

Gamificación del Proceso de Aprendizaje: Lecciones Aprendidas

Faraón Llorens-Largo, Francisco J. Gallego-Durán, Carlos J. Villagrà-Arnedo, Patricia Compañ-Rosique, Rosana Satorre-Cuerda, Rafael Molina-Carmona

Title— Gamification of the learning process: lessons learned

Abstract— Although several definitions of gamification can be found in the literature, they all have in common certain aspects: the application of strategies, models, dynamics, mechanics and elements of the games in other contexts than games, and the objective of producing a playful experience that fosters motivation, involvement and fun. In this paper, our approach gamifying the learning process of a subject is presented. Our experience throughout time in using games and gamification in learning have led us to propose, lately, a personalized, automated and gamified learning system. As a result of this experience and after several years of continuous feedback from our students, we have learned several lessons on how to approach the task of gamification. These lessons are summarized in the following concepts: fun, motivation, autonomy, progressiveness, feedback, error tolerance, experimentation, creativity and adaptation to the specific case. The final aim is sharing our experience and opening a debate about what key elements the gamification lies in.

Index Terms— gamification, fun, motivation, feedback, trial and error, experimentation, autonomy

I. INTRODUCCIÓN

LA gamificación está de moda. Pero, ¿qué es la gamificación? Como en todo campo novedoso y en expansión, no existe una definición única y unánime, aunque la mayoría incorpora una serie de aspectos que son ampliamente aceptados. La definición de qué es gamificación es algo complejo y no consensuado, y que además, en función de que proceda de un entorno académico o de la industria, pone el foco principal en aspectos muy diferentes. Para poder determinar la esencia que caracteriza la gamificación revisaremos algunas de las definiciones existentes del término (gamificación procede del inglés *gamification*, aunque la FUNDEU propone el término ludificación). Según Ramírez [1] "gamificar es aplicar estrategias (pensamientos y mecánicas) de juegos en contextos no jugables, ajenos a los juegos, con el fin de que las personas adopten ciertos comportamientos". Para Marín y Hierro [2] "la gamificación es una técnica, un método y una estrategia a la vez. Parte del conocimiento de los

elementos que hacen atractivos a los juegos e identifica, dentro de una actividad, tarea o mensaje determinado, en un entorno de NO-juego, aquellos aspectos susceptibles de ser convertidos en juego o dinámicas lúdicas. Todo ello para conseguir una vinculación especial con los usuarios, incentivar un cambio de comportamiento o transmitir un mensaje o contenido. Es decir, crear una experiencia significativa y motivadora". Y si recogemos la definición del sitio web gamificación [3] "es el empleo de mecánicas de juego en entornos y aplicaciones no lúdicas con el fin de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos". Según la consultora Gartner [4] "is the use of game mechanics to drive engagement in non-game business scenarios and to change behaviors in a target audience to achieve business outcomes. Many types of games include game mechanics such as points, challenges, leaderboards, rules and incentives that make game-play enjoyable. Gamification applies these to motivate the audience to higher and more meaningful levels of engagement. Humans are 'hard-wired' to enjoy games and have a natural tendency to interact more deeply in activities that are framed in a game construct". Deterding et al. [5] proponen una sencilla definición de gamificación como "the use of game design elements in non-game contexts", aunque detallan la misma en el propio artículo. Y Kapp [6] la define como "using game-based mechanics, aesthetics and game thinking to engage people, motivate action, promote learning, and solve problems".

De todas estas definiciones, se pueden entresacar unos elementos comunes. Así definimos la gamificación (o ludificación) como el uso de estrategias, modelos, dinámicas, mecánicas y elementos propios de los juegos en contextos ajenos a éstos, con el propósito de transmitir un mensaje o unos contenidos o de cambiar un comportamiento, a través de una experiencia lúdica que propicie la motivación, la implicación y la diversión. Pero la aproximación más interesante desde el punto de vista educativo es aquella que se basa en el concepto de *game thinking* [7]. Por ello preferimos hablar de gamificar como plantear un proceso de cualquier índole como se haría si se estuviera diseñando un juego. Los participantes son jugadores y como tales son el centro del juego, y deben sentirse involucrados, tomar sus propias decisiones, sentir que progresan, asumir nuevos retos, participar en un entorno social, ser reconocidos por sus logros y recibir retroalimentación inmediata. En definitiva, deben divertirse mientras se consiguen los objetivos propios del proceso gamificado. Si, más allá de la acepción clásica de diversión

Faraón Llorens-Largo, Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante, Apartado de correos 99, E-03080 Alicante, Spain (e-mail: Faraon.Llorens@ua.es).

Francisco J. Gallego-Durán, Carlos J. Villagrà-Arnedo, Patricia Compañ-Rosique, Rosana Satorre-Cuerda y Rafael Molina-Carmona, Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante, Spain (e-mail: {fgallego, villagra, patricia, rosana, rmolina}@dccia.ua.es).

como entretenimiento y pasatiempo, asumimos que la diversión es la recompensa del cerebro por aprender cosas nuevas [8], el binomio aprendizaje y diversión es la clave de nuestra propuesta de gamificación del proceso docente.

La gamificación no debe reducirse únicamente al empleo de elementos con aspecto de juegos (interfaces atractivas, medallas, barras de progreso, tablero de puntuaciones...) dejando el proceso como estaba antes. Debe afectar al proceso completo e implica en muchos casos una reingeniería del mismo, que posibilite la incorporación de los aspectos clave de la misma: diversión, motivación, autonomía, progresividad, retroalimentación inmediata y tratamiento del error. El objetivo de este artículo es determinar las claves de la gamificación, a partir de nuestra experiencia, reflejada en la propuesta PLMan [9], explicada en detalle en el apartado IV.

En el siguiente apartado se analiza el potencial de los videojuegos y se revisan algunos trabajos de gamificación aplicada al ámbito educativo. En el apartado tercero se contextualiza nuestra propuesta, especificando la materia a la que se han aplicado estas experiencias docentes y describiendo las distintas innovaciones incrementales que se han ido incorporando a las mismas a lo largo del tiempo. En el apartado cuarto se describe el sistema de aprendizaje gamificado PLMan, en su aspecto actual, fruto de la incorporación de la experiencia acumulada diseñando videojuegos educativos. Finalmente, en el apartado quinto se resumen las lecciones aprendidas, con la intención de que puedan ser útiles nuestras reflexiones a los profesores interesados en incorporar la gamificación a sus asignaturas. Y como es preceptivo, se cierra el artículo con las conclusiones y las referencias bibliográficas que permitirán al lector que lo desee ahondar en los aspectos tratados en el mismo.

II. GAMIFICANDO EL PROCESO DE APRENDIZAJE

En el apartado anterior se han repasado distintas definiciones de gamificación y como ésta, procedente del mundo de los videojuegos, utiliza elementos habituales en este ámbito. Es por ello, que antes de entrar a hablar de gamificación se haga un rápido repaso por los videojuegos y su uso en educación. Los videojuegos han cambiado la forma en que los jóvenes (y adultos) conciben la realidad e interactúan unos con otros [10, 11]. Se puede decir que los buenos videojuegos tienen la capacidad de transmitir mucha información de determinado tipo de forma óptima, haciendo que el jugador persiga más información. Según Prensky [12, 13] los videojuegos atraen a los jugadores por varias razones: fomentan la participación, motivan a los usuarios para ir logrando gradualmente pequeñas metas, ofrecen premios o castigos inmediatos y las dificultades de cada nivel se adaptan en función de las habilidades de los jugadores. Hamari et al. [14] han investigado el impacto del flujo (*flow*), el compromiso (*engagement*) y la inmersión en el aprendizaje en entornos de aprendizaje basado en videojuegos (*game-based learning*). Aunque la mayoría de los estudios psicológicos se centran en los efectos negativos de los videojuegos en los adolescentes, ya existen trabajos que argumentan y documentan los beneficios: voluntariedad, competitividad y cooperación, inmersión, sensación de control, consecución de metas (objetivos), pero

sobre todo satisfacción. Granic et al. [15] han realizado una extensa revisión de la literatura sobre los beneficios de los videojuegos y de su potencial.

La gamificación pretende conseguir esto mismo en otros ámbitos distintos del ocio, sin necesidad de utilizar videojuegos, pero aprovechando la experiencia y métodos de los videojuegos: retroalimentación inmediata, autonomía de decisión, situaciones abiertas, reintentos infinitos, progresividad, reglas claras y sencillas, evaluación en tiempo real, etc. Pero, como ya se ha dicho, fundamentalmente la diversión como aspecto clave de cualquier propuesta gamificada. Diversión implica nueva información fijada en el cerebro, de modo que el secreto del aprendizaje óptimo reside en la diversión [8]. Y los buenos videojuegos consiguen esta diversión, mientras aprendemos lo que nos aporta su contenido [16, 17, 18]. Analizar cómo lo hacen es básico para poder diseñar estrategias similares en otros ámbitos y conseguir transmitir la información que queremos para que ésta sea aprendida y fijada.

Es importante tener en cuenta que la información transmitida por los videojuegos es principalmente de carácter práctico (no teórico). Los videojuegos, como base de la gamificación, nos enseñan qué información prefiere nuestro cerebro, cómo le gusta y qué tenemos que hacer para producir más y mejor aprendizaje, principalmente a nivel práctico. Los principios de los videojuegos nos pueden ayudar a conseguir un modelo formativo efectivo e innovador, que potencie particularmente la motivación de los alumnos y los mecanismos para medir el progreso real en el aprendizaje, es decir, una auténtica evaluación continua y formativa [19].

Existen distintos trabajos sobre el uso de la gamificación en el proceso de aprendizaje [20, 21], en distintos niveles educativos y países. Da Rocha et al. [22] evalúan la efectividad de las plataformas de gamificación como una estrategia para la participación de los estudiantes del octavo año de la escuela primaria en Brasil. De Marcos et al. [23] estudian y comparan aproximaciones ya establecidas (como los juegos educativos y las redes sociales) con otras más novedosas (gamificación) en términos de rendimiento del aprendizaje en un curso de pregrado. En Mora et al. [24] podemos encontrar una revisión completa sobre marcos de diseño para la gamificación. Y como experiencias interesantes, destacar la de González et al. [25] que presentan una arquitectura conceptual de un Sistema Tutorial Inteligente que incluye elementos de gamificación como componentes clave, o el trabajo de Domínguez et al. [26] que describe un plugin de gamificación de una plataforma de *e-learning*, que además permite la recogida de datos cuantitativos y cualitativos durante el proceso. Borrás-Gene et al. [27] utilizan la gamificación para mejorar la motivación en un curso impartido según el modelo MOOC. Para finalizar con esta revisión, Contreras-Espinosa y Eguía [28] recogen en su libro distintas experiencias que se están desarrollando en la actualidad en las aulas españolas. Estos trabajos son solo una muestra de todos los estudios académicos que se están generando alrededor de la gamificación en el ámbito educativo.

De acuerdo con *NMC Horizon Report 2013* [29], la gamificación sería una de las dos tecnologías que experimentarían un creciente interés en la educación en un

medio plazo (dos a tres años). El informe afirmaba además que el uso de la gamificación y los videojuegos, de una manera amplia, son dos caras de la misma moneda. Pasados tres años, en el informe de este último año, *NMC Horizon Report 2016* [30], indican que ya está superada la etapa de utilización de estos conceptos, pero aparecen nuevas perspectivas, tales como la medición del aprendizaje, el aprendizaje personalizado y el aprendizaje adaptativo. Estas nuevas propuestas avalan la visión de fondo del concepto de gamificación como un rediseño del proceso de aprendizaje. Un diseño docente gamificado posibilita la recogida automática de información. Y el análisis de esta información, junto con el diseño progresivo y autónomo del aprendizaje, nos ayudará a adaptar al ritmo del aprendizaje a las capacidades de los alumnos.

Por ello podemos afirmar que la educación es uno de los campos donde la gamificación está llamada a convertirse en una innovación disruptiva, principalmente en el aprendizaje basado en tecnología (*e-learning*) y en el aprendizaje a lo largo de la vida (*lifelong learning*). Veamos ahora las experiencias de innovación previas que nos llevaron a la propuesta actual de aprendizaje gamificado.

III. ANTECEDENTES: INNOVACIONES CLÁSICAS

Nuestra experiencia de gamificación se está llevando a cabo en la enseñanza de la materia de lógica en las titulaciones de Grado en Ingeniería Informática y de Grado en Ingeniería Multimedia de la Universidad de Alicante. Pero no es una propuesta que surge ahora, sino que es fruto de la evolución y la incorporación progresiva de nuevas ideas y la búsqueda de una docencia más efectiva.

Desde sus inicios, las titulaciones de informática de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Alicante (UA) han incorporado el estudio de la lógica, en forma de una asignatura obligatoria de primer curso llamada Lógica de Primer Orden (4'5 créditos = 3T+1'5P). El temario se adaptó a las necesidades específicas de los estudiantes universitarios de ingeniería informática dándole un enfoque eminentemente computacional [31], y aportando al alumno una visión de la lógica basada en la formalización del conocimiento y en la automatización de distintas formas del razonamiento humano [32]. Dada la dificultad de las asignaturas formales y no informáticas, y buscando motivar a los estudiantes, se ha planteado siempre una aproximación que permita acercar los campos de la lógica y la programación [33]. En la parte práctica se utilizaba el lenguaje de programación lógica Prolog, basado en el cálculo de predicados de primer orden y ampliamente utilizado en investigaciones de Inteligencia Artificial (IA). Todas estas propuestas docentes tenían por objetivo contextualizar la materia (el qué), tanto al entorno universitario (el dónde) como al perfil profesional (el para qué).

Otro aspecto que se tuvo en cuenta al investigar sobre la enseñanza de la lógica fue la utilización de herramientas informáticas específicas de apoyo. Una vez analizadas las existentes, se determinó cuáles utilizar y cuáles eran las necesidades que aún no estaban cubiertas. Así, se abordó el diseño y la implementación de herramientas didácticas que asistieran a nuestros estudiantes en el aprendizaje de la lógica. Un ejemplo es ADN (Asistente para la Deducción

Natural), programa ejecutado vía web, para el aprendizaje de la técnica de inferencia de la Deducción Natural, que supervisa y comprueba que las fórmulas lógicas introducidas están sintácticamente bien construidas y que la secuencia obtenida (pasos de la deducción) es correcta [34]. El uso de las tecnologías de la información en nuestra labor docente ha sido uno de los aspectos en los que más nos hemos centrado. Su incuestionable incorporación al espacio educativo no debe servir para conservar los viejos modos de enseñar sino para la adecuación de los mismos a los nuevos espacios digitales en los que se está desarrollando el mundo.

Por otro lado, aprovechando la potencia expresiva del lenguaje de programación Prolog y el carácter motivador de los juegos, en la parte práctica de la asignatura se planteaba la resolución de distintos juegos lógicos [35]. Jugar es consustancial al ser humano [36] y el juego es un elemento impulsor del desarrollo mental [37], potencia el aprendizaje y suscita la curiosidad, por lo que los juegos son una excelente herramienta docente. Es habitual encontrar secciones de juegos matemáticos y lógicos en revistas científicas de divulgación. Además, los juegos necesitan lógica para su resolución. Siempre hemos sido conscientes del enorme potencial didáctico de los juegos, por lo que el paso a los videojuegos era una evolución natural. El objetivo perseguido con el uso de los juegos y videojuegos en la enseñanza es que nuestros alumnos aprendan más, aprendan mejor y disfruten aprendiendo.

En el año 2004, en el seno del programa de Redes de Investigación en Docencia Universitaria del ICE de la UA, nace la *Red ilógica* [38] dedicada a la investigación en la docencia universitaria de la lógica, en el uso de las tecnologías informáticas en su enseñanza y aprendizaje y en su presencia en internet. Esta red se encargó de organizar actividades complementarias (conferencias, premios, concursos...) que conectaran la lógica con los intereses de los alumnos, lo que nos permitió acercarnos al mundo de los videojuegos desde la perspectiva de la lógica. El interés por los videojuegos ya estaba sembrado en la Universidad de Alicante, y con la incorporación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y la revisión de todos los planes de estudio, la EPS propuso el Grado en Ingeniería Multimedia con un itinerario dedicado a la Creación y Entretenimiento Digital, dedicado al diseño y desarrollo de videojuegos. La materia de lógica, en la que está enmarcada esta experiencia docente, forma parte de la asignatura de primer curso Matemáticas I (6 créditos ECTS).

Finalmente, un hito especialmente destacable por lo que representa de germen de la actual propuesta docente gamificada es el Concurso de Programación Lógica. En febrero de 2006, en el marco de la Semana Cultural de la EPS se organizó el I Concurso de Programación Lógica cuyo objetivo era motivar a los estudiantes y fomentar su interés por la materia de lógica, participando en un evento en el que debían exponer sus conocimientos sobre el paradigma de programación lógica usando el lenguaje Prolog mediante la elaboración por fases de un videojuego. El ejercicio del II Concurso fue la implementación de un comecocos en Prolog, que se puede considerar la semilla del sistema PLMan. Este concurso se ha consolidado y ha cumplido este año su décima edición.



Figura 1. Ejemplo de mapa de PLMan

Todas estas innovaciones se pueden catalogar como clásicas: adaptación de temarios, utilización de los juegos, incorporación de las tecnologías de la información al proceso docente, búsqueda de herramientas informáticas específicas para el aprendizaje de la materia y diseño de nuevas herramientas, y realización de actividades lúdicas complementarias a las clases. Y pese a representar mejoras en la docencia, seguían sin satisfacerlos del todo. Se había conseguido una mayor motivación de los estudiantes al diseñar actividades más divertidas, que permitían y favorecerían la creatividad y la proactividad, que los estudiantes percibían como útiles y había aumentado su participación. Pero la asignatura seguía padeciendo algunos de los problemas que caracterizan las innovaciones docentes: más trabajo para el profesor y mucho más tiempo para la corrección, lo que proporcionaba a los estudiantes un *feedback* lento y representaba una sobrecarga evaluativa, de difícil escalabilidad y con un alto coste de mantenimiento.

Todo esto nos llevó al proyecto PLMan, descrito con detalle en el siguiente apartado, y que podemos considerar como un punto de inflexión en nuestro diseño del proceso docente. Aún no hablábamos de gamificación, ni siquiera conocíamos el término, pero estos trabajos semanales fueron imprescindibles para llegar a la situación actual.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PLMAN

En este apartado se describe PLMan [39], un sistema de aprendizaje personalizado, automatizado y gamificado [40, 9]. Como ya se ha comentado, este sistema da soporte a dos asignaturas de primer curso de los Grados en Ingeniería Informática e Ingeniería Multimedia cuyo objetivo es introducir a los estudiantes en la materia de Lógica. Los estudiantes aprenden el lenguaje de programación Prolog a lo largo de las clases de prácticas de la asignatura, programando la inteligencia artificial de un personaje similar a Pac-Man, usando una base de conocimientos de Prolog. Para superar cada nivel del juego, el personaje debe recorrer mapas diferentes comiéndose todos los cocos y evitando a los enemigos.

Los mapas del juego se presentan en modo texto (figura 1), de forma que cada símbolo tiene un significado diferente. El personaje principal es PLMan, representado por el carácter “@”. Los mapas son rectangulares y cerrados, de forma que el carácter “#” representa los límites del mapa, siendo un objeto sólido o pared que no se puede atravesar. Los caracteres “.” son los cocos, que van desapareciendo a medida que PLMan pasa por encima de ellos. Y los caracteres “E” y “F” constituyen los enemigos y fantasmas, que son dinámicos y pueden tener diferentes comportamientos de movimiento o incluso de ataque. Si entran en contacto directamente con PLMan éste muere y el juego termina. Existen también otros caracteres que representan distintos objetos u obstáculos.

Para superar un mapa hay que crear un programa con las acciones que debe realizar el personaje principal, PLMan, para comerse todos los cocos, usando la base de conocimientos que proporciona el propio juego. Estas acciones (*doAction*) pueden ser de movimiento (*move*) en las cuatro direcciones cardinales (*up*, *down*, *left*, *right*) y de manejo de objetos (coger *-get-*, dejar *-drop-* y usar *-use-*), apoyándose para tomar las decisiones en un sensor de visión (*see*), que permite ver lo que contienen las ocho casillas que tiene PLMan a su alrededor. Así, solucionar un mapa consiste en implementar código en forma de reglas de movimiento y de manejo de objetos que dirijan el recorrido de PLMan por el mapa.

Para los primeros mapas se usan reglas simples del tipo “Si ves un enemigo a la derecha, muévete a la izquierda”, que en Prolog se traduce con la regla `:- see(normal, right, 'E'), doAction(move(left))` (ver figura 2). Según avanza el curso, los mapas van incrementando su complejidad y los requerimientos de programación, motivando a los estudiantes a aprender más sobre Prolog y a ser más creativos cuando construyen la IA que debe superar los mapas.

Se han creado más de 400 mapas diferentes para PLMan, con diseños distintos, objetos para coger y usar, enemigos y obstáculos a superar e incluso problemas a solucionar. Estos mapas se organizan en 4 categorías o fases y dentro de cada categoría en 5 niveles de dificultad. Todos ellos han sido incluidos en un sistema web automático y gamificado, que gestiona el progreso de los estudiantes con los mapas de

```

solucion.pl ✖
:- use_module('pl-man-game/main').

regla :- see(normal, down, '.'), doAction(move(down)).
regla :- see(normal, up, '.'), doAction(move(up)).
regla :- see(normal, right, '.'), doAction(move(right)).
regla :- see(normal, left, '.'), doAction(move(left)).
regla :- see(normal, down, 'E'), doAction(move(down)).
regla :- see(normal, right, 'E'), doAction(move(right)).
regla :- see(normal, left, '>'), doAction(move(left))
regla :- see(normal, down, '>'), doAction(move(down)).
regla :- see(normal, up, 'l'), doAction(move(up)).
regla :- see(normal, right, '<'), doAction(move(right)).
regla :- see(normal, left, '<'), doAction(move(left)).
regla :- see(normal, left, '#'), doAction(move(left)).
regla :- see(normal, down, '#'), doAction(move(down)).
regla :- see(normal, up, 'l'), doAction(get(up)).
regla :- see(normal, right, 'E'), doAction(move(none)).
regla :- see(normal, down, 'E'), doAction(move(down)).
regla :- see(normal, up, 'E'), doAction(move(up)).
regla :- see(normal, right, 'E'), doAction(move(right)).
regla :- see(normal, left, '.'), doAction(move(left)).
regla :- see(normal, left, '#'), doAction(move(left)).
regla :- see(normal, left, '#'), doAction(use(left)).
regla :- see(normal, down, 'l'), doAction(move(down)).
regla :- see(normal, up, 'l'), doAction(move(up)).

```

Figura 2. Ejemplo de código IA, escrito en Prolog, para superar un mapa de PLMan

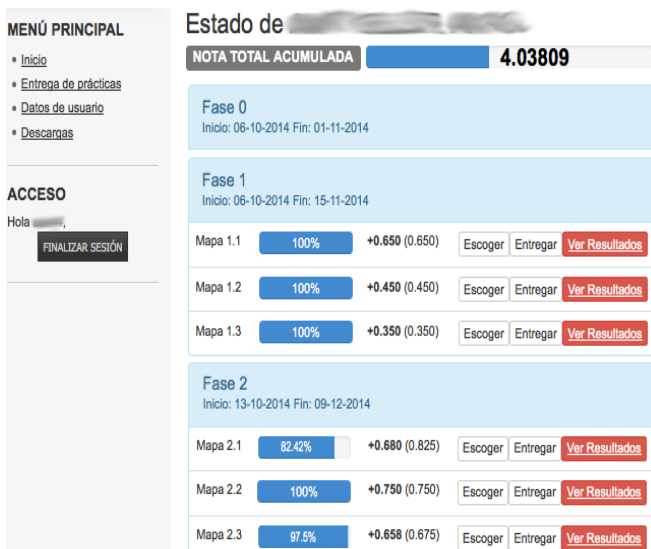


Figura 3. Web de soporte al sistema PLMan

PLMan (figura 3).

Los estudiantes tienen que superar las 4 fases y un examinador para conseguir la máxima calificación en el sistema. En cada fase, tienen que resolver de 1 a 5 mapas diferentes, dependiendo de la fase. Primero, seleccionan el nivel de dificultad preferido (de 1 a 5) y el sistema les asigna un mapa aleatorio, que es diferente para cada estudiante del mismo grupo de prácticas. Entonces, usan el software de PLMan para crear y probar la inteligencia artificial que permite superar dicho mapa. Cuando logran más del 75% de cocos comidos en dicho mapa, consiguen desbloquear el siguiente y continúan seleccionando dificultad.

En la figura 4 se ha representado gráficamente el flujo del sistema PLMan desde el punto de vista del estudiante, lo que permite ver claramente los aspectos de autonomía del estudiante, la retroalimentación inmediata y la automatización del sistema. El estudiante escoge la dificultad (1) y el sistema le asigna un mapa (2). En su ordenador local y tras haber instalado SWI-Prolog y descargado PLMan, el estudiante programa la IA que le permitirá resolver el mapa, pudiendo hacer todas las pruebas de ejecución que considere (3), mostrándole los resultados de las mismas y la información necesaria para arreglar los posibles aspectos conflictivos (4). Cuando el estudiante ya está satisfecho con su solución, la entrega en la web PLMan (5), obteniendo inmediatamente la corrección de la misma y los resultados alcanzados (6).

El sistema está diseñado con el objetivo de lograr una evaluación formativa, considerando que los estudiantes necesitan aprender de sus propios errores sin ser penalizados por ello. De esta forma, los estudiantes no tienen establecido un límite de entregas para un determinado mapa. Pueden continuar desarrollando y probando su solución al mapa hasta que logran superarlo. También pueden seguir su propio ritmo eligiendo los niveles de dificultad con los que se sientan más cómodos, teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el nivel de dificultad, mayor será la nota que acumularán a la calificación final. Los estudiantes también pueden detenerse cuando lo consideren oportuno: por ejemplo, si llegan a la tercera fase y tienen una nota

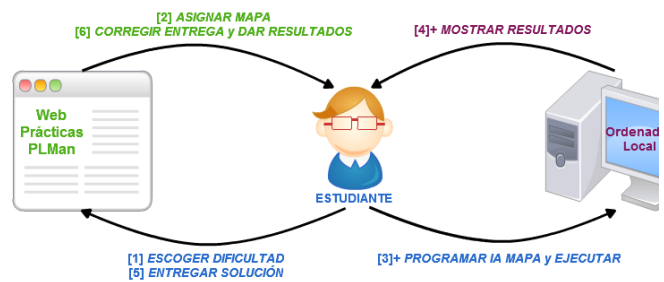


Figura 4. Flujo de información centrado en el estudiante del sistema PLMan

acumulada de un 6,5, pueden decidir no continuar resolviendo mapas.

En resumen, decimos que PLMan es un sistema gamificado por:

- 1) Simplicidad: el sistema parte de unos objetivos iniciales asequibles y estimulantes, aumentando la complejidad de forma progresiva.
- 2) Retroalimentación: el sistema proporciona retroalimentación inmediata de las correcciones de las prácticas que realizan los estudiantes, de forma que el estudiante conoce al instante si lo está haciendo bien.
- 3) Tiempo real: tanto la interacción como la retroalimentación que aporta el sistema se producen en tiempo real, de manera que no transcurre tiempo entre la entrega de la práctica y la obtención del resultado de la corrección.
- 4) Progreso: los estudiantes van acumulando la nota de forma progresiva en función de la dificultad que escogen, así el sistema genera la sensación de progreso necesaria para estimular el desafío y mantener el interés.
- 5) Autonomía: el sistema proporciona la posibilidad de tomar decisiones, eligiendo niveles de dificultad complejos o sencillos y realizando las prácticas a su propio ritmo de aprendizaje, ciñéndose a unas fechas límite fijadas al principio del curso.
- 6) Responsabilidad individual: tener la opción de imponerse un ritmo de trabajo personalizado otorga al estudiante la responsabilidad individual en su propio aprendizaje.
- 7) Tratamiento del error: el sistema permite equivocarse sin penalización, proporcionando la posibilidad de entregar las prácticas sin límite hasta llegar a una nota adecuada.
- 8) Y además, aunque no es necesario para ser una propuesta gamificada, es un juego.

Con este sistema se han logrado superar los problemas de las innovaciones anteriores: exceso de trabajo del profesor, correcciones lentas, *feedback* desfasado y sobrecarga evaluativa, lo que implicaba una difícil escalabilidad y un alto coste de mantenimiento. Se ha conseguido mejorar significativamente la escalabilidad y el mantenimiento, ya que el sistema corrige automáticamente los mapas. Se ha aumentado la autonomía de los estudiantes, que además obtienen un *feedback* inmediato de su trabajo. Y con ello el profesor se ha liberado de tiempo dedicado a la evaluación, que puede ser invertido en la mejora y el diseño del proceso de aprendizaje. Además, se ha diseñado de forma que el aprendizaje es progresivo, ya que la dificultad de los mapas

es incremental. Y lo que más repercusión ha tenido en nuestros estudiantes es que esta nueva propuesta docente ha conseguido motivarles y divertirles. Para seguir avanzando, queda pendiente trabajar la adaptación y la medición de la dificultad de los mapas, aspectos muy relacionados entre sí. Otro aspecto deseable sería la generación automática o semiautomática de los mapas.

V. LECCIONES APRENDIDAS

En este apartado se resumen brevemente las lecciones más importantes aprendidas en nuestra experiencia, combinando la filosofía del diseño de los videojuegos con nuestros principios sobre la enseñanza-aprendizaje. No se trata de una lista exhaustiva, y seguro que hay aspectos que no se comentan y que se podrían incluir. Sin embargo creemos que es un excelente punto de partida para aquellos docentes que quieran acercarse al mundo de la gamificación.

A. Diversión

Uno de los mejores análisis que podemos encontrar sobre qué es la diversión y cómo podemos trabajar con ella lo encontramos en el trabajo de Koster [13]. La diversión se produce en situaciones de reconocimiento de patrones por parte del cerebro humano. Este reconocimiento depende del conocimiento previo del individuo y de la forma en que la nueva información entra y es procesada por su cerebro. Todos estos eventos, provocan la liberación de dopamina, que es la sustancia que el cerebro utiliza para fijar las adaptaciones producidas que tienen éxito. Y precisamente esta liberación de dopamina produce sensaciones positivas en el individuo, a las cuales denominamos diversión.

B. Motivación

Hay 2 tipos de motivación: extrínseca (incentivo externo) e intrínseca (satisfacción personal). Y la combinación de ambos tipos pueden producir un nivel más adecuado de motivación, por lo que ambas influyen mucho en el diseño de un sistema gamificado. Para obtener buenos resultados, debemos ordenar los elementos en busca de la motivación intrínseca, siempre con un adecuado balance de motivación extrínseca. La teoría psicológica de la Autodeterminación [41] nos indica qué factores hacen variar la motivación de las personas para realizar una tarea, existiendo un continuo que va desde la desmotivación hasta la motivación intrínseca, pasando por varios grados intermedios de motivación extrínseca. Existen 3 factores clave para que una persona se encuentre en un estado de motivación intrínseca para la realización de una tarea: autonomía, competencia y significado. La conclusión que se obtiene de todo esto es que podemos descomponer los procesos en elementos (dinámicas, mecánicas y componentes) y combinarlos de forma que produzcan motivación intrínseca (ofreciendo autonomía, teniendo significado y en el nivel de competencia de nuestros estudiantes).

C. Autonomía

Muy rara vez se deposita en los estudiantes la potestad de controlar y decidir cómo debe ser su enseñanza o qué partes quieren aprender. Está muy interiorizado lo importante que es el temario y que todos los estudiantes acaben sabiéndolo todo. Nos engañamos constantemente creyendo que es así,

cuando sabemos que es radicalmente falso que los estudiantes terminen las asignaturas sabiéndose el temario completo. En lugar de esto, ¿por qué no dejar que cada estudiante elija las partes del temario que realmente le interesan y las lleve a la práctica de forma autónoma? No tengamos miedo a que salgan sin este o aquel conocimiento: son mucho más importantes las habilidades que les permitirán adquirir cualquier conocimiento, que los conocimientos en sí mismos. Por contra, la motivación extra que supone disponer de autonomía es un propulsor de sus capacidades de aprendizaje que no deberíamos desperdiciar.

D. Progresividad

Debe existir un nivel adecuado entre el desafío en las actividades propuestas y las capacidades de los estudiantes, para que así puedan entrar en un estado de flujo (*flow*) [42], es decir, tengan una sensación de implicación completa con la actividad, con un alto nivel de disfrute y cumplimiento. Para poder avanzar en el canal del flujo, es importante tener una estructuración de niveles. Para mantener el desafío y la sensación de progresión, debe haber niveles a superar y un sistema de desbloqueo del siguiente nivel.

E. Retroalimentación

El *feedback* es una de las grandes claves no ya de la gamificación, sino de cualquier proceso educativo, pues en la base de cualquier proceso de aprendizaje está la comunicación. Una comunicación eficiente requiere un *feedback* importante, adecuado y, siempre que sea posible, inmediato.

F. Tratamiento del Error

El sistema educativo universitario actual establece como normal penalizar el error restando puntos, y entender que sólo son buenos los estudiantes que aciertan. Pero en cambio, los errores son una de las mayores fuentes de progreso y aprendizaje. El análisis del error y su percepción como algo normal hace al individuo menos miedoso y más ansioso de experimentar y probar. Sin embargo, la persecución del error consigue lo contrario: generar bloqueo por el miedo a equivocarse, y trauma en aquellos que se equivocan, pensando que eso les hace menos válidos. Un videojuego no te considera menos hábil si has conseguido terminarlo tras 100 intentos. Lo importante es aprender hasta ser capaz, y los errores son parte del aprendizaje.

G. Experimentación y Creatividad

Cuando se diseñan ejercicios o tareas, normalmente los se hacen con un planteamiento que sólo deja lugar a una posible solución y resultado. No en vano, el tipo test sigue siendo el rey de las pruebas evaluativas. La realidad no es cerrada y admite infinitas posibles interpretaciones. Esa característica es la que permite la experimentación y da lugar a la creatividad. Los (buenos) videojuegos también tienen esta característica. Ganar o perder en un videojuego muchas veces es cuestión de ingenio y habilidades complejas. De hecho, la mayoría de los mal llamados videojuegos educativos han supuesto estrepitosos fracasos por eliminar los espacios continuos de juego, y sustituirlos por preguntas tipo test para saber si el estudiante se sabe la lección.

H. Gamificación “enlatada”

Los sitios web con sistemas precocinados de gamificación normalmente ofrecen una capa de creación de sistemas de puntuación, de tablas de clasificación y de medallas por objetivos. También suelen permitir la creación de “misiones” o retos, en los que se agrupan algunos objetivos, o medallas a conseguir para completar estos retos. Sin embargo, como se ha visto anteriormente, las mecánicas, dinámicas y componentes no son los únicos elementos de la diversión de los videojuegos. Por lo tanto, se ha de ser conscientes de hasta dónde alcanza la utilidad real de un producto de gamificación precocinado o enlatado, antes de decidimos a utilizarlo.

VI. CONCLUSIONES

Los videojuegos son una realidad y su índice de penetración en el día a día de nuestros jóvenes es muy alto. Hemos visto que los videojuegos tienen características que pueden ser aprovechadas en el proceso de aprendizaje. Por eso, no solo los videojuegos, sino la filosofía que encierra el diseño de videojuegos están empezando a aplicarse en el mundo educativo. La gamificación del proceso docente puede ayudarnos en nuestras innovaciones educativas, pero sobre todo puede hacerlas sostenibles.

Practicar, probar y experimentar deben servirnos para aprender cuál es la mejor forma de combinar los elementos para producir experiencias motivadoras y llenas de contenido. Sin embargo, hay una pregunta que ha quedado en el aire. Si los elementos no son la gamificación, y trasplantarlos sin más probablemente no dará resultados satisfactorios, si la Teoría sobre la Autodeterminación y los frameworks no nos dicen cómo deben ser combinados los elementos, ¿dónde reside la gamificación? ¿dónde está ese componente mágico que diferencia una buena gamificación de un mero aderezo?

El ingrediente secreto que convierte la gamificación en una experiencia verdaderamente especial es la diversión. La diversión es una consecuencia de la adaptación del cerebro al reconocimiento de patrones, es decir, al aprendizaje. La creencia tradicional es que la diversión favorece el aprendizaje, pero realmente la diversión tiene un papel esencial en el aprendizaje. La existencia de diversión durante la realización de las tareas de la asignatura es un indicio muy importante de que se está produciendo aprendizaje, a la par que se realimenta el ciclo (debido a la dopamina), para que nuestros estudiantes quieran continuar realizando más tareas.

Muchos de nuestros sentimientos son consecuencia de la liberación de determinadas sustancias cuya finalidad es modificar las funciones cognitivas y preparar los sistemas del cuerpo para determinadas situaciones. Eso quiere decir que los sentimientos forman parte ineludible del aprendizaje y debemos tenerlos en cuenta. Es muy importante tener en cuenta el funcionamiento de nuestro cerebro y la ciencia cognitiva nos indica que sólo puede ser verdaderamente aprendido aquello que llama la atención y genera emoción. Ha surgido así una nueva disciplina, la Neuroeducación [43] que basándose en los datos que aporta la investigación científica, propicia el cambio, la innovación y la mejora de la enseñanza y el aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] Ramírez, J.L. (2014). *Gamificación. Mecánicas de juegos en tu vida personal y profesional*. SC Libro.
- [2] Marín, I. y Hierro, E. (2013). *Gamificación. El poder del juego en la gestión empresarial y la conexión con los clientes*. Empresa Activa.
- [3] Gamificación. (2 de marzo de 2016). *Gamificación*. Recuperado de <http://www.gamificacion.com>.
- [4] Gartner. (2 de marzo de 2016). *Gartner IT Glossary*. Gamification. Recuperado de <http://www.gartner.com/it-glossary/gamification-2>.
- [5] Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R.; y Nacke, L. (2011). “From game design elements to gamefulness: defining gamification”. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, ACM, pp. 9-15.
- [6] Kapp, K.M. (2012). *The Gamification of learning and instruction. Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.
- [7] Werbach, K. y Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press.
- [8] Kostler, R. (2004). *A Theory of Fun for Game Design*. Paraglyph Press.
- [9] Villagrà-Arnedo, C., Gallego-Durán, F.J., Molina-Carmona, R. Y Llorens-Largo, F. (2016). “PLMan: Towards a gamified learning system”. En *Knowledge Society for all. New trends in Education, 3rd International Conference on Learning and Collaboration Technologies*.
- [10] McGonigal, J. (2011). *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. The Penguin Group.
- [11] Turkle, S. (2011). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. Basic Books.
- [12] Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.
- [13] Prensky, M. (2006). *Don't Bother Me Mom—I'm Learning!* Paragon House Publishers.
- [14] Hamari, J.; Shernoff, D.J.; Rowe, E.; Coller, B. Asbell-Clarke, J.; y Edwards, T. (2016). “Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning”. *Computers in Human Behavior*, 54, pp. 170-179.
- [15] Granic, I., Lobel, A. y Engels, R. C. M. E. (2014). “The benefits of playing video games”. *American Psychologist*, 69 (1), pp. 66-78.
- [16] Gallego, F.; Satorre, R. y Llorens, F. (2006). “Computer Games tell, show involve... and teach”. En *VIII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE)*.
- [17] Illanas, A.; Gallego, F.; Satorre, R.; y Llorens, F. (2008). “Conceptual Mini-Games for Learning”. En *International Technology, Education and Development Conference (INTED)*.
- [18] Gallego, F.J. y Llorens, F. (2011). “¿Qué nos enseña Pacman? Lecciones aprendidas desarrollando videojuegos educativos”. En *I Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAI)*.
- [19] Gallego, F.J.; Villagrà, C.J.; Satorre, R.; Compañ, P.; Molina, R.; Llorens, F. (2014). “Panorámica: serious games, gamification y mucho más”. *ReVisión (Revista de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática)*. Vol. 7, nº 2, pp. 13-23.
- [20] Sánchez i Peris, F. J. (2015). Gamificación. *Education in the Knowledge Society*, 16(2), pp. 13-15.
- [21] Minović, M., García-Peñalvo, F. J., & Kearney, N. A. (2016). Gamification Ecosystems in Engineering Education. *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, 32(1B), pp. 308-309.
- [22] da Rocha Seixas, L.; Gomes, A.S.; y de Melo Filho, I.J. (2016). “Effectiveness of gamification in the engagement of students”. *Computers in Human Behavior*, 58, pp. 48-63
- [23] de-Marcos, L.; García-López, E.; García-Cabot, A. (2016). “On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: comparing educational gaming, gamification & social networking”. *Computers & Education*, 95, pp. 99-113.
- [24] Mora, A., Riera, D., González, C., y Arnedo-Moreno, J. (2015). “A Literature Review of Gamification Design Frameworks”. *IEEE explorer*.
- [25] González, C., Mora, A., y Toledo, P. (2014). “Gamification in intelligent tutoring systems”. pp. 221-225 ACM Press.
- [26] Domínguez, A., Saenz-de Navarrete, J., de Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., y Martínez-Herraiz, J.J. (2013). “Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes”. *Computers & Education* 63, 380-392.
- [27] Borrás-Gené, O., Martínez-Núñez, M., y Fidalgo-Blanco, Á. (2016). New Challenges for the Motivation and Learning in Engineering Education Using Gamification in MOOC. *International Journal of Engineering Education*, 32(1B), pp. 501-512.

- [28] Contreras-Espinosa, R. S. y Eguia, J.L. (2016). *Gamificación en aulas Universitarias*. Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona.
- [29] Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, y A., Ludgate, H. (2013). *The NMC Horizon Report: 2013 Higher Education edition*. New Media Consortium.
- [30] Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. New Media Consortium, EDUCAUSE Learning Initiative.
- [31] Llorens, F. y Castel, M.J. (1996). "Lógica de Primer Orden en las Ingenierías Informáticas". En *II Jornadas Nacionales de Innovación en las Enseñanzas de las Ingenierías*.
- [32] Llorens, F.; Escolano, F.; Pujol, M. y Colomina, O. (1998). "Formalización del Razonamiento". En *IV Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática* (JENUI).
- [33] Llorens, F.; Satorre, R.; Escolano, F. y Arques, P. (1999). "Deducción Natural versus Computación". En *V Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática* (JENUI).
- [34] Llorens, F. y Mira, S. (2000). "ADN (Asistente para Deducción Natural) Natural Deduction Assistant". En *First International Congress on Tools for Teaching Logic*.
- [35] Llorens, F.; Castel, M.J.; Mora, F. y Villagrà, C. (2001). Los Juegos como Herramienta Docente. Formalización de Juegos Lógicos en Prolog. En *VII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática* (JENUI).
- [36] Huizinga, J. (1949). *Homo ludens. A study of the play-element in culture*. Routledge & Kegan Paul.
- [37] Vygotsky L.S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- [38] Red iLógica. (2 de marzo de 2016). *Red ilógica de investigación en la docencia universitaria de la lógica, del uso de las tecnologías informáticas en su enseñanza/aprendizaje y su presencia en internet*. Recuperado de <http://www.dccia.ua.es/ilogica>.
- [39] PLMan. (2 de marzo de 2016). Recuperado de <https://plman.i3a.ua.es>.
- [40] Castel, M.J.; Gallego, F.J.; Pomares, C.; Suau, P.; Villagrà, C. y Cortés, S. (2009). "e-Valoración en tiempo real". En *XV Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática* (JENUI).
- [41] Ryan, R.M. y Deci, E.L. (2000). "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being". *American Psychologist*, 55(1), pp. 68-78.
- [42] Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper Perennial.
- [43] Mora, F. (2013). *Neuroeducación*. Alianza Editorial.

Faraón Llorens-Largo es Catedrático de Escuela Universitaria de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante. Diplomado en Profesorado de EGB y doctor Ingeniero en Informática. Ha ocupado distintos cargos de dirección, siendo Director de la Escuela Politécnica Superior (2000-2005) y Vicerrector de Tecnología e Innovación Educativa (2005-2012) en la Universidad de Alicante y Secretario Ejecutivo de la Comisión Sectorial de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) entre 2010 y 2012. En la actualidad es el director de la Cátedra Santander-UA de Transformación Digital de la Universidad de Alicante. Pertenecer al grupo de investigación "Informática Industrial e Inteligencia Artificial" (I3A). Sus líneas de investigación se enmarcan en la inteligencia artificial y los videojuegos, enfocados a mejorar el proceso de aprendizaje, así como el gobierno de las TI que conduzca a la transformación digital, tanto en las organizaciones como a nivel personal.

Francisco J. Gallego-Durán es Profesor Colaborador del Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante Ingeniero en Informática. Doctor Ingeniero en Informática, con Mención de Doctor Internacional. Socio de la Asociación Española Para la Inteligencia Artificial (AEPIA), de la Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática (AENUI), y de la Sociedad Española para las Ciencias del Videojuego (SECiVi). Pertenecer al grupo de investigación "Informática Industrial e Inteligencia Artificial" (I3A). Sus principales intereses y líneas de investigación comprenden Machine Learning, Neuroevolución, Algoritmos Genéticos, Redes Neuronales, SoftComputing, Gamificación, Videojuegos y métodos innovadores de enseñanza. Ha participado como coordinador técnico y desarrollador en numerosos proyectos de videojuegos, aprendizaje y gamificación. Posee experiencia en la aplicación de las tecnologías de la información al proceso docente, en el diseño y desarrollo de videojuegos y en la transferencia de estos principios y técnicas a otros campos (gamificación), y en la utilización de técnicas de inteligencia artificial en la minería de datos y los sistemas predictivos.

Carlos J. Villagrà-Arnedo es Profesor Titular de Escuela Universitaria de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante. Participó en la comisión ponente del Grado en Ingeniería Multimedia y ha sido jefe de estudios de la misma (2010-2013). Actualmente es miembro de la comisión del citado Grado, y coordinador del itinerario de Creación y Entretenimiento Digital en 4º curso. Participa en proyectos de innovación docente relacionados con el EEES pertenecientes al programa REDES de la Universidad de Alicante. Socio de AENUI (Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática). Pertenecer al grupo de investigación "Informática Industrial e Inteligencia Artificial" (I3A). Sus líneas de investigación se enmarcan en el campo de la inteligencia artificial y el desarrollo de videojuegos.

Patricia Compañ-Rosique es Profesora Titular de Universidad del Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante. Ha ocupado distintos cargos de dirección y gestión, siendo coordinadora de comunicación de la EPS (2008-2009), Subdirectora de Ingenierías Informáticas de la Escuela Politécnica Superior (2009-2012) y Subdirectora coordinadora de la Escuela Politécnica Superior (2012-2013). Su docencia se centra en la programación, la inteligencia artificial y la realidad virtual. Pertenecer al grupo de investigación "Informática Industrial e Inteligencia Artificial" (I3A). Las líneas de investigación en las que trabaja se encuadran en el campo de la aplicación de técnicas de IA, en concreto algoritmos evolutivos para resolver problemas matemáticos. También en el desarrollo de videojuegos y en la aplicación de las tecnologías digitales a la educación. Participa en muchos proyectos de innovación docente relacionados con el EEES pertenecientes al programa REDES de la Universidad de Alicante. Socia de AENUI (Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática).

Rosana Satorre-Cuerda es Profesora Titular de Universidad del Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante. Ha ocupado distintos cargos de dirección, siendo subdirectora del Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial (2000-2004), directora en funciones del Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial (2004-2005), Subdirectora de las titulaciones de Ingeniería e Ingeniería Técnica en Informática de la Escuela Politécnica Superior (2005-2009) y Secretaria de la Escuela Politécnica Superior (2009-2013). Participa en proyectos de innovación docente relacionados con el EEES pertenecientes al programa REDES de la Universidad de Alicante. Pertenecer al grupo de investigación "Informática Industrial e Inteligencia Artificial" (I3A). Socia de AEPIA (Asociación Española Para la Inteligencia Artificial) y de AENUI (Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática).

Rafael Molina-Carmona es Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante. Licenciado en Informática por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y Doctor Ingeniero en Informática por la UA. Pertenecer al grupo de investigación "Informática Industrial e Inteligencia Artificial" (I3A). Sus líneas de investigación se distribuyen principalmente en dos campos: la inteligencia artificial aplicada al diseño y fabricación asistidos por ordenador y los gráficos por ordenador; y el aprendizaje basado en videojuego y la gamificación. Ha realizado más de 50 publicaciones científicas, 16 de ellas en revistas de alto impacto y el resto en congresos nacionales e internacionales. Ha sido investigador principal en 4 proyectos de convocatorias públicas o con empresas, e investigador participante en unos 12 proyectos de concurrencia competitiva.