

Aprender lógica combinatorial jugando

Jesús Carlos Díez Rioja
Trabajo Final de Máster
Universitat Oberta de Catalunya
Barcelona
jdiezri@uoc.edu

Resumen

El uso del juego, utilizado siempre en edades tempranas para motivar el aprendizaje, ha sido frecuentemente estigmatizado en edades más avanzadas al ser considerado una pérdida de tiempo. Sin embargo, en los últimos años el fenómeno de la *gamificación*¹ se ha convertido en una tendencia metodológica con una importante presencia en las aulas. En primer lugar, en este artículo se realiza una revisión del estado del arte de la *gamificación* en ámbitos educativos utilizando tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y se describen una serie de experiencias seleccionadas por su carácter innovador. En segundo lugar, se analizan algunos casos donde la *gamificación* ha sido utilizada para la enseñanza de la lógica inherente a los circuitos digitales y las puertas y funciones lógicas. Finalmente, se describe la experiencia llevada a cabo en un instituto de Barcelona donde se ha utilizado una aplicación implementada *ad hoc* para enseñar, de una forma lúdica, contenidos de sistemas digitales en el contexto de la asignatura de Tecnología Industrial del bachillerato.

Abstract

Games have always been used to motivate learning at early ages. But during teen years/adolescence, playing games has often been stigmatized by being considered a waste of time. However, the phenomenon of gamification has become recently a methodological trend with a relevant presence in the classroom. In this article, the state of art of gamification in educational contexts, using Information and Communication Technologies (ICT), is firstly reviewed and a number of experiences are described as well, selected according to their innovative traits. Secondly, some cases are analysed which harness gamification as a means to teach logic gates and digital circuits. Finally, this article aims at providing a description of the

¹El término *gamificación* es un anglicismo que puede definirse como el uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos y el ocio en actividades no recreativas con la finalidad de potenciar la motivación y de reforzar la conducta para solucionar un problema o alcanzar un objetivo.

experience carried out at a secondary school in Barcelona where a program has been implemented *ad hoc* to teach, in a playful way, contents of digital systems.

Palabras clave

Gamificación, innovación educativa, videojuegos, competencias transversales, aprendizaje autónomo, tecnologías de la información y la comunicación, dispositivos móviles, circuitos digitales, puertas lógicas.

1. Introducción

Los juegos han acompañado a la humanidad desde la antigüedad. Yacimientos arqueológicos demuestran [14] que el origen de algunos juegos de mesa se remontan hasta el año 5780 a. C. En Mesopotamia, en las tumbas reales de la ciudad de Ur, un arqueólogo inglés descubrió en 1922 un juego bautizado como “juego de las 20 casillas”, de una antigüedad de unos 3000 años, utilizado desde la India hasta Egipto. Y en la Grecia clásica, por ejemplo, Aristóteles ya hablaba de la importancia del juego en el crecimiento y desarrollo de los infantes. La relación entre el juego y la sociedad no es algo nuevo: desde los primeros que simulaban batallas, como el ajedrez (que era utilizado en la Edad Media para enseñar estrategia militar) hasta los videojuegos más modernos e hiperrealistas, todos ellos son consecuencia del tiempo en el que nacieron y se desarrollaron. De hecho, la mayoría de los juegos han nacido como un reflejo de la vida real.

A comienzos de los años 90 del siglo XX la industria del videojuego aceleró la investigación académica sobre los juegos. Estas investigaciones descubrieron los tipos de jugador, las motivaciones internas y los disparadores psicológicos de las conductas compulsivas. Y, como parecía previsible, el avance en el conocimiento de los juegos, junto con el uso de las nuevas tecnologías asociadas a técnicas de “*engagement*”²

²*Engagement* es un anglicismo que puede asimilarse a compromiso, implicación o esfuerzo voluntario por parte de alguien en un ámbito determinado. Una persona *engaged* está totalmente implicada y entusiasmada en su actividad y cuando tiene oportunidad actúa de una forma que va más allá de los intereses de su organización.

propias de otros sectores, han acabado por llevar la *gamificación* al ámbito educativo. Según Capponeto, Earp y Ott [3] la consolidación de la *gamificación* en las aulas, desde la educación primaria a la universitaria, es una realidad. En su trabajo, donde revisan y clasifican, atendiendo a diferentes criterios, 120 artículos sobre *gamificación* publicados en diferentes países entre los años 2011 y 2014, afirman que se trata de un fenómeno que está experimentando un rápido crecimiento y aseguran que la adopción de técnicas de *gamificación* entre los docentes tiene como objetivos fundamentales aumentar la motivación y la implicación del alumnado en las actividades relacionadas con el aprendizaje, haciéndolas, en definitiva, más atractivas, cautivadoras y, en última instancia, efectivas. Se trata de técnicas que no solo han sido adoptadas en diferentes materias o asignaturas sino que también han servido para mejorar competencias transversales relacionadas con la capacidad de colaboración, la creatividad y el aprendizaje autónomo.

El aumento de artículos científicos relacionados con la *gamificación* en todo el mundo es una realidad. Un buen ejemplo es el libro electrónico “*Gamificação na educação*” [8], publicado en Brasil en el año 2014. A lo largo de casi 300 páginas y 10 capítulos diversos especialistas explican conceptos relacionados con la *gamificación* en contextos educativos. Se analiza su uso como recurso para motivar al alumnado y se exploran qué mecanismos y elementos de los juegos son aplicables al diseño de un servicio, un producto o un proceso fuera de un contexto lúdico. Se reflexiona sobre la relación entre la *gamificación* y la “*Teoría del Flow*”³ o de la experiencia óptima, ya que al capturar la *gamificación* la esencia de los juegos, las actividades *gamificadas* (donde aparecen metas claras, desafíos, sentimiento de control o pérdida de la noción del tiempo) proporcionan un estado de *Flow*. Se analiza la *gamificación* aplicada al “*e-Learning*”, se reflexiona sobre la importancia de los hilos narrativos de los juegos, se investiga sobre la *gamificación* en las redes sociales para generar conocimiento con finalidades educativas o se proponen directrices para evaluar un juego.

Pero la revisión de trabajos sobre *gamificación* es una tarea relativamente joven y existen, aún, pocos marcos o “*frameworks*” teóricos de referencia, tal como se explica en [9]. En este documento se revisan 24 estudios empíricos con el objetivo de argumentar si la *gamificación* realmente funciona. Estos documentos, localizados en diferentes bases de datos (Scopus, ScienceDirect, EBSCOHost, Web of Science, ACM Digital library, AISel, Google Scholar, y Proquest) se desarrollaron en diferentes contextos, siendo el ámbito educativo el más común (concretamente

³El *Flow* o experiencia óptima es un estado en el cual la persona se encuentra completamente absorta en una actividad para su propio placer y disfrute, durante la cual el tiempo pasa rápidamente y las acciones, pensamientos y movimientos se suceden sin pausa.

nueve trabajos). En los nueve se considera que la *gamificación* proporciona resultados positivos en el aumento de la motivación y la implicación del alumnado en actividades de aprendizaje. Sin embargo, se sugiere poner especial atención, ya que se consideran puntos débiles, en las dificultades en el proceso evaluador y en el propio diseño de los juegos.

En este sentido, debe tenerse presente que muchas soluciones *gamificadas* fracasan debido a que han sido concebidas mezclando elementos de aquí y de allá, sin un proceso de diseño claro y formal. La aplicación de un marco de referencia en lo que respecta al diseño es clave para garantizar el éxito de una solución *gamificada*, y la comunidad es consciente de ello: si se analizan el número de búsquedas en “Google Scholar” sobre los términos “*gamification*”, “*design*” y “*framework*” los resultados demuestran el creciente interés hacia estos dos últimos términos, tal como puede observarse en la figura número 1.

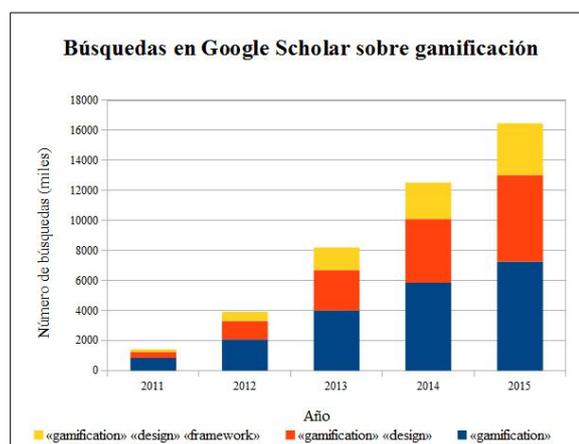


Figura 1: Búsquedas en Google Scholar. Elaboración propia.

Conscientes de esta falta de marcos de referencia, los autores en [11] efectúan una revisión de diferentes *frameworks* y proporcionan valiosos detalles que resultarán, sin duda, de gran utilidad para desarrolladores de soluciones *gamificadas* en diferentes ámbitos, incluido el educativo. Centran su atención en tres aspectos fundamentales: el estado del arte del proceso del diseño en *gamificación*, el análisis de la relación entre los procesos de diseño de los juegos y de las soluciones *gamificadas* y, en tercer lugar, la identificación y clasificación de los diferentes *frameworks* que existen actualmente.

2. Motivación

2.1. Gamificación, educación y TIC

En la actualidad, los estudiantes de escuelas, institutos y universidades son nativos digitales. Han creci-

do utilizando las nuevas tecnologías y presentan nuevas maneras y actitudes ante el proceso de aprendizaje. Los docentes deben de hacer frente a nuevos retos para adaptar este proceso a unas nuevas necesidades y preferencias. Deben de utilizar diferentes metodologías para conseguir un alumnado participativo, motivado e implicado en su propio aprendizaje. Por lo tanto, si se aplica una estrategia correcta al introducir un juego dentro de un contexto educativo, aprovechando principios de recompensa, estatus, interacción o competitividad, se fomentarán ciertas acciones del estudiante incentivando un comportamiento determinado. Así mismo, actualmente el uso de dispositivos digitales como ordenadores portátiles, tabletas o teléfonos inteligentes por parte del alumnado es imparable, como lo demuestran los últimos datos consolidados, del curso 2013-2014, proporcionados por la Subdirección General de Estadística y Estudios del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte⁴. Así, parece razonable pensar en la evolución natural de las TIC dentro del aula hacia un aprendizaje basado en la *gamificación*.

2.2. Revisión del estado del arte

Son incontables las experiencias de *gamificación* en las aulas, llevadas a cabo en distintos niveles educativos, con el apoyo de las TIC. A continuación se citan algunas, seleccionadas por su cercanía geográfica o por su carácter innovador, ordenadas desde la enseñanza primaria hasta la universitaria.

En Cataluña, concretamente en dos escuelas de primaria de la provincia de Barcelona y una tercera ubicada en la capital catalana, se llevó a cabo un estudio del impacto [5] en el uso de un juego digital denominado “Miquel Crusafont”, centrado en dar a conocer al personaje, situarlo en los sucesos contemporáneos a él y explicar su legado, sus estudios y su trabajo en paleontología. El área básica de trabajo era “Conocimiento del Medio Natural y Social” aunque había otras áreas relacionadas, como las matemáticas, las lenguas catalana e inglesa y la expresión visual y plástica. Durante el desarrollo de la experiencia, los docentes destacaron que en la mayoría de actividades la habilidad del alumnado era superior a la del profesorado, que los juegos educativos utilizados en el aula tienen que ser entretenidos y que deberían de adaptarse perfectamente al nivel del usuario, permitiendo así una superación personal. La conclusión general es que los docentes apreciaron la potencialidad de un juego de estas características para desarrollar competencias dentro de las diferentes áreas curriculares y que utilizarían el juego en el futuro. También destacaron la dificultad de introducir un juego de estas características dentro del aula debido a que el currículo educativo no contempla un tiempo para su uso. Ade-

⁴Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/educabase/menu.do?type=pcaxis&path=/Educacion/Centros/Sice/Series&file=pcaxis&ls0>

más, se consideró que son necesarias metodologías y técnicas específicas para que el profesorado pueda aplicar la *gamificación* en el aula, así como modelos que permitan evaluar las capacidades adquiridas por el alumnado.

Los mismos autores realizaron un estudio [6] sobre el uso de videojuegos en las aulas. Su utilización como recurso educativo es coherente en el sentido que favorece el desarrollo constructivo de habilidades, conocimientos y actitudes. Cuando un videojuego consigue la inmersión total del usuario, toda la energía e interés de éste está focalizada en el juego. Se analizó la importancia de los videojuegos en contextos educativos utilizando como caso de estudio el videojuego “*Monturiol el joc*”. Orientado a estudiantes de entre 10 y 12 años, el juego explica la vida de Narcís Monturiol, el célebre inventor catalán del primer submarino tripulado con motor de combustión. Su estructura se divide en cuatro tipos de actividades clasificadas en exploración, carreras, recolección de objetos y juegos de preguntas. La fase de la acción participativa tuvo lugar en cuatro escuelas del área metropolitana de Barcelona, con la participación de 60 usuarios. Los investigadores pudieron apreciar, en este caso, el aprendizaje a través de encuestas antes y después del juego.

Ruth Contreras y José Luis Eguía, coautores de los artículos sobre “Miquel Crusafont” y “*Monturiol el joc*”, también destacan la potencialidad de la combinación de dispositivos móviles y la *gamificación* a través de videojuegos [7]. Los dispositivos móviles son una solución que no está ligada a un espacio concreto. Este hecho, unido a que los videojuegos cuentan con unas características bien definidas de jugabilidad, donde el usuario se involucra en la realidad virtual en un grado determinado, hace pensar lo interesante que puede resultar que un estudiante se exponga, por voluntad propia, varias veces seguidas al relato, lo cual es muy beneficioso para la estrategia en la que la *gamificación* pretende implicar al alumno en el proceso de aprendizaje. Los autores se hacen eco de la numerosa literatura que muestra los resultados positivos para el aprendizaje utilizando videojuegos y afirman que ayudan a desarrollar las habilidades sociales, aumentan el rendimiento escolar, las habilidades cognitivas, la motivación, la atención, el pensamiento complejo, la planificación estratégica y el trabajo en equipo.

En [13] también se constata, en términos generales, la mejora en el aprendizaje del alumnado al realizar prácticas colaborativas en torno a un videojuego. La autora realiza una revisión sistemática del uso de videojuegos como recurso educativo en la educación primaria (alumnado de entre 6 y 12 años). Analiza ocho experiencias, que cumplían los criterios de inclusión, focalizadas de manera particular en el aprendizaje colaborativo con una evaluación antes y des-

pués de la experiencia para constatar si el alumnado consigue aprender de manera significativa. Demuestra que los videojuegos pueden ser utilizados para potenciar el aprendizaje y el trabajo colaborativo (en contraste con la idea generalizada de que los videojuegos provocan el aislamiento de los jóvenes, especialmente en el caso de menores) y que, en general, el alumnado consigue mejoras en el aprendizaje. Finalmente, se insiste en la importancia de establecer una metodología de evaluación pre i post experiencia para determinar en qué medida se alcanzan los objetivos establecidos.

El uso del conocido videojuego Minecraft⁵ en contextos educativos es analizado por tres investigadores en [12]. Actualmente, Minecraft está siendo utilizado como recurso educativo en todo el mundo en diferentes materias para enseñar, por ejemplo, geometría espacial, sostenibilidad, lengua y literatura, habilidades sociales, informática, diseño digital, gestión de proyectos o química. Otras asignaturas, según los autores, susceptibles de ser *gamificadas*, para aprovechar el alto grado de entretenimiento de Minecraft, son la ecología, la biología, la física, la geografía, el arte y la historia. Mojang, la empresa que desarrolla el videojuego, proporciona apoyo al profesorado y aprovechando la facilidad para modificarlo, se ha desarrollado la versión educativa MinecraftEdu, donde se integran herramientas de gestión para facilitar el trabajo de los docentes. Como consecuencia de esta actividad frenética, se ha creado una comunidad mundial de profesores (MinecraftTeachers) donde estos comparan sus experiencias.

El proyecto SIGMA [16], un recurso en línea para ayudar a estudiantes de Brasil a alcanzar competencias matemáticas haciendo uso de la *gamificación* es, también, otro buen ejemplo de la sensibilidad existente en todo el mundo hacia el uso de soluciones *gamificadas* utilizando las TIC. Se trata de una plataforma interactiva dirigida al alumnado de primaria y secundaria con un doble objetivo: mejorar las competencias matemáticas del alumnado y facilitar el entrenamiento de cara a la “*Olimpiada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas OBMEP*”. Esta plataforma permite a los estudiantes resolver problemas seleccionados de forma aleatoria. El sistema de *gamificación* se basa en la utilización de elementos motivadores extrínsecos como por ejemplo puntos, insignias, bonus o certificados de nivel con el objetivo de estimular a los estudiantes. En definitiva, se trata de una iniciativa para incentivar a los estudiantes a convertirse en especialistas de una determinada área de matemáticas y hacerlos más competitivos y colaborativos (hay,

⁵Los aspectos creativos y de construcción de Minecraft permiten a los jugadores edificar construcciones creadas por cubos con texturas en un mundo 3D. En el juego también se incluyen otras actividades como, por ejemplo, la exploración, la recolección de recursos y el combate.

también, insignias para aquellos estudiantes que ayudan a otros)

La buena simbiosis entre *gamificación* y las TIC destaca en la experiencia llevada a cabo [15] con un grupo de 29 estudiantes de un centro de secundaria del sureste de Malasia. En este caso, fueron las ciencias experimentales la asignatura elegida. Antes de aplicar la *gamificación* se realizaron unos cuestionarios, preparados por profesores especialistas en ciencias, a través de un pre-test. La experiencia tuvo una duración de 8 semanas a lo largo de las cuales se utilizó una plataforma en línea denominada Zondle. Los elementos de *gamificación* utilizados en torno a estos contenidos fueron los puntos, las insignias y un ranking de posiciones. Cada vez que un estudiante completaba una actividad (la participación era siempre voluntaria) ganaba puntos y el sistema actualizaba el ranking. Después de la experiencia se realizó otro cuestionario para cuantificar el grado de alcance de los objetivos y una entrevista con cada alumno a modo de valoración cualitativa. Los resultados mostraron que la combinación de tecnología y elementos propios del juego ayudaron a cambiar el comportamiento de los estudiantes hacia el aprendizaje. Desde el punto de vista cuantitativo y basándose en los resultados pre y post-test un 93,1% de los estudiantes mejoró los resultados.

El ámbito universitario, lógicamente, no es ajeno al fenómeno de la *gamificación*. En el libro electrónico “*Gamificación en aulas universitarias*” [4] se ofrece una visión de la *gamificación* en las aulas universitarias españolas a través de algunas experiencias y las principales ideas generadas por un grupo de expertos en diferentes centros de Madrid y Barcelona. A lo largo de diversos capítulos se enfatiza en diferentes aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje: la implicación y motivación del alumnado, la mejora que la *gamificación* puede suponer en el comportamiento y habilidades de los estudiantes, la mejora del proceso de evaluación en contextos *gamificados*, el fomento de la competencia amigable entre el alumnado y, por supuesto, la mejora en la adquisición de conocimientos.

Otro ejemplo del éxito de la *gamificación* en aulas universitarias es la experiencia [10] llevada a cabo con estudiantes de la asignatura de tercer año “Gestión de Procesos” del grado de “Ingeniería de Sistemas Computacionales” de la Universidad de San Martín de Porres, en Perú. La educación en las universidades peruanas es compleja debido a que la mayor parte de los estudiantes trabaja y estudia de manera simultánea, especialmente en los últimos años de carrera. Estos estudiantes acostumbran a tener problemas para asistir a algunas clases, participan poco en los debates y muchos realizan sus actividades o preparan los exámenes pocos días antes de las fechas límites. La mayor parte de ellos se limita a esforzarse

lo imprescindible para aprobar un determinado examen o entregar un trabajo sin profundizar, realmente, en el aprendizaje. Basándose en investigaciones sobre *gamificación* aplicada, se puso en marcha un sistema de premios denominado PEX (“*Points of Experience*”), donde a cada actividad le era asignada una determinada cantidad de puntos. Los resultados fueron determinantes, ya que la asistencia se incrementó del 60 al 86%. La puntualidad experimentó un aumento impresionante, pasando del 10 al 79% y la participación en los debates pasó del 15 al 47%.

En el contexto de la asignatura “*Multimedia Content Production*” del máster “*Information Systems and Computer Engineering*” en el “*Instituto Superior Técnico*” de Lisboa, un grupo de investigadores [2] analizó la implicación de los estudiantes en cursos previos y comprobó la baja participación en la plataforma Moodle, la baja asistencia a clase y la falta de interés por los materiales facilitados (medida a partir del número de descargas, que era muy baja). Ante esta situación, y con la intención de aumentar la implicación y el interés del alumnado se decidió *gamificar* la asignatura, añadiendo algunos elementos mayoritariamente consensuados en contextos *gamificados* como los puntos de experiencia (XP), niveles, rankings, retos e insignias. La metodología empleada consistía en premiar a los estudiantes a medida que finalizaban con éxito una actividad y en implementar una tabla con las clasificaciones donde se podían consultar los puntos obtenidos, ver las fotografías de los alumnos y el nivel alcanzado. Al finalizar la experiencia se comparó, utilizando diversas métricas, este curso *gamificado* con la versión no *gamificada* del curso anterior. Los resultados fueron muy positivos, ya que mostraban un claro aumento en el número de descargas de los materiales y, sobre todo, en la participación en los foros. El número de respuestas en los foros aumentó un 511% y el número de nuevos hilos abiertos se incrementó un 845%, lo cual denotaba no tan solo un espectacular incremento en la participación sino también en la proactividad.

2.3. Jugando con la lógica combinacional

Una de las competencias que los estudiantes de grados relacionados con las telecomunicaciones, la informática o la electrónica deben de adquirir es la capacidad de análisis y síntesis de circuitos secuenciales y combinacionales. Los estudiantes se tienen que enfrentar desde sencillas implementaciones de circuitos con puertas lógicas básicas hasta la intrincada anatomía de los circuitos integrados y, a menudo, el aprendizaje de la lógica combinacional y secuencial no resulta trivial. En este contexto, al alumnado, frecuentemente, le cuesta ver la diferencia entre la electrónica analógica y la digital a nivel práctico y se deben de buscar estrategias para que entiendan, por ejemplo, la finalidad de una tabla de verdad, o que las

variables de entrada en un circuito pueden ser unos sensores y que la función de salida de la tabla puede significar la activación, o no, del receptor de un circuito.

Es escasa la literatura especializada que haga referencia al uso de la *gamificación* para enseñar lógica combinacional o fundamentos de sistemas digitales. No obstante, existen algunas experiencias interesantes. Por ejemplo, los autores en [17] implementan un juego, denominado MineCircuit (basado en el ya citado Minecraft) para enseñar circuitos digitales a estudiantes de ingeniería electrónica. El diseño del juego, que se realiza a partir de un *framework* claro y bien definido, se basa en tres principios: guían a los estudiantes a través de retos de dificultad creciente (desde circuitos básicos a puertas CMOS o TTL de tres estados), combinan actividades de diseño de circuitos con aspectos del mundo real (por ejemplo, la distribución de agua desde un lugar más alto a uno más bajo se asimila a la manera de fluir de la corriente desde un nodo de potencial alto a uno de potencial más bajo) y, finalmente, la existencia de un hilo argumental desde el inicio del juego.

Otra experiencia de la *gamificación* aplicada a la enseñanza de circuitos digitales es la implementada en la *Universitat Oberta de Catalunya*, en el contexto de la asignatura de Fundamentos de Computación, impartida a distancia y donde las tasas de abandono son muy elevadas. David Bañeres explica en [1] la evolución del proceso. Uno de los recursos de la asignatura es una herramienta de aprendizaje autónomo denominada VerilUOC para practicar ejercicios relacionados con el diseño de circuitos. Se trata de un recurso que permite al alumnado adquirir los conocimientos necesarios para aprobar la asignatura. Con un profesorado sensibilizado por las tasas de abandono, se decidió potenciar el uso de VerilUOC. Se comenzó creando un espacio WIKI como manual de referencia y un aula de laboratorio común con acceso para todo el alumnado pero, a pesar de que se observó un incremento en la actividad, su uso no se vio reflejado en los resultados académicos. Se decidió, entonces, introducir elementos de *gamificación* para potenciar, por un lado, el laboratorio como aula donde compartir dudas sobre la resolución de problemas y, por otro, potenciar la implicación del alumnado en la asignatura. Se comenzó con el diseño de dos retos relacionados con la resolución de un conjunto mínimo de problemas que proporcionaban unas recompensas extras en las notas finales, pero el impacto fue mínimo. Se rediseñaron y definieron de nuevo los retos, con diferentes niveles de superación, se mejoró la experiencia de usuario y en una última fase se creó una competición, donde el alumnado podía ver su posición en el “*Hall of Fame*”⁶, con la entrega de medallas de oro,

⁶Anglicismo que hace referencia a un museo, recinto o listado de personas establecido por cualquier institución para tratar de honrar a aquellos con logros notables en un campo determinado.

plata y bronce. Los resultados obtenidos mostraron una ligera mejoría en lo que respecta al abandono y el uso de la herramienta citada, aunque son preliminares y es necesario analizar su progreso en el futuro.

3. La prueba de concepto

En el instituto barcelonés *Quatre Cantons del Poblenou*, donde se imparte la asignatura de Tecnología Industrial, se ha llevado a cabo una experiencia de *gamificación* con el objetivo de que los estudiantes aprendan y consoliden conceptos básicos de sistemas digitales y lógica combinatorial de una forma lúdica. En el diseño e implementación de la prueba de concepto se han tenido en cuenta tres aspectos:

- En primer lugar, la presencia de elementos comunes (mayoritariamente consensuados según lo descrito en la revisión del estado del arte) en las soluciones *gamificadas* como son los puntos de experiencia, los niveles, los rankings y los retos de dificultad creciente. Se ha intentado tener presente, también, las debilidades detectadas, especialmente la aplicación de un *framework* que tenga muy en cuenta el tipo de alumnado y la experiencia de usuario para que los estudiantes sean conscientes de su evolución en el proceso de aprendizaje. En este sentido, la figura número 2 sintetiza y representa visualmente lo expuesto hasta ahora.
- En segundo lugar, el diseño centrado en el usuario a través de una serie de actividades colaborativas con los estudiantes relacionadas con el uso de videojuegos.
- Finalmente, se ha optado por una metodología SCRUM, dada la necesidad de obtener resultados a muy corto plazo.

3.1. La lluvia de ideas

A lo largo de siete días se realizaron un conjunto de actividades colaborativas, a modo de lluvia de ideas, con alumnado de 1º y 2º de bachillerato. Los videojuegos, en general, les satisfacen porque les hacen tomar decisiones en poco tiempo, y eso les gusta. Valoran las situaciones que plantean retos asequibles pero que a la vez impliquen cierta complicación, que no sean triviales. Cuando fallan quieren seguir jugando para equilibrar la situación. En general, no consideran prioritarios los hilos argumentales, sino que lo trascendente son las oportunidades de volver a intentar lo que no se domina hasta conseguirlo. En definitiva, aunque un juego no “explique una historia demasiado interesante” se sienten cómodos en un entorno que controlan y gestionan y, si es posible, que tenga pocas reglas o normas. Las jugadoras y jugadores más ocasionales valoran que los juegos sean rápidos,



Figura 2: Infografía: "La gamificación en el ámbito educativo". Elaboración propia.

intuitivos y que no exijan un alto grado de conocimiento.

En los juegos también buscan el reconocimiento social dentro del grupo. Son muy competitivos, les gusta lucir los resultados que obtienen y ser admirados cuando ocupan las primeras posiciones en los rankings (aunque algunos han expresado que prefieren elegir personalmente si hacer pública o no su puntuación y su participación en un juego determinado). Consideran imprescindible un *feedback* por parte del juego para saber en todo momento dónde están y qué posición ocupan respecto al resto de jugadores. Finalmente, se puede afirmar que la relación que la mayoría tienen con los juegos acostumbra a ser vertiginosa: descubren un juego que les gusta, se “enganchan” y abusan durante un tiempo para después abandonarlo para siempre.

3.2. El juego

Se trata de una aplicación web en la que el alumno participante accede mediante un nombre de usuario (su nombre propio, aunque algunos estudiantes han preferido usar un alias) y una contraseña. Desde el menú principal, el estudiante puede comenzar un nuevo juego, formado por cuatro ejercicios consecutivos (hay tres niveles de juego: inicial, intermedio y experto), consultar la clasificación, donde aparecen las 15 máximas puntuaciones obtenidas por los miembros participantes o consultar la evolución personal, que muestra el número de participaciones totales, la puntuación acumulada, la media de puntos obtenidos y su nivel (bit, byte o kilobyte). Inicialmente, esta información no es pública (tan solo el profesor puede consultar el ranking y la evolución personal del grupo) y es decisión de los estudiantes mantener su privacidad o mostrar sus resultados al resto del grupo.



Figura 3: Menú principal

La mecánica del juego es muy sencilla. Consiste en ir implementando circuitos lógicos con las puertas lógicas facilitadas (no siempre se ofrecen las mismas) de manera que satisfagan la tabla de verdad, de dos variables, proporcionada (en los niveles superiores, algunos ejercicios plantean una función lógica en vez de una tabla de verdad). Si se implementa un circuito correcto, el usuario obtiene 100, 125 o 150 puntos (a

los que se restan el número de segundos consumidos en implementar el circuito) dependiendo del nivel de dificultad.

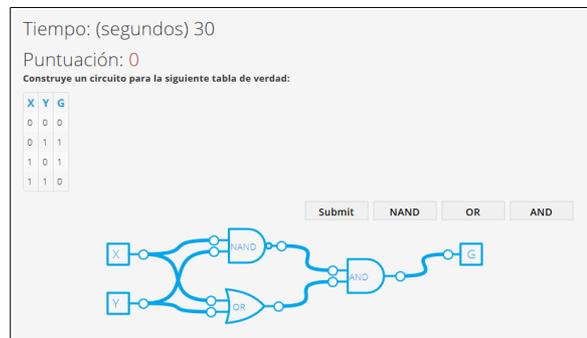


Figura 4: Circuito de nivel intermedio

Si el circuito implementado es incorrecto, se restan 50, 75 o 100 puntos, también dependiendo del grado de dificultad y se proporciona la tabla de verdad del circuito propuesto por el alumno comparada con la requerida, de manera que se puedan observar las combinaciones incorrectas. Al superar un nivel determinado, el estudiante tendrá la oportunidad de almacenar en la base de datos su puntuación. En este punto, se podrá salir de la aplicación o volver al menú inicial e iniciar un nuevo juego.

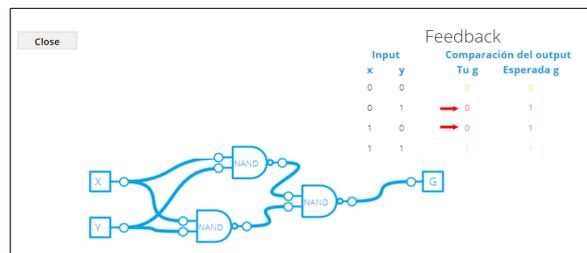


Figura 5: Feedback con las tablas de verdad del circuito propuesto y del requerido.

3.3. La implementación

La prueba de concepto se ha implementado utilizando tecnologías HTML5, PHP, MariaDB y JavaScript. En la parte cliente (el navegador) se ejecutan los *scripts* que comparan las soluciones propuestas con las tablas esperadas. Para ello se ha utilizado un *framework* desarrollado por [Ville Karavirta](#) y publicado bajo licencia MIT. En el servidor se alojan los ficheros php con los diferentes ejercicios propuestos y desde donde se controlan, también, las validaciones de los usuarios y las variables de sesión. También se aloja en el servidor la base de datos relacional que contiene dos únicas tablas. En la tabla “clasificación” se almacenan el nombre de usuario, la fecha del ejercicio, la puntuación obtenida y el nivel correspondiente. En la tabla “privacidad” se guarda la decisión

de hacer pública o no la clasificación o la evolución personal de un usuario (por defecto se define como privada), teniendo en cuenta que esta decisión puede ser modificada en cualquier momento

4. Resultados

Uno de los grandes agentes motivadores en las soluciones *gamificadas* es el premio, ya sea ofrecido en forma de reconocimiento (como por ejemplo la aparición en las posiciones altas en la tabla de clasificación) o en forma de recompensa. En este sentido, antes de comenzar a jugar, los estudiantes han sido informados de la recompensa que obtendrán. Quien complete, al menos, 4 juegos en cada uno de los tres niveles obtendrá medio punto extra en la nota final del trimestre. También se premiará con un punto extra en la nota final a quien obtenga una de las tres puntuaciones medias más altas habiendo jugado, al menos, doce veces.

Después de tres semanas de juego, tan sólo siete estudiantes han completado el número mínimo de participaciones necesarias para recibir la recompensa. De estos siete, una alumna prefirió centrarse en conseguir la media más alta y tan sólo ha participado en los niveles intermedio y experto, por lo que recibirá un punto de recompensa. Dos alumnos recibirán 1,5 puntos: medio punto por completar, al menos, cuatro juegos de cada nivel y un punto por haber registrado las segunda y tercera medias totales más altas. Finalmente, cuatro estudiantes recibirán medio punto de recompensa.

El resto (diez alumnos) no recibirán ninguna recompensa al no haber completado el número de ejercicios mínimos requeridos. Quizás, el período vacacional navideño de dos semanas ha contribuido a su poca implicación en el juego.



Figura 6: Número de participaciones después de 3 semanas de juego

5. Valoración de los estudiantes

Para conocer la opinión de los estudiantes se ha implementado un cuestionario formado por un primer bloque de preguntas cerradas de elección única (donde la valoración de las mismas se realiza utilizando la escala de Likert, del 1 al 5) y un segundo bloque formado por seis preguntas abiertas. El primer bloque se ha dividido, a su vez, en cuatro partes. En la primera se pretende conocer su interés general por los videojuegos. En la segunda se persigue su opinión sobre el juego “Aprende lógica combinatorial jugando” mediante preguntas relacionadas con la jugabilidad, la estructura, el aspecto, etc. La tercera parte está centrada en averiguar el estado de ánimo de los estudiantes mientras juegan. La cuarta, finalmente, está concebida para valorar la opinión de los estudiantes respecto a la consolidación de contenidos de lógica combinatorial. Las preguntas abiertas permiten al alumnado expresar su opinión sobre los aspectos positivos o negativos del juego, describir los problemas técnicos que hayan podido aparecer, sugerir, si lo estiman oportuno, alguna mejora en el juego o explicar el motivo de mantener (o no) el anonimato en las listas de clasificación.

6. Conclusiones

El aumento de artículos científicos relacionados con la *gamificación* en las aulas de todo el mundo es una realidad. Los docentes han percibido que sus alumnos, nativos digitales, necesitan ser motivados e implicados en su propio proceso de aprendizaje mediante la incorporación de soluciones *gamificadas* basadas en el uso de algo que les resulta tan familiar como son las TIC.

La mayoría de estas soluciones *gamificadas* incluyen una serie de elementos comunes y consensuados como son los puntos de experiencia, los niveles, los rankings, las insignias y los retos. También emplean un conjunto de mecanismos eficaces: el uso de las nuevas tecnologías, un *feedback* continuo que permita a los estudiantes conocer su evolución a lo largo del juego, el uso de hilos narrativos y, finalmente, tener muy claro el tipo de alumnado al cual va dirigida la solución *gamificada*. También se han detectado, esencialmente, dos debilidades. La primera está relacionada con las dificultades aparecidas en los procesos evaluadores, mientras que la segunda hace referencia a la ausencia de *frameworks* que faciliten un diseño claro y formal de los juegos.

Los estudiantes que han participado en esta experiencia muestran un gran interés por los videojuegos (aunque los juegos colaborativos les interesan en menor medida), tienen ganas de aprender y mayoritariamente se consideran competitivos y triunfadores.

En cuanto al juego “Aprender lógica combinatorial jugando” consideran que es entretenido, fácil de jugar, de aspecto agradable, con un número de niveles adecuado y que está bien organizado. Al parecer, el paso de los segundos del cronómetro hace que un porcentaje elevado se sienta presionado, aunque no tienen, en general, un sentimiento de frustración cuando fallan. También afirman que han aprendido con el juego, cumpliéndose sus expectativas, y que el *feedback* proporcionado les ha resultado de utilidad. Mientras jugaban, según sus palabras, se han sentido animados, contentos y optimistas y tan solo un porcentaje muy bajo afirma haberse cansado y sentido hartado.

Casi la totalidad del alumnado que ha respondido el cuestionario cree que el juego les ha ayudado a consolidar los contenidos básicos de la lógica combinatorial. Han aplicado teoremas del álgebra de Boole y leyes de De Morgan para resolver algunos ejercicios y han entendido que una función lógica, una tabla de verdad y un circuito lógico son tres maneras diferentes de representar la misma información.

Destacan la jugabilidad y la dificultad incremental en los niveles como aspectos positivos del juego. Han detectado algunos problemas técnicos, como la necesidad de ser muy precisos a la hora de realizar las conexiones entre las entradas y salidas de las puertas lógicas y han apuntado algunas mejoras de diseño como por ejemplo la posibilidad de consultar el número de veces que han jugado cada nivel y la puntuación obtenida en cada caso (actualmente sólo pueden consultar las 15 mejores puntuaciones y el número total de veces que han completado el juego con la puntuación acumulada). Otro aspecto a mejorar, según su opinión, consiste en introducir cierta aleatoriedad. En este sentido, sugieren que dentro de un determinado nivel, exista la posibilidad de jugar diferentes ejercicios en diferentes sesiones. Finalmente, en lo que respecta a la privacidad, la mayor parte prefiere publicar sus resultados y poder comparar su rendimiento y puntuación con la del resto del grupo.

Como trabajo futuro se prevén implementar, en el nivel experto, problemas de Tecnología Industrial similares a los planteados en las pruebas de acceso a la universidad (PAU) en Cataluña. Se trata de problemas de sistemas digitales que representan un 25% de la calificación total de la prueba y que presentan siempre la misma estructura: se plantea un problema cuyas especificaciones pueden modelarse mediante tres variables binarias de entrada y una función lógica de salida; se solicita, en primer lugar, la tabla de verdad del sistema, posteriormente la función lógica simplificada y, finalmente, la representación del esquema de puertas lógicas correspondiente.

Agradecimientos

Quiero agradecer la colaboración prestada por mis alumnas y alumnos de la asignatura Tecnología Industrial de primero y segundo de bachillerato del *Institut Quatre Cantons del Poblenou*. Esta experiencia docente no habría sido posible sin su ayuda.

También quiero agradecer a los profesores David Bañeres y Montse Serra, directores de este TFM, sus valiosos consejos y sugerencias.

Referencias

- [1] Baneres, D. (2016, July). Aprendiendo jugando fundamentos de sistemas digitales. En *Actas de las XXII JENUI* (pp. 269-276). Universidad de Almería.
- [2] Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2013, September). Engaging engineering students with gamification. En *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2013 5th International Conference on* (pp. 1-8). IEEE.
- [3] Caponetto, I., Earp, J., & Ott, M. (2014, October). Gamification and education: A literature review. En *ECGBL 2014: Eighth European Conference on Games Based Learning* (pp. 50-57).
- [4] Contreras, R. S. (2016). Gamificación en aulas universitarias.
- [5] Eguía Gómez, J. L., Contreras Espinoza, R. S., & Solano Albajés, L. (2015). Juegos digitales desde el punto de vista de los profesores: una experiencia didáctica en aulas primaria catalanas. *Education in the knowledge society (EKS)*, 16(2), 31-48.
- [6] Espinosa, R. S. C., Gómez, J. L. E., & Albajes, L. S. (2011). Videojuegos como un entorno de aprendizaje. El Caso de “Monturiol el joc”. *Revista ICONO14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 9(2), 249-261.
- [7] Espinosa, R. S. C., & Gómez, J. L. E. (2012). Videojuegos en dispositivos móviles para desarrollar competencias en alumnos de primaria. En *Mobile Communication 2012: Experiències i recerques sobre comunicació mòbil* (pp. 56-64). Grup de Recerca d'Interaccions Digitals.
- [8] Fadel, L. M., Batista, C., Ulbricht, V. R., & Vanzin, T. (2014). *Gamificação na educação*. Pimenta Cultural.
- [9] Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014, January). Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification. En *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 3025-3034). IEEE.

- [10] Lambruschini, B. B., & Pizarro, W. G. (2015, July). Tech—Gamification in university engineering education: Captivating students, generating knowledge. En *Computer Science & Education (ICCSE), 2015 10th International Conference on* (pp. 295-299). IEEE.
- [11] Mora, A., Riera, D., González, C., & Arnedo-Moreno, J. (2015, September). A literature review of gamification design frameworks. En *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-Games), 2015 7th International Conference on* (pp. 1-8). IEEE.
- [12] Nebel, S., Schneider, S., & Rey, G. D. (2016). Mining learning and crafting scientific experiments: a literature review on the use of minecraft in education and research. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 355-366.
- [13] del Pozo, M. M. (2015). Videojuegos y aprendizaje colaborativo. Experiencias en torno a la etapa de Educación Primaria/Video games and collaborative learning. Experiences related to Primary Education. *Education in the Knowledge Society*, 16(2), 69.
- [14] Rubio, E. P. (2014). Juegos como elemento docente en un entorno TIC. *Revista Aequitas: Estudios sobre historia, derecho e instituciones*, (4), 407-416.
- [15] Sanmugam, M., Abdullah, Z., Mohamed, H., Aris, B., Zaid, N. M., & Suhadi, S. M. (2016, May). The affiliation between student achievement and elements of gamification in learning science. En *Information and Communication Technology (ICoICT), 2016 4th International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- [16] Toda, A. M., do Carmo, R. S., Silva, A. L., & Brancher, J. D. Project SIGMA-An Online tool to aid students in Math lessons with gamification concepts.
- [17] Wu, Q., Zhu, Y., & Luo, Z. (2015). A Gamification Approach to Getting Students Engaged in Academic Study. *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, 17(4), 26.

Publicación del artículo

A propuesta de los directores de este TFM, David Bañeres y Monte Serra, el artículo será enviado a las jornadas JENUI 2017, ya que consideramos que, por un lado, la experiencia docente pudiera tener un impacto razonable y, por otro, que dichas jornadas contemplan un apartado sobre educación secundaria donde este proyecto podría tener cabida.