywords: Knowledge management, knowledge transfer, software development teams, gamification, collaboration in software development.

INTRODUCCIÓN

Las capacidades individuales del equipo de desarrollo de software y la colaboración entre sus integrantes, se han identificado como factores claves de éxito en el desempeño al ser analizado desde la ejecución de las tareas de desarrollo de software [1].

El proceso de desarrollo de software es un proceso intensivo en conocimiento, por lo que aspectos como compartir las experiencias entre el cliente, el usuario final y el equipo de desarrollo, o como captar los conocimientos no externalizados de los integrantes del equipo, son clave para su desempeño y para la consecución de los objetivos de negocio de las organizaciones de desarrollo de software [2].

Los aspectos mencionados son inherentes a la gestión de conocimiento, específicamente la transferencia de conocimiento, ya que para los integrantes de equipos de desarrollo de software (EDS), facilita y estimula su interacción social promoviendo que se comparta el conocimiento de manera efectiva y aportando positivamente al desempeño del equipo [3].

La transferencia de conocimiento en estos equipos también enfrenta retos como la deficiente comunicación entre los interesados de un proyecto [4], la incapacidad de la organización para tener disponible el conocimiento [5] y la falta de motivación para distribuir y compartir conocimiento entre los integrantes del equipo [6]. Además, las metodologías de desarrollo de software ágil pueden estar afectando el proceso de transferencia porque se identifican como metodologías basadas en el conocimiento tácito [7], donde la comunicación indirecta y falta de documentación afectan la estructuración del conocimiento adquirido [8], lo que impide que se logre utilizar para la prevención y solución de problemas.

Estos aspectos de la transferencia de conocimiento directamente relacionados con los EDS se articulan con el trabajo colaborativo, que es otro de los

aspectos relevantes de la gestión de conocimiento [5]. La colaboración entre los integrantes de EDS influye en la construcción y socialización de nuevos conocimientos y mejora la participación y productividad del equipo, la calidad del software y el éxito del proyecto [9, 10, 11]. Por consiguiente, es importante proponer estrategias que fomenten la colaboración en la transferencia de conocimiento de EDS. La gamificación es una estrategia que se considera relevante para fomentar la colaboración [5].

Existen propuestas de gamificación que se han desarrollado para promover la colaboración en la transferencia de conocimiento, donde se utilizaron los puntos como elementos de gamificación, los cuales fueron asignados a los participantes (programadores o revisores) por compartir conocimiento con los integrantes del equipo en la tarea de revisión de código durante el desarrollo de un producto de software [1, 12].

Otras estrategias se orientaron a enfoques técnicos o a aspectos estructurales del almacenamiento del conocimiento, y se prestó menos atención a los diferentes aspectos de la motivación humana y a la voluntad individual de compartir el conocimiento [13]. Además, existen estrategias gamificadas que tienden a mejorar las actividades de desarrollo de software [14].

Las estrategias de gamificación identificadas para la transferencia de conocimiento en EDS están orientadas, en general, a la construcción de conocimiento, específicamente relacionado con aspectos técnicos. Aunque pueden estar generando motivación, aún existen vacíos frente al diseño de estrategias de gamificación que promuevan la generación de capacidades no técnicas de transferencia de conocimiento en EDS, como la colaboración.

GamifiK es una estrategia diseñada a partir de un modelo de gamificación y factores sociales y humanos [15] para fomentar la colaboración como un factor clave para la transferencia de conocimiento.

Considerando lo anterior, en este artículo se utilizó un enfoque de investigación empírica con un diseño cuasiexperimental [16] en un escenario académico para evaluar la colaboración de los integrantes de un equipo ágil al compartir su conocimiento y contribuir con la transferencia de conocimiento. El propósito es estudiar el funcionamiento de GamifiK y su influencia en la colaboración en la transferencia de conocimiento al interior de los EDS.

Los resultados muestran una influencia positiva en la colaboración de los integrantes del equipo para compartir su conocimiento y contribuir con el éxito de la efectiva transferencia de conocimiento. Además, se evidencia un aumento estadísticamente significativo en la productividad del equipo medido por la capacidad que tienen para comprometerse con más historias de usuario por sprint y completar incidencias en menos tiempo. De esta manera, fue posible determinar que GamifiK es una estrategia con potencial para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento entre los miembros de equipos de desarrollo de software.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: la sección 1 presenta los elementos de la estrategia GamifiK y se describe el diseño del cuasiexperimento. En la sección 2 se presentan los resultados y, en la sección 3 se encuentra su

discusión. Finalmente, en la Sección 4 se enuncian las conclusiones y el trabajo futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategia GamifiK

GamifiK es una estrategia que fomenta la colaboración en la transferencia de conocimiento en EDS. Fue diseñada a partir del Modelo basado en gamificación y en factores sociales y humanos que influyen en la productividad de EDS, con un método estructurado en cinco fases para guiar el diseño y ejecución de este tipo de estrategias [15]. Para la creación de GamifiK se planteó el diseño del ambiente de gamificación, el diseño de la evaluación del ambiente de gamificación y el diseño del soporte tecnológico.

El diseño del ambiente de gamificación se basó en el objetivo de “fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento en equipos de desarrollo de software”, a partir del cual se definieron participantes de tipo colaboradores (trabajar y ayudar a los otros); exploradores (adquirir conocimiento); competidores (poner a prueba las habilidades) y expresivos (obtener reconocimiento). Un resumen de los comportamientos por tipo de participante se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Comportamientos de los participantes de GamifiK.

Tipo de participante	Rol	Comportamiento
Colaboradores	Integrante del equipo de desarrollo de software	– Trabajar juntos en una incidencia cuando un compañero solicita ayuda. – Compartir ideas y experiencia en las incidencias. – Compartir información en el Libro de Conocimiento.
Exploradores	Integrante del equipo de desarrollo de software	– Adquirir conocimiento de las experiencias de otros cuando se brinda el conocimiento en el proceso de transferencia. – Utilizar los aportes registrados en el Libro de Conocimiento. – Reconocer la utilidad del conocimiento compartido dando “me gusta” en las Discusiones del Libro de Conocimiento.
Competidores	Integrante del equipo de desarrollo de software	– Etiquetar a los compañeros que se consideren tienen el conocimiento para ayudar en un bloqueo. – Brindar colaboración en las reuniones diarias (dailys) a algún compañero que manifieste algún bloqueo. – Compartir en ceremonias cuando se rediman los trofeos en la industria o la academia.
Expresivos	Integrante del equipo de desarrollo de software Moderador	– Reconocer con trofeos la colaboración de un compañero al transferir conocimiento. – Reconocer con trofeos los aportes en el Libro de Conocimiento durante el sprint. – Reconocer con medallas de oro, plata y bronce la colaboración en la transferencia de conocimiento en la retrospectiva.

Siguiendo el modelo de Machuca [15], se seleccionaron los elementos de gamificación que se describen en la Tabla 2. Los elementos están alineados con el propósito de la estrategia, es decir, con el desarrollo de las habilidades de transferencia de conocimiento en el contexto establecido.

El diseño de la evaluación del ambiente de gamificación implicó la definición de medidas relacionadas con la productividad, la gamificación y la satisfacción. Para la productividad se consideró

el número de historias de usuario, la cantidad de tareas completadas por hora, e Influencia que mide la participación y compromiso del individuo en el progreso del proyecto. Para la gamificación se establecieron criterios de éxito de acuerdo con los eventos gamificados, por ejemplo, “Cantidad de trofeos otorgados por colaborar en la transferencia de conocimiento (Socialización y Externalización) en incidencias a los participantes durante un sprint”. La satisfacción es evaluada a partir de un cuestionario.

Tabla 2. Elementos de gamificación de GamifiK.

Categoría	Elemento de gamificación	Acciones que se desarrollan con el elemento
Dinámicas	Restricciones (Constraints)	- Los jugadores deben realizar los tres pasos para hacer la transferencia de conocimiento: Solicitar, brindar y calificar el conocimiento. - Debe quedar evidencia del conocimiento transferido en comentarios de la incidencia del jugador. - El jugador debe asignar los trofeos a el compañero que le colaboró en la transferencia de conocimiento. - El jugador debe compartir el conocimiento en el Libro de Conocimiento en la sección de discusiones de la plataforma GitHub y utilizar la etiqueta “Libro de Conocimiento”. - El moderador debe asignar los trofeos cuando otros jugadores utilizan el conocimiento del Libro de Conocimiento.
Dinámicas	Relaciones - Interacción social (Relationships - Social interaction)	Interacción entre los diferentes miembros del equipo cuando trabajen por grupos como: back-end, front-end y pruebas.
Mecánicas	Cooperación (Cooperation)	Los miembros del equipo trabajan juntos para realizar los tres pasos de la transferencia de conocimiento.
Mecánicas	Recompensa (Reward)	El jugador puede redimir los trofeos por bonos en el mundo real (industria o academia).
Mecánicas	Retroalimentación continua (Continuous feedback)	En la retrospectiva el moderador informa a los jugadores la cantidad trofeos obtenidos durante el sprint.
Componentes	Avatar	Los jugadores utilizarán un avatar con el que interactuarán en la plataforma.
Componentes	Tabla de posiciones (Leaderboard)	Al finalizar el sprint se genera un ranking de los jugadores que más colaboraron en Transferencia de conocimiento y Libro de Conocimiento en el sprint.
Componentes	Insignias (Badges)	Se asigna medallas por colaborar durante el sprint a los primeros 3 puestos. Colaborador 1 - Oro Colaborador 2 - Plata Colaborador 3 - Bronce. Las medallas tienen equivalencia en trofeos para redimir en la industria o la academia.
Componentes	Puntos (Points)	Se utilizarán trofeos para el manejo de los puntos. Los trofeos se acumulan por: - Por colaborar en la transferencia de conocimiento en una incidencia de un compañero. - Exteriorizar el conocimiento en el Libro de Conocimiento. - Cuando otros jugadores reaccionan al conocimiento compartido. - Cuando otros jugadores utilizan el conocimiento del Libro de Conocimiento.
Componentes	Gráficos sociales (Social Graphs)	Los jugadores podrán identificarse en la plataforma GitHub.

El diseño del soporte tecnológico implicó la creación de las reglas y la historia de la estrategia. Por medio de ellas se integraron los aspectos de diseño descritos previamente. GamifiK se basa en la idea de tener un Libro de Conocimiento en donde los integrantes del equipo de desarrollo pueden solicitar, brindar y calificar conocimiento de acuerdo con las necesidades del proyecto de software. Estas acciones deben ser realizadas en dicho libro y los participantes son recompensados por llevarlas a cabo. Las recompensas son asignadas dependiendo del tipo de actividad. Los participantes también pueden reaccionar sobre el conocimiento compartido y el moderador puede validar la calidad del conocimiento transferido.

La implementación de GamifiK se soportó en GitHub (<https://github.com/>), Assembly (<https://www.joinassembly.com/>) y Makebadges (<https://www.makebadg.es/>). Para el registro del conocimiento se utilizó GitHub. Esta herramienta permite gestionar las incidencias (historias de usuario, bugs, tareas) del

proyecto que sirven como registro de las actividades y que se enlazan con las solicitudes de conocimiento que realicen los participantes, solicitudes que son gestionadas por medio de la sección de discusiones de esta misma aplicación. Se utilizó Assembly para asignar trofeos a los participantes según su colaboración en las actividades de transferencia de conocimiento. Makebadges se utilizó para la creación de las insignias y avatares. En la Figura 1 y en la Figura 2 se exponen ejemplos de capturas de pantalla de la implementación de la estrategia.

Finalmente, GamifiK se basa en dos principios claves de las reglas de juego en la estrategia: 1. Transferencia de Conocimiento y 2. Libro de Conocimiento. Además, se caracteriza por promover la colaboración en la Transferencia de Conocimiento por medio de los siguientes pasos:

- Solicitar conocimiento: el jugador que tenga una incidencia asignada debe solicitar el conocimiento

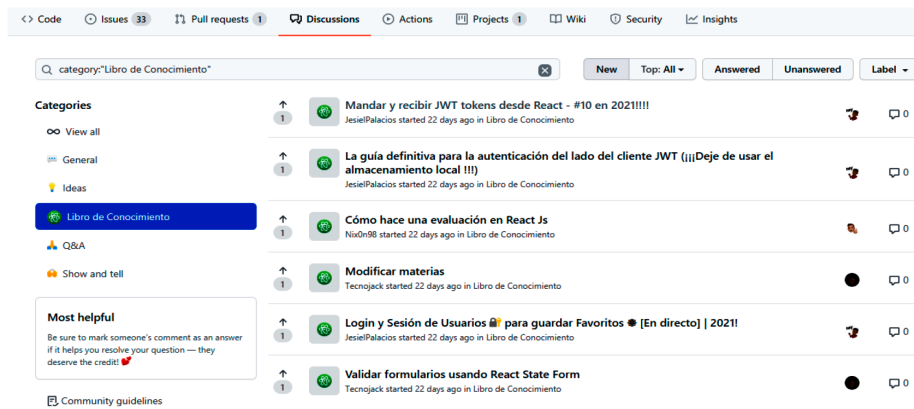


Figura 1. Entradas en el Libro de Conocimiento.

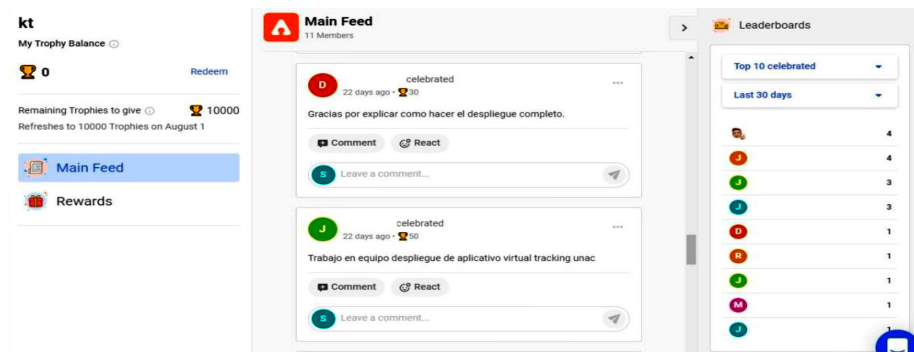


Figura 2. Asignación de trofeos - Assembly.

a los demás participantes. Para solicitar el conocimiento, debe interactuar en la plataforma GitHub, y dependiendo de la complejidad del conocimiento requerido, obtiene trofeos.

- Brindar conocimiento: el participante puede brindar el conocimiento a los participantes que lo soliciten a través de las actividades como tutorías o revisiones por pares. Dichas actividades deben quedar registradas en las incidencias del participante que solicita el conocimiento a través de la plataforma GitHub.
- Calificar conocimiento: el participante que recibe el conocimiento debe calificar el conocimiento recibido, teniendo en cuenta su utilidad para aplicar dicho conocimiento en un contexto particular.

Cuasiexperimento

GamifiK se evaluó mediante un cuasiexperimento [16], con el propósito de evaluar la influencia de la estrategia en la transferencia de conocimiento al interior de un equipo de desarrollo de software. El cuasiexperimento permite estudiar la relación causa-efecto entre variables cuando la asignación del tratamiento de los sujetos se realiza de una forma no aleatoria [16, 17].

El alcance del cuasiexperimento es evaluar la colaboración de los integrantes de un equipo de desarrollo de software en un contexto académico aplicando GamifiK como una estrategia de gamificación para determinar de qué manera la transferencia de conocimiento le aporta al equipo en términos de su productividad.

El cuasiexperimento se llevó a cabo en una Institución de Educación Superior de la ciudad de Medellín, Colombia, en el curso Gerencia de Proyectos Informáticos durante el primer semestre de 2021 alineando las actividades del curso bajo el marco de

trabajo ágil Scrum [18]. Dado que participaron todos los estudiantes matriculados en el curso, la muestra se construyó vía inclusión forzada. Considerando la cantidad de estudiantes, se conformó solamente un equipo que trabajó en el desarrollo de un mismo producto software.

El escenario de evaluación del cuasiexperimento se planeó considerando la importancia de analizar los resultados obtenidos de las métricas de gamificación, de productividad y de satisfacción del participante durante el uso de GamifiK. La hipótesis general se presenta en la ecuación (1).

$$\begin{aligned} H1_0 : \theta &= \theta_0 \\ H1_a : \theta &> \theta_0 \end{aligned} \quad (1)$$

Donde $H1_0$ es la hipótesis nula, que sugiere que una estrategia basada en gamificación para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento no aumenta la productividad ($\theta = \theta_0$) en EDS. De manera complementaria, $H1_a$ es la hipótesis de investigación, e indica que una estrategia basada en gamificación para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento aumenta la productividad ($\theta > \theta_0$) en EDS.

La medición de la productividad del EDS se hizo a partir de tres métricas: la cantidad de historias por sprint, las tareas completadas por hora y el total de asistencias a los *daily*s por los miembros del equipo. Considerando estas métricas, la hipótesis anterior se subdivide en las que se reportan en la Tabla 3.

La variable independiente es el fomento a la colaboración en la transferencia de conocimiento en EDS, a través de la estrategia GamifiK. Las variables dependientes y su medición se detallan en la Tabla 4.

Tabla 3. Hipótesis de estudio.

Hipótesis	Descripción de la hipótesis alternativa
$H1.1_0: \alpha = \alpha_0$ $H1.1_a: \alpha > \alpha_0$	La cantidad de puntos de historias en un sprint al aplicar una estrategia basada en gamificación para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento aumenta la productividad en EDS.
$H1.2_0: \gamma = \gamma_0$ $H1.2_a: \gamma > \gamma_0$	Las tareas completadas por hora en un sprint al aplicar una estrategia basada en gamificación para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento, aumenta la productividad en EDS.
$H1.3_0: \beta = \beta_0$ $H1.3_a: \beta > \beta_0$	La asistencia a los <i>daily</i> s en un sprint al aplicar una estrategia basada en gamificación para fomentar la colaboración en la transferencia de conocimiento aumenta la productividad en EDS.

RESULTADOS

La interpretación de los datos se realizó a partir de medidas descriptivas para resumir los datos recogidos de las métricas de gamificación. Se caracterizaron los datos para las medidas de productividad mediante estadísticas descriptivas y se analizaron mediante pruebas de hipótesis con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Finalmente, se analizaron los resultados del cuestionario de satisfacción de los participantes en la estrategia gamificada.

Métricas de gamificación

La Tabla 5 muestra la cantidad de trofeos otorgados por sprint al equipo de desarrollo por compartir en el Libro de Conocimiento y por transferencia de conocimiento en las incidencias. Se observa que la mayoría de los trofeos se otorgaron por compartir en el Libro de Conocimiento. En el sprint 1 se

entregaron la mayor cantidad de trofeos, debido a que los participantes identificaron necesidades de conocimiento en los compañeros y elaboraron material para apoyarlos en sus tareas.

Aunque los trofeos por transferencia de conocimiento son menores en comparación a la cantidad de trofeos por compartir conocimiento, se muestra un aumento en la cantidad de trofeos otorgados por transferir conocimiento en los sprints del proyecto. Los trofeos por transferencia de conocimiento los otorgaba la persona que recibía el conocimiento al sujeto que había hecho la transferencia. De esta manera se valida que la persona que recibe el conocimiento sea capaz de utilizarlo en su propio contexto.

Considerando la cantidad de bonos redimidos por sprint, en el sprint 1 no se redimieron bonos, ya que los participantes se estaban familiarizando con la estrategia. Además, los participantes

Tabla 4. Variables dependientes.

Variables dependientes	Medición
Métricas de gamificación	– Cantidad de trofeos otorgados por colaborar en la transferencia de conocimiento en incidencias a los jugadores en un sprint. – Cantidad de trofeos otorgados por compartir conocimiento en el Libro de Conocimiento en un sprint. – Cantidad de bonos de mercado redimidos por sprint. – Progreso de colaboración en la transferencia de conocimiento: conocimiento transferido en un sprint por jugador/conocimiento transferido en un sprint por el equipo. – Productividad de colaboradores: cantidad de puntos de historia que se compromete el jugador por sprint/promedio de la cantidad de puntos de historia que se compromete el equipo por sprint. – Contribuciones de conocimiento: cantidad de contribuciones en el Libro de Conocimiento del colaborador/cantidad de contribuciones en el Libro de Conocimiento del equipo.
Productividad del EDS	– Número de historias que indica el progreso del proyecto basado en el número de historias aceptadas por sprint. – Tareas completadas por hora que evalúa el progreso del proyecto o el rendimiento teniendo en cuenta la dificultad y el esfuerzo de la tarea. – Influencia que mide la participación y compromiso del individuo en el progreso del proyecto.
Satisfacción de los participantes	– Cuestionario de satisfacción.

Tabla 5. Trofeos otorgados por sprint.

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3
Trofeos otorgados por colaborar en la transferencia de conocimiento en incidencias a los jugadores en un sprint.	60	160	200
Trofeos otorgados por compartir conocimiento en el Libro de Conocimiento.	670	410	600

decidieron acumular los trofeos para poderlos redimir por bonos de más valor, de tal forma que en el sprint 2 redimieron tres bonos y en el sprint 3 redimieron 9. Considerando la redención de trofeos en la industria y en la academia, sólo el 17% de los bonos redimidos fueron en la academia y el 83% en la industria, lo que sugiere que los estudiantes no estuvieron interesados en mejorar las calificaciones del curso.

Considerando la métrica ‘Progreso de colaboración en la transferencia de conocimiento’, que está dada por el conocimiento transferido en un sprint a un jugador sobre el conocimiento transferido en un sprint por el equipo, se observa en la Figura 3 que el 50% de los sujetos (sujetos 2, 3, 4, 5 y 6) colaboró en la transferencia de conocimiento. El sujeto 2 transfirió un alto porcentaje de conocimiento en los sprint 1 y 2, luego disminuyó en el sprint 3, sin embargo, fue el único que se mantuvo haciendo transferencia en todos los sprint del proyecto. El sujeto 3, realizó transferencia de conocimiento finalizando el proyecto a diferencia del sujeto 4 que la realizó al inicio. Además, se observa que el sujeto 5 aumentó la frecuencia en el progreso de transferencia para los sprint 2 y 3 a diferencia de

sujeto 6 que presentó una disminución. Los sujetos 1, 7, 8, 9 y 10 no colaboraron en la transferencia de conocimiento y por lo tanto no se relacionan en la Figura 3.

La Tabla 6 presenta la productividad de los colaboradores medida como la relación entre velocidad del jugador y velocidad estimada. En el transcurso de la implementación de la estrategia, se observó que el sujeto 2 capacitó y realizó acompañamiento a varios miembros del equipo sobre el uso de una herramienta tecnológica para que el equipo pudiera comprometerse con más puntos de historia en el sprint 3 y lograr el alcance comprometido con el cliente.

En la Figura 4 se muestra que las mayores contribuciones realizadas por el equipo en el Libro de Conocimiento se presentaron al iniciar y finalizar el proyecto, es decir, en los sprint 1 y 3. Además, se observó que en promedio los participantes agregaban una contribución al Libro de Conocimiento por sprint, sin embargo, varios sujetos como el 5, 6 y 7 aprovecharon mejor este principio del diseño de la estrategia para acumular más trofeos, lo que aumentó la cantidad de contribuciones.

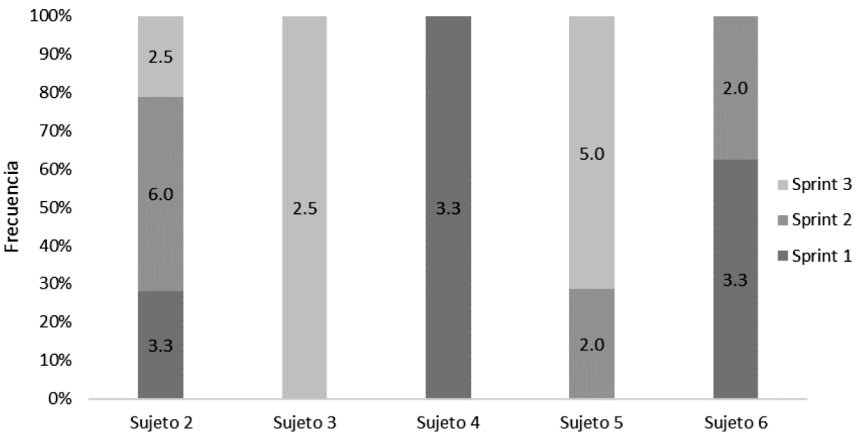


Figura 3. Progreso de transferencia de conocimiento.

Tabla 6. Productividad por participante por sprint.

Participante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sprint 1	0,00	0,15	0,39	0,00	0,06	0,09	0,15	0,00	0,15	0,00
Sprint 2	0,14	0,14	0,05	0,17	0,05	0,08	0,14	0,05	0,05	0,14
Sprint 3	2,60	2,60	1,60	2,20	1,00	2,60	2,60	1,00	1,20	1,00

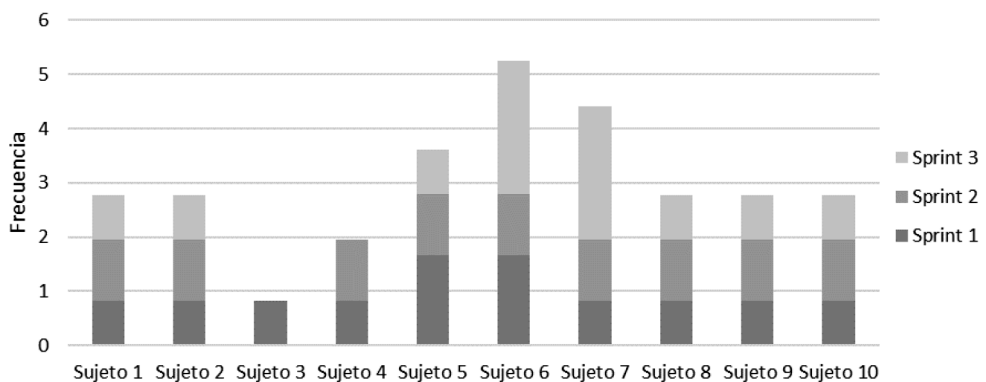


Figura 4. Contribuciones en el Libro de Conocimiento por sujeto por sprint.

Medidas de Productividad

El número de historias de usuario se midió por la estimación de puntos de historias desarrolladas y aceptadas por los sujetos para los sprints 1, 2 y 3 ejecutados durante el proyecto. En el sprint 1 se desarrollaron 33 puntos de historia, un valor inferior en comparación con el sprint 2 en el que se desarrollaron 96 puntos de historia y con el sprint 3, en el que se desarrollaron 92.

Dado que el número de historias es una variable cuantitativa medida en escala de intervalo y, además no se cumple el supuesto de normalidad ($p\text{-value} < 0,05$) requerido para aplicar el análisis de varianza para comparación de medias, se empleó la prueba equivalente no paramétrica Kruskal-Wallis [19] para comparar las medianas de los puntos de historias de los tres sprints. Los resultados de la prueba ($p\text{-value} = 0,0032$) indicaron el rechazo de la hipótesis nula $H1.1_0$, lo que implica que hay diferencias entre las medianas de los puntos de historia en cada uno de los sprints.

El promedio de las tareas completadas por hora presentó un comportamiento estable, al pasar de 5,58 en el sprint 1 a 5,59 en el sprint 2, y a 5,16 en el sprint 3. De forma analítica se comprobó que los datos no presentaron una distribución normal ($\text{valor-}p < 0,05$) así que se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la tendencia central de las horas completadas por tarea en todos los sprints. El resultado de la prueba ($p\text{-value} = 0,941$) indica el no rechazo de la hipótesis $H1.2_0$ y por lo tanto no hay diferencias significativas entre los sprints.

Debido a que la medida de la Influencia está dada por el promedio de asistencia individual sobre el promedio de asistencia del equipo, y que estos valores son porcentuales, se tomaron los valores del total de asistencia de los sujetos a los *daily*s para realizar el análisis de los datos. Los resultados de las pruebas de normalidad para cada sprint ($\text{valor-}p > 0,05$) permitieron comparar los promedios a partir de un Análisis de Varianza, cuyo resultado ($p\text{-value} = 0,0077$) permitió identificar la existencia de diferencias estadísticas significativas del total de asistencia entre los sprints del proyecto de software.

La hipótesis sobre las asistencias a las reuniones diarias por el equipo se evalúa mediante una prueba T para muestras pareadas ante la falta de independencia de las muestras para esta medida de productividad. Los resultados de la prueba T ($p\text{-value} = 0,00015$) indican que se rechaza la hipótesis nula $H1.3_0$ relacionada con la asistencia, por lo que una estrategia de transferencia de conocimiento basada en gamificación, fomentando la colaboración, permite obtener una asistencia promedio mayor (es mayor la asistencia en el sprint 3 que en el sprint 1) en las ceremonias *daily*s en los sprint.

Cuestionario de satisfacción

Se recogieron datos cualitativos con el propósito de evaluar el nivel de satisfacción de los participantes respecto a su experiencia con la estrategia de gamificación “GamifiK”. Las 16 preguntas del cuestionario de satisfacción fueron adaptadas de un cuestionario propuesto en otro estudio [15], y sus respuestas utilizan la siguiente escala: totalmente en desacuerdo; en desacuerdo; de acuerdo; totalmente

de acuerdo [20]. Además, el cuestionario está esquematizado en las siguientes cuatro categorías de evaluación: gamificación, factor social y humano, productividad y actividad. En general, la estrategia presentó resultados positivos porque muestra un porcentaje alto en las respuestas con tendencia a estar de acuerdo.

Los resultados de las preguntas asociadas con la gamificación muestran que el 60% de los participantes se sintieron motivados para participar gustosamente en las actividades del proyecto. Además, el 80% de los sujetos percibieron que su trabajo fue menos monótono luego de participar en la estrategia de gamificación.

Los resultados de las preguntas asociadas con el factor social y humano muestran que los participantes consideran que la estrategia de gamificación estimuló la colaboración en un 70% para realizar transferencia de conocimiento. Además, el 80% de los participantes evidenciaron que las actividades de transferencia de conocimiento que realizaron en el proyecto de desarrollo incrementaron en ellos la productividad del equipo.

Los resultados de las preguntas asociadas con la productividad muestran que el 70% de los participantes sienten que aprovecharon mejor el tiempo para realizar las incidencias que tenían asignadas después de participar en las actividades propuestas por la estrategia. También, el 80% de los sujetos manifestaron que la estrategia contribuyó a que se sintieran más satisfechos en el desempeño de las incidencias asignadas.

Finalmente, los resultados de las preguntas asociadas a la categoría de actividad (estrategia en general) muestran que el 60% de los sujetos sintieron que el equipo mejoró notablemente cuando se desarrollaron las actividades de la estrategia y que, si no se realizasen este tipo de actividades, el equipo de trabajo no seguiría funcionando igual. También, el 50% de los sujetos se sienten satisfechos con su participación en la estrategia y recomendarían utilizar la estrategia de gamificación a otros equipos de trabajo.

DISCUSIÓN

Esta sección se presenta a partir de los resultados de la ejecución de la estrategia y las amenazas a la validez.

Los resultados del cuasiexperimento muestran que los sujetos respondieron favorablemente a la propuesta de GamifiK y participaron de las actividades planteadas. Desde las medidas de gamificación y productividad se percibe el fomento de la colaboración en la transferencia de conocimiento y un aumento en la productividad del equipo de desarrollo de software para el cual se implementó la estrategia GamifiK.

Los principios clave de las reglas de juego de GamifiK constituyeron la técnica de transferencia de conocimiento utilizada para cumplir los objetivos de esta estrategia. Lo anterior es coherente con la necesidad de contar con una técnica para hacer la transferencia de conocimiento y el desarrollo de habilidades en el proceso de desarrollo de software en el equipo de trabajo [21]. A partir de estos principios se pudo gestionar y usar el conocimiento útil del proyecto de software evitando su pérdida o fallas en la transferencia.

Estrategias propuestas en otros estudios se orientaron a enfoques técnicos o a aspectos estructurales del almacenamiento del conocimiento [10, 13], mientras que GamifiK, además de facilitar la estructuración del conocimiento para compartirlo, fomenta capacidades, como la colaboración, comunicación y el trabajo en equipo, para que la transferencia de conocimiento ocurra. Esto es, que la persona que recibe el conocimiento sea capaz de utilizarlo en su contexto.

El uso de la información que se comparte en un proceso de transferencia de conocimiento, como el presentado en los sitios de preguntas y respuestas Stack Overflow, Quora y Reddit es importante [22]. Este tipo de experiencias están relacionadas con Gamifik, donde se puede captar y formar los conocimientos no externalizados de los integrantes del equipo en las incidencias del proyecto o Libro de Conocimiento. De esta manera, se favorece las acciones de compartir el conocimiento y apoyar a los miembros del equipo en tareas complejas que hacen parte del desarrollo del software, especialmente cuando se enfrentan al uso de nuevas tecnologías. Por lo tanto, la estrategia contribuye en la motivación de los miembros de un equipo para compartir su conocimiento y ayuda en el éxito de una efectiva transferencia, validando que la persona que recibe el conocimiento sea capaz de utilizarlo en su contexto.

Considerando el concepto de gamificación, GamifiK utilizó los trofeos como elementos para motivar a los jugadores a compartir sus conocimientos en el Libro de Conocimiento, conocer la utilidad del conocimiento compartido a través de las reacciones y la colaboración en la transferencia de conocimiento en las incidencias. En el primer sprint los participantes se mostraron más interesados en acumular trofeos compartiendo en el Libro de Conocimiento. Sin embargo, a partir del segundo sprint los jugadores se mostraron más competitivos y dispuestos a colaborar en la transferencia de conocimiento por los trofeos que se asignaban en el ranking al finalizar los sprints. Por lo tanto, la estrategia permite compartir conocimiento entre los integrantes del equipo como importante facilitador para la transferencia de conocimiento. Esto está relacionado con otras propuestas de gamificación [1, 12] donde se promueve la colaboración utilizando los puntos como elementos de gamificación para compartir el conocimiento con los integrantes del equipo en la tarea de revisión de código.

Adicionalmente, los elementos de gamificación restricciones (*Restrictions*) y relación-interrelación social (*Relationships - Social interaction*), ayudaron en el desarrollo de las habilidades de transferencia de conocimiento a través de la definición de los pasos: a) solicitar conocimiento, b) brindar conocimiento y c) calificar el conocimiento. Dichos pasos permitieron a los participantes identificar la diferencia en compartir conocimiento y transferirlo. En el primer sprint los participantes se mostraron más interesados en acumular trofeos compartiendo en el Libro de Conocimiento. Sin embargo, a partir del segundo sprint los jugadores se mostraron más competitivos y dispuestos a colaborar en la transferencia de conocimiento por los trofeos que se asignaban en el ranking al finalizar los sprints. De este modo, la estrategia contribuyó con el desarrollo de las habilidades de transferencia de conocimiento y proporcionó información y experiencia útil de un contexto a otro.

GitHub permitió integrar e implementar la propuesta de gamificación planteada en GamifiK. Facilitó la adaptación de los integrantes del equipo a la estrategia, dirigir la participación de los jugadores y obtener datos para las medidas de productividad y las métricas de gamificación del equipo. GitHub es una herramienta en la que se puede proponer

aspectos asociados con la gamificación, así como lo han expuesto estudios [23] donde muestra resultados significativos de la gamificación en el comportamiento de los desarrolladores en plataformas de programación.

Respecto a los resultados de las medidas de productividad, los Números de historias de usuario indican que la estimación en puntos de historias desarrolladas y aceptadas por sprint aumentaron. Se evidenció que GamifiK permitió obtener un promedio mayor de puntos de historia en los sprints que se ejecutan en un proyecto de desarrollo de software. Aunque no se manifestó una diferencia estadísticamente significativa para la medida Tareas completadas por hora, se observó una tendencia en realizar las tareas en menos tiempo en el sprint 1 vs el tiempo que se gastó en el sprint 3, aun cuando la historia de usuario tiene mayor dificultad y requiere mayor esfuerzo. Con relación a la medida de la Influencia, la estrategia permitió obtener una asistencia promedio mayor en las ceremonias *daily*s en los sprint. Las reuniones diarias de Scrum se convirtieron en una oportunidad para identificar necesidades de transferencia de conocimiento en los compañeros cuando estos respondían a la pregunta ¿Cuáles son tus bloqueos?

Amenazas a la validez de los resultados

Se identificaron amenazas a la validez de los resultados desde el punto de vista de la validez de la conclusión, la validez interna y la validez externa [16].

Validez de la conclusión

Existió el riesgo de que los datos recogidos durante el cuasiexperimento fueran falsos o simplemente no hayan sido correctos debido a errores. Para mitigar esta amenaza los datos fueron recolectados de las plataformas GitHub, Assembly y Microsoft Teams excepto el tiempo real de desarrollo en las historias de usuario (la plataforma no la calcula). Además, las técnicas estadísticas ayudaron a verificar la normalidad de los datos. Con relación a los datos recogidos en el cuestionario de satisfacción una de las amenazas está asociada a las percepciones de los sujetos consultados ya que, estas dependen del estado de ánimo de la persona y de su situación dentro del equipo de desarrollo. Por lo tanto, se sugiere utilizar otras medidas que apoyen los resultados de la percepción.

Validez interna

La principal amenaza se presenta al tener un solo tratamiento sin grupo control, porque si este se hubiera tenido en cuenta, es más probable que el efecto observado sea consecuencia del tratamiento y no de otro factor no considerado en la experimentación. No fue posible incluir grupo de control por la cantidad de estudiantes que estaban matriculados en la asignatura. Sin embargo, para identificar que el efecto observado fuera consecuencia del tratamiento se tomaron las mismas mediciones en cada uno de los sprint de tal forma que fuera posible analizar la evolución del equipo de desarrollo en el tiempo. Además, existió el riesgo de que los resultados se vieran afectados por la presencia del docente, sin embargo, los estudiantes trabajaron de forma independiente en espacios en los que no se requería acompañamiento directo del profesor.

Validez externa

Dado que el cuasiexperimento se realizó con estudiantes de ingeniería de sistemas de una Institución de Educación Superior, podría considerarse como una amenaza la generalización de los resultados en un entorno industrial. Sin embargo, el comportamiento de los estudiantes como EDS bajo el marco de trabajo Scrum fue similar a como se trabaja en la industria. De esta manera es muy probable que se obtengan resultados similares cuando se aplique esta estrategia en equipos ágiles de desarrollo de software en la industria.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se presenta la validación de GamifiK, una estrategia gamificada que fomenta la colaboración en la transferencia de conocimiento en equipos de desarrollo de software. El estudio se llevó a cabo utilizando un enfoque cuasiexperimental para comparar las condiciones antes y después de recibir el tratamiento en el estudio.

Los resultados del cuasiexperimento evidencian que GamifiK es una estrategia que fomenta la colaboración en la transferencia de conocimiento entre los miembros de EDS. En la validación de la estrategia se observó una mejora en la capacidad del equipo para comprometerse con más historias de usuario por sprint y una disminución del tiempo

de su desarrollo. De igual modo, se obtuvieron ventajas para compartir el conocimiento y promover la transferencia de este.

Los resultados del cuestionario de satisfacción mostraron que el 80% de los participantes identificaron incrementos en la productividad individual y del equipo al implementar la estrategia de gamificación. Esto puede asociarse con los resultados de la medida Número de historias de usuario que muestran un aumento del 31% en el compromiso del equipo para aceptar más incidencias por sprint. A su vez, el promedio en horas para resolver dichas incidencias disminuyó un 28% basadas en la medida Tareas completadas por hora. Además, la medida de la Influencia mostró que la asistencia a la reunión diaria del equipo (*daily*s) tuvo un incremento del 65% con respecto al sprint 0 donde no se aplicó la estrategia.

Como trabajo futuro se plantean las siguientes propuestas:

- Integrar las incidencias manejadas en el contexto de GamifiK con un software de gestión de proyecto que realice estimaciones con relación a los datos recogidos.
- Incluir otras medidas de productividad para validar la estrategia, así como nuevos elementos de gamificación que permitan una experiencia más desafiante.
- Implementar la estrategia en un equipo de desarrollo de software en la industria con una muestra mayor y con un grupo de control haciendo pre y post test.

REFERENCIAS

- [1] N. Unkelos-Shpigel and I. Hadar. "Gamifying software engineering tasks based on cognitive principles: The case of code review". 2015 IEEE/ACM 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering. Florence, Italy. 2015. DOI: 10.1109/CHASE.2015.21.
- [2] A.R. Yanzer Cabral, M. B. Ribeiro and R. P. Noll. "Knowledge management in agile software projects: A systematic review". Journal of Information and Knowledge Management. Vol. 13 Nº 1. 2014. DOI: 10.1142/S0219649214500105.

- [3] L. Pirzadeh. "Human Factors in Software Development: A Systematic Literature Review". Master of Science Thesis in Computer Science and Engineering, pp. 368. 2010.
- [4] S. Olgun, M. Yilmaz, P.M. Clarke and R.V. O'Connor. "A systematic investigation into the use of game elements in the context of software business landscapes: A systematic literature review". *Communications in Computer and Information Science*. Vol. 770, pp. 384-398. 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-67383-7_28.
- [5] L. Hernández, M. Muñoz, J. Mejia and A. Peña. "Gamification in software engineering teamworks: A systematic literature review". 2016 International Conference on Software Process Improvement (CIMPS). Aguascalientes, Mexico. 2017. DOI: 10.1109/cimps.2016.7802799.
- [6] S. Ghobadi. "What drives knowledge sharing in software development teams: A literature review and classification framework". *Information and Management*. Vol. 52 N° 1, pp. 82-97. 2015. DOI: 10.1016/j.im.2014.10.008.
- [7] R.A.B. Ouriques, K. Wnuk, T. Gorschek and R.B. Svensson. "Knowledge Management Strategies and Processes in Agile Software Development: A Systematic Literature Review". *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*. Vol. 29 N° 3. 2019. DOI: 10.1142/S0218194019500153.
- [8] M.U. Al Hafidz and D.I. Sensuse. "The Effect of Knowledge Management System on Software Development Process with Scrum". 2019 3rd International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS). Semarang, Indonesia. 2019. DOI: 10.1109/ICICoS48119.2019.8982506.
- [9] S. Marczak, C. Treude, F. Figueira Filho, F. Steffens, L. Singer and D. Redmiles. "Studying Gamification as a Collaboration Motivator for Virtual Software Teams: Social Issues, Cultural Issues, and Research Methods". *Companion Proceedings of the Conference on Computer-Supported Collaborative Work and Social Computing* 2015. Vancouver, Canadá. 2015.
- [10] J.L. Jurado, A. Fernandez and C. A. Collazos. "Applying gamification in the context of knowledge management". *Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business*. Graz, Austria. 2015. DOI: 10.1145/2809563.2809606.
- [11] F. Steffens and S. Marczak. "A Gamification Framework as a Collaboration Motivator for Software Development Teams". Fecha de consulta: 16 de marzo de 2022. URL: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/8570/1/000479606-Texto%2BCompleto-0.pdf>
- [12] N. Unkelos-Shpigel and I. Hadar. "Inviting everyone to play: Gamifying collaborative requirements engineering". 2015 IEEE Fifth International Workshop on Empirical Requirements Engineering (EmpiRE). Ottawa, Canada. 2016. DOI: 10.1109/EmpiRE.2015.7431301.
- [13] J. Friedrich, M. Becker, F. Kramer, M. Wirth and M. Schneider. "Incentive design and gamification for knowledge management". *Journal of Business Research*. Vol. 106. November, 2017, pp. 341-352. 2020. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.02.009.
- [14] S. Galeano-Ospino, L. Machuca-Villegas and G. P. Gasca-Hurtado. "Knowledge Transfer in Software Development Teams Using Gamification: A Systematic Literature Review". *New Perspectives in Software Engineering CIMPS 2020 Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 1297, pp. 56-61. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-63329-5_8.
- [15] L. Machuca-Villegas and G. P. Gasca-Hurtado. "Toward a Model based on Gamification to Influence the Productivity of Software Development Teams". 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Coimbra, Portugal. 2019. DOI: 10.23919/CISTI.2019.8760813.
- [16] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell and A. Wesslén. "Experimentation in Software Engineering". Springer. Vol. 53, pp. 77-79. Berlin, Heidelberg. 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-29044-2.
- [17] V.B. Kampenes, T. Dybå, J.E. Hannay and D.I. Dag. "A systematic review of quasi-experiments in software engineering". *Information and Software Technology*. Vol. 51 N° 1, pp. 71-82. 2009. DOI: 10.1016/j.infsof.2008.04.006.

- [18] L. Machuca-Villegas. “Modelo basado en la gamificación y en factores sociales y humanos para influir en la productividad de equipos de desarrollo de software”. 2021. <http://51.222.107.224:9000/inicio/>
- [19] D.J. Sheskin. “Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures”. Chapman & Hall/CRC. Second Edition. pp. 609-623. Florida, USA. ISBN: 1-58488-133-X. 2004.
- [20] S. Galeano-Ospino. “Cuestionario para evaluar la satisfacción de los participantes frente a la experiencia con la estrategia de gamificación”. 2021. <https://forms.gle/sykryVea3j6wBzvo9>
- [21] F. Zieris and L. Prechelt. “Observations on knowledge transfer of professional software developers during pair programming”. Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering Companion. Austin, USA. 2016. DOI: 10.1145/2889160.2889249.
- [22] C.H. Kao. “Collaboration framework for software development based on question and answer sites”. 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI). Chiba, Japan. 2018. DOI: 10.1109/ICASI.2018.8394595.
- [23] L. Moldon, M. Strohmaier and J. Wachs. “How Gamification Affects Software Developers: Cautionary Evidence from a Natural Experiment on GitHub”, pp. 549-561. 2021. DOI: 10.1109/icse43902.2021.00058.