

GAMIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA MEJORAR LA PERCEPCIÓN DEL ALUMNO, SU MOTIVACIÓN Y EL APRENDIZAJE CONSEGUIDO

Pedro J. Malagón^{1*}, Josué Pagán¹, José M. Moya¹, Juan M. Montero¹, Carlos Carreras¹, Andrés de Santos¹, Rubén San Segundo¹, Octavio Nieto¹, Álvaro Araujo¹, Javier Ferreiros¹, Patricia Arroba¹, Samira Briongos¹, Antonio Méndez²

1: Departamento de Ingeniería Electrónica

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: pedro.malagon.marzo@upm.es

web: https://innovacioneducativa.upm.es/informacion_grupo?grupo=187

2: Colegio Fuenteblanca de Murcia

e-mail: antoniomendezmontiel@gmail.com

web: <https://www.antoniomendezmontiel.com/>

Resumen.

El proyecto consiste en una serie de prácticas de laboratorio usando técnicas de gamificación para mejorar la percepción del lenguaje de programación C para embebidos. Se pretende mejorar la motivación del alumno y comprobar si impacta en la calificación final de la asignatura. Los resultados no son del todo satisfactorios y confirman que la gamificación motiva a los alumnos, pero no impacta en la percepción sobre el lenguaje C y nota de la asignatura.

Se ha contado con los 81 alumnos de la signatura SELC de Ingeniería Biomédica y se han dividido en un grupo de estudio y otro de control de forma aleatoria. Para el desarrollo de las prácticas (sobre el mismo contenido académico) se ha desarrollado una placa de circuito impreso con diversos sensores y un sistema de puntuación web alojado en un servidor. Se ha contado con la ayuda de un estudiante becado.

Palabras clave: Aprendizaje Activo, Aprendizaje Experiencial, Captación de alumnos, Evaluación del aprendizaje, Evaluación del desempeño, Gamificación, Grado, Metodología Aprendizaje Basado en Problemas, Metodología Trabajo en Equipo/Grupo

1. Introducción

El impulso de la programación C en dispositivos embebidos es fundamental para mejorar las capacidades del alumnado. Los—ya no tan nuevos—lenguajes de programación con sus entornos de rápido desarrollo y obtención rápida de resultados tangibles, hacen que los alumnos vean el lenguaje de programación C como una herramienta difícil, tediosa, obsoleta, y de escasa aplicabilidad. Esto impacta en su interés por asignaturas relacionadas y su predisposición al pronto fracaso.

En asignaturas teórico prácticas de iniciación a estos entornos, los conceptos teóricos se olvidan y los prácticos no calan. Los ejemplos no son prácticos y los alumnos, en sus casas, no son capaces de comprender el porqué de lo que están haciendo. Así, las tareas del alumno, se reducen a pequeños entregables que i) dan poca rienda suelta

a su ingenio e imaginación, y ii) su fin tan específico y acotado hace que la detección de copias—que es alta—sea prácticamente indetectable.

El objetivo principal es mejorar la comprensión del alumno de los conocimientos de programación para entornos embebidos mediante técnicas de gamificación que repercutan en una comprensión mejor de la base teórica y soltura en la práctica. Por consiguiente, se pretende esperar que mejore la motivación [1] y la calificación de los alumnos [2] en asignaturas teórico-prácticas con programación en sistemas embebidos.

2. Desarrollo de la comunicación

El PIE se desarrolló en 3 sesiones prácticas de la asignatura Sistemas Electrónicos (SELC) de segundo del Grado en Ingeniería Biomédica de la ETSI Telecomunicación.

Los alumnos fueron divididos en dos grupos de forma aleatoria. 30 alumnos a un grupo de experimentación para gamificar las prácticas de laboratorio (GAM en adelante) y 51 al grupo de control sin prácticas gamificadas (CTR en adelante). Se elaboraron dos cuestionarios: uno al inicio antes de anunciar la división entre grupos (63 participaron), y otro al final (participaron 21 de GAM y 25 de CTR).

Al inicio de las prácticas gamificadas se presentaban los apartados que eran puntuables en cada práctica. Las tres primeras parejas en acabar un apartado, conseguían 1000, 750 y 500 puntos respectivamente; el resto de parejas que acabase el apartado, recibía 250 puntos. También existía la opción de penalizar a la pareja por preguntas que los profesores consideraban básicas o que mostraban que el alumno no venía preparado para la práctica. Al finalizar la práctica, los tres mejores grupos recibían un regalo: la mayoría de las ocasiones juegos o figuras impresas en 3D. Los tres grupos con más puntuación al final del curso recibieron premios relacionados con las prácticas: sensores usados o placas WEMOS (ver **Figura 2**).

Para el desarrollo del PIE se diseñaron, fabricaron y montaron 20 placas *shield* con sensores para inserción en la placa de trabajo *Pinguino* (ver **Figura 1**). Estas placas fueron usadas por ambos grupos y ha permitido hacer prácticas más completas. Con la ayuda del becario contratado se desarrolló un servicio web para llevar la puntuación de las parejas. Los profesores añadían o quitaban puntos a las parejas desde un dispositivo móvil. El ayudante contratado también desarrolló programas específicos para las prácticas gamificadas con la ayuda de los profesores.

A continuación se realiza un análisis detallado de los resultados medidos en las encuestas. El nivel de significación estadística utilizado es de $\alpha=10\%$. La hipótesis es de partida es que la gamificación mejora la 1) opinión de los alumnos sobre el lenguaje de programación C, 2) su conocimiento y puntuación, y 3) su motivación.

A. ANÁLISIS SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL LENGUAJE C

a. ¿Han mejorado los conocimientos de C el grupo de gamificación?

Quisimos comprobar si había cambiado la percepción sobre sus conocimientos de C. A priori, en la encuesta inicial, el 77.3% del GAM y el 75.6% del CTR dicen no saber nada de C. Con un $p\text{-valor}=0.9891$ se puede confirmar que no hay diferencia estadística entre grupos y que son iguales ante las prácticas. A posteriori, en la encuesta final del curso, se les preguntó por esta misma percepción y, el 28.6% del GAM y el 20.0% del CTR dicen haber aprendido mucho, frente al 61.9% y el 80.0% respectivamente que dice haber aprendido poco del lenguaje de programación C. Con un $p\text{-valor}=0.4033$, se puede confirmar que los alumnos de gamificación no han aprendido más C (significativamente) que el grupo de control. Por lo que el segundo objetivo de este PIE, no se ha cumplido. Para averiguar por qué, analizaremos más resultados.

b. ¿Cómo de complejo creen que es el lenguaje de programación C?

Preguntamos a los alumnos, antes y después de cursar la asignatura, por cómo creen que es de complejo el lenguaje C, y ver si es por esta complejidad percibida que no se cumple el segundo objetivo del PIE. Efectivamente, el 9.1% del GAM dice que la dificultad es muy alta, pero ningún alumno del CTR afirma lo mismo. Además el 90.9% del GAM dice que la dificultad es media frente al 95.1% del CTR, llegando un 4.9% de alumnos del grupo control a considerar que la complejidad de C es baja. Con un $p\text{-valor}=0.0894$, podemos dilucidar que el grupo GAM percibe C más complejo, a priori.

Al tratarse de una muestra aleatoria, como se comprobó anteriormente, esto ha de tratarse de una casualidad; para comprobarlo, vemos que pasa a final de curso. A posteriori, el 19.0% de GAM cree que es muy difícil (81.0% dificultad media), así como ahora lo cree el 4.0% de CTR, aumentando al 96.0% quienes creen que la dificultad es media. Con un $p\text{-valor}=0.2636$, podemos confirmar que no hay diferencia entre los grupos y la complejidad percibida de C, a posteriori. En general la percepción de dificultad ha aumentado en ambos grupos, aunque más en el gamificado.

c. ¿Cómo ha cambiado su opinión frente a C?

Para comprobar si esa percepción de dificultad es tal, vamos a compararlo con respecto a su opinión con respecto al lenguaje C. Al inicio del curso, el 90.9% de GAM creía que al final de la asignatura, su opinión frente al lenguaje cambiaría (un 0.0% dijo que no, y el 9.1% restante NS/NC), y un 78.0% del CTR pensaba lo mismo (un 4.9% dijo que no, y restante NS/NC). Con un $p\text{-valor}=0.2689$ se puede confirmar que a priori, en general, todos los alumnos creían que cambiarían su perspectiva al final.

Al final del curso se les preguntó si había cambiado su opinión con respecto al lenguaje C. El 66.7% de GAM dice que ha cambiado su perspectiva (el 14.3%, no), y el 56.0% de CTR (20.0%, no). Con un $p\text{-valor}=0.5323$, podemos confirmar que, en general, menos alumnos han cambiado de opinión con respecto al lenguaje tras pasar por la asignatura. En promedio un 84.5% a priori esperaba cambiar de opinión, pero solo el 61.3% de los alumnos lo ha hecho. Había predisposición a cambiar de idea, pero ha bajado; no obstante el número de indecisos al final es alto, y el 21.5% NS/NC.

¿Por qué puede ser esto? ¿Creen que sus prácticas han sido difíciles? ¿Más que las del otro grupo? Pues efectivamente, el 81.7% de GAM cree que sus prácticas son más difíciles (el 4.8%, no), mientras que sólo el 40.0% de CTR lo cree (el 44.0%, NS/NC). Con un $p\text{-valor}=0.0650$, se puede confirmar que el grupo de gamificación cree con seguridad que sus prácticas fueron más difíciles; el grupo de control no lo tiene tan claro. Efectivamente, los profesores creemos que han sido más difíciles por los nuevos entornos que genera el propio juego, pero ¿les ha gustado la gamificación o hubiesen preferido no hacerla?

Indistintamente, ningún grupo mejora sus conocimientos o percepción sobre el lenguaje C, y es que, en general, el interés en programación baja de un 68.1% al inicio del curso, a un 43.0% al final (sin diferencia significativa entre los grupos, $p\text{-valor}=0.7562$ y $p\text{-valor}=0.2150$ respectivamente). Y es que la “programación” es la disciplina sobre el que tienen menos interés cuando se compara con “electrónica” o “procesamiento de imagen” (ver **Tabla 1**).

B. ANÁLISIS SOBRE LA PERCEPCIÓN DE LA GAMIFICACIÓN

En términos generales, el 47.6% de GAM les parece “buena” o “muy buena” idea que haya prácticas gamificadas (el 28.6% “no le parece buena idea”, el resto NS/NC). Al 80.0% de alumnos del grupo de control les parece “buena o muy buena idea” (un 12.0% “no le parece buena idea”, el resto NS/NC). Con un $p\text{-valor}=0.0702$, se puede confirmar que, en mayor medida, al grupo CTR le parece buena idea que se utilicen

técnicas de gamificación en las prácticas. Además, en general, se comprueba que todos los alumnos prefieren prácticas gamificadas, pero con más ganas quienes hacen las prácticas tradicionales.

¿Por qué puede ser que estén interesados? ¿Es por los premios que reciben? ¿Qué otras opiniones le merecen? Preguntamos, y comprobamos que el 19.0% de GAM hubiese preferido no hacerlas, pero un 68.0% de CTR, sí. Pero comprobamos que el 38.1% de GAM les motivan las prácticas independientemente de que haya regalo, o no; el 64.0% de CTR también cree que les motivaría hacerlas con o sin regalo. Y es que el 52.4% de GAM dice que se ha sentido nervioso y de éstos, el 63.6% dice que esto hace que no pueda concentrarse; el 36.4% restante, por el contrario, dice que la gamificación le da un extra de concentración ($p\text{-valor}=0.0035$).

Parece que en este “nerviosismo” puede estar la clave del problema. La gamificación está bien, pero se ponen nerviosos. Durante las prácticas gamificadas, se proyectaba al inicio de la clase las puntuaciones de cada hito, y el premio a ganar. Durante el desarrollo del laboratorio, en tiempo real se proyectaba el ranking con los puntos de cada grupo; en un diagrama de barras, estas decrecían con el paso del tiempo (ver **Figura 3**). No obstante, el 52.4% del grupo les motiva ver las barras de puntos, frente a un 33.3% que no.

Visto lo anterior, la competición con puntos no parece ser el motivo de ese nerviosismo. Además, mayoritariamente ($p\text{-valor}=0.0015$), el 47.6% de GAM se ha sentido con motivación extra (42.9%, no); y el 80.0% del CTR cree que se hubiese motivado con la gamificación de las prácticas (un 4%). En el mismo porcentaje, con $p\text{-valor}=0.0046$, los alumnos de GAM creen que la gamificación ha influido en la mejora del conocimiento de las prácticas, y el 84.0% de CTR también. Además el 100% de los alumnos de ambos grupos cree que interactuar con elementos externos motiva el aprendizaje.

Si están motivados en general y creen que mejora su conocimiento de las prácticas, ¿por qué se ponen nerviosos? Intuimos que el efecto “grupo experimental” ha podido ser la clave, pero es que sólo el 23.8% de GAM cree que haber hecho las prácticas gamificadas va a afectar a su nota para mal; otro 23.8% cree que van a afectar para bien ($p\text{-valor}=0.025$, ver **Tabla 2** para más detalle).

A los alumnos se les dejó un campo para expresar libremente sus opiniones (8 alumnos de GAM contestaron). En general hemos encontrado que las opiniones sobre la gamificación son buenas. Resumimos algunas de las más repetidas:

- “La idea de gamificación de las prácticas es buena pero son difíciles y largas, hay pocos profesores” (2 profesores para 15 parejas de prácticas)
- “La idea es innovadora y divertida”
- “Competir sirve para mejorar nuestros conocimientos”

También hubo propuestas de mejora, que estudiaremos para el futuro:

- “Hay pocos profesores y el tiempo de espera para resolver dudas afecta a la puntuación. Esto mejoraría el interés de las prácticas”
- “No está bien que se penalice por preguntas por sencillas que parezcan”

C. ANÁLISIS DE CÓMO AFECTAN LAS PRÁCTICAS GAMIFICADAS AL GLOBAL DE LA ASIGNATURA

Queremos comprobar si en realidad las prácticas del grupo gamificado han sido más complejas. Intuimos que sí, pues el juego que rodea a la práctica hace que el alumno haya de utilizar elementos que hagan que se retrasen en la práctica. Comprobamos esto

viendo que el 92.3% del grupo control tiene una nota ≥ 7 en las prácticas, mientras que sólo el 66.7% de GAM ha conseguido esas notas ($p\text{-valor}=0.0030$); y efectivamente, no existe diferencia significativa entre grupos ($p\text{-valor}=0.3675$) cuando se compara el número de aprobados de la parte teórica de la asignatura (46.7% de GAM y 36.7% de CTR tiene una nota < 5). Todos los alumnos, en general, son iguales ante el examen teórico.

Comprobamos además que no existe correlación entre las notas de prácticas y las de teoría. En general no hay correlación entre quienes tienen notas ≥ 7 en prácticas y ≥ 7 en la prueba escrita en el grupo de gamificación ($r^2=0.007$ y $p\text{-valor}=0.7884$). Tampoco hay correlación en el grupo de control ($r^2=0.187$ y $p\text{-valor}=0.1596$).

Así pues, comprobamos que las prácticas gamificadas, por el juego que implica, parecen ser más complejas y los alumnos del grupo de estudio han tenido peores notas, pero el experimento no ha afectado a la nota de la parte de teoría.

3. Figuras, tablas, ecuaciones

Relación de figuras:

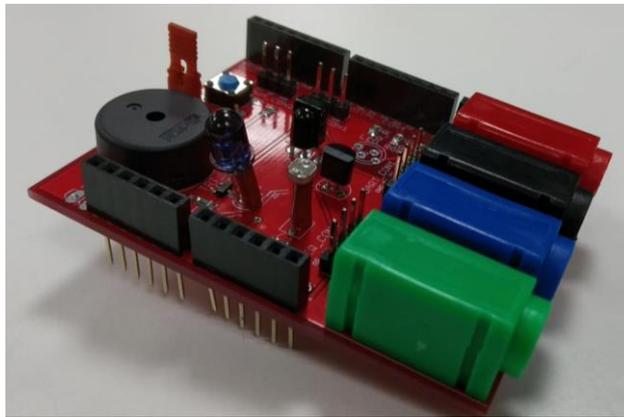


Figura 1. Placa *shield* desarrollada con sensores y diversos conectores para inserción en placa de trabajo *Pinguino*



Figura 2. De izquierda a derecha: profesor Pedro Malagón y alguno de los alumnos ganadores del grupo de gamificación en la entrega de premios finales

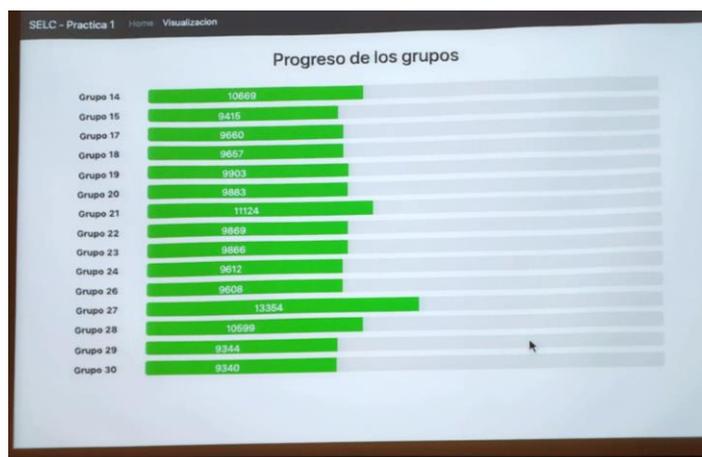


Figura 3. Barras de progreso de puntos en tiempo real con penalización por tiempo

Relación de tablas:

Tabla 1. Interés entre disciplinas

Disciplina/ Dificultad	Baja- Media baja	Media	Media alta- Alta
Procesado de imagen	11.1%	30.2%	58.7%
Electrónica	6.3%	27.0%	66.7%
Programación	22.2%	15.9%	61.9%

Tabla 2. ¿Cree que haber hecho las prácticas gamificadas. o no, afecta a su nota?

Grupo/ Afecta nota	Sí, para mal	Sí, para bien	No	NS/NC
GAM	23.8%	23.8%	23.8%	28.6%
CTR	28.0%	0.0%	44.0%	28.0%

4. Conclusiones

El análisis de los resultados no ha sido del todo satisfactorio para el profesorado. Sólo dos de las tres hipótesis de partida se han confirmado: se mejora la motivación del alumno con prácticas gamificadas; no obstante on se ha conseguido mejorar su conocimiento sobre el lenguaje de programación C (percepción subjetiva de los alumnos), ni se ha conseguido mejorar significativamente la percepción de dificultad que los alumnos tienen de este lenguaje.

El experimento ha sido llevado a cabo en un grupo de 30 alumnos, con un grupo de control de 50. Los resultados de gamificar las prácticas no han impactado en la nota de teoría de la asignatura, aunque se ha podido comprobar que significativamente, por el juego que rodea a las prácticas, estas han sido más difíciles y la nota de prácticas del grupo bajo test ha sido menor. Los profesores así lo creen también y por las opiniones recogidas, se espera que una mejora de la automatización de los mecanismos de gamificación (asignación de puntos y comprobación de hitos), mejore la experiencia.

El trabajo ha sido llevado a cabo con la ayuda de un estudiante becado y se ha generado SW y plataformas HW reutilizables en otras asignaturas. Además, este mismo alumno ha continuado con el trabajo y actualmente lo está implementando como TFG. La conclusión final es que los alumnos prefieren la gamificación, pero sin el temor de que impacte en sus notas (por tiempo, dificultad, o pérdida de concentración); esto sólo será posible si se automatizan las comprobaciones de los hitos y las puntuaciones, que es algo en lo que se está trabajando para futuro.

Referencias

- [1] Oyarzo, Jaime (2016) "La gamificación, otra forma de enseñar, también en la Universidad" Recuperado en: <http://portalcomunicacion.uah.es/diario-digital/entrevista/la-gamificacion-otra-forma-de-ensenar-tambien-en-la-universidad.html> Último acceso: 5 septiembre 2019.
- [2] Morales, J. (2013). La gamificación en la universidad para mejorar los resultados académicos de los alumnos. In Quinto Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual ya Distancia.