



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

Sistema de retroalimentación inteligente basado en
conocimiento común para la enseñanza virtual tutorizada

D. Juan José López Jiménez
2023



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

Sistema de retroalimentación inteligente basado en
conocimiento común para la enseñanza virtual
tutorizada

Autor:
D. Juan José López Jiménez

Directores:
Dr. José Luis Fernández Alemán
Dr. José Ambrosio Toval Álvarez



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD
DE LA TESIS PRESENTADA EN MODALIDAD DE COMPENDIO O ARTÍCULOS PARA
OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022

D./Dña. Juan José López Jiménez

doctorando del Programa de Doctorado en

Informática

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Sistema de retroalimentación inteligente basado en conocimiento común para la enseñanza virtual tutorizada

y dirigida por,

D./Dña. José Luis Fernández Alemán

D./Dña. José Ambrosio Toval Álvarez

D./Dña.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Además, al haber sido autorizada como compendio de publicaciones o, tal y como prevé el artículo 29.8 del reglamento, cuenta con:

- *La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- *En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 26 de Junio de 2023

Fdo.: Juan José López Jiménez



Información básica sobre protección de sus datos personales aportados	
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia



Código seguro de verificación: RUxFMscF-YF8+g+/e-2dlypltA-aB2tOwnq

COPIA ELECTRÓNICA - Página 2 de 2

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>

Copyright © 2023 Juan José López Jiménez.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses>.

A mi madre

A mi padre

Agradecimientos

Me siento muy agradecido por haber llegado a este momento tan importante en mi vida: la culminación de mi tesis doctoral. Han sido años de constante dedicación y esfuerzo, especialmente al tener que conciliarlo con mis responsabilidades laborales. Desafortunadamente llegó una pandemia que no voy a nombrar, que tantos disgustos nos ha dado a todos y que provocó retrasos en mi investigación. A pesar de estos obstáculos he logrado el objetivo. No podría haberlo logrado sin el apoyo y el amor de muchas personas especiales que han estado conmigo durante este camino.

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres Jesús y Catalina por su amor, esfuerzo y apoyo incansable. Gracias por creer en mí, por motivarme y ayudarme para alcanzar mis sueños. Su amor incondicional me ha sostenido y motivado desde el día en el que me trajeron al mundo. Les agradezco todo lo que han hecho y siguen haciendo por mí y por estar siempre presentes en cada paso de mi vida. Al igual que a mis queridos hermanos Jesús Javier y Francisco Manuel quienes han decidido aventurarse también por el maravilloso mundo de la informática y que espero que pronto logren sus objetivos.

Quiero recordar y agradecer a mis abuelos fallecidos que tanto extraño: José ("Pepe" para sus nietos), Juan Antonio y Dolores que allá donde estén seguro me están apoyando desde el día que partieron. También a mi abuela Isabel que cada día está más orgullosa de los nietos que tiene (aunque ninguno de los siete le hayamos traído aún su tan ansiada bisnieta). Gracias por todo el amor y apoyo que nos brindas.

Hacer una mención especial a mi querida Vanesa, quien ha demostrado y demuestra cada día una paciencia inigualable. Su apoyo ha sido fundamental, especialmente en los momentos más difíciles y en esas esperas inciertas que me generaban tanto nerviosismo hasta que finalmente ha llegado este día. Además, agradezco profundamente que nunca me permitiese perderme en los tediosos laberintos de la investigación y que siempre me recordase que la vida está compuesta por momentos que van más allá de los estudios, el trabajo y el deporte. Por esto y otras tantas cosas, mil gracias.

No me puedo olvidar del cariño y apoyo de mis tíos Ángeles y José que aceptaron con alegría ser mis padrinos y han cumplido esa labor con mucho cariño desde aquel momento. Además de mi tío José Manuel con quien descubrí con 15 años la informática y quien me introdujo en este mundo tan apasionante y oculto para mí hasta ese momento. Por esas clases introductorias en su ordenador personal, por esas charlas sobre informática o electrónica, por esas

veces que hemos montado o reparado nuestros ordenadores hasta las tantas de la noche, además de las muchas revistas y libros de informática que hemos intercambiado y bueno, también a esas largas partidas en videojuegos que solíamos realizar antaño.

Me faltarían palabras para agradecer a mi director José Luis por su orientación y su guía desde que lo conocí allá por el año 2011. Su experiencia y conocimientos me han permitido alcanzar parte de lo que soy a nivel profesional y sobre todo como investigador. Aprecio enormemente todo lo que ha hecho por mí y por ser una presencia constante en mi vida académica. Gracias por ser tan buen profesor y aún muchísimo mejor persona. No quiero olvidarme de Ambrosio, mi otro director, gran profesor de los que pocos quedan que siempre está ahí para ayudarte y aportarte parte de su inmensa experiencia y sabiduría. Una vez más, al igual que para mi Trabajo Fin de Máster, os tengo a los dos nuevamente dirigiendo mi investigación. Espero que esto no quede aquí y podamos seguir avanzando juntos en nuevos retos que nos depare el futuro.

No quiero dejar de mencionar a los profesores que tuve desde mi más tierna infancia y a quienes siempre valoraré profundamente. Ellos me enseñaron mucho más allá de lo que se encuentra en los libros, transmitiéndome entre otras cosas importantes valores. Entre ellos se encuentran María Silla, Tomás del Cerro, Pedro Menchón y Pepe López.

Además, quiero dedicar una mención especial a las profesoras de la Facultad de Medicina: Ofelia González, Laura López y Matilde Moreno que habéis formado parte de primera mano de esta investigación, colaborando en gran parte de los experimentos y contribuciones que hemos realizado y por apoyar los grandes desafíos que planteamos con cada nuevo experimento o aplicación que elaboramos. A su vez, de la Facultad de Informática: Joaquín Nicolás, Begoña Moros, Juan Manuel Carrillo y José Alberto García con quienes he trabajado tanto en esta, como en otras investigaciones. En especial a José Alberto con quien he estado más en contacto este tiempo y quien me ha servido de referente y ayuda constante en todo momento.

A mis compañeros de carrera con quien tantos momentos buenos o duros hemos compartido: Miguel Ángel, Campillo, Zafra, José, Fran, Alfonso Miñarro, Javi, Diego y Federico. Sin olvidarme de grandes amistades que me han acompañado: Pedro Artés, Hugo, Lorena, Rosa, Cristina, Antonio, Noelia, Verónica, Francisco, Alfonso, Rubén, Domingo, Damián, Delia, Loles, Lucia, Irene Artés, Alberto, Pascual y Ángel a quien le deseo mucha suerte durante su aventura investigadora que acaba de iniciar.

A todos mis compañeros y compañeras de empresa en NEO Managing Mobility con quienes comparto mi día a día a nivel laboral en el desarrollo de software desde que llegué en 2015 y que siempre me han animado con mi tesis. En especial a: José Antonio Gutiérrez, Manuel Gago, Faustino, Valentín, Luis, Juan Ramírez, Raúl, Felipe, José Antonio Alonso, Alberto, Juan Luis, Cristian, Francisco José, Ginés, Rafael, Roberto, Ernesto, Sergio, Marcos, Gema, Adriana, Rebeca, Alejandra, Agustín, José Fernando, Carlos y Gustavo. Gracias por tanto y por ayudarme a crecer profesionalmente.

En resumen, me siento muy afortunado y agradecido por tener personas tan maravillosas en mi vida. **GRACIAS A TODOS Y TODAS** por ser una parte tan importante de ella y por hacer posible este logro que llega a su fin.

Juan José López Jiménez

Murcia, Junio de 2023

*“The future belongs to those who
believe in the beauty of their dreams.”*

Eleanor Roosevelt

Índice de contenidos

Prólogo	i
Glosario de términos, siglas y acrónimos.....	iii
Lista de figuras.....	v
Lista de tablas	vii
Resumen	ix
Abstract	xi
1. Introducción	1
2. Hipótesis	5
3. Objetivos.....	5
4. Metodología	6
5. Tareas	7
6. Contribuciones	10
6.1 Artículos en revista	10
6.2 Comunicaciones a congresos nacionales	11
6.3 Comunicaciones a congresos internacionales	12
6.4 Aplicaciones	12
6.5 Proyectos de innovación educativa	18
6.6 Cobertura de tareas	18
6.7 Relaciones internacionales	19
7. Conclusiones	20
8. Trabajo futuro.....	23
Publicaciones que componen la tesis doctoral	25
<i>Taking the pulse of a classroom with a gamified audience response system</i>	<i>29</i>
<i>Effects of gamification on the benefits of student response systems in learning of human anatomy: three experimental studies.....</i>	<i>31</i>
<i>Automated intelligent feedback based learning in a software development project management course.....</i>	<i>33</i>
Otras publicaciones de esta tesis.....	35
Otras publicaciones	41
Bibliografía.....	43

Prólogo

La presente Tesis Doctoral se ha presentado en forma de tesis por compendio de acuerdo con las normas para la regulación de los estudios oficiales de doctorado de la Universidad de Murcia y con la aprobación de los directores de tesis, la Comisión Académica del Programa de Doctorado en Informática y la Comisión General de Doctorado. Consta de tres artículos ya publicados en revistas internacionales indexadas en Journal Citation Reports (JCR) [1–3]. Por este motivo, no se trata de una memoria tradicional, sino más bien de una colección de investigaciones relacionadas por un objetivo común. No obstante, se ha incluido en este documento un resumen exhaustivo de todo el trabajo realizado en la tesis. Esta obra ofrece una introducción general en la que se presentan los trabajos que lo componen y se justifica la unidad científica de la tesis, junto con un resumen global de los objetivos de la investigación y de las conclusiones finales en el que se unifican los resultados parciales presentados en cada uno de los trabajos del compendio.

Glosario de términos, siglas y acrónimos

Android	Sistema operativo
Angular	Framework de desarrollo de aplicaciones web
Arduino	Plataforma de prototipado electrónico de código abierto
ARS	Audience Response System
Backend	Parte de aplicación en el lado del servidor
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
Frontend	Parte de aplicación que visualiza el usuario
G-SIDRA	Módulo con gamificación de SIDRA
i-SIDRA	Módulo con retroalimentación inteligente de SIDRA
Ionic	Framework de desarrollo de aplicaciones móviles
iOS	Sistema operativo
JCR	Journal Citation Reports
MCQ	Multiple Choice Question
MySQL	Sistema gestor de bases de datos
NodeJS	Entorno en tiempo de ejecución
PHP	Lenguaje de programación
Python	Lenguaje de programación de alto nivel
R-G-SIDRA	SIDRA gamificada con Ranking
RB-G-SIDRA	SIDRA gamificada con Ranking y Badges
SGA	Sistemas de Gestión del Aprendizaje
SIDRA	Sistema De Respuesta A distancia móvil
SJR	SCImago Journal Rank
SMS	Short Message Service
SRA	Sistema de Respuesta de la Audiencia
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Lista de figuras

Figura 1. Secuencia de acciones al usar un SRA	2
Figura 2. Diagrama de funcionamiento de G-SIDRA	3
Figura 3. Diagrama de funcionamiento de i-SIDRA	4
Figura 4. Plan de tareas.....	9
Figura 5. Módulos de SIDRA.....	13
Figura 6. Diagrama de la arquitectura de SIDRA.....	13
Figura 7. Interfaz de usuario para realizar una búsqueda en Article Researcher	15
Figura 8. Tabla generada en Article Researcher	15
Figura 9. Gráfica generada en Article Researcher	15
Figura 10. Diagrama de la arquitectura de Article Researcher	16
Figura 11. Diagrama de la arquitectura de Health Supervisor	17
Figura 12. Tipos de contribuciones	22
Figura 13. Estados de las contribuciones.....	22
Figura 14. Pregunta evaluable por inteligencia artificial en ARSYC	24

Lista de tablas

Tabla 1. Campos posibles para analizar en Article Researcher	14
Tabla 2. Cobertura de las tareas con contribuciones	19
Tabla 3. Tipos de contribuciones y objetivos de la tesis.....	21

Resumen

Sistema de retroalimentación inteligente basado en conocimiento común para la enseñanza virtual tutorizada

Introducción: Los sistemas de respuesta de la audiencia (SRA) son una tecnología que permite a un grupo de estudiantes responder de forma electrónica a un cuestionario. Este recurso permite: (1) promover el aprendizaje activo; (2) mejorar la motivación; (3) crear un entorno para estudiantes tímidos; (4) controlar la asistencia a clase; (5) aumentar la colaboración entre docente y estudiante e incluso entre los propios estudiantes; y (6) realizar evaluaciones a los estudiantes. Los SRA han incorporado en los últimos años la gamificación para crear una experiencia más emocionante y entretenida para los asistentes.

Una de las aplicaciones de la inteligencia artificial en la educación consiste en el uso de redes neuronales o sistemas de clustering para incorporar técnicas de diagnóstico cognitivo. Estos sistemas se entrenan utilizando respuestas a cuestionarios que contienen preguntas tipo test, con el objetivo de agrupar el conocimiento en función de estas respuestas. El docente proporciona retroalimentación en forma de texto o imágenes para cada grupo de conocimiento formado. En sucesivas pruebas utilizando el cuestionario, el sistema clasifica a los estudiantes en uno de los grupos de conocimiento cada vez que responden a las preguntas, brindándoles retroalimentación personalizada e instantánea asociada a ese grupo específico de conocimiento.

Hipótesis: La hipótesis de esta tesis es “si se emplearan procesos de autoevaluación con aprendizaje centrado en el discente junto con herramientas de aprendizaje gamificadas e inteligentes que apoyaran estos procesos, entonces se alcanzarían mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes”.

Objetivos: El objetivo de esta tesis doctoral es definir procesos de autoevaluación con aprendizaje centrado en el discente junto con herramientas de autoevaluación gamificada, personalizada e inteligente y su validación en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior.

El objetivo principal marcado se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar y estudiar las técnicas alternativas de gamificación empleadas en la enseñanza, tanto presencial como virtual.
2. Estudiar la literatura existente sobre SRA y sistemas de tutorización

inteligente basados en grupos de conocimiento.

3. Definir procesos de autoevaluación centrados en el discente y apoyados en sistemas de autoevaluación gamificados e inteligentes.
4. Proporcionar aplicaciones de autoevaluación gamificada e inteligente para la enseñanza virtual tutorizada.
5. Evaluar los procesos de autoevaluación y las aplicaciones anteriores construidas mediante validación empírica planteando experimentos en un entorno de enseñanza universitaria, para contrastar la eficacia formativa de la propuesta.

Metodología: Se empleó un estudio bibliométrico y se revisó el estado del problema siguiendo protocolos de revisiones sistemáticas de la literatura que permiten hacer reproducible el estudio. Además, para las tareas de investigación se utilizó un método integrado de Investigación-Acción, una metodología que aporta rigor y un enfoque sistemático, incluyendo ciclos de investigación y ciclos de resolución de problemas. Esta metodología implica un ciclo continuo de reflexión, acción y evaluación, con el objetivo de generar conocimiento práctico y lograr mejoras concretas en una determinada situación o contexto. Para formalizar los resultados de los experimentos se hizo uso de análisis estadísticos.

Conclusiones: Esta tesis doctoral mostró evidencias de que el uso del SRA gamificado y los sistemas de retroalimentación basado en diagnóstico cognitivo, guiados por un adecuado proceso de autoevaluación, mejoran el rendimiento académico de los estudiantes, aunque los resultados podrían no ser extrapolables a todas las disciplinas.

La incorporación de elementos de gamificación a los SRA tiene un impacto de diferente alcance en el aprendizaje del estudiante, según el elemento de gamificación utilizado. Los elementos de gamificación que suponen un refuerzo positivo para los estudiantes como son las insignias, producen mayores alteraciones del ritmo cardiaco que aquellos que son neutros como el ranking. El tipo de retroalimentación en los sistemas de tutorización inteligente basados en grupos de conocimiento es crucial para potenciar su eficacia en el aprendizaje de los estudiantes.

Los educadores deben considerar el contexto de aplicación, analizar las ventajas y desventajas de los SRA gamificados y los sistemas de retroalimentación inteligente en el diseño curricular, adoptar un enfoque reflexivo y considerar los objetivos generales de aprendizaje y los tipos de estudiantes.

Palabras clave: aprendizaje virtual; sistema de respuesta de la audiencia; gamificación; sistemas de tutoría inteligentes; tecnología educativa

Abstract

Intelligent feedback system based on common knowledge for guided virtual teaching

Introduction: Audience Response Systems (ARS) is a technology that allows a group of students to respond electronically to a questionnaire. This resource makes it possible to: (1) promote active learning; (2) improve motivation; (3) create an environment for shy students; (4) monitor class attendance; (5) increase collaboration between teacher and student and even among students themselves; and (6) conduct student evaluations. ARS has in recent years incorporated gamification to create a more exciting and entertaining experience for attendees.

One of the applications of artificial intelligence in education is the use of neural networks or clustering systems to incorporate cognitive diagnosis techniques. These systems are trained using answers to questionnaires containing multiple-choice questions, with the aim of clustering knowledge based on these answers. The teacher provides feedback in the form of text or images for each knowledge cluster formed. In subsequent tests using the questionnaire, the system classifies students into one of the knowledge groups each time they answer the questions, providing them with personalised and instantaneous feedback associated with that specific knowledge group.

Hypothesis: The hypothesis of this thesis is "if self-assessment processes with learner-centred learning were used in conjunction with gamified and intelligent learning tools to support these processes, then improvements in students' academic performance would be achieved".

Objectives: The aim of this doctoral thesis is to define self-assessment processes with learner-centred learning together with gamified, personalised and intelligent self-assessment tools and their validation in the context of the European Higher Education Area.

The main objective is divided into the following specific objectives:

1. Identify and study the alternative gamification techniques used in teaching, both face-to-face and virtual.
2. To study the existing literature on ARS and intelligent tutoring systems based on knowledge groups.
3. To define learner-centred self-assessment processes supported by

gamified and intelligent self-assessment systems.

4. To provide gamified and intelligent self-assessment applications for tutored e-learning.
5. To evaluate the self-assessment processes and the previous applications built by means of empirical validation through experiments in a university teaching environment, in order to contrast the training effectiveness of the proposal.

Methodology: A bibliometric study was used, and the state of the problem was reviewed following systematic literature review protocols that allow the study to be reproducible. In addition, an integrated Action Research method was used for the research tasks, a methodology that provides rigour and a systematic approach, including research cycles and problem-solving cycles. This methodology involves a continuous cycle of reflection, action and evaluation, with the aim of generating practical knowledge and achieving concrete improvements in a given situation or context. Statistical analysis was used to formalise the results of the experiments.

Conclusions: This doctoral thesis showed evidence that the use of gamified ARS and cognitive diagnostic-based feedback systems, guided by an adequate self-assessment process, improve students' academic performance, although the results might not be extrapolable to all disciplines.

Incorporating gamification elements into ARS has a different impact on student learning depending on the gamification element used. Gamification elements that provide positive reinforcement for students, such as badges, produce greater alterations in heart rate than those that are neutral, such as ranking. The type of feedback in intelligent tutoring systems based on knowledge groups is crucial to enhance their effectiveness in student learning.

Educators should consider the context of application, analyse the advantages and disadvantages of gamified ARS and intelligent feedback systems in curriculum design, adopt a reflective approach and consider the overall learning objectives and types of learners.

Keywords: e-learning; audience response system; gamification; intelligent tutoring systems; educational technology

1. Introducción

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones han supuesto una revolución en el aprendizaje dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Actualmente, el uso de las nuevas tecnologías en la educación se está convirtiendo en algo imprescindible en multitud de materias. Con la llegada de la transformación digital y más aún de la crisis sanitaria de COVID-19 ha adquirido aún más protagonismo [4–6]. Este cambio implica ventajas como el poder realizar la enseñanza online y la comodidad de disponer de clases y materiales en cualquier momento y lugar, aunque también se encuentran desventajas como la ineficiencia y dificultad para mantener la integridad académica [7].

En España, según el último informe del Ministerio de Educación y Formación Profesional [8], a fecha de mayo de 2022, el 97,4% de las aulas habituales de clase dispone de conexión a Internet y el 95.9% tiene conexión inalámbrica. Además, los dispositivos portátiles y las tabletas representan más de la mitad de los equipos disponibles en el aula con un 59%. Por tanto, el docente dispone de los recursos técnicos necesarios para implantar nuevas metodologías docentes apoyadas en herramientas de e-aprendizaje, como es el caso de un Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA) [9]. Los SRA son una tecnología que permite a un grupo de estudiantes responder de forma electrónica a un cuestionario preparado previamente por el docente [10]. Son numerosos los estudios que aseguran la buena acogida que tiene por parte de estudiantes y docentes [11, 12]. Este recurso, que ha irrumpido con fuerza en los últimos años, permite: (1) promover el aprendizaje activo [13]; (2) mejorar la motivación [2]; (3) crear un entorno para estudiantes tímidos [12, 13]; (4) controlar la asistencia a clase; (5) aumentar la colaboración entre docente y estudiante e incluso entre los propios estudiantes; y (6) realizar evaluaciones a los estudiantes.

En sus inicios esta tecnología y el mantenimiento de sus equipos era costoso [14]. Sin embargo, han emergido multitud de aplicaciones para dispositivos móviles que permiten emular estos sistemas como Kahoot, Woodlap, Socrative y Arsync [15–18]. Entre ellos encontramos la herramienta SIDRA que fue una de las primeras aplicaciones de este tipo en aparecer disponible en el año 2011 [19], y que ha sido utilizada con éxito en la enseñanza universitaria [20–22].

Los pasos que se siguen durante una actividad educativa con un SRA son los siguientes:

1. El docente plantea una pregunta de selección múltiple a sus estudiantes mediante un PC o dispositivo móvil. Esta pregunta ha sido previamente preparada.
2. Cada estudiante selecciona su respuesta utilizando un dispositivo móvil.
3. El docente consulta, muestra y analiza junto con los estudiantes los resultados de las respuestas recibidas en forma de gráficos o estadísticas.

La *Figura 1* muestra la secuencia típica por cada pregunta en un SRA.

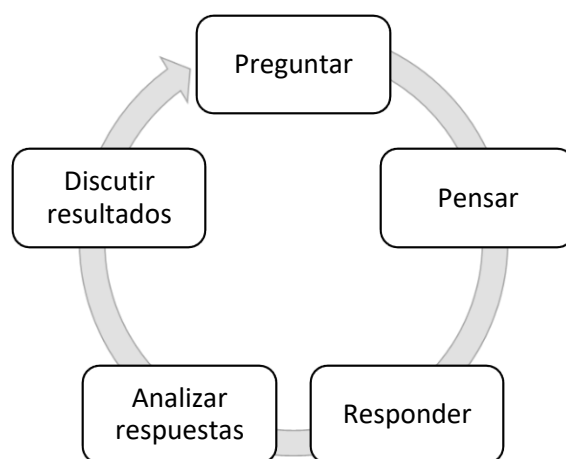


Figura 1. Secuencia de acciones al usar un SRA

La gamificación es una técnica que utiliza elementos de juego en situaciones no lúdicas para motivar y comprometer al público objetivo [23–29]. En el caso de los SRA, la gamificación se utiliza para crear una experiencia más emocionante y entretenida para los asistentes [30], lo que puede aumentar su interés y participación en el evento o la clase. Los SRA gamificados se han utilizado en una variedad de entornos, incluyendo eventos corporativos, conferencias, aulas y presentaciones en línea [31–34].

En esta tesis doctoral se presentan dos procesos de autoevaluación con aprendizaje centrado en el discente y propone dos herramientas que los soportan con: autoevaluación gamificada (G-SIDRA) y retroalimentación personalizada e inteligente (i-SIDRA) para la enseñanza virtual tutorizada [35]. Trabajos preliminares han mostrado prometedores resultados [36, 37].

G-SIDRA incorpora puntos, medallas, niveles, logros, equipos de trabajo y tablas de clasificación o rankings:

- Los puntos es una técnica que permite que cada estudiante pueda obtener una puntuación en base a cada pregunta respondida correctamente. Quienes obtienen mayor puntuación podrán recibir una recompensa.
- Las medallas son recompensas que los estudiantes pueden obtener en base a sus resultados.
- Los niveles permiten motivar a los estudiantes con diferentes fases en función de su experiencia. Permitiendo hacerles sentir el progreso que van realizando entre cada nivel.
- Los logros permiten establecer a los estudiantes una serie de objetivos que deben alcanzar (responder correctamente a un número determinado de preguntas, aprobar un cuestionario, alcanzar el podio en el ranking, ...).
- Los equipos de trabajo permiten agrupar a los estudiantes en diferentes equipos para que realicen trabajos cooperativos, permitiendo reflexionar entre ellos a la hora de responder a las cuestiones planteadas, mientras compiten entre los diferentes equipos.
- Las tablas de clasificación o rankings presentan el rendimiento entre cada estudiante en base a los puntos que van acumulando, lo que puede motivarles a competir por los primeros puestos de la clasificación.

La **Figura 2** muestra el diagrama del funcionamiento de SIDRA gamificada.

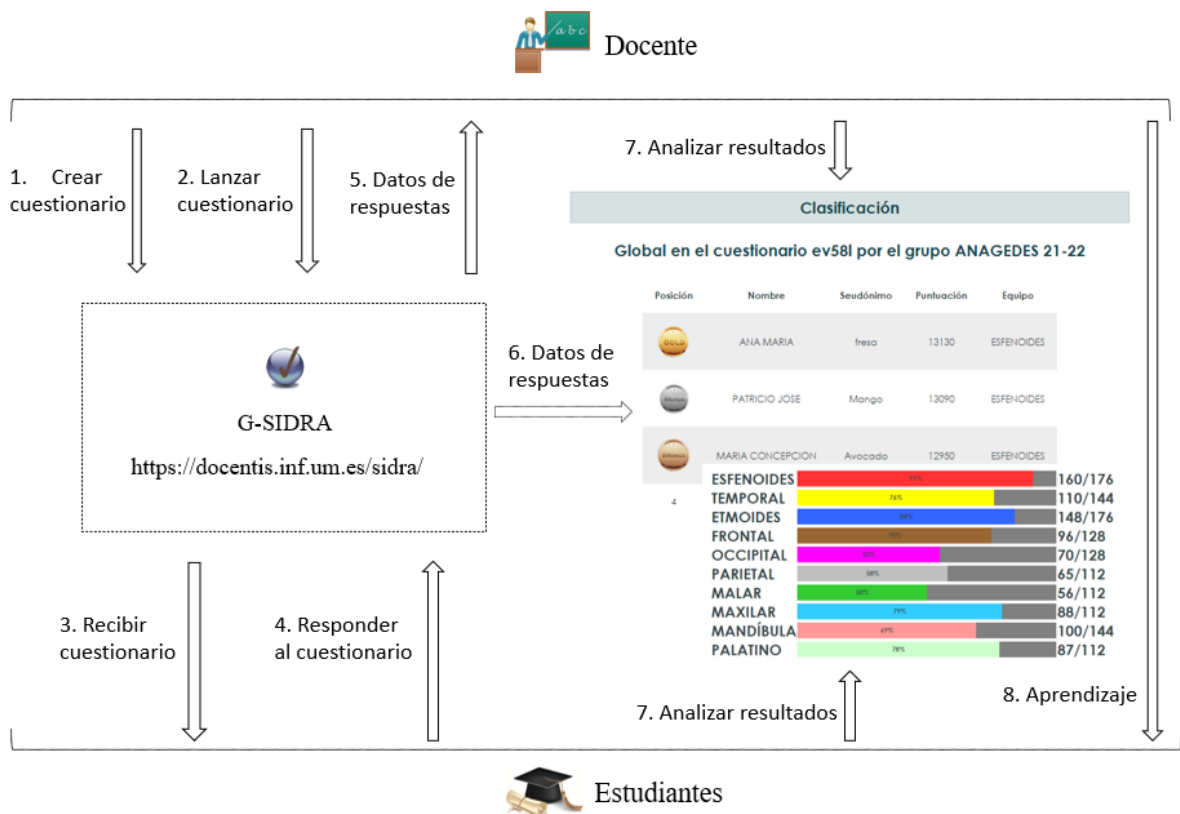


Figura 2. Diagrama de funcionamiento de G-SIDRA

El sistema i-SIDRA integra inteligencia artificial mediante el uso de redes neuronales o sistemas de clustering que permiten incorporar técnicas de diagnóstico cognitivo para mejorar el aprendizaje [36, 38, 39]. Para cada cuestionario con preguntas MCQ, el sistema forma grupos de conocimiento en función de las respuestas a las preguntas de un cuestionario previamente realizado. A continuación, el docente proporciona para cada grupo de conocimiento formado una retroalimentación. En las sucesivas pruebas realizadas empleando el cuestionario, i-SIDRA clasifica a cada estudiante en uno de los grupos de conocimiento tras responder a las preguntas del cuestionario. Los discentes reciben de manera personalizada e instantánea la retroalimentación asociada al grupo de conocimiento en el que son clasificados cada vez que responden al cuestionario en una sesión. La información recibida les permitirá reflexionar sobre sus respuestas y realizar los cambios necesarios con el fin de responder correctamente a todas las preguntas. Un estudiante concluirá la prueba cuando responda correctamente a todas las preguntas o se agote el tiempo establecido. La *Figura 3* muestra un diagrama del funcionamiento de la herramienta i-SIDRA.

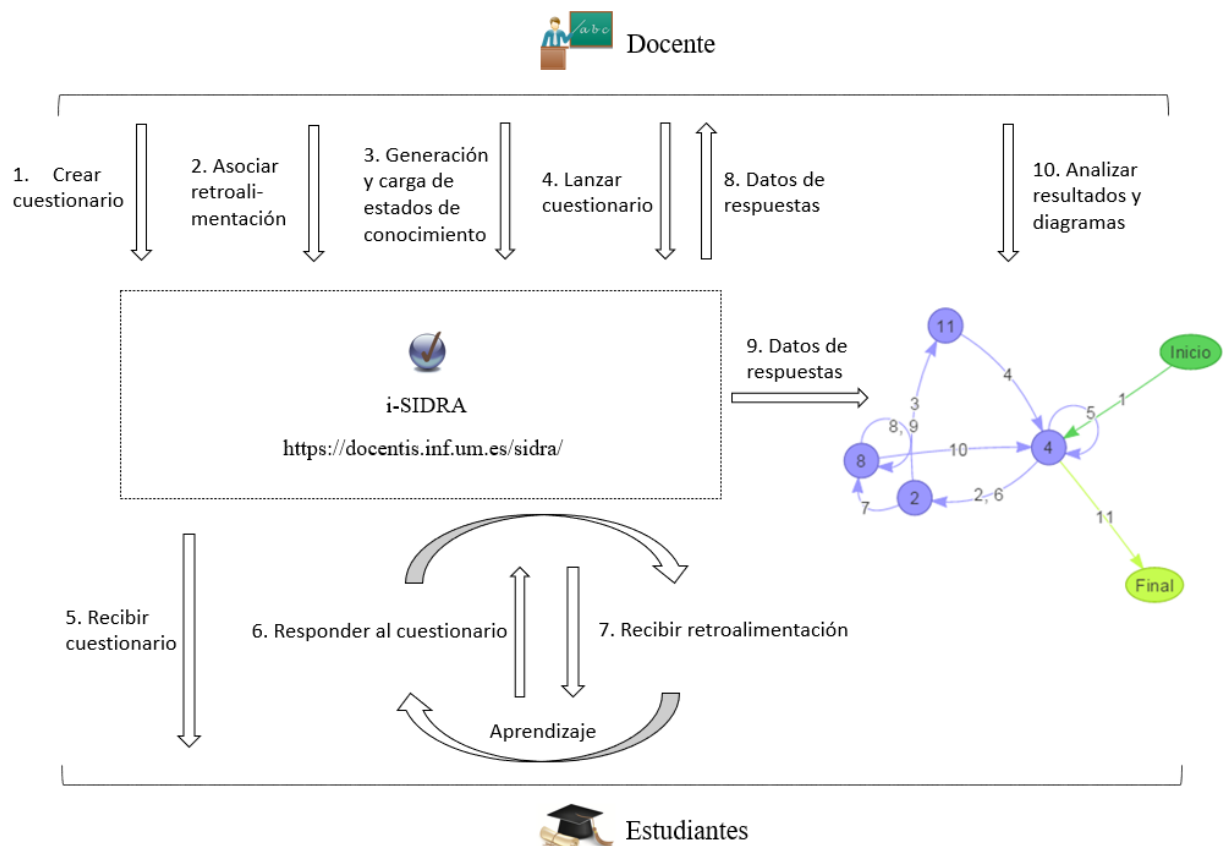


Figura 3. Diagrama de funcionamiento de i-SIDRA

2. Hipótesis

Numerosos estudios tratan de buscar evidencias que muestren cómo mejorar el rendimiento académico del alumnado apoyándose en nuevas tecnologías. Con la llegada de la crisis del COVID-19, el uso de las nuevas tecnologías ha adquirido aún mayor protagonismo puesto que obligó a que la educación fuera online. Pensamos que el empleo de procesos de autoevaluación con aprendizaje centrado en el discente junto con herramientas de autoevaluación gamificada, personalizada e inteligente pueden motivar y mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Hasta donde nosotros conocemos, no existen estudios que hayan analizado la eficacia de los elementos de gamificación y el tipo de retroalimentación en estos sistemas de aprendizaje.

Por tanto, la hipótesis de esta tesis doctoral es:

Si se emplearan procesos de autoevaluación con aprendizaje centrado en el discente y herramientas de aprendizaje gamificadas e inteligentes que apoyaran estos procesos, entonces se alcanzarían mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes.

3. Objetivos

A partir de la hipótesis principal ya comentada, el objetivo principal de esta tesis doctoral es definir dos procesos de autoevaluación con aprendizaje centrado en el discente y dos herramientas de apoyo para mejorar la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes, y su validación en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. Nuestra investigación se llevó a cabo con estudiantes de la Universidad de Murcia, aunque los resultados podrían ser extrapolables a otras instituciones, teniendo presentes las amenazas a la validez.

Por tanto, el objetivo principal marcado en esta tesis doctoral se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

Objetivo 1. Identificar y estudiar las técnicas alternativas de gamificación empleadas en la enseñanza, tanto presencial como virtual.

Objetivo 2. Estudiar la literatura existente sobre SRA y sistemas de tutorización inteligente basados en grupos de conocimiento.

Objetivo 3. Definir procesos de autoevaluación centrados en el discente y

apoyados en sistemas de autoevaluación gamificados e inteligentes.

Objetivo 4. Proporcionar aplicaciones de autoevaluación gamificada e inteligente para la enseñanza virtual tutorizada.

Objetivo 5. Evaluar los procesos de autoevaluación y las aplicaciones anteriores construidas mediante validación empírica planteando experimentos en un entorno de enseñanza universitaria, para contrastar la eficacia formativa de la propuesta.

4. Metodología

Para conocer en profundidad el estado actual del problema investigado, se utilizaron estudios secundarios de la literatura. Concretamente, se empleó un estudio bibliométrico y se revisó el estado del arte del problema siguiendo protocolos de revisiones sistemáticas de la literatura que permiten hacer reproducible el estudio.

Además de las metodologías propias de la revisión del estado del arte, para las tareas de investigación se utilizó un método integrado de Investigación-Acción (IA), ya aplicado con éxito en investigaciones realizadas en proyectos del Grupo de Investigación de Ingeniería del Software de la Universidad de Murcia. Ésta es una metodología que aporta rigor y un enfoque sistemático [40], incluyendo ciclos de investigación y ciclos de resolución de problemas. Esta metodología implica un ciclo continuo de reflexión, acción y evaluación, con el objetivo de generar conocimiento práctico y lograr mejoras concretas en una determinada situación o contexto. Empleando este enfoque los investigadores buscan comprender y abordar problemas, trabajando directamente con los actores involucrados.

El método de investigación-acción se desarrolla en varias etapas: (1) se identifica un problema o una situación que requiere intervención o cambio; (2) se recopila información y se analizan los datos disponibles para comprender mejor el problema y sus causas subyacentes; (3) se planifican, ejecutan y monitorean las acciones prácticas para abordarlo tales como cambios en las prácticas existentes y experimentos; (5) se recopila nueva información (retroalimentación) para evaluar los efectos de las acciones y los cambios propuestos, de manera que se aprenda de la experiencia y se pueda ajustar y mejorar las acciones posteriores. Para formalizar los resultados de los experimentos se hizo uso de análisis estadísticos [41, 42].

5. *Tareas*

En esta sección se presentan de forma resumida las tareas realizadas para lograr el objetivo marcado para esta tesis doctoral que abarcó finalmente 63 meses. No se han contabilizado los periodos que implican la fase de publicación de cada artículo.

Tarea 1. Estudio del estado del arte sobre SRA gamificados y sistemas de tutorización inteligente con retroalimentación basados en grupos de conocimiento. Duración: 19 meses. Desde el mes 6 al 24.

- **Tarea 1.1.** Desarrollo de un artefacto para recopilar datos a partir de las bases de datos bibliográficas. Duración: 7 meses. Desde el mes 6 al 12.
- **Tarea 1.2.** Preparación de un estudio bibliométrico de publicaciones que opinan, usan o validan SRA. Esta tarea se realizó teniendo en cuenta el artefacto de Tarea 1.1. Duración: 5 meses. Desde el mes 13 al 17.
- **Tarea 1.3.** Estudio de la literatura relacionada con gamificación de SRA. Duración: 7 meses. Desde el mes 18 al 24.
- **Tarea 1.4.** Estudio del estado del arte sobre sistemas de tutorización inteligente con retroalimentación basados en grupos de conocimiento, empleando un protocolo de revisión sistemática de la literatura. Duración: 13 meses. Desde el mes 12 al 24.

Tarea 2. Diseño y construcción de un artefacto que permita obtener y gestionar datos fisiológicos de un estudiante de forma segura. Duración: 27 meses. Desde el mes 1 al 27.

- **Tarea 2.1.** Diseño y construcción de una aplicación web para recoger consultar y gestionar datos fisiológicos de un estudiante, obtenidos a través de pulseras inteligentes. Duración: 18 meses. Desde el mes 10 al 27.
- **Tarea 2.2.** Diseño y construcción de una aplicación móvil para manipular los datos fisiológicos de un estudiante de manera anónima. Duración: 20 meses. Desde el mes 1 al 20.

Tarea 3. Diseño y desarrollo de una aplicación de autoevaluación gamificada.

Duración: 44 meses. Desde el mes 2 al 30 y desde el mes 49 al 63.

- **Tarea 3.1.** Definición de un proceso de autoevaluación centrado en el discente y construcción de un artefacto de autoevaluación gamificado (G-SIDRA), teniendo en cuenta el estudio del estado de la práctica sobre las funcionalidades de los SRA actuales realizado en Tarea 1.2 y Tarea 1.3. Duración: 23 meses. Desde el mes 2 al 24.
- **Tarea 3.2.** Validación de los artefactos propuestos en la Tarea 3.1 y en la Tarea 2 mediante experimentos llevados a cabo con estudiantes del Grado de Medicina. Duración: 21 meses. Desde el mes 25 al 30 y desde el mes 49 al 63.

Tarea 4. Desarrollo y evaluación empírica de la aplicación i-SIDRA. Duración: 19 meses. Desde el mes 27 al 30 y desde el mes 49 al 63.

- **Tarea 4.1.** Definición de un proceso de autoevaluación inteligente basado en retroalimentación y creación de un artefacto de autoevaluación que lo soporte basado en grupos de conocimiento para la enseñanza virtual tutorizada (i-SIDRA), teniendo en cuenta el estudio sobre el estado de la práctica sobre sistemas de retroalimentación inteligente basado en grupos de conocimiento realizado en la Tarea 1.4. Duración: 4 meses. Desde el mes 27 al 30.
- **Tarea 4.2.** Validación de los artefactos propuestos en la Tarea 4.1 y en la Tarea 2 mediante experimentos desarrollados con estudiantes del Grado de Ingeniería Informática. Duración: 15 meses. Desde el mes 49 al 63.

Durante 18 meses no se pudieron realizar los últimos experimentos debido a la crisis sanitaria del COVID-19. La **Figura 4** muestra un diagrama de Gantt que traza la distribución en el tiempo de las tareas previamente definidas.

6. Contribuciones

En este apartado se presentan los trabajos que forman parte de esta tesis doctoral. Las contribuciones 1, 2 y 3 cubren los 5 objetivos establecidos y constituyen los tres artículos que cumplen con los requisitos del compendio de publicaciones. El resto de las contribuciones son el resultado del desarrollo de la tesis doctoral, aunque no forman parte formalmente del compendio. En la parte final de esta sección, se establece la relación entre los objetivos y las tareas de esta tesis doctoral con sus contribuciones.

6.1 Artículos en revista

- **Contribución 1.** Juan J. López-Jiménez, José L. Fernández-Alemán, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Begoña Moros Valle, José A. García-Berná, Ali Idri y Ambrosio Toval (2022). Taking the pulse of a classroom with a gamified audience response system. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 213, 106459. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 7.027; Q1 (20/112): *Computer Science, Interdisciplinary Applications*.
- **Contribución 2.** Juan J. López-Jiménez, José L. Fernández-Alemán, José A. García-Berná, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Joaquín Nicolás Ros, Juan M. Carrillo de Gea, Ali Idri y Ambrosio Toval (2021). Effects of Gamification on the Benefits of Student Response Systems in Learning of Human Anatomy: Three Experimental Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13210. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 4.614; Q2 (100/279): *Environmental Sciences*.
- **Contribución 3.** Juan J. López-Jiménez, José A. García-Berná, Ambrosio Toval, José L. Fernández-Alemán y Ali Idri (2023). Automated Intelligent Feedback Based Learning in a Software Development Project Management Course. *International Journal of Engineering Education*, 39(4), 4, pp. 949–960. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 0.971; Q4 (38/44): *Education, Scientific Disciplines*.
- **Contribución 4.** Juan J. López-Jiménez, José A. García-Berná, Sofía Ouhbi, Begoña Moros y José L. Fernández-Alemán. A quantitative characterization of Audience Response System research. *Journal of Internet*

Technology. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 1,140 y Q4 (148/164): *Computer Science, Information Systems*. En revisión

- **Contribución 5.** Juan J. López-Jiménez, José L. Fernández-Alemán, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Matilde Moreno-Cascales, Jesús J. López-Jiménez, Ali Idri y Ambrosio Toval. Experimenting an interactive response system in a motor control system course for physiotherapy students in the post-COVID-19 era. *Medical Teacher*. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 4,277 y Q1 (6/44): *Education, Scientific Disciplines*. En revisión.

6.2 Comunicaciones a congresos nacionales

- **Contribución 6.** Laura López González, Ofelia González Sequeros, Yolanda Guerrero Sánchez, Juan José López-Jiménez y Jose Luis Fernández-Alemán. Uso de redes neuronales y sistema de respuesta de audiencia en el aprendizaje de la anatomía humana. *II Jornada de Educación Médica*, Murcia, España. 7 de septiembre de 2018.
- **Contribución 7.** Laura López González, Ofelia González Sequeros, Yolanda Guerrero Sánchez, Juan José López-Jiménez, Jose Luis Fernández-Alemán. Impacto de los elementos de gamificación en el aprendizaje de la anatomía humana. *V Jornadas de Educación Médica*, Murcia, España. 2 de septiembre de 2021.
- **Contribución 8.** Laura López González, Ofelia González Sequeros, Juan José López-Jiménez, Jose Luis Fernández-Alemán y Yolanda Guerrero Sánchez. Learning of human anatomy through gamification: comparison of three experimental studies. *XXIX Congreso de la Sociedad Anatómica Española*, Castellón de la Plana, España. 15-17 de septiembre de 2021.
- **Contribución 9.** Ofelia González Sequeros, Laura López González, Juan José López-Jiménez, Jose Luis Fernández-Alemán. Review of classroom performances with the audience response system (ARS): A retrospective longitudinal study. *XXX Congreso de la Sociedad Anatómica Española*, Gerona, España. 7-9 de septiembre de 2023. Enviado.

6.3 Comunicaciones a congresos internacionales

- **Contribución 10.** Ofelia González Sequeros, Laura López González, José Luis Fernández-Alemán y Juan José López-Jiménez. Gamificación and audience response system (ARS) in the learning of the locomotor system Anatomy in the 1st year of Medicine. *International Congress of Anatomía Clínica*, Madrid, España. 24-26 de junio de 2019. Resumen publicado en *Surgical and Radiologic Anatomy*. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2019: 1,092 y Q4 (17/21): Anatomy & Morphology.

6.4 Aplicaciones

- **Contribución 11.** Herramienta SIDRA. Esta aplicación es la base de esta tesis y sobre la que se han realizado los diferentes experimentos empíricos de la misma. El doctorando inicio su desarrollo en 2011. Su primera versión se registró el 17 de noviembre de 2011 por Juan José López Jiménez y José Luis Fernández Alemán en el Registro Territorial de la Propiedad Intelectual de la Región de Murcia, número de asiento registral: 08/2011/966 y número de solicitud: MU-953-2011. Desde entonces ha sido fuente de numerosas investigaciones y experimentos en la Universidad de Murcia (hasta la fecha más de 350 docentes y 6800 estudiantes han sido registrados en ella). SIDRA es un sistema de respuesta en clase o sistema de respuesta de audiencia gratuito, multiplataforma y de libre acceso. Con ella el docente puede realizar una serie de preguntas a sus estudiantes y a continuación mostrar los resultados en forma de histograma, diagrama de barras u otro tipo de gráfico.

Está disponible en la siguiente dirección web:

<https://docentis.inf.um.es/sidra>

Y su versión móvil para Android e iOS:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=cliente.sidra>

<https://apps.apple.com/us/app/sidra/id574060132>

Esta herramienta fue mejorada con un módulo llamado G-SIDRA que añade funcionalidades de gamificación a la misma (puntos, niveles, logros, equipos de trabajo y tablas de clasificación). Del mismo modo, ofrece otro módulo llamado i-SIDRA que añade autoevaluación inteligente con retroalimentación. La **Figura 5** muestra la composición de los 3 módulos de SIDRA.

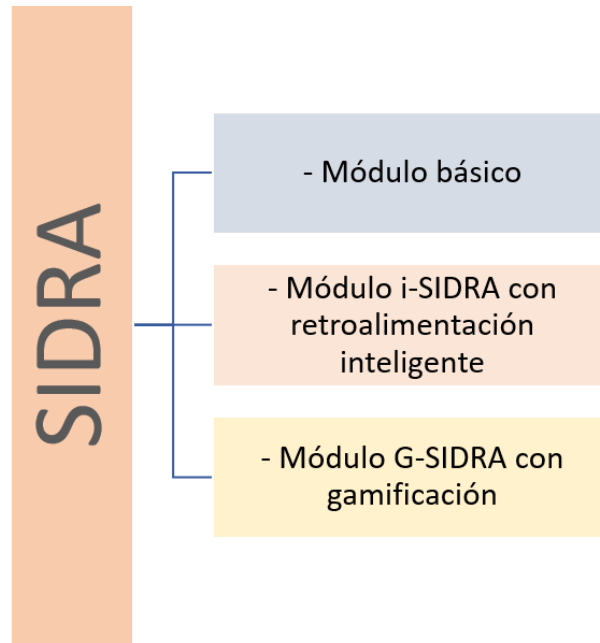


Figura 5. Módulos de SIDRA

En la *Figura 6* se puede observar la arquitectura de esta aplicación multiplataforma con NodeJS y PHP en el lado del servidor, bases de datos MySQL y RStudio Server para los cálculos estadísticos utilizados en la misma.

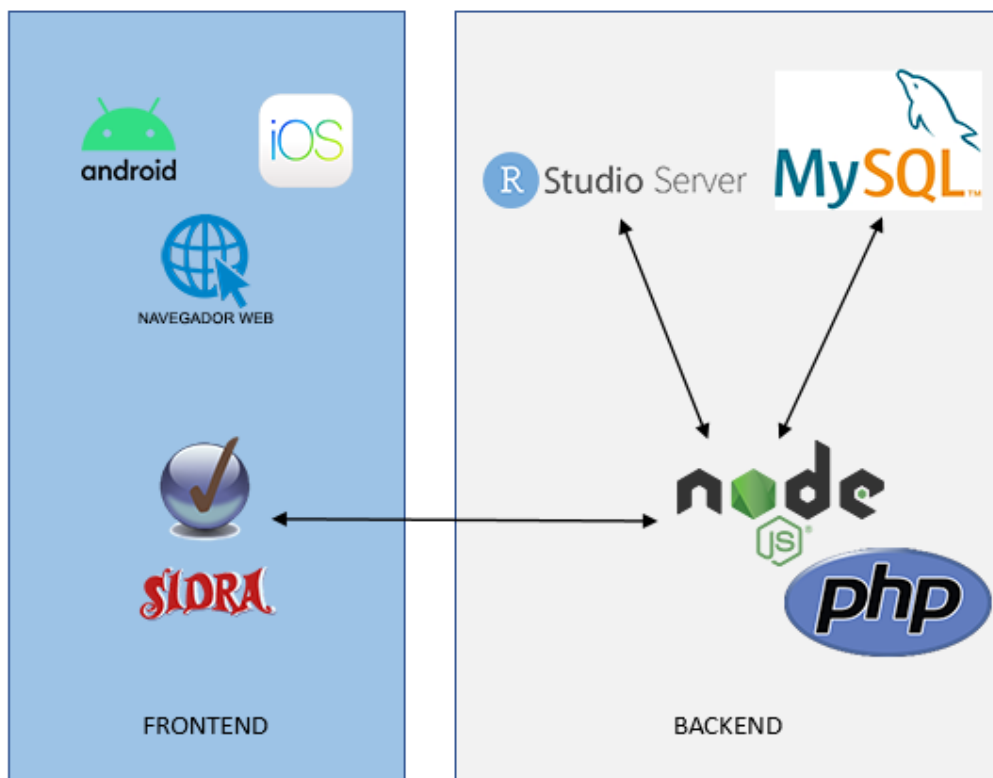


Figura 6. Diagrama de la arquitectura de SIDRA

- **Contribución 12.** Herramienta “Article Researcher” utilizada en el desarrollo de la Contribución 4. Dentro de esta tesis y formando parte de la Tarea 1.1, se desarrolló una herramienta para recopilar datos bibliométricos de la base de datos bibliográfica Scopus. Esta herramienta se conecta automáticamente a Scopus y a partir de una cadena de búsqueda (ver *Figura 7*) genera las tablas, gráficas y detalles de los trabajos encontrados que pueden ser exportados, como se puede observar en *Figura 8* y *Figura 9*. Article Researcher permite analizar los campos que indica *Tabla 1* de los trabajos encontrados.

Tabla 1. Campos posibles para analizar en Article Researcher

Aumento de publicaciones	Tipos de acceso
Formato	Número de páginas
Fuentes preferidas	Número total de citas
Patrón de autoría	Número de páginas
Idiomas	Autores más prolíficos
Área temática	Fuentes preferidas
Tipos de publicaciones	Estado de publicación
Palabras clave más frecuentes	Instituciones más prolíficas
Más citados	Patrocinadores de la financiación
Distribución geográfica	Referencias numéricas
Término de identificación	Nombre de la editorial
Año de referencia	Citas
Año por Scopus	Idioma utilizado
Idioma resumen	País origen
Mes de la publicación	Día de la publicación
Año de la publicación	Número de contribuyentes
Colaborador	Creador
Número de creadores	Número artículo
Referencias autor	Referencias título
Título de la fuente de referencia	Creador por Scopus
Tipo de fuente por Scopus	Tipo de documento por Scopus
Número de resultados por Scopus	AGR
CAGR	Tasa de crecimiento relativo
Tendencia	Productividad de los autores
Análisis de tendencias de autoría	Ley de Lotka
Índice de colaboración	Ley de Bradford

Está disponible para el personal investigador en la dirección web:
<https://docentis.inf.um.es/article-researcher>

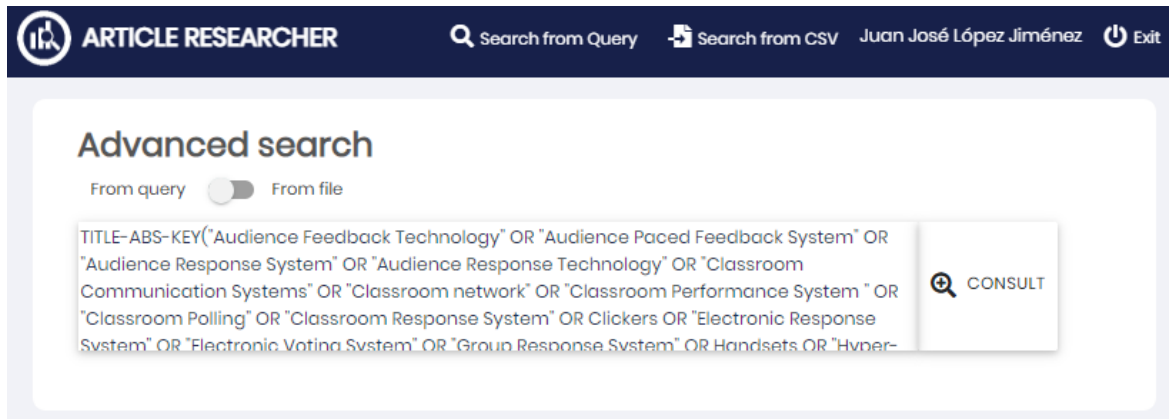


Figura 7. Interfaz de usuario para realizar una búsqueda en Article Researcher

Countries source

Pos.	Country	Publications	%
1	United States	47	47
2	Germany	17	17
3	United Kingdom	12	12
4	Portugal	4	4
5	Switzerland	3	3

To Export [EXPORT](#) [GRAPHS](#)

1 - 5 to 18

Figura 8. Tabla generada en Article Researcher

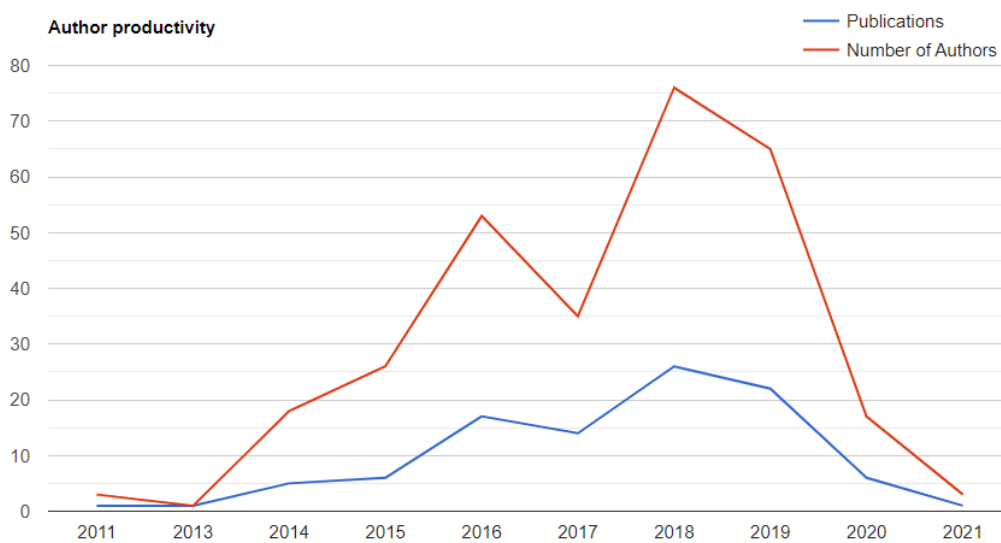


Figura 9. Gráfica generada en Article Researcher

Esta herramienta web se desarrolló en Angular 8 en la parte del cliente, en NodeJS y Python en la parte servidor, MySQL para las bases de datos y extrae la información conectando con las bases de datos bibliométricas por medio de su API. En *Figura 10* se puede observar el diagrama de la estructura de esta herramienta.

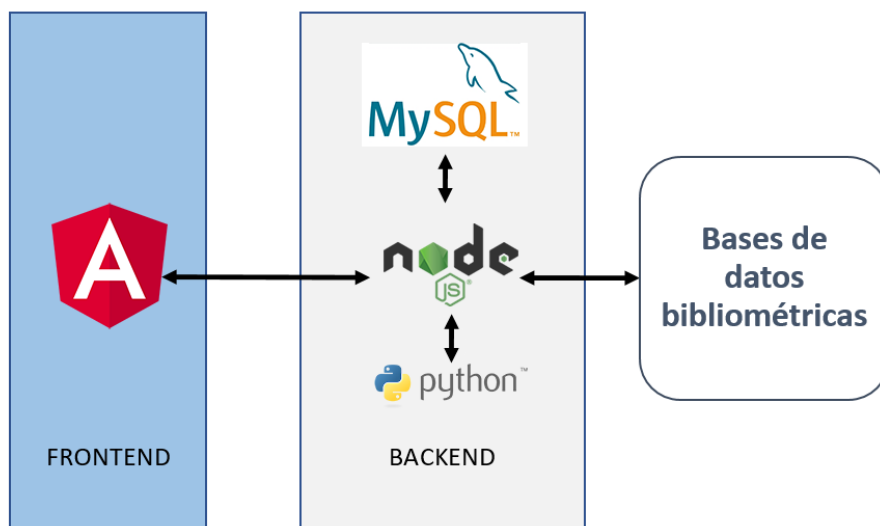


Figura 10. Diagrama de la arquitectura de Article Researcher

- **Contribución 13.** Herramienta “Health Supervisor”. Esta herramienta (web y aplicación móvil) permite obtener los datos fisiológicos (frecuencia cardiaca, presión arterial y saturación de oxígeno) por medio de una pulsera inteligente conectada por Bluetooth. Los datos recogidos son registrados en el servidor para su posterior visualización y análisis. Dada la alta sensibilidad de los datos almacenados, la aplicación dispone de una identificación de doble factor a través de SMS para validar el acceso de los supervisores de las pulseras. Esta característica se encuentra disponible a través un dispositivo electrónico, creado por el doctorando, que se interconecta con el servidor de la aplicación y permite enviar los SMS. Este sistema está formado por las siguientes herramientas y componentes que se reflejan en la *Figura 11*.
 - *Health Supervisor web.* Versión para navegador web desarrollada en Angular 8, permite consultar y exportar las lecturas obtenidas por la app móvil “Health Supervisor” de las diferentes pulseras inteligentes. En ella accede el docente con autenticación de doble factor por SMS.

Está disponible en la siguiente dirección web:

<https://docentis.inf.um.es/health-supervisor>

- **Health Supervisor app.** Versión móvil desarrollada en Ionic 5 y Android/iOS, permite obtener las lecturas en segundo plano de las pulseras inteligentes conectadas por Bluetooth. En ella acceden de forma anónima los estudiantes para que se registren sus constantes fisiológicas obtenidas por las pulseras.

Se encuentra disponible en Android e iOS:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.health.supervisor>

<https://apps.apple.com/ky/app/health-supervisor/id1473618579>

- **Manage Health Supervisor.** Además, para complementar esta herramienta, se desarrolló la aplicación para Android e iOS “Manage Health Supervisor”, permite consultar o exportar las lecturas obtenidas por “Health Supervisor”. Al igual que la versión web, es para uso del docente tras autenticación de doble factor por SMS.

Publicada por el momento sólo para Android en:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.health.supervisor.gestor>

- **Módulo Arduino:** Permitió mejorar la seguridad del sistema añadiendo autenticación de doble factor por SMS a las herramientas de consulta de resultados (“Health Supervisor web” y “Manage Health Supervisor”).

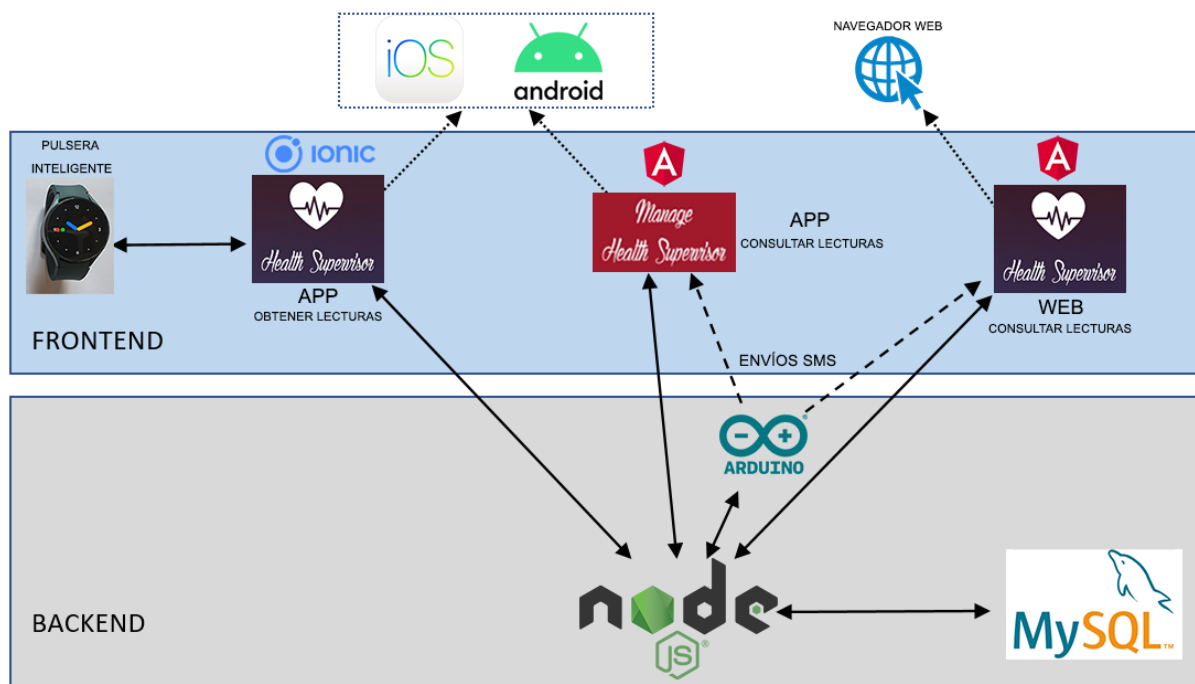


Figura 11. Diagrama de la arquitectura de Health Supervisor

6.5 *Proyectos de innovación educativa*

Gran parte de los experimentos realizados en esta investigación han partido de proyectos de innovación educativa de la Universidad de Murcia.

- **Contribución 14.** Realización de proyecto de innovación educativa en Universidad de Murcia. Curso 2017/2018. Título del proyecto: “Uso de un sistema inteligente autónomo para el aprendizaje de anatomía humana”. Coordinadora: Ofelia González Sequeros.
- **Contribución 15.** Realización de proyecto de innovación educativa en Universidad de Murcia. Curso 2018/2019. Título del proyecto: “Uso de SIDRA gamificada para el aprendizaje de anatomía humana en el Grado de Medicina”. Coordinadora: Laura López González.
- **Contribución 16.** Realización de proyecto de innovación educativa en Universidad de Murcia. Curso 2019/2020. Título del proyecto: “Evaluación del impacto de los diferentes elementos de gamificación de un sistema de respuesta de audiencia, como G-sidra, sobre la atención en clase de los alumnos de Anatomía Humana en el Grado de Medicina”. Coordinadora: Laura López González.
- **Contribución 17.** Realización de proyecto de innovación educativa en Universidad de Murcia. Curso 2021/2022. Título del proyecto: “Sistema de aprendizaje automatizado e individualizado en anatomía humana basado en redes neuronales”. Coordinadora: Ofelia González Sequeros.
- **Contribución 18.** Realización de proyecto de innovación educativa en Universidad de Murcia. Curso 2022/2023. Título del proyecto: “Uso del sistema de respuesta inmediata en el aula, Arsyc, en Ciencias de la Salud, para mejorar los resultados docentes de la asignatura y aumentar la participación de los alumnos en clase”. Coordinadora: Ofelia González Sequeros.

6.6 *Cobertura de tareas*

En *Tabla 2* se muestran la correspondencia entre los objetivos y las tareas de esta tesis doctoral y sus contribuciones.

Tabla 2. Cobertura de las tareas con contribuciones

Contribuciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Objetivo	Tarea																	
1	1.3	✓	✓															
	1.1											✓						
2	1.2			✓														
	1.4		✓			✓								✓				
	2.1												✓					
3	2.2												✓					
	3.1	✓	✓								✓							
	4.1			✓							✓							
4	3.1	✓	✓								✓							
	4.1			✓							✓							
5	3.2	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓					✓	✓		✓
	4.2		✓						✓									✓

6.7 Relaciones internacionales

Para el desarrollo de esta investigación se han realizado colaboraciones internacionales con:

- **Dr. Ali Idri**, profesor Catedrático de Universidad en ENSIAS de la Universidad Mohamed V, Rabat (Marruecos), cuya cooperación se ha reflejado en los 3 artículos que forman este compendio de publicaciones. El Dr. Idri se encuentra en el selecto 2% de los mejores investigadores a nivel mundial en todos los campos científicos, según el estudio de la Universidad de Stanford (2021). Además, ha sido reconocido como el Mejor Investigador Marroquí en "Ciencias de la Computación" durante el período 2016-2020 por el Ministerio de Educación Superior e Investigación Científica. Índice H: 35 en Google Scholar y 29 en Scopus.
- **Dr. Sofia Ouhbi**, profesora contratada en la División de Informática del Departamento de Tecnología de la Información en la Universidad de Uppsala (Suecia). Posee dos doctorados en Ingeniería de Software por ENSIAS, Marruecos (2015) y por la Universidad de Murcia, España (2017). Además, fue profesora en la Universidad Internacional de Rabat y en la Universidad de los Emiratos Árabes Unidos. También fue investigadora en la Universidad IT de Copenhague (Dinamarca). Índice H: 23 en Google Scholar, 14 en Web of Science y 17 en Scopus.

7. Conclusiones

Como se observó en los resultados de nuestro estudio bibliométrico ha habido un aumento en la atención prestada a los SRA en la última década, siendo Estados Unidos de América el país que en valores absolutos ha contribuido con mayor intensidad en su adopción. Su investigación está consolidada como lo muestra que las revistas son el principal canal de publicación.

Aunque la gamificación puede despertar tanto emociones negativas como positivas en los estudiantes, hay pruebas científicas del efecto positivo de la gamificación en el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes [43]. Esta tesis doctoral mostró evidencias de que el uso del SRA gamificado mejora el rendimiento académico de los estudiantes de un curso de Anatomía Humana en el Grado de Medicina de la Universidad de Murcia, pero pensamos que puede ser extrapolable a otras disciplinas [1, 2]. Estos resultados se apoyaron y complementaron con indicios obtenidos a partir de la recogida de datos fisiológicos empleando pulseras inteligentes para medir la carga cognitiva y la excitación emocional de los estudiantes durante las pruebas. No obstante, los educadores deben considerar el contexto de aplicación, analizar las ventajas y desventajas de la gamificación en el diseño curricular, adoptar un enfoque reflexivo y considerar los objetivos generales de aprendizaje y los tipos de estudiantes.

La integración de elementos de gamificación en un SRA es una solución factible para hacer frente a las aulas masificadas y fue un recurso que ofrecía garantías para desarrollar una educación segura y sostenible durante la pandemia del COVID-19. Los sistemas de gamificación también pueden ser utilizados en clases interactivas en directo mediante videollamadas y pueden integrarse en Sistemas de Gestión del Aprendizaje (SGA) ampliamente utilizados en la actualidad en centros educativos. Además, los datos recopilados por los SGA pueden ser utilizados para mejorar y asegurar una evaluación precisa del estudiante, siempre y cuando se adopten estándares educativos para facilitar la integración y colaboración entre la analítica de aprendizaje y el SGA.

Los resultados de nuestras investigaciones mostraron que las insignias, los equipos y los puntos son elementos de gamificación efectivos en un SRA, mostrando un efecto positivo, estadísticamente significativo, en el rendimiento académico de los estudiantes. Las percepciones de los estudiantes sobre la gamificación recogidas mediante encuestas también indican una mayor

motivación para participar en el aula.

La herramienta i-SIDRA también puede ser eficaz para adquirir competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) y mejorar la competitividad y el rendimiento académico de los estudiantes, siempre y cuando se proporcione una retroalimentación completa y adecuada para optimizar el aprendizaje de los estudiantes [3]. Los resultados de un experimento llevado a cabo con estudiantes de un curso de Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software en un Grado de Informática muestra evidencias de la importancia de una adecuada retroalimentación. La aplicación i-SIDRA demostró unas excepcionales características para analizar la evolución del conocimiento de los estudiantes durante las sesiones de evaluación, como fue confirmado por los docentes que participaron en el experimento.

La **Tabla 3** muestra la relación entre objetivos de esta tesis doctoral y las contribuciones. Señalar nuevamente que las contribuciones 1, 2 y 3 son las que dan lugar a esta tesis por compendio.

Tabla 3. Tipos de contribuciones y objetivos de la tesis

	Tipo	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4	Objetivo 5
Contrib. 1	Artículo en revista (JCR Q1)	✓		✓	✓	✓
Contrib. 2	Artículo en revista (JCR Q2)	✓		✓	✓	✓
Contrib. 3	Artículo en revista (JCR Q4)		✓	✓	✓	✓
Contrib. 4	Artículo en revista (JCR Q4) *		✓			
Contrib. 5	Artículo en revista (JCR Q1) *					✓
Contrib. 6	Congreso nacional		✓			
Contrib. 7	Congreso nacional					✓
Contrib. 8	Congreso nacional					✓
Contrib. 9	Congreso nacional *					✓
Contrib. 10	Congreso internacional +					✓
Contrib. 11	Aplicación			✓	✓	
Contrib. 12	Aplicación		✓			
Contrib. 13	Aplicación			✓		
Contrib. 14	Proyecto de innov. educativa		✓			
Contrib. 15	Proyecto de innov. educativa					✓
Contrib. 16	Proyecto de innov. educativa					✓
Contrib. 17	Proyecto de innov. educativa					✓
Contrib. 18	Proyecto de innov. educativa					✓

* Bajo revisión

+ Publicación de resumen en revista JCR Q4

La **Figura 12** presenta los tipos de contribuciones mostrados *en Tabla 3*. Los resultados de esta tesis han sido enviados y publicados en diferentes foros

de revisión por pares. Actualmente dos de los cinco artículos en revista no están publicados, pero están bajo revisión (contribuciones 4 y 5). Además, recientemente se ha enviado una comunicación para su presentación en un congreso nacional (contribución 9). La *Figura 13* muestra el estado de las contribuciones.

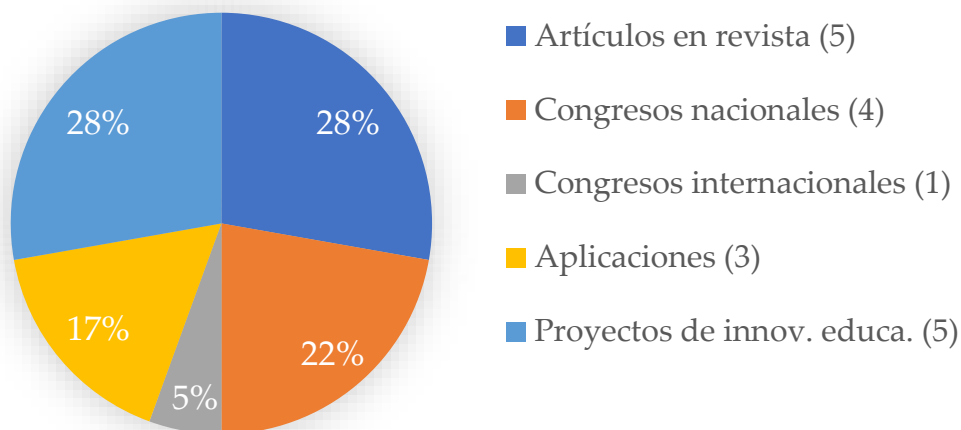


Figura 12. Tipos de contribuciones

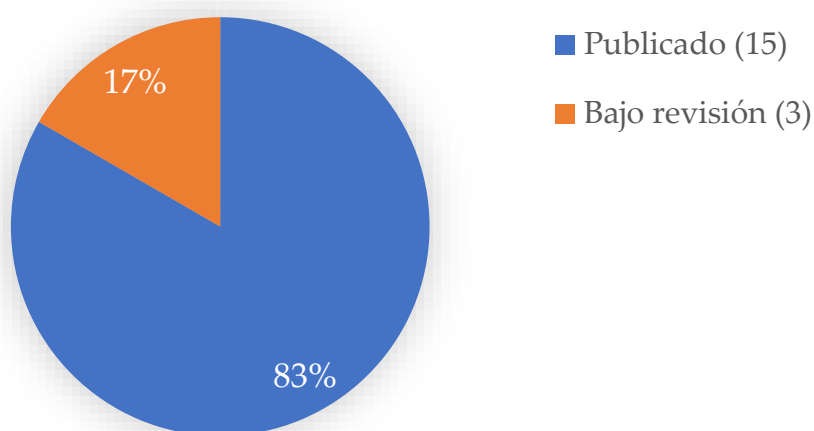


Figura 13. Estados de las contribuciones

Como principales aportaciones de la tesis se destaca: (1) el tipo de retroalimentación en los sistemas de tutorización inteligente basados en grupos de conocimiento es crucial para potenciar su eficacia; (2) la incorporación de elementos de gamificación a los SRA tiene un impacto de diferente alcance en el aprendizaje del estudiante según el elemento de gamificación utilizado; y (3) los elementos de gamificación que suponen un refuerzo positivo para los estudiantes como son las insignias, producen mayores alteraciones del ritmo cardiaco que aquellos que son neutros como el ranking.

8. Trabajo futuro

Se necesitan más investigaciones para comparar el impacto de los distintos elementos de gamificación y para diseñar un sistema de aprendizaje adaptativo gamificado que aborde los diferentes tipos de aprendizaje.

En futuros trabajos, tenemos previsto ampliar el análisis a otros elementos de gamificación para disponer finalmente de un marco comparativo en el que se puedan seleccionar los elementos de gamificación más adecuados en cada contexto de enseñanza, para finalmente diseñar un sistema de aprendizaje adaptativo gamificado que aborde los diferentes tipos de aprendizaje. Variables como el tipo de jugador, el tipo de contenido explicado y el estado de ánimo del estudiante deberían tenerse en cuenta, ya que pueden tener un efecto sobre la eficacia de los elementos de gamificación. También pretendemos integrar G-SIDRA en un SGA como Sakai para facilitar la adopción de este tipo de entornos en otras disciplinas. Para generalizar los resultados de la tesis doctoral es imprescindible realizar más estudios en otras disciplinas diferentes a las estudiadas hasta el momento.

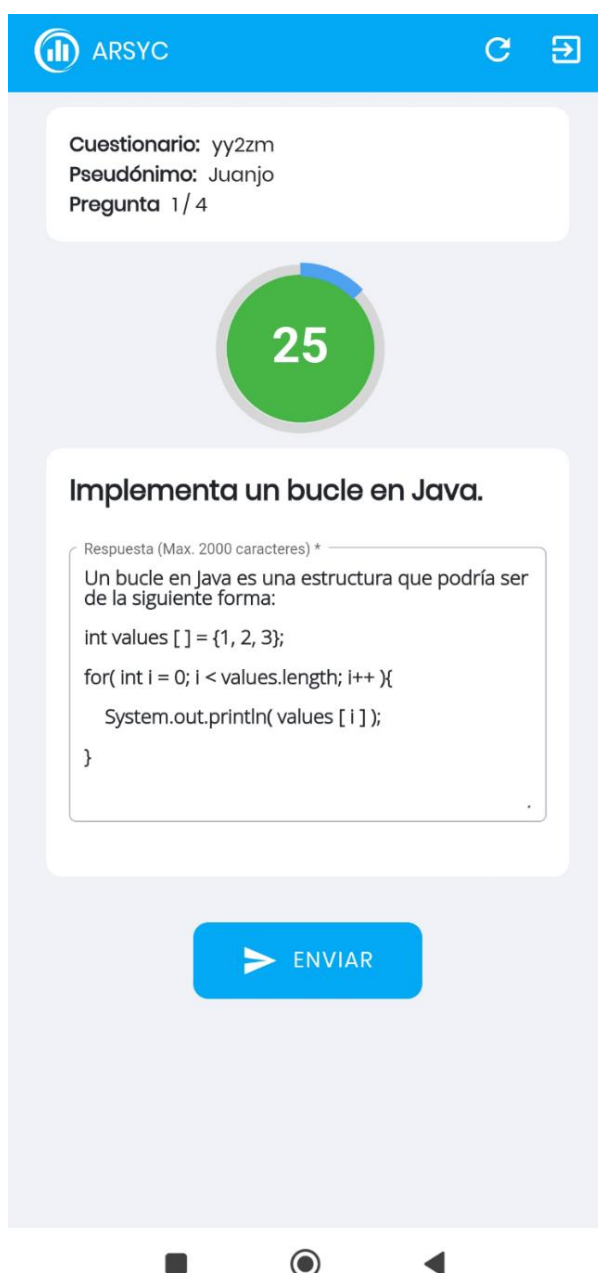
Con respecto al módulo i-SIDRA con retroalimentación sería de interés:

- Ampliar el estudio a preguntas de respuesta elaborada.
- Enriquecer la herramienta con nuevos métodos para la selección del número de grupos.
- Incluir elementos de gamificación.
- Automatizar el proceso de enriquecimiento de las respuestas para crear una nueva estructura de grupos de conocimiento, que actualmente requiere la intervención del docente.

Del análisis de las constantes fisiológicas, tenemos pendiente preparar un trabajo para dar a conocer los resultados de un experimento que se realizó con estudiantes de la Facultad de Informática en la asignatura de Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software. En este experimento se registró la frecuencia cardiaca de los estudiantes mientras eran evaluados por la herramienta i-SIDRA.

Sería aún más interesante, además de una forma de adaptarnos a los últimos cambios que estamos viviendo a nivel tecnológico en el presente año, analizar la integración de la inteligencia artificial en los SRA. Este es el caso de la herramienta Arsys [18], utilizada ya en Contribución 3 [3] para obtener la

valoración de los estudiantes. Esta herramienta permite gracias a la inteligencia artificial y a su comprensión de lenguaje natural y código en cualquier lenguaje de programación: generar preguntas de forma automática, generación automática de repaso de contenido de cada pregunta y lo más novedoso, permite de forma automática interpretar y evaluar respuestas a preguntas de desarrollo, incluyendo corrección de programas y algoritmos, véase ejemplo en *Figura 14*. En el próximo curso 2023/2024 se realizará un nuevo proyecto de innovación educativa en la Universidad de Murcia para analizar su integración en la formación de estudiantes de Ciencias de la Salud.



ARSYC

Cuestionario: yy2zm
Pseudónimo: Juanjo
Pregunta 1/4

25

Implementa un bucle en Java.

Respuesta (Max. 2000 caracteres) *

Un bucle en Java es una estructura que podría ser de la siguiente forma:

```
int values [ ] = {1, 2, 3};  
for( int i = 0; i < values.length; i++){  
    System.out.println( values [ i ] );  
}
```

ENVIAR

Figura 14. Pregunta evaluable por inteligencia artificial en ARSYC

Publicaciones que componen la tesis doctoral

Esta tesis doctoral se ha presentado en forma de tesis por compendio. Tal y como establece la normativa aplicable, los doctorandos podrán optar a presentar su tesis en esta modalidad siempre que dispongan de un **mínimo de tres trabajos** publicados o aceptados **en revistas indexadas en bases de datos internacionales** de reconocido prestigio, o en **revistas científicas** o **libros editados** de relevancia justificada, de acuerdo con las indicaciones de calidad establecidas en España por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). Es necesario aportar copia completa de los artículos, sus referencias, los datos personales de todos los autores y los foros en los que han sido publicados. Además, se espera que el doctorando especifique su contribución a los trabajos incluidos. El doctorando ha presentado tres artículos de revista [1–3] cuyas copias completas se incluyen en los siguientes apartados. Las referencias de estos trabajos son las siguientes:

- **Juan J. López-Jiménez**, José L. Fernández-Alemán, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Begoña Moros Valle, José A. García-Berná, Ali Idri y Ambrosio Toval (2022). Taking the pulse of a classroom with a gamified audience response system. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 213, 106459, <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106459>. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: **7.027**; **Q1** (20/112): *Computer Science, Interdisciplinary Applications*.
- **Juan J. López-Jiménez**, José L. Fernández-Alemán, José A. García-Berná, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Joaquín Nicolás Ros, Juan M. Carrillo de Gea, Ali Idri y Ambrosio Toval (2021). Effects of Gamification on the Benefits of Student Response Systems in Learning of Human Anatomy: Three Experimental Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13210, <https://doi.org/10.3390/ijerph182413210>. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: **4.614**; **Q2** (100/279): *Environmental Sciences*.
- **Juan J. López-Jiménez**, José A. García-Berná, Ambrosio Toval, José L. Fernández-Alemán y Ali Idri (2023). Automated Intelligent Feedback Based Learning in a Software Development Project Management Course. *International Journal of Engineering Education*, 39(4), pp. 949 – 960, <https://www.ijee.ie/contents/c390423.html>. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: **0.971**; **Q4** (38/44): *Education, Scientific Disciplines*.

Los datos personales de los coautores son los siguientes:

- Dr. José Luis Fernández Alemán (aleman@um.es). Profesor Titular de Universidad, Universidad de Murcia, Facultad de Informática, Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, España.
- Dr. José Ambrosio Toval Álvarez (atoval@um.es). Profesor Catedrático de Universidad, Universidad de Murcia, Facultad de Informática, Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, España.
- Dr. José Alberto García Berná (josealberto.garcia1@um.es). Profesor asociado, Universidad de Murcia, Facultad de Informática, Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, España.
- Dra. Begoña Moros Valle (bmoros@um.es). Profesora Titular de Universidad, Universidad de Murcia, Facultad de Informática, Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, España.
- Dra. Ofelia González Sequeros (sequeros@um.es). Profesora Titular de Universidad, Universidad de Murcia, Facultad de Medicina, Campus de Ciencias de la Salud, 30120, El Palmar, Murcia, España.
- Dra. Laura López González (laura.lopezgonzalez@um.es). Profesora asociada, Universidad de Murcia, Facultad de Medicina, Campus de Ciencias de la Salud, 30120, El Palmar, Murcia, España.
- Dr. Joaquín Nicolás Ros (jnr@um.es). Profesor Titular de Universidad, Universidad de Murcia, Facultad de Informática, Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, España.
- Dr. Juan Manuel Carrillo de Gea (jmcdg1@um.es). Profesor Contratado Doctor, Universidad de Murcia, Facultad de Informática, Campus Universitario de Espinardo, 30100, Murcia, España.
- Dr. Ali Idri (adri.ali123@gmail.com). Profesor Catedrático de Universidad, Universidad Mohammed V, Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes, Avenue Mohammed Ben Abdallah Reragui, BP 713 Rabat, Marruecos.

Breve explicación sobre la relevancia de los lugares en los que los artículos han sido publicados:

- *Computer Methods and Programs in Biomedicine* es una revista científica revisada por pares y publicada por ELSEVIER (Irlanda) desde 1985. Abarca la metodología informática y los sistemas de software derivados de la informática para su aplicación en todos los aspectos de la investigación biomédica y la práctica médica. Está diseñada para servir a: bioquímicos; biólogos; genetistas; inmunólogos; neurocientíficos; farmacólogos; toxicólogos; clínicos; epidemiólogos; psiquiatras; psicólogos; cardiólogos; químicos; (radio) físicos; informáticos; programadores y analistas de sistemas; ingenieros biomédicos, clínicos, eléctricos y de otros campos; especialistas en informática médica y usuarios de software educativo. Se encuentra en el primer cuartil de la última lista JCR de 2021. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 7.027; Q1 (20/112): *Computer Science, Interdisciplinary Applications*; Q1 (12/110): *Computer Science, Theory & Methods*; Q1 (20/98): *Engineering, Biomedical*; Q1 (6/31): *Medical Informatics*. Factor de impacto SJR 2021: 1.329; Q1: *Computer Science Applications*; Q1: *Health Informatics*; Q1: *Software*.
- *International Journal of Environmental Research and Public Health* es una revista científica revisada por pares y de acceso abierto que MDPI publica cada seis meses en línea. Abarca las ciencias ambientales y la ingeniería, la salud pública, la salud ambiental, la higiene ocupacional, la investigación en economía sanitaria y salud global, etc. La Sociedad Internacional de Médicos por el Medio Ambiente (ISDE) y la Sociedad Italiana de Medicina Ambiental (SIMA) están afiliadas a IJERPH. Se incluyó en el segundo cuartil de la lista JCR en el año de publicación del artículo. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 4.614; Q2 (100/279): *Environmental Sciences*; Q2 (71/210): *Public, Environmental & Occupational Health*. Factor de impacto en SJR 2021: 0.814; Q1: *Health, Toxicology And Mutagenesis*; Q2: *Pollution*; Q2: *Public Health, Environmental and Occupational Health*.
- *International Journal of Engineering Education* es una revista científica revisada por pares y publicada por TEMPUS Publications. Lleva más de treinta años sirviendo de foro internacional de archivo de investigaciones académicas relacionadas con la enseñanza de la ingeniería. La revista publica seis números al año. De vez en cuando

incluye números especiales sobre temas específicos de la enseñanza de la ingeniería. Se encuentra en el cuarto cuartil de la última lista JCR de 2021. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: 0.971; Q4 (38/44): *Education, Scientific Disciplines*; Q4 (82/92): *Engineering, Multidisciplinary*. Factor de impacto SJR 2021: 0.443; Q2: *Education*; Q2: *Engineering (miscellaneous)*.

El doctorando es el autor principal de todos los artículos mencionados. Él trabajó tanto de forma independiente como en equipo con sus compañeros, generalmente más experimentados. El doctorando realizó la mayor parte del trabajo: desarrolló las aplicaciones base, participó en el diseño y realización de los experimentos, realizó la extracción y análisis de los datos, redactó la primera versión de los trabajos, lideró las revisiones de los manuscritos y, por último, se encargó de la publicación de los manuscritos. El doctorando contó con el oportuno asesoramiento del resto de coautores. Así pues, el papel del resto de coautores se centró, por tanto, principalmente en la orientación y supervisión.

Taking the pulse of a classroom with a gamified audience response system

<i>Título:</i>	Taking the pulse of a classroom with a gamified audience response system
<i>Autores:</i>	Juan J. López-Jiménez, José L. Fernández-Alemán, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Begoña Moros Valle, José A. García-Berná, Ali Idri y Ambrosio Toval
<i>Revista:</i>	Computer Methods and Programs in Biomedicine
<i>ISSN / EISSN:</i>	0169-2607 / 1872-7565
<i>Factor de impacto:</i>	7.027 - Q1 (20/112): <i>Computer Science, Interdisciplinary Applications</i>
<i>JCR Science Edition:</i>	2021
<i>Editor:</i>	Elsevier Ireland LTD
<i>Fecha aceptación:</i>	Octubre 2021
<i>Fecha publicación:</i>	Enero 2022
<i>DOI:</i>	https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106459
<i>Volumen:</i>	213
<i>Artículo:</i>	106459
<i>Páginas:</i>	1 - 12
<i>Palabras clave:</i>	e-learning; human anatomy; gamified audience response system; heart rate variations; experiment
<i>Estado:</i>	Publicado

Resumen:

Background and objective: This paper presents an empirical study of a gamified mobile-based assessment approach that can be used to engage students and improve their educational performance.

Method: A gamified audience response system called G-SIDRA was employed. Three gamification elements were used to motivate students in classroom activities: badges for achievements to increase engagement, points to indicate progression and performance in the subject and ranking for promoting competitiveness. A total of 90 medical students in a General and Descriptive Anatomy of the Locomotor System course were taught using G-SIDRA in the academic year 2019/2020. Smart bracelets were configured to collect heart rate measurements from 30 students with the aim of evaluating the impact of the gamification elements. The control group consisted of a sample of 110 students enrolled on the same course in the academic year 2016/2017 using non-gamified SIDRA.

Results: Statistically significant differences were found between multiple choice questions (MCQ) scores obtained by using SIDRA and G-SIDRA in the four experiments ($U = 1.621,50$, $p < 0,01$ for Exp1; $U = 1.950,00$, $p < 0,01$ for Exp2; $U = 955,00$, $p < 0,01$ for Exp3; $U = 2.335,00$, $p < 0,01$ for Exp4). In the students' final exam grades, statistically significant differences between students that used G-SIDRA as opposed to SIDRA ($T(157) = 3.992$; $p = 0.044$) were obtained. Concerning gamification elements, statistically significant differences were found in comparing the pulse increases after and before the badge event in the four experiments ($U = 2.484,00$, $p = 0,038$ for Exp1; $U = 2.109,50$, $p = 0,046$ for Exp2; $U = 1.790,50$, $p = 0,025$ for Exp3; $U = 1.557,0$, $p = 0,048$ for Exp4). However, there are not statistically significant differences between the pulse increases after and before the ranking event in the four experiments. In a 5-point Likert-type scale, the students expressed satisfaction with G-SIDRA ($M = 4.552$) and thought the system helped to better understand both theoretical and practical concepts ($M = 4.092$). Their global assessment of the G-SIDRA platform was 4.471.

Conclusions: Of the three gamification elements used in the study, only badge has an effect on heart rate. Better student responses and academic performance were achieved when using G-SIDRA. Nevertheless, more research is required to evaluate the impact of the gamification elements on the motivation, engagement and performance of students. Physiological measures are promising approaches for gamification elements evaluation.

Effects of gamification on the benefits of student response systems in learning of human anatomy: three experimental studies

<i>Título:</i>	Effects of Gamification on the Benefits of Student Response Systems in Learning of Human Anatomy: Three Experimental Studies
<i>Autores:</i>	Juan J. López-Jiménez, José L. Fernández-Alemán, José A. García-Berná, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Joaquín Nicolás Ros, Juan M. Carrillo de Gea, Ali Idri y Ambrosio Toval
<i>Revista:</i>	International Journal of Environmental Research and Public Health
<i>Factor de impacto:</i>	4.614 - Q2 (100/279): <i>Environmental Sciences</i>
<i>JCR Science Edition:</i>	2021
<i>EISSN:</i>	1660-4601
<i>Editor:</i>	Multidisciplinary Digital Publishing Institute
<i>Fecha aceptación:</i>	Noviembre 2021
<i>Fecha publicación:</i>	Diciembre 2021
<i>DOI:</i>	https://doi.org/10.3390/ijerph182413210
<i>Volumen:</i>	18
<i>Número:</i>	24
<i>Artículo:</i>	13210
<i>Páginas:</i>	1 - 18
<i>Palabras clave:</i>	gamified audience response system; e-learning; human anatomy; experiment; badges
<i>Estado:</i>	Publicado

Resumen:

This paper presents three experiments to assess the impact of gamifying an audience response system on the perceptions and educational performance of students. An audience response system called SIDRA (Immediate Audience Response System in Spanish) and two audience response systems with gamification features, R-G-SIDRA (gamified SIDRA with ranking) and RB-G-SIDRA (gamified SIDRA with ranking and badges), were used in a General and Descriptive Human Anatomy course. Students participated in an empirical study. In the academic year 2019-2020, a total of 90 students used RB-G-SIDRA, 90 students employed R-G-SIDRA in the academic year 2018-2019, and 92 students used SIDRA in the academic year 2017-2018. Statistically significant differences were found between final exam grades obtained by using RB-G-SIDRA and SIDRA, $U = 39.211$ adjusted $p = 0.001$ and RB-G-SIDRA and R-G-SIDRA $U = 31.157$ adjusted $p = 0.015$, thus finding strong evidence with respect to the benefit of the badges used in RB-G-SIDRA. Moreover, in the students' SIDRA systems scores, statistically significant differences were found between RB-G-SIDRA and SIDRA, $U = -90.521$ adjusted $p < 0.001$, and between R-G-SIDRA and SIDRA, $U = -87.998$ adjusted $p < 0.001$. Significant correlations between individual and team scores were also found in all of the tests in RB-G-SIDRA and G-SIDRA. The students expressed satisfaction, engagement, and motivation with SIDRA, R-G-SIDRA, and RB-G-SIDRA, thus obtaining a final average assessment of 4.28, 4.61, and 4.47 out of 5, respectively. Students perform better academically with gamified versus non-gamified audience response systems. Findings can be used to build a gamified adaptive learning system.

Automated intelligent feedback based learning in a software development project management course

<i>Título:</i>	Automated Intelligent Feedback Based Learning in a Software Development Project Management Course
<i>Autores:</i>	Juan J. López-Jiménez, José A. García-Berná, Ambrosio Toval, José L. Fernández-Alemán y Ali Idri
<i>Revista:</i>	International Journal of Engineering Education
<i>Factor de impacto:</i>	0.971 - Q4 (38/44): <i>Education, Scientific Disciplines</i>
<i>JCR Science Edition:</i>	2021
<i>ISSN / EISSN:</i>	0949-149X / 0949-149X
<i>Editor:</i>	TEMPUS Publications
<i>Fecha aceptación:</i>	Abril 2023
<i>Fecha publicación:</i>	Junio 2023
<i>URL:</i>	https://www.ijee.ie/contents/c390423.html
<i>Volumen:</i>	39
<i>Número:</i>	4
<i>Páginas:</i>	949 - 960
<i>Palabras clave:</i>	e-learning; feedback; intelligent systems; project management
<i>Estado:</i>	Publicado

Resumen:

This paper presents an empirical study of a formative assessment approach based on intelligent diagnostic feedback. A public audience response system called SIDRA was integrated with clustering-based data analysis to generate diagnostic feedback for guided learning. A total of 138 computer science students enrolled in a Software Development Project Management course during the 2021/2022 academic year were taught using two different strategies. Eighty students in the experimental group used intelligent SIDRA (i-SIDRA), while 58 students in the control group received the same training but without using i-SIDRA. A statistically significant difference in final exam grades was found between students using i-SIDRA versus a traditional teaching methodology ($U = 3306$, $p < 0.001$). No statistically significant differences were obtained in the final grades between the elaborated feedback group and the reduced feedback group in the two experiments ($T(5,190) = -1.928$, $p = 0.110$ and $U = 443$, $p = 0.474$) conducted to evaluate the effectiveness of the two types of feedback at the end of the semester. No statistically significant differences were reached in the increase of correct questions from the first to the last attempt during the feedback-guided learning process, between the elaborated feedback group and the reduced feedback group in the two experiments carried out ($T(19) = 0.217$, $p = 0.831$ and $U = 699$, $p = 0.542$). In a questionnaire rated on a five-point Likert-type scale, students stated that i-SIDRA feedback promotes clarification and understanding of concepts ($MD=4$).

Otras publicaciones de esta tesis

Además de las tres publicaciones que forman parte de esta tesis por compendio, el doctorando es autor de las siguientes publicaciones que forman parte de su investigación, aunque no del compendio.

Artículos en revista

- **Juan J. López-Jiménez**, José A. García-Berna, Sofía Ouhbi, Begoña Moros y José L. Fernández-Alemán. A quantitative characterization of Audience Response System research. *Journal of Internet Technology*. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: **1,140** y **Q4 (148/164)**: *Computer Science, Information Systems*. **En revisión**.

Resumen:

Audience Response Systems (ARS) can be used to increase students' commitment and engagement. ARS are becoming popular at lectures, complementing traditional masterclasses and shedding light to a more profitability of the time. Several researchers studied the impact of ARS in the classroom. However, there is a lack of information about the current research landscape to identify paths towards the development of scientific research and projects in ARS field. This bibliometric study discusses a collection of bibliometric parameters on ARS literature that were calculated from data downloaded in Scopus database. A total of 2,015 publications were considered from Scopus database. Results showed that the number of publications is stable since 2010 with a noticeable decrease in 2019. The United States and the United Kingdom are the most productive countries with a total of 898 papers in the US and 179 in the UK. The most prolific author was Daniel Zingaro from the University of Toronto with a total of 10 manuscripts published. This study provides researchers who are interested in conducting research on ARS with insights on potential venues for publications and collaboration with research institutions and researchers that are more prolific in the field.

- **Juan J. López-Jiménez**, José L. Fernández-Alemán, Laura López González, Ofelia González Sequeros, Matilde Moreno-Cascales, Jesús J. López-Jiménez, Ali Idri y Ambrosio Toval. Experimenting an interactive response system in a motor control system course for physiotherapy students in the post-COVID-19 era. *Medical Teacher*. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: **4,277** y **Q1 (6/44): Education, Scientific Disciplines**. **En revisión**.

Resumen:

This paper presents an empirical study of a summative assessment proposal using an audience response system for mobile to teach motor control system in a bachelor's degree in Physiotherapy. A total of 83 Physiotherapy students enrolled on a motor control system course received three practical sessions using an audience response system in a seminar room. A subjective anonymous evaluation by the students was carried out by a survey comprising questions in a standard five-point Likert-type scale. In two MCQs tests, a statistically significant difference between the number of correct answers at the beginning and at the end of the session was found ($T(71) = 6.24$, $p < 0.001$ for test 1 and $T(76) = 7.10$, $p < 0.001$ for test 3). The mean score for the final exam was higher than previous academic year, 3.62 vs 5.01 on a scale of 0 to 10 points ($T(152) = 3.76$; $p < 0.001$) suggesting increased student performance resulting from using a mobile audience response system. The students expressed positive opinion with the motor control system learning experience: satisfaction (M: 3.86; SD: 0.83), use again in other subjects (M: 3.63; SD: 0.84) and user-friendliness interface (M: 4.04; SD: 0.86). This study provides evidence to support that an ARS allow motor control system students to increase their knowledge and motivation, promoting an active learning environment.

Comunicaciones en congresos nacionales

- Laura López González, Ofelia González Sequeros, Yolanda Guerrero Sánchez, **Juan José López-Jiménez** y Jose Luis Fernández-Alemán. Uso de redes neuronales y sistema de respuesta de audiencia en el aprendizaje de la anatomía humana. *II Jornada de Educación Médica*, Murcia, España. 7 de septiembre de 2018.

Resumen:

El estudio refleja un enfoque de enseñanza nuevo, aplicado a pocas disciplinas hasta la fecha, y que consiste en la aplicación del análisis inteligente a los test de elección múltiple que se efectúan con los Sistemas de Respuesta de Audiencia. Las respuestas de los alumnos se analizan automáticamente para entender los comportamientos de aprendizaje y se les suministra una retroalimentación de diagnóstico personalizado para cada alumno. Este sistema llamado i-SIDRA (inteligente-Sistema Interactivo De Respuesta en el Aula) mejora las tasas de rendimiento y de éxito de los alumnos al compararlas con el grupo control.

- Laura López González, Ofelia González Sequeros, Yolanda Guerrero Sánchez, **Juan José López-Jiménez** y Jose Luis Fernández-Alemán. Impacto de los elementos de gamificación en el aprendizaje de la anatomía humana. *V Jornada de Educación Médica*, Murcia, España. 2 de septiembre de 2021.

Resumen:

La Gamificación propone adoptar mecánicas y técnicas de juegos en contextos como la educación para aumentar la motivación, favorecer la competición o que el estudiante perciba su superación en los niveles de la asignatura. Está por determinar el valor de los diferentes elementos de gamificación (G) de un Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA) en las percepciones y desempeño académico de los estudiantes de Anatomía humana. Se realizaron dos ensayos utilizando un sistema de respuesta de audiencia (SRA) gamificado, llamado SIDRA, en Anatomía Humana General y Descriptiva de primer curso del grado de Medicina. Un ensayo empleó SIDRA gamificada con ranking (R-G-SIDRA) y otro empleó SIDRA gamificada con ranking e insignias físicas (RB-G-SIDRA). Participaron un total de 180 estudiantes de los cuales 90 utilizaron RB-G-SIDRA y 90 emplearon R-G-SIDRA en el año académico 2018-2019 y 2019-2020 respectivamente. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones del examen final obtenidas mediante el uso de RB-G-SIDRA y R-G-SIDRA ($U=31.157$, $p=0.015$), encontrando así evidencia con respecto al beneficio que las insignias utilizadas en RB-G-SIDRA aportan a la motivación y desempeño académico de los estudiantes. También se encontraron correlaciones entre las puntuaciones individuales y de equipo en ambos ensayos con RB-G-SIDRA y R-G-

SIDRA, aunque mayores con RB-G-SIDRA. Los estudiantes expresaron satisfacción, compromiso y motivación con R-G-SIDRA y RB-G-SIDRA, obteniendo así una valoración media final de 4,61 y 4,47 sobre 5, respectivamente y el 100% de los estudiantes desearía que R-G-SIDRA y RB-G-SIDRA se utilizaran en otras materias. Los elementos de gamificación como las insignias y el trabajo en equipo favorecen su aprendizaje y aumentan la motivación, como también muestran las encuestas de satisfacción. Sería necesario diseñar nuevos experimentos para investigar el impacto de los diferentes elementos de gamificación, teniendo en cuenta los tipos de aprendices y jugadores.

- Laura López González, Ofelia González Sequeros, **Juan José López-Jiménez**, Jose Luis Fernández-Alemán y Yolanda Guerrero Sánchez. Learning of human anatomy through gamification: comparison of three experimental studies. *XXIX Congreso de la Sociedad Anatómica*. Española, Castellón de la Plana, España. 15-17 de septiembre de 2021.

Resumen:

Gamification introduces game mechanics and techniques in other areas such as education and it is easy to add to Audience Response System (ARS), that have shown to improve the outcomes and promote conceptual knowledge of the student in addition to be an instrument for professor evaluation resource. This union leads to the keener focus and active participation of the students. A large number of studies have used gamification approaches in health education, but no other studies have compared different gamification element used in a ARS. This study assesses the impact of gamifying (G) and ARS on the perfections and educational performance of 182 students of General and Descriptive Human Anatomy course of the first year of the Medicine degree, comparing an ARS, called SIDRA, and two gamified systems, R-G-SIDRA (gamified SIDRA with ranking) and RB-G-SIDRA (gamified SIDRA with ranking and badges). Results: Statistically significant differences were found in final exam grades, between using RBG-SIDRA and SIDRA o R-G-SIDRA thus finding strong evidences with respect to the benefit of the badged used. Moreover, statistically significant differences were found in the students SIDRA system score between RB-G-SIDRA o R-G-SIDRA and SIDRA showing the improvement in the implementation of gamification in ARS. Significant correlations between individual and team score were also found in all of the test in RB-G-SIDRA and G-SIDRA. The student satisfaction with SIDRA, R-G-SIDRA and RB-G-SIDRA, has been very

positive and most students would like to use in other subjects. Conclusion: Student perform better academically with gamified versus nongamified ARS.

- Ofelia González Sequeros, Laura López González, **Juan José López-Jiménez**, Jose Luis Fernández-Alemán. Review of classroom performances with the audience response system (ARS): A retrospective longitudinal study. *XXX Congreso de la Sociedad Anatómica Española*, Gerona, España. 7-9 de septiembre de 2023. **Enviado**.

Resumen:

For more than a decade (2010 to 2023) we have used different ARS in the subject of General and Descriptive Anatomy of the Locomotor System in the 1st year of Medicine Degree, with the aim of motivating students and getting them to become more involved in their training: SIDRA, Simple Audience Response System, G-SIDRA, or Gamified SIDRA, associated with gamification elements such as teams, rankings and awards, and i-SIDRA, intelligent SIDRA, which is an artificial intelligence neural network associated with SIDRA. After this long experience, we wanted to check if these systems were effective in improving learning and if there were differences between them. We have carried out an analytical study (ANOVA), a total of 877 students, comparing the final grades between these three ARS systems, plus the control group (from the same teacher), in which the students took the subject only with lectures and individual interaction according to needs of each student. Statistically significant differences have been found in the grades of students who have used any of the 3 modalities used compared to traditional teaching, which clearly shows the positive influence of methods that facilitate interaction between students and between teacher and student (immediate feedback). In addition, the use of gamification elements (G-SIDRA) and, above all, teamwork, has shown, in a statistically significant way, a better individual academic performance. Finally, the students' assessment of all these systems has been very positive in most of the items considered, although it is striking that they do not perceive the benefit that these systems imply in their academic performance, as demonstrated in this work.

Comunicaciones en congresos internacionales

- Ofelia González Sequeros, Laura López González, José Luis Fernández-Alemán y **Juan José López-Jiménez**. Gamificación and audience response system (ARS) in the learning of the locomotor system Anatomy in the 1st year of Medicine. *International Congress of Anatomía Clínica*, Madrid, España. **Resumen publicado** en *Surgical and Radiologic Anatomy*, <https://doi.org/10.1007/s00276-019-02334-4>. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2019: **1,092** y **Q4 (17/21)**: *Anatomy & Morphology*.

Resumen:

The increase in the use of electronic devices such as smartphones in teaching, make easy the application of new learning methodologies such as ARS in which students answer multiple-choice questions and see their results immediately on a screen, what make easy for the teacher to solve doubts and increasing students attention and participation. The objective of this work is compared the effectiveness between the ARS platform known as SIDRA and this platform equipped with gamification elements (G-SIDRA), both developed in the University of Murcia, to obtain better results, increasing the competitiveness between the students, when participating individually or as a team. Materials and methods: The experience will consist of 4 tests, with 10 multiple-choice questions, corresponding to various blocks of the subject "General and descriptive anatomy of locomotor system", 1st year of medicine. The academic performance of the G-SIDRA group (49 students) will be compared (Student T test), respect to SIDRA group (39 students). Results: There are no statistically significant differences in the performance of the students, neither in the success rate (94%) nor the performance rate (86%) that were the same score in G-SIDRA and SIDRA groups. However, grades were higher in G-SIDRA and greater attendance for the classes has been observed, in a continuous and uninterrupted way (66.7%) compared with SIDRA (46.9%). Conclusions: Students showed greater motivation in attendanced classes and taking tests in G-SIDRA. In fact, the satisfaction among users of G-SIDRA is significantly high (4.6/5), and 100% of students recommend the use of G-SIDRA in all subjects.

Otras publicaciones

Al margen de las publicaciones anteriores, el candidato ha sido también autor de los siguientes trabajos durante sus estudios de doctorado:

Artículos en revista

- Raimel Sobrino-Duque, Noelia Martínez-Rojo, Juan Manuel Carrillo-de-Gea, **Juan José López-Jiménez**, Joaquín Nicolás y José Luis Fernández-Alemán (2022), Evaluating a gamification proposal for learning usability heuristics: Heureka. *International Journal of Human-Computer Studies*, 161, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102774>. Factor de impacto en JCR Science Edition de 2021: **4,866** y **Q1 (6/24)**: *Computer Science, Cybernetics*.

Resumen:

This paper presents the results of an educational experiment conducted to determine whether an automated, card-based gamification strategy has an impact on the learning of Jakob Nielsen's 10 heuristic usability rules. The participants in the experiment were 55 students enrolled on a human-computer interaction course. According to the results of the experiment and the hypothesis tests performed to compare both traditional and gamified approaches, there were no significant differences ($t(53) = 0.66$, $p = 0.52$), although the scores attained by the students who used the gamification strategy were slightly better when evaluated one week later ($M = 6.29$ and $M = 6.57$ out of 10, respectively). Moreover, the students' perceptions reflect that the proposed tool is easy to use ($MD = 4.00$ out of 5) and useful as regards learning ($MD = 4.00$ out of 5). Further research is needed to determine whether incorporating other gamification elements, such as rankings, difficulty levels, and game modes, would have a positive impact on student motivation, engagement and performance.

- Raimel Sobrino-Duque, Juan Manuel Carrillo-de-Gea, **Juan José López-Jiménez**, Joaquín Nicolás Ros y José Luis Fernández-Alemán (2022). Usevalia: Managing Inspection-Based Usability Audits. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 1-25, <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2121879>. Factor de impacto en JCR

Science Edition de 2021: **4,920** y **Q1 (5/24)**: *Computer Science, Cybernetics*.

Resumen:

Heuristic evaluation provides usability auditors with a structured flow of activities that enables them to obtain reliable, comparable and cost-effective usability evaluation results. Tools supporting heuristic evaluation are scarce in literature. Usevalia is an Internet-based tool that manages usability audits on the basis of heuristic evaluation. This article presents the main features of Usevalia, together with a validation of the software by following the Technology Acceptance Model, which verified the users' perceptions of Usevalia as regards usefulness, ease of use, attitude and intention to use. A total of 22 students enrolled on a human-computer interaction course were involved in the validation. According to the results of the survey conducted with them, the proposed tool is easy to use (MD = 4.00 out of 5) and useful for conducting usability audits based on heuristic evaluation (MD = 4.00 out of 5). An expert-based validation was also carried out in order to thoroughly compare Usevalia's features with those of a spreadsheet-based tool that performs usability audits in the traditional manner. This comparative analysis made it possible to conclude that the Usevalia tool has a higher perceived usefulness (M = 4.43) and perceived ease of use (M = 4.13) than a traditional audit tool, such as the Usability Datalogger spreadsheet (M = 2.43 and M = 3.03, respectively).

Comunicaciones en congresos nacionales

- Raimel Sobrino-Duque, Noelia Martínez-Rojo, Juan Manuel Carrillo-de-Gea, **Juan José López-Jiménez**, Joaquín Nicolás y José Luis Fernández-Alemán, Evaluating a gamification proposal for learning usability heuristics: Heureka. *XXVII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD)*. Septiembre de 2023. **Aceptado**.
- Raimel Sobrino-Duque, Juan Manuel Carrillo-de-Gea, **Juan José López-Jiménez**, Joaquín Nicolás Ros y José Luis Fernández-Alemán. Usevalia: Managing Inspection-Based Usability Audits. *XXVII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD)*. Septiembre de 2023. **Aceptado**.

Bibliografía

- [1] J. J. López-Jiménez, J. L. Fernández-Alemán, L. L. González, O. G. Sequeros, B. M. Valle, J. A. García-Berná, A. Idri, and A. Toval, Taking the pulse of a classroom with a gamified audience response system, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 213, 106459, 2022.
- [2] J. J. López-Jiménez, J. L. Fernández-Alemán, J. A. García-Berná, L. L. González, O. G. Sequeros, J. N. Ros, J. M. Carrillo de Gea, A. Idri, and A. Toval, Effects of gamification on the benefits of student response systems in learning of human anatomy: Three experimental studies, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 24, 13210, 2021.
- [3] J. J. López-Jiménez, J. A. García-Berná, A. Toval, J. L. Fernández-Alemán, and A. Idri, Automated intelligent feedback based learning in a software development project management course, *International Journal of Engineering Education*, vol. 29, no. 4, pp. 949-960, 2023.
- [4] M. Mahyoob, Challenges of e-Learning during the COVID-19 pandemic experienced by EFL learners, *Arab World English Journal*, vol. 11, no. 4, pp. 351-362, 2022.
- [5] M. A. Islam, S. Nur, and M. S. Talukder, E-learning in the time of COVID-19: Lived experiences of three university teachers from two countries, *E-Learning and Digital Media*, vol. 18, no. 6, pp. 557-580, 2021.
- [6] A. Marks, M. AL-Ali, R. Atassi, A. Z. Abualkishik, and Y. Rezgu, Digital transformation in higher education: A framework for maturity assessment, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 12, 2020.
- [7] K. Mukhtar, K. Javed, M. Arooj, and A. Sethi, Advantages, limitations and recommendations for online learning during COVID-19 pandemic era, *Pakistan Journal of Medical Sciences*, vol. 36, no. COVID19-S4, 2020.
- [8] Ministerio de Educación y Formación Profesional, Sociedad de la información y la comunicación en los centros educativos, 2022, <https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/estadisticas/no-universitaria/centros/sice/2020-2021.html>, último acceso 06/2023.

- [9] A. Baashar, R. S. Kumar, S. M. I. Akhtar, S. M. Alyousif, A. I. Alhassan, and N. Townsi, Impact of audience response system in enhancing teaching of anatomy and physiology for health sciences students at King Saud bin Abdulaziz University for Health Sciences, *Advances in Medical Education and Practice*, vol. 14, pp. 421-432, 2023.
- [10] N. Efstathiou and C. Bailey, Promoting active learning using audience response system in large bioscience classes, *Nurse Education Today*, vol. 32, no. 1, pp. 91-95, 2012.
- [11] A. Nájera López, E. Arribas Garde, A. Beléndez, J. M. Villalba Montoya, J. Francés, and M. J. García Meseguer, Peer evaluation and teaching medical physics using remote response devices (clickers), *Latin American Journal of Physics Education*, vol. 6, no. 1, pp. 290-295, 2012.
- [12] J. E. Caldwell, Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips, *CBE – Life Sciences Education*, vol. 6, no. 1, pp. 9-20, 2007.
- [13] W. Beekes, The “Millionaire” method for encouraging participation, *Active Learning in Higher Education*, vol. 7, no. 1, pp. 25-36, 2006.
- [14] R. H. Kay and A. LeSage, Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature, *Computers & Education*, vol. 53, no. 3, pp. 819-827, 2009.
- [15] Kahoot, <https://kahoot.com>, último acceso 06/2023.
- [16] Wooclap, <https://www.wooclap.com>, último acceso 06/2023.
- [17] Socrative, <https://www.socrative.com>, último acceso 06/2023.
- [18] Arsync, <https://arsync.com>, último acceso 06/2023.
- [19] SIDRA, <https://docentis.inf.um.es/sidra>, último acceso 06/2023.
- [20] J. L. Fernández-Alemán, L. López-González, O. González-Sequeros, C. Jayne, J. J. López-Jiménez, J. M. Carrillo-de-Gea, and A. Toval, An empirical study of neural network-based audience response technology in a Human Anatomy course for pharmacy students, *Journal of Medical Systems*, vol. 40, no. 4, 2016.
- [21] J. L. Fernández-Alemán, L. López-González, O. González-Sequeros, C. Jayne, J. J. López-Jiménez, and A. Toval, The evaluation of i-SIDRA – a tool for intelligent feedback – in a course on the anatomy of the locomotor system, *International Journal of Medical Informatics*, vol. 94, pp. 172-181, 2016.

- [22] J. L. Fernández-Alemán, A. Sánchez García, M. J. López, and J. J. López Jiménez, Examining the benefits of learning based on an audience response system when confronting emergency situations, *Computers, Informatics, Nursing: CIN*, vol. 32, no. 5, pp. 207-213, 2014.
- [23] M. Arias-Vargas, R. Sanchis, and R. Poler, Gamification for awareness of the importance of enterprise and supply chain resilience, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 160, pp. 346-351, 2023.
- [24] Y.-J. Lee, Gamification and the festival experience: the case of Taiwan, *Current Issues in Tourism*, vol. 26, no. 8, pp. 1311-1326, 2023.
- [25] G. L. Piangiamore and A. Maramai, Gaming and resilience: Teaching by playing together—online educational competition at school during the pandemic, *Applied Sciences*, vol. 12, no. 23, 11931, 2022.
- [26] T. Y. Qian, R. Matz, L. Luo, and C. Xu, Gamification for value creation and viewer engagement in gamified livestreaming services: The moderating role of gender in esports, *Journal of Business Research*, vol. 145, pp. 482-494, 2022.
- [27] N. Fox, V. Campbell-arvai, M. Lindquist, D. Van Berkel, and R. Serrano-vergel, Gamifying decision support systems to promote inclusive and engaged urban resilience planning, *Urban Planning*, vol. 7, no. 2, pp. 239-252, 2022.
- [28] M. Tizuka, E. Clua, L. Salgado, and T. Kohwalter, Provenance in gamification business systems, in *Proc. of the 20th IFIP TC 14 International Conference, ICEC 2021, Coimbra, Portugal*, pp. 277-288, 2021.
- [29] P. P. Cavalcante and S. A. A. Freitas, Evaluation of the change in the quality of reports with the application of gamification in a corporative institution, in *Proc. of the 24th HCI International Conference, HCII 2022, Virtual Event*, pp. 353-367, 2022.
- [30] R. Landers, K. Bauer, R. Callan, and M. Armstrong, Psychological theory and the gamification of learning, in T. Reiners, L. Wood (eds) *Gamification in Education and Business*, pp. 165-186, Springer, Cham, 2015.
- [31] R. K. Pettit, L. McCoy, M. Kinney, and F. N. Schwartz, Student perceptions of gamified audience response system interactions in large group lectures and via lecture capture technology, *BMC Medical Education*, vol. 15, no. 1, p. 92, 2015.
- [32] M. A.-A. Ismail, A. Ahmad, J. A.-M. Mohammad, N. M. R. M. Fakri, M. Z. M. Nor, and M. N. M. Pa, Using Kahoot! as a formative assessment tool in medical education: a phenomenological study, *BMC Medical Education*, vol. 19, no. 1, 230, 2019.

- [33] C. Barrio, M. Organero, and J. Sanchez-Soriano, Can gamification improve the benefits of student response systems in learning? An experimental study, *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, vol. 4, no. 3, pp. 429-438, 2016.
- [34] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, Does Gamification Work? — A literature review of empirical studies on gamification, in *Proc. of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2014, Waikoloa, HI, USA*, pp. 3025-3034, 2014.
- [35] C. González, A. Mora, and P. Toledo, Gamification in intelligent tutoring systems, in *Proc. of the 2nd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, TEEM '14, New York, USA*, pp. 221-225, 2014.
- [36] J. L. Fernandez-Alemán, D. Palmer-Brown, and C. Jayne, Effects of response-driven feedback in computer science learning, *IEEE Transactions on Education*, vol. 54, no. 3, pp. 501-508, 2011.
- [37] D. Brown, C. Draganova, and S. W. Lee, Snap-drift neural network for selecting student feedback, in *Proc. of the 19th International Joint Conference on Neural Networks, Atlanta, GA, USA*, pp. 391-398, 2009.
- [38] J. L. Fernández-Alemán, D. Palmer-Brown, and C. Draganova, Evaluating student response driven feedback in a programming course, in *Proc. of the 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Sousse*, pp. 279-283, 2010.
- [39] J. L. Fernández-Alemán, C. Jayne, A. B. Sánchez, J. M. Carrillo-de-Gea, and A. Toval, Neural network-based data analysis for medical-surgical nursing learning, in *Proc. of the 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, San Diego, CA, USA*, pp. 6036-6039, 2012.
- [40] L. Mathiassen, Collaborative Practice research, in *Proc. of the IFIP TC8 WG82 International Working Conference on the Social and Organizational Perspective on Research and Practice in Information Technology, Aalborg, Denmark*, pp. 127-148, 2000.
- [41] N. Juristo and A. Moreno, *Basics of software engineering experimentation*, Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.
- [42] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in software engineering*, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [43] J. K. Mullins and R. Sabherwal, Gamification: A cognitive-emotional view, *Journal of Business Research*, vol. 106, pp. 304-314, 2020.