

Aprendizaje Basado en Juegos con Realidad Aumentada para la Enseñanza de la Historia

Carlos Lázaro Carrascosa
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Informática
Universidad Rey Juan Carlos.
Móstoles, España.
carlos.lazaro@urjc.es

Irene Palomero Ylardia
Facultad de Artes y Humanidades
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España
irene.palomero@urjc.es

Maximiliano Paredes-Velasco.
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Informática
Universidad Rey Juan Carlos.
Móstoles, España.
maximiliano.paredes@urjc.es

María del Carmen Navarro
García-Suelto.
Facultad de Artes y Humanidades
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España
carmen.navarro@urjc.es

Title: Augmented Reality and Game-based Learning for History Teaching.

Abstract—One of the fundamental aspects of history teaching is the chronology of important events and facts that have occurred. However, this involves an effort of memorization that produces rejection in students, affecting their learning outcomes. This article describes an experience with Primary and Secondary students using Augmented Reality with gamification in timeline activities to learn a course of History. The results show that there was improvement in learning in several aspects: chronologically situate several events in relation to BC and AD, relate different historical events to ages in History, and sort important historical milestones. In addition, it was found that students experienced positive emotions during the experience such as joy, curiosity, and interest.

Palabras clave- ICT, Augmented Reality, Game-Based Learning (GBL), Innovation in History Learning, Learning Difficulties.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos de la educación actual se focaliza en la necesidad de conseguir una educación competencial real que permita al alumnado desarrollar sus habilidades y competencias específicas en una sociedad marcada por el desarrollo científico y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Ello facilitaría una participación social y una construcción del conocimiento significativo, alejado de la idea memorística que ha marcado la educación desde el siglo XIX. En este sentido, las TIC juegan un papel fundamental para poder ofrecer al alumnado herramientas que permitan desarrollar sus competencias clave.

En la enseñanza de la Historia, por su marcado sentido cronológico, puede observarse cómo el fenómeno de la memorización ha producido durante muchos años sentimientos de rechazo y poca simpatía hacia la asignatura. No obstante, las TIC ofrecen multitud de recursos que nos permiten repensar la enseñanza y el aprendizaje histórico para hacerlo más atractivo al alumnado. El uso de la gamificación del aprendizaje o utilizar metodologías basadas en el juego, como el Aprendizaje Basado en Juegos (en adelante ABJ), están en auge en los últimos

tiempos, ya que facilitan la motivación y el trabajo cooperativo a la vez que contribuyen a la adquisición de un verdadero conocimiento histórico [1].

A este respecto, la Realidad Aumentada (en adelante, RA) abre un mundo de posibilidades a la enseñanza de la Historia, ya que nos permite reproducir elementos reales con todo lujo de detalles, ampliar información y crear vínculos entre unos elementos y otros [2]. Desde nuestro punto de vista, es un recurso muy valioso y versátil que, como en este caso, puede combinarse con otros para proporcionar una herramienta educativa de calidad. Además, el escenario de la intervención pedagógica propuesta encaja bien con el paradigma de la RA: contamos con un juego real, físico y colaborativo al que pretendemos añadir una capa de información útil a través de la RA. En definitiva, el objetivo propuesto al comenzar la investigación que se describe a continuación fue analizar si el uso de la RA combinada con un juego de línea del tiempo contribuye activamente a la mejora del aprendizaje del tiempo histórico y estudiar el impacto que tiene en las emociones de los estudiantes. Para ello se desarrolló una herramienta de RA para Smartphone denominada TILAR (Time Line Augmented Reality) para aprender la cronología de grandes acontecimientos históricos y se realizó una experiencia con diseño pre-post en el aula para analizar su impacto.

El artículo se estructura de la siguiente forma: se introduce el marco teórico que ha tenido en cuenta la investigación, se describe la experiencia didáctica que se ha llevado a cabo en el curso académico 2020-21, se presentan los resultados obtenidos y, finalmente, se ofrecen las conclusiones, con la intención de contribuir a dar más visibilidad a las posibilidades educativas que tiene la RA combinada con otros elementos didácticos y lúdicos.

II. ENSEÑANZA DE LA HISTORIA

La enseñanza de la Historia supone el aprendizaje de conceptos y acontecimientos históricos con una base cronológica que nos permite conocer y entender el pasado, comprender el presente y proyectar el futuro, siendo una de las

áreas de conocimiento más importantes del currículo. Además, con ella podemos descubrir cómo y por qué se produjeron algunos de los inventos más revolucionarios, los movimientos sociales, artísticos y culturales, o cómo han ido evolucionando las sociedades, a la vez que los estudiantes desarrollan capacidades y competencias propias del aprendizaje histórico, entre ellas, la memorización, la seriación, la capacidad de reflexión o la abstracción temporal y espacial.

De entre la multitud de recursos educativos que se utilizan para la enseñanza del tiempo histórico, las denominadas líneas del tiempo nos permiten visualizar las cronologías de acontecimientos, inventos o movimientos ocurridos a lo largo de la historia, por lo que resultan un recurso didáctico muy recurrente en los materiales docentes como los libros de texto, las láminas o los pósteres, principalmente. Este recurso es muy práctico por su gran versatilidad y dinamicidad, pudiéndose construir con distintas formas (lineal vertical u horizontal, en espiral, serpenteante...), a la vez que permite introducir dibujos, emoticonos, texto, palabras e incluso interactividad en sus elementos cuando lo trasladamos a un medio digital. De esta forma, el alumnado se puede formar una imagen clara y sencilla de los acontecimientos históricos relevantes y facilita su aprendizaje de una forma autónoma y visual.

En las etapas educativas de Primaria y Secundaria, el aprendizaje de nociones históricas está bien definido en los currículos oficiales y la cronología es, dentro de esos contenidos, una de las bases en las que se soporta. Es fundamental recordar que las referencias cronológicas son esenciales para asimilar nociones de orden y sucesión, cambio y simultaneidad de los acontecimientos históricos, para entender el proceso de la evolución humana, de las diferentes civilizaciones y todos los cambios tecnológicos producidos a lo largo de nuestra existencia, por lo que resulta indispensable seguir dotando de cierto orden y concierto a las etapas de la historia, aunque se puedan trabajar desde ópticas distintas o poniendo el objetivo en otros aspectos que también son importantes.

En definitiva, orden, sucesión, simultaneidad, cambio y continuidad, son conceptos inherentes al aprendizaje del tiempo. Desde las nociones temporales más básicas (día, semana, mes, año...) hasta los componentes más complejos (conceptos de siglo, antes y después de Cristo), resultan imprescindibles para poder aprender la idea de "tiempo" y ser capaces de construir un conocimiento histórico y cultural sólido. Según el proceso natural de asimilación del tiempo, los conceptos más complejos suelen afianzarse a partir de los 10 años, momento en el que comienza el estudio de la Historia propiamente dicha.

El concepto de tiempo, su interiorización y su aprendizaje es pues, un proceso lento, gradual y complejo, que se enmarca académicamente hablando en la asignatura "Ciencias Sociales" (aunque no de manera excluyente). En este sentido, se trata de un concepto más complicado de asimilar que el de espacio, dado que este último es concreto, observable y palpable. Mientras que las relaciones espaciales se ven, las temporales son un constructo mental con un grado de abstracción alto (no

podemos tocar el tiempo) y un nivel de conceptualización convencional (somos los seres humanos quienes decidimos qué nombre damos a los diferentes intervalos temporales). En este proceso también entra en juego otro elemento, como es la posibilidad de medida del tiempo, apareciendo de esta manera el reloj, el calendario y los ejes cronológicos.

Por tanto, somos capaces de aprender y aprehender el tiempo mediante la percepción de su paso, la conceptualización y la posibilidad de medirlo, de parcelarlo y dividirlo en función de nuestras necesidades. Y, en este sentido, la creación de líneas temporales es un recurso didáctico visual y atractivo para la enseñanza y el aprendizaje de la Historia.

Conviene destacar también que otra de las dificultades que entraña el aprendizaje de la cronología estriba en que, en muchas ocasiones, no se entiende ésta si no es vinculada con un puro ejercicio de memorización. Esta realidad, que se ha visto arrastrada a lo largo de todas las épocas, produce en el alumnado una reticencia de base que les impide entender y disfrutar de la asignatura ya que parten de un prejuicio negativo y de rechazo. Es fundamental enfocar su enseñanza desde modelos que permitan la reflexión crítica, el debate, la participación y el disfrute [3][4]. Es en este punto donde entran en juego la innovación y la gamificación, combinadas con el uso de las TIC, que pueden ayudarnos a paliar algunas de las connotaciones negativas que implica el aprendizaje de la cronología histórica [5][6].

III. TRABAJO RELACIONADO

A. Realidad Aumentada en la educación: aprendizaje de la Historia

La RA se define como un conjunto de tecnologías y dispositivos que añaden información virtual a la información física que percibe el usuario [7], pudiendo mejorar la efectividad del aprendizaje y el interés de los estudiantes en entornos educativos basados en objetos y contexto del mundo real [8].

En los últimos años se ha experimentado un notable incremento de estudios y trabajos en RA en el ámbito educativo, identificando mejoras en el aprendizaje en diferentes materias y contextos educativos [9]. Algunos trabajos han explorado el uso de RA en niveles educativos de enseñanza superior como en grados [10] o postgrados universitarios [11], proporcionando herramientas tecnológicas útiles para formación muy específica en diferentes ramas de conocimiento, como ingeniería informática [12] o biología [13], aunque es en los niveles educativos más bajos, como primaria y secundaria, donde se observa un uso educativo más intenso de esta tecnología [14].

Así, podemos encontrar varias plataformas y herramientas de RA en Educación Primaria y Secundaria. Por ejemplo, *RoboticTIC* [41] es un juego que usa RA para que los niños aprendan programación usando metáforas visuales de carreteras, haciendo aumentar el interés y motivación del estudiante. Con *StoryMakAR* [42], los estudiantes de Secundaria usan RA mediante un smartphone para crear

historias y personajes virtuales, que pueden interactuar con objetos reales mediante una tarjeta electrónica plug-and-play. Pero en el contexto educativo de la universidad también podemos encontrar herramientas de RA. Es el caso de Cranium [43], que es una aplicación para estudiantes de medicina de universidad para aprender conceptos de anatomía humana, usando reconocimiento de imágenes de huesos y cráneo de un libro mostrando información detallada en 3D.

La RA utilizada para la enseñanza y el aprendizaje de la Historia se suele asociar con el aprendizaje del patrimonio histórico o la Arqueología: con usos didácticos destinados a elementos artísticos y patrimoniales o a la reconstrucción virtual de los mismos. Algunos ejemplos de este uso podemos encontrarlos en [2], donde utilizan la RA para trasladar al alumnado a los distintos edificios y construcciones civiles de la Antigua Roma o en [44], donde se utilizan la RA y los códigos QR para visitar exposiciones o trasladar información sobre lugares concretos, principalmente.

Otros trabajos explotan las posibilidades de la geolocalización y movilidad disponibles en los dispositivos usados habitualmente en RA, aplicándolos para aprender Historia en excursiones de campo [15] o en museos de Historia [16]. En [17], donde los estudiantes tienen que salir del centro educativo y buscar lugares del entorno que son ampliados con información histórica, además, se aprovechan las estrategias de aprendizaje kinésico.

Hay trabajos que extienden las posibilidades de inmersión [18], los que puede tener un impacto positivo para los estudiantes en aspectos como la motivación, el aprendizaje efectivo y la retención a largo plazo [19]. Por ejemplo, [20] propone un juego para estudiar construcciones romanas, donde el estudiante puede crear sus propios edificios y verlos con cascos inmersivos. [21] realiza una inmersión de 360° para estudiar la historia de la Arquitectura. Otros trabajos han aplicado técnicas de narración inmersiva (*immersive storytelling*) con RA para estudiar Historia [22] o combinar la RA con vídeos para ampliar la visualización de videos sobre Historia [23]. Incluso en algunos casos se combinan diferentes grados de inmersión trabajando con realidad aumentada, virtual y mixta de forma conjunta para la enseñanza de la Historia [11]. No obstante, la RA no solo se está utilizando con este fin. Las investigaciones realizadas en los últimos años han hallado numerosas ventajas en el uso de la RA en el contexto educativo: la motivación y experiencia de aprendizaje se ven incrementadas en los estudiantes de Educación Primaria y Secundaria [14], mejorando el desempeño y resultados de aprendizaje [24]. El uso de la RA se puede ver enriquecido con elementos de gamificación, incrementando el compromiso del estudiante, la motivación y la participación activa [25], a la vez que puede reducir la carga cognitiva [26]. Poniendo el foco en el aprendizaje de la Historia, Yildirim y sus colegas compararon el uso de una clase de Historia tradicional, usando imágenes y vídeos, con otra clase en la que se usó tecnología de RV en lugar de los vídeos, e identificaron que los estudiantes consideraron

que el uso de la tecnología inmersiva les proporcionó un aprendizaje más consistente y duradero que la clase tradicional [27]. La capacidad de entendimiento emocional y empatía son importantes factores del aprendizaje de la Historia que pueden ser mejorados con el uso de la RA [28]. En resumen, en el contexto del aprendizaje de la Historia, el uso de la RA mejora la experiencia de aprendizaje del estudiante, haciendo cambiar positivamente la percepción e imagen que tiene el/la estudiante sobre la asignatura de Historia [21].

Sin embargo, el uso de RA también puede presentar ciertas limitaciones o inconvenientes. Los entornos inmersivos pueden crear un exceso de emociones positivas (disfrute, entusiasmo, confianza, etc.), lo cual puede afectar a la atención cognitiva necesaria durante la clase y repercutir en los resultados de aprendizaje [10]. El estudiante se puede sentir sobrecargado por la complejidad del sistema o por la cantidad de datos que se le ofrece en la información aumentada de su pantalla [28]. Además, el uso de RA puede presentar problemas técnicos (aplicaciones pesadas, sobrecarga de la batería de dispositivos, etc.) [8][30], problemas ergonómicos [29], los usuarios propensos a mareos o náuseas pueden experimentar rechazo a esta tecnología [31] y puede exigir cierta competencia tecnológica al estudiante para poder utilizarla [32].

En lo relativo a los métodos instruccionales aplicados con RA, en una revisión de la literatura actual se puede comprobar que se utilizan varios [33]. En la mayoría de las intervenciones se ha aplicado aprendizaje colaborativo [34], aprendizaje basado en proyectos [32], aprendizaje basado en casos [35], aprendizaje activo [36] y aprendizaje por descubrimiento [37]. Sin embargo, son los métodos gamificados los que más presencia tienen en el uso de la RA, especialmente en los contextos educativos de Primaria y Secundaria [14], dando lugar a una puesta instruccional-tecnológica conocida como ARGBL (Augmented Reality Game-Based Learning). ARGBL se aplica con diferentes variantes, como son, aprendizaje basado en localización (Location-based ARGBL) [38], aprendizaje basado en indagación (Inquiry-based Learning) [39] y aprendizaje colaborativo con proyectos de juego (CSCL Play Project) [40].

En relación con las disciplinas académicas en educación Primaria y Secundaria, ARGBL es aplicado principalmente en áreas de ciencias puras y naturales, siendo la de ciencias sociales la que presenta una escasa investigación [14]. Esto ocasiona un *gap* considerable desde el punto de vista investigador en áreas como Geografía o Historia, donde las intervenciones de AR con gamificación pueden ser prometedoras, pero no han sido estudiadas en profundidad. De hecho, ya hay hallazgos que señalan que los estudiantes consideran muy apropiado el uso de la tecnología inmersiva para estudiar Historia, valorándola especialmente en la visualización de eventos históricos [27]. Además, la incorporación de gamificación mediante juegos de tableros de mesa puede mejorar significativamente los

resultados de aprendizaje, tal y como algunos trabajos han identificado en otras áreas de conocimiento, como pensamiento computacional [26]. En definitiva, estos indicios motivan el desarrollo de la investigación planteada en este artículo, poniendo el foco en la exploración de RA en el aprendizaje de la Historia con el uso de juegos serios.

B. Gamificación en el aprendizaje de la Historia

El interés de este trabajo pone el foco en el uso de la RA para el estudio y aprendizaje de la cronología histórica, que es uno de los aspectos que más reticencias genera en todas las etapas educativas. Especial atención merecen las soluciones que combinan elementos propios de la RA con ABJ o gamificación para el aprendizaje de la Historia, en función del uso que hagamos dentro de nuestro contexto educativo, combinando la aplicación de RA con diferentes juegos de mesa.

Para poder comprender mejor el contexto conceptual en el que nos movemos, debemos definir algunos términos: gamificación, Aprendizaje Basado en Juegos (ABJ) y juego.

El concepto de gamificación tiene una variedad de definiciones, más o menos amplias. Podemos comenzar afirmando que la gamificación, también conocida por su término latino ludificación, hace referencia a la utilización de elementos de juegos y técnicas para diseñar juegos en contextos no lúdicos [45] [46] [47] [48]. Otros autores añaden a esta definición la intención de transmitir un mensaje o unos contenidos y de favorecer la motivación, la implicación y la diversión [49]; otros, lo definen como una técnica, un método y una estrategia a la vez [50][51]. En este caso, se han de identificar en una actividad (educativa) los aspectos susceptibles de ser convertidos en juego o dinámicas lúdicas [50] y se aumenta la participación, la motivación y las habilidades de pensamiento crítico [51]. Por último, otros investigadores parten de la perspectiva del *game thinking* [46], en la cual “gamificar es plantear un proceso de cualquier índole como si fuera un juego”, por lo que los jugadores “deben divertirse mientras se consiguen los objetivos del proceso gamificado”. En definitiva, la gamificación pretende conseguir determinadas metas y/o hacer vivir experiencias gratificantes de aprendizaje [52].

Debemos decir en este punto que la gamificación es un concepto que surgió en el mundo del marketing [52] pero rápidamente se extendió a otros ámbitos, como el educativo, debido a los beneficios que se han identificado dentro del aula [45][53][54]. También, gracias a que la gamificación se usa para transformar la experiencia del aprendizaje en un juego educativo mediante el uso de elementos del juego que busquen motivar y mantener activos a los estudiantes [53].

Vinculado con la gamificación, debemos hacer referencia al término Aprendizaje Basado en Juegos (ABJ), para no confundir ambas expresiones. En ABJ se debe adaptar el

contenido para que se ajuste a la historia y a las reglas del juego, pero en la gamificación no es necesario [53]. Otra diferencia es que la gamificación no requiere el uso de juegos en sentido estricto (aquéllos ya existentes), pero ABJ sí implica el uso de juegos con fines didácticos en entornos educativos. Además, el uso de juegos en el aula se basa, por otro lado, en teorías educativas que afirman que el aprendizaje es más eficaz cuando es activo, experimental y orientado a la resolución de problemas [49]. Por estos motivos, en la experiencia descrita en esta publicación hemos empleado el término ABJ.

Por último, podemos afirmar que el juego es un elemento lúdico, un instrumento creador y también una manifestación cultural [54] [55]. Se define como “acción u ocupación libre que se desarrolla dentro de unos límites espaciales y temporales determinados, con unas reglas absolutamente obligatorias y libremente aceptadas” [55]. Es un fenómeno cultural y el ser humano tiene una predisposición psicológica a jugar [54] con diferentes perfiles [56] y eso es aprovechado por la gamificación, incluyendo el ABJ. Además, en el ámbito educativo, se utiliza con el fin de adquirir un conocimiento [54], por lo que la introducción de juegos en el aula ha de entenderse como un recurso más a utilizar, en el sentido de que el juego nos ayuda a conseguir los objetivos pedagógicos [57]. Como afirma Carreras, “aunque el juego, tal y como lo define Huizinga, está presente (quizás más que nunca) en la cultura del siglo XXI, la gamificación no es un argumento más a favor de esta afirmación sino una oportunidad educativa. Las mismas definiciones de gamificación ya reconocen que el objetivo es aplicar o utilizar las mecánicas del juego, y no convertir las aulas en una *comunidad de juego*” [52].

En particular, en la propuesta del trabajo aquí presentado, se utiliza el juego de mesa *Timeline*¹. Este juego de cartas, que gira en torno a la creación de ejes cronológicos, aporta el contexto lúdico, motivador y estimulante necesario para ofrecer al alumnado una forma fresca y sencilla de acercarse al tiempo histórico y a la elaboración de ejes cronológicos. Además, resulta muy atractivo por las imágenes que utiliza y la variedad de elementos históricos con los que se puede viajar a través del tiempo, permitiendo generar distintas líneas temporales basadas en diferentes temáticas: acontecimientos históricos, inventos, objetos... según la versión y trabajar de forma cooperativa o individual, aportando una gran versatilidad a la hora de introducirlo en la programación didáctica de los contenidos.

Como se ha comentado anteriormente, podemos vincular este recurso a dos metodologías distintas en función del uso que hagamos del mismo. En caso de que nos basemos en el juego, se enmarcaría en ABJ, ya que utilizaríamos el juego para transmitir directamente el conocimiento o apoyar su aprendizaje, permitiendo evaluar directamente la asimilación de los contenidos y sirviendo a la vez como instrumento de aprendizaje

¹ Empresa distribuidora en España Asmodee Ibérica (<https://asmodee.es/>)

y herramienta de evaluación. Este es el planteamiento que se ha tomado en los trabajos descritos en este artículo.

Por otro lado, este recurso también podría formar parte de un proceso de gamificación del aula para crear un entorno más atractivo en la clase de Historia. La gamificación puede definirse de diferentes formas en función del aspecto en el que queramos incidir: en los recursos utilizados o en los resultados [56][58]; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** [59].

En el caso de la propuesta con TILAR, ABJ es usado para poner el acento en la idea de promover el aprendizaje mediante el aumento de la participación, el fomento de la motivación y el apoyo a las habilidades de pensamiento crítico [51]; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En este sentido, ABJ aporta a nuestra propuesta el componente lúdico, que permite motivar al alumnado hacia el aprendizaje de los contenidos, el pensamiento crítico y la participación y colaboración grupal. Además, se fortalecen los vínculos entre el alumnado y se genera un aprendizaje significativo y competencial [53]. De cualquier modo, y escojamos la metodología que escojamos, “no jugamos para... jugamos por el puro placer de jugar” [57]. El juego es una finalidad en sí mismo, cuya fuerza puede ser aprovechada por los docentes para trabajar lo que deseen, en este caso, la cronología a través de la construcción de líneas temporales apoyadas en RA.

Nos gustaría añadir, en último lugar, un breve análisis de experiencias, llevadas a cabo en ámbitos educativos, similares a la nuestra. En el campo de las Ciencias Sociales existen diferentes propuestas en varios niveles educativos [45], que analizaremos brevemente a continuación, y trabajos teóricos, pero faltan estudios que valoren si el ABJ y la gamificación son herramientas o estrategias adecuadas para dichas intervenciones y, sobre todo, para la adquisición de contenidos de Historia [60].

Podemos señalar el uso del juego de Mine Craft para reforzar y consolidar contenidos de 1ª ESO sobre el Antiguo Egipto [61]. Otros videojuegos, como Civilization o Age of Empires han sido estudiados para trabajar la Historia en los niveles de Primaria y Secundaria. En estos juegos se unen Historia y patrimonio, porque cada etapa histórica se simboliza con una o varias representaciones de los elementos patrimoniales que les caracterizan [62]. Este último aspecto podría asemejarse a nuestra propuesta, ya que las cartas del juego Time Line llevan representaciones de objetos y/o acontecimientos históricos.

Dentro de las experiencias gamificadas en el aula de Secundaria y en Historia, podemos mencionar un estudio que valora sus fortalezas y debilidades [60]. En este caso, los estudiantes de 4º curso de ESO valoraron positivamente las estrategias gamificadas, afirmando que estos recursos mejoran sus procesos de enseñanza de Historia, incrementando también su motivación.

IV. TILAR Y TIMELINE

Las actividades de líneas del tiempo son una de las formas más utilizadas por parte de los docentes de Historia. La herramienta

TILAR es una aplicación con tecnología RA para Smartphone, que ayuda en la realización de actividades de línea de tiempo, y vinculada de manera inseparable con el juego Timeline, de modo que no es posible usar la aplicación sin el juego de mesa. Mientras el juego de mesa Timeline cumple con los fundamentos de la pirámide de Werbach [66] [67] la herramienta TILAR, que no es un juego en sí mismo, está indicada para complementar y facilitar el desarrollo de una parte del juego de mesa, la resolución de uno de los retos.

Los recursos que se utilizan en la experiencia en el aula son una baraja de cartas Timeline y un teléfono móvil con TILAR instalada y con conexión a Internet. De la baraja original del juego de mesa se seleccionaron 28 naipes, que son los que se usan en la experiencia. En el juego original cada naipe tiene por

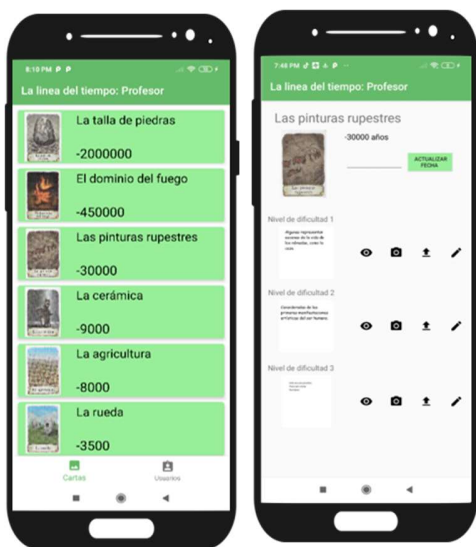
(Pantalla A)

(Pantalla B)

FIG. 1. ALTA DE UN NAIPES CON LAS PISTAS A MOSTRAR CON REALIDAD AUMENTADA.

un lado una imagen sobre un acontecimiento histórico, y en su reverso tiene la misma imagen acompañada del año en el que ocurrió. En cambio, en la experimentación realizada en este trabajo que se detallará en la Sección V, los estudiantes no dispusieron del reverso de la carta, para favorecer la interacción con el profesor, que debía proporcionarles la solución correcta, quizá con algunos comentarios. En cuanto a la dinámica del juego, los estudiantes se distribuyen entre 4 y 6 jugadores. Cada estudiante coge 4 cartas de la baraja al azar y el resto se reservan en un mazo central. Se escoge la primera carta del mazo central y se coloca en el centro de la mesa por el reverso (mostrando el año). A partir de este momento comienza el juego de tal forma que el jugador activo selecciona una de sus cartas y debe colocarla a la izquierda de la carta central (si cree que el suceso es anterior al que hay en la mesa) o a la derecha (si cree que es posterior). El estudiante puede en todo momento utilizar el teléfono móvil enfocando con la cámara a la carta, TILAR detectará el evento correspondiente y mostrará en la pantalla con RA tanto el naipe como una pista sobre su cronología. El estudiante puede interactuar con la aplicación, pudiendo solicitar una segunda y hasta una tercera pista. Las pistas son frases o imágenes explicativas sobre la cronología del evento. Si el estudiante acierta, deja la carta colocada en la línea del tiempo y pasa el turno. Si falla, descarta el naipe en cuestión, roba uno nuevo del mazo central y pasa el turno. Esta dinámica se repite hasta que algún estudiante se quede sin cartas, ganando así la partida.

TILAR ofrece dos utilidades (*Frontend Web* y *móvil*) para el profesor que permite dar de alta en el sistema nuevas cartas de eventos y pistas. La Figura 1 muestra dos capturas de pantalla de TILAR donde se puede ver el alta de una nueva carta (Pantalla A) y el listado de las cartas del juego (Pantalla B). Para ello, el profesor carga un fichero con la imagen del evento o hace una foto si tiene la imagen en un naípe e inserta su cronología. Además, debe definir tres pistas sobre el evento (de menor a mayor detalle), que pueden ser en formato texto o gráfico mediante imágenes o fotos desde la cámara del teléfono móvil.



TILAR está desarrollado con Kotlin y con el SDK de Java para Android y utiliza una arquitectura de servicios con Firebase² (Database y Storage). Como tecnología de RA integra Vuforia mediante una base dinámica de marcadores. Esta arquitectura permite que las actualizaciones y nuevas altas de cartas que haga el profesor se sincronicen automáticamente cada vez que se inicia la aplicación en el móvil, sin necesidad de despliegues de .APK.

V. EXPERIENCIA DE USO EN EL AULA

Se ha realizado una experiencia con alumnos organizada en dos intervenciones: en Educación Primaria y en Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Se describen a continuación los aspectos comunes a ambas intervenciones (subsecciones desde A hasta D) y posteriormente los aspectos particulares (subsecciones E y F).

A. Objetivo e hipótesis

El objetivo de esta experiencia es analizar si el uso de RA combinada con el juego TimeLine contribuye activamente a la mejora del aprendizaje del tiempo histórico y proporciona elementos emocionales positivos que puedan incrementar aspectos como la motivación del alumnado. Con este objetivo se han definido dos preguntas de investigación:

RQ1: ¿el uso de realidad aumentada combinada con metodologías de gamificación mejora los resultados de aprendizaje del tiempo histórico?

RQ2: ¿el uso de realidad aumentada combinada con metodologías de gamificación impacta positivamente en las emociones de los estudiantes?

B. Diseño de la experiencia

Para contestar a las preguntas anteriores se realizaron dos intervenciones con un diseño diferente. Una primera intervención tuvo un diseño cuasiexperimental pre-post con un solo grupo de tratamiento formado por alumnos de Educación Primaria, y tuvo un objetivo exploratorio de validación inicial del impacto de la propuesta en el conocimiento, emociones y percepción del estudiante. Esta intervención permitió constatar evidencias de posibles mejoras en el impacto de resultados académicos y emociones, por lo que se organizó una segunda intervención, con un diseño experimental pre-post con alumnos de ESO donde intervino un grupo de control y otro experimental.

C. Muestra y contexto educativo

En la experiencia han participado un total de 76 estudiantes. La primera intervención se organizó con 19 estudiantes de 5º curso de Primaria del colegio Santa Elena, ubicado en la localidad madrileña de Villarejo de Salvanés. La experimentación tuvo lugar durante la primavera del curso académico 2020/2021. En este curso las clases fueron totalmente presenciales, pero debido a la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2, las autoridades sanitarias y académicas no permitieron el acceso a los centros docentes a personal ajeno a los mismos, por lo que el contacto de los investigadores con los profesores para explicar y organizar las sesiones y el material empleado se realizó a través de correo electrónico y videoconferencia, y las propias sesiones de experimentación fueron exclusivamente controladas por los docentes del colegio. La segunda intervención se realizó con 57 estudiantes de 2º y 3º curso de ESO del Instituto de Educación Secundaria Rafael Frúbeck de Burgos, localizado en la ciudad de Leganés y del Colegio San Viator de Madrid, respectivamente. En este caso se formaron un grupo de control de 28 estudiantes y otro grupo experimental de 29 estudiantes.

En Educación Primaria se estudia una asignatura denominada Ciencias Sociales, donde los estudiantes adquieren una visión general de la Historia, aprendiendo sus diferentes edades y etapas, junto con la duración y datación de los hechos históricos significativos que las acotan, y utilizando el concepto de línea del tiempo [63][63]. En Educación Secundaria el grado de profundidad es mucho mayor, dedicando cada uno de los cuatro cursos a cada una de las cuatro Edades en la asignatura denominada Geografía e Historia [64][64].

D. Instrumentos y variables

Se han diseñado y validado dos instrumentos para medir el nivel de conocimiento adquirido por los estudiantes. Al tratarse de una experiencia muy concreta, dichos instrumentos se han

² <https://firebase.google.com/>

validado bajo el modelo “validación por expertos” por una muestra específica de profesores de educación primaria y secundaria, permitiéndonos trabajar con instrumentos fiables.

- BCQ (Basic Chronology Questionnaire). Se trata de un cuestionario formado por tres preguntas: la primera de ellas muestra diez acontecimientos históricos a clasificar por el momento en los que se produjeron (Antes o Después de Cristo); la segunda pregunta consiste en ordenar cronológicamente las cinco edades de la Historia; la tercera y última pregunta consiste en asociar nueve eventos históricos con diferentes etapas o edades históricas.
- CST (Chronological Sort Task). Consiste en realizar una tarea de ordenación cronológica de 10 tarjetas con imágenes de distintos acontecimientos. Las imágenes que se deben ordenar son las propias tarjetas del juego TimeLine y el estudiante debe ordenarlas de menor a mayor fecha en la que se produjo el acontecimiento que muestra.

La evaluación de la tarea de ordenación consiste en comparar la ordenación realizada por el estudiante con la ordenación correcta de esos acontecimientos y valorar el grado de aciertos/fallos en esa ordenación. Esta evaluación se realizó mediante el cálculo de inversiones [65], que constituye una medida de similitud que devuelve una distancia entre dos listas, permitiendo comparar el grado de parecido entre ambas. Dadas las listas A y B:

$$A: 1, 2, \dots, n$$

$$B: a_1, a_2, \dots, a_n$$

Decimos que i y j están invertidos si

$$i < j \text{ pero } a_i > a_j$$

Se diseñó y programó un algoritmo en Java para comparar la lista elaborada por cada estudiante a evaluar con la solución, obteniendo un índice de similitud (el número de inversiones)[65]. Si la lista a comparar coincide con la solución, el número de inversiones es cero. El número máximo posible de inversiones para las listas de diez elementos empleadas es de 45, caso que se produce si la lista está completamente desordenada.

Estos instrumentos fueron preparados específicamente para la experiencia y se realizaron teniendo en cuenta los niveles educativos de los participantes. En consecuencia, se diseñó la escala BCQ con un nivel más bajo y fácil de resolver para los estudiantes de Primaria, mientras que la escala CST se diseñó para los estudiantes de Secundaria con un nivel mayor de conocimientos y capacidades.

Existen varios cuestionarios para medir el estado emocional y la percepción de usabilidad del usuario. Por ejemplo, el cuestionario PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) y AEQ (Achievement Emotions Questionnaire) permiten medir las emociones del estudiante, mientras que el cuestionario SUS (System Usability Scale) mide la usabilidad de aplicaciones informáticas. Sin embargo, estos cuestionarios presentan una dificultad para aplicarlos en el presente estudio ya que están

diseñado para adultos y algunos ítems pueden ser incomprensibles para los niños participantes en el estudio. En consecuencia, se decidió diseñar unos cuestionarios específicos para la experiencia formado por ítems y expresiones más sencillas y adaptadas a la edad de los participantes. Además, estos cuestionarios fueron revisado por los profesores de Educación Primaria y Secundaria asegurando así su pertinencia. Los cuestionarios utilizados fueron:

- Un cuestionario de usabilidad formado por 16 ítems a valorar por el estudiante con una escala Likert de 1 a 5 donde 1 significa que está en total desacuerdo con el ítem y 5 en total acuerdo. También contiene cuatro preguntas abiertas para recoger la opinión sobre TILAR y una más sobre valoración general, nuevamente con escala Likert.
- Un cuestionario que pide al estudiante que valore cómo se sintió al utilizar TILAR para obtener pistas mediante la RA. Este cuestionario propone o sugiere algunas emociones, como indiferencia, interés, sorpresa o

FIG 2. VARIABLES DEPENDIENTES

curiosidad, pero está abierto a cualquier otra posible respuesta.

A partir de esos instrumentos se han definido un conjunto de variables dependientes relacionadas con el conocimiento y las emociones, según dos momentos de medidas: antes del inicio de la experiencia (los nombres de estas variables tienen el sufijo PRE) y al finalizar la experiencia (añadiendo el sufijo POS a los nombres de las variables). La Figura 2 muestra las variables dependientes que se han medido con estos instrumentos.

E. Proceso de intervención

El proceso de intervención aplicado en Educación Primaria y Secundaria (ver Figura 3) fue diferente debido a que en el primer caso se realizó con un enfoque exploratorio y la edad de los estudiantes fue menor a los del segundo caso. Se describe en primer lugar la intervención realizada en Educación Primaria. En esta intervención exploratoria se organizó un solo grupo de estudiantes que recibieron dos tratamientos. El proceso se desarrolló en las siguientes etapas:

- Etapa 1. Pretest. Se realizó una evaluación del nivel de conocimiento con la escala BCQ antes de comenzar la sesión.
- Etapa 2. Familiarización con el juego. Los estudiantes utilizaron el juego de cartas de manera individual con un mazo para cada estudiante asistidos por su profesora.
- Etapa 3. Tratamiento de RA. Los estudiantes volvieron a utilizar el juego, pero en esta ocasión de forma cooperativa y utilizando TILAR, que fue instalada en varios teléfonos móviles que compartieron los estudiantes. En este caso también recibieron apoyo por parte de su profesora mediante explicaciones. La sesión duró casi dos horas, y cabe destacar el interés demostrado

por los estudiantes, sin mostrar en ningún momento signos de cansancio o aburrimiento.

- Etapa 4. Post test. Una vez concluida la actividad los estudiantes realizaron un post test con la escala BCQ.

Variable dependiente	Descripción	Instrumento
CONOCIMIENTO_PRE	Nivel de conocimiento antes de la experiencia	BCQ/CST
CONOCIMIENTO_POST	Nivel de conocimiento tras la experiencia	BCQ/CST
PERCEP_CONO_POS	Percepción del estudiante sobre su conocimiento tras la experiencia	Cuestionario de usabilidad
RELACION_HISTORIA_POS	Motivación del uso de RA para estudiar Historia tras la experiencia	Escala de emociones
USAB_JUEGO_APP	Usabilidad del juego con TILAR	Cuestionario de usabilidad
USAB_APP	Usabilidad de TILAR	Cuestionario de usabilidad

A continuación, se describe la intervención en Educación Secundaria. Los estudiantes se organizaron en dos grupos: Grupo Experimental (GE), que utilizó el juego de mesa en combinación con teléfonos móviles con TILAR, y Grupo de Control (GC), que utilizó solo el juego sin ayuda de TILAR. El proceso se desarrolló en las siguientes etapas:

- Etapa 1. Pretest. Se realizó una evaluación del nivel de conocimiento con la escala CST antes de comenzar la actividad.
- Etapa 2. Desarrollo de la actividad. El GC practicó con el juego, mientras que el GE, además, usó TILAR. Las

FIG. 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN EDUCACIÓN PRIMARIA

partidas se desarrollaron con una variante respecto a las reglas del juego original: en esta ocasión, si se producía un fallo la carta se quedaba colocada en la línea del tiempo, en lugar de descartarse, de cara a aprovechar mejor el aprendizaje asociado a esa carta. Los estudiantes dedicaron a la actividad dos sesiones de 50 minutos cada una.

- Etapa 3. Post test. Una vez concluida la actividad los estudiantes realizaron un post test con la escala CST.

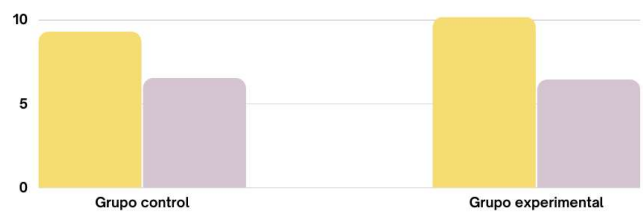


FIG. 3. ETAPAS DE LA EXPERIMENTACIÓN

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultados de aprendizaje

FIG. 5. RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Nivel educativo	PERCEP_CONO_POS	RELACION_HISTORIA_POS	USAB_JUEGO_APP	USAB_APP
PRIMARIA	3,67	3,33	3,53	3,78
SECUNDARIA	4,05	3,61	4,14	4,08

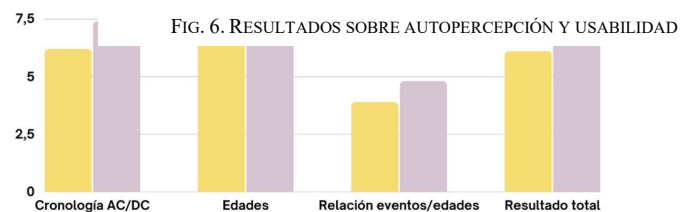


FIG. 6. RESULTADOS SOBRE AUTOPERCEPCIÓN Y USABILIDAD

Los resultados de aprendizaje mejoraron tras la experiencia. La Fig. 4 muestra los resultados del conocimiento adquirido por los estudiantes de Educación Primaria, donde se pueden ver las puntuaciones antes y después de la intervención en tres conceptos evaluados: identificación de cronología A.C. y D.C., ordenación de edades de la Historia y relación de eventos con edades de la Historia. Como se puede observar, la pregunta de las edades de la Historia (barra “Edades” de la Figura 4) no aportó apenas información, puesto que los estudiantes conocían casi perfectamente la respuesta correcta antes de la intervención. Sí se aprecia un incremento importante en las otras dos preguntas, así como en el resultado global del ejercicio, que representa la media ponderada de las tres preguntas en base al número de decisiones a tomar en cada una de ellas.

En cuanto al experimento de Educación Secundaria, en la Figura 5 se puede ver los resultados relativos al instrumento de conocimiento CST. Conviene recordar que las listas están mejor

ordenadas si el número de inversiones es lo más bajo posible, es decir, en este caso la mejora se produce si el valor de la medida disminuye. Se puede ver que el grupo que usó la metodología de gamificación con TILAR tuvo una puntuación de inversiones ligeramente menor tras la experiencia que el grupo que no usó TILAR (6.54 vs. 6.45). Además, se puede ver que la ganancia de aprendizaje (diferencia al finalizar y al empezar) fue mayor en el grupo que usó TILAR.

Estos resultados obtenidos están en línea con trabajos previos. Aunque [22] no encontró una mejora significativa en los resultados académicos, [28] halló que el uso de RA mejoró el aprendizaje y el entendimiento de algunos hechos históricos. Por otro lado, en relación con el uso combinado de gamificación y RA, [26] encontró una mejora en el aprendizaje de conceptos de programación en los alumnos que utilizaron un juego de mesa y RA respecto a lo que no usaron RA. El estudio presentado aquí está en sintonía con los resultados de [26] y supone una evidencia de que esta mejora también se da en el aprendizaje de historia.

B. Autopercepción y motivación

Los resultados indican que, para los estudiantes de Secundaria, la percepción de conocimiento adquirido fue alta, con puntuaciones por encima de 4.0 en una escala de 1 a 5 (ver Figura 6). Esta variable recogió preguntas del cuestionario en las que los estudiantes manifestaron su mejor comprensión y recuerdo de aspectos y eventos de la Historia al utilizar TILAR.

Puntuaciones en el mismo rango se obtuvieron al medir la calidad de la usabilidad (tanto de TILAR como del juego). En esta ocasión las preguntas estuvieron dirigidas hacia la facilidad de uso y sencillez del juego y de la aplicación, y también a su originalidad y deseo de los estudiantes de volver a utilizarlos. Los estudiantes de Primaria obtuvieron valores algo más bajos para estas variables (3.5 y 3.8), posiblemente debido a una mayor carencia de conocimientos sobre la materia.

Por otra parte, la variable relativa a la relación directa entre el uso de RA y la motivación por estudiar Historia (RELACION_HISTORIA_POS) fue la que alcanzó una valoración más baja en los dos niveles educativos, aun superando la valoración de 3.3 en los dos niveles educativos. Esta variable se midió con una sola pregunta que vinculaba el uso de la aplicación con el interés por el estudio de su asignatura de Historia cotidiana. En cuanto a las emociones experimentadas, en el grupo de Primaria “alegría” fue la respuesta más repetida, seguida de lejos por “curiosidad” e “interés”, asociándose la inmensa mayoría de las respuestas a emociones positivas. En el grupo de Secundaria, “curiosidad” fue la respuesta más repetida, seguida por “interés”. Más atrás, pero con un número de respuestas significativo, aparecen “sorpresa” e “indiferencia”. Como dato final de la experiencia cabe señalar que las profesoras de Primaria destacaron el entusiasmo de los estudiantes con la actividad, pero consideraron algo complejas las actividades del juego, mientras que los estudiantes señalaron la conveniencia de introducir mejoras en las pistas que proporcionaba TILAR. En relación con las emociones, trabajos previos han encontrado que los estudiantes han experimentado disfrute y alegría con el uso de

RA para el estudio de historia [27], lo cual está en línea con los resultados de este estudio. Sin embargo, hay que tener en cuenta que un uso elevado de inmersión puede disminuir el rendimiento cognitivo [10] y generar emociones negativas por no entender cómo manejar la RA [30]. Pese a ello, el uso de RA en aprendizaje de la Historia genera en los estudiantes una empatía y entendimiento emocional por la asignatura [28], tal y como señalan los resultados del presente estudio en relación con la motivación del uso de RA para estudiar la asignatura.

VII. CONCLUSIONES

Se ha realizado una experiencia con alumnos de Primaria y Secundaria con RA, combinada con una metodología de gamificación, usando el juego educativo TimeLine para el aprendizaje de la cronología en Historia. Los hallazgos encontrados dan indicios de que el uso de RA con metodologías de gamificación mejora los resultados de aprendizaje e impacta positivamente en la motivación y emociones de los estudiantes. Las pruebas de conocimiento en Educación Primaria tras la experiencia dieron buenos resultados (mejoraron de 6.1 a 7.0 sobre 10). Por otro lado, en Educación Secundaria el uso del juego provocó un avance importante, que fue aún mayor cuando se combinó con la aplicación. En cuanto a los aspectos relacionados con la usabilidad, los resultados de los cuestionarios ofrecieron puntuaciones altas, especialmente en Educación Secundaria. Esto incluye elementos de autopercepción del aprendizaje, de la motivación asociada a utilizar herramientas cuya usabilidad es alta y de las emociones reconocidas, positivas en su gran mayoría.

Como lección aprendida de la experiencia se señala que la información que aporta la RA al estudiante debe suponer un valor añadido para el mismo. En nuestro caso, esta información eran las pistas sobre la cronología histórica para resolver el juego, por lo que conviene animar a su uso, incluso aunque los estudiantes crean conocer antes la respuesta correcta. Esto enriquecerá el conocimiento adquirido y posiblemente mejore la valoración de la aplicación. Como trabajo futuro se pretende realizar un análisis estadístico inferencial para confirmar si la ganancia de aprendizaje hallado en estas experiencias es estadísticamente significativa, así como analizar las posibles diferencias en el impacto entre los dos niveles educativos de Primaria y Secundaria. También resultará de interés incorporar a la experimentación un tercer grupo en el que no se utilice ni el juego de cartas ni la aplicación, de cara a medir el impacto de ambas variables.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado con el proyecto *eMadrid* (P2018/TCS-4307). Queremos dar las gracias al colegio Santa Elena de Villarejo de Salvanés, a sus estudiantes, a su dirección y a sus profesoras Raquel y Noemí, por su ayuda y generosidad. También a los colegios Rafael Frúbeck de Burgos y San Viator.

REFERENCIAS

- [1] A. I. Abdul-Jabbar and P. Felicia, “Gameplay Engagement and Learning in Game-Based Learning: A Systematic Review,” *Review of Educational Research*, vol. 85, no. 4, pp. 740-779, 2015, doi:10.3102/0034654315577210.

- [2] I. Remolar, C. Rebollo and J.A. Fernández-Moyano, "Learning History Using Virtual and Augmented Reality," *Computers*, vol. 10, no. 146, 2021. <https://doi.org/10.3390/computers10110146>.
- [3] J. Cabero y F. García, "Realidad Aumentada," in *Tecnología para la formación*, Spain: Editorial Síntesis, 2016.
- [4] B. Rodríguez, "Realidad Aumentada en Educación Primaria: Revisión sistemática," *Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, vol. 77, pp. 169-18, 2021, <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.77.1703>.
- [5] J. Cabero y J. Barroso. "Ecosistema de aprendizaje con realidad aumentada: posibilidades educativas," *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, vol. 5, pp. 141–154, 2016 <https://doi.org/10.51302/tce>.
- [6] M.C. Mesquida-Jerez y A. Pérez, "Estudio de APPs de realidad aumentada para su uso en campos de aprendizaje en un entorno natural," *EDUTEC Revista electrónica de Tecnología Educativa*, vol.62, 2017, <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2017.62.1017>.
- [7] R.G. Delgado, NS. Parra y P.M.N. Trujillo, "AR-Learning: libro interactivo basado en realidad aumentada con aplicación a la enseñanza," *Didáctica de la Lengua y la Literatura Educación*, pp. 74–88.
- [8] F. Ozdamli F and C. Hursen, "An Emerging Technology: Augmented Reality to Promote Learning," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 12, no.11, pp. 121-137, 2017, <https://doi.org/10.3991/ijet.v12.i11.7354>.
- [9] M. Akçayır and G. Akçayır, "Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature," *Educ Res Rev*, vol. 20, pp. 1–11, 2017.
- [10] J. Parong, R.E. Mayer, "Learning about history in immersive virtual reality: does immersion facilitate learning?," *Education Tech Research Dev*, vol. 69, pp. 1433–1451, 2021, <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09999-y>.
- [11] J. Cabero-Almenara, C. Llorente-Cejudo and R. Martínez-Roig, "The Use of Mixed, Augmented and Virtual Reality in History of Art Teaching: A Case Study," *Appl Syst Innov*, vol. 5, no. 44, 2022 <https://doi.org/10.3390/asi5030044>.
- [12] M.B. Ibáñez, J. Peláez, and C. Delgado, "Using an augmented reality geolocalized quiz game as an incentive to overcome academic procrastination," in *Interactive Mobile Communication, Technologies and Learning*, Springer, pp. 175-184, 2018.
- [13] J. De Alda, J.M. Marcos-Merino, F.J.M. Gómez, et al., "Academic emotions and the learning of biology, a long-lasting association," *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 37, pp. 43–61, 2019.
- [14] N. Pellas, P. Fotaris, I. Kazanidis, and D. Wells, "Augmenting the learning experience in Primary and Secondary school education: A systematic review of recent trends in augmented reality game-based learning," *Virtual Reality*, Dec. 2019, doi: 10.1007/s10055-018-0347-2.
- [15] R. Aoyama, "Using Augmented Reality and Gamification to Make History Field Trips More Engaging for University Students," in *6th International Conference on Language, Education, Humanities and Innovation*, 2017.
- [16] L. Bernarduzzi, E.M. Bernardi, A. Ferrari, M.C. Garbarino and A. Vai, "Augmented Reality Application for Handheld Devices: How to Make It hAPPen at the Pavia University History Museum," *Science & education*, vol. 30, no. 3, pp. 755–773, 2021, <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00197-z>.
- [17] T.H.C. Chiang, S.J.H. Yang, and G.J. Hwang, G.-J., "An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities," *Educational Technology & Society*, vol. 17, no. 4, pp. 352–365, 2014.
- [18] N. Pellas, S. Mystakidis, and I. Kazanidis, "Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature," *Virtual Reality*, vol. 25, no. 3, pp. 835–861, Sep. 2021, doi: 10.1007/s10055-020-00489-9.
- [19] J. Hutson and T. Olsen, "Virtual Reality and Art History: A Case Study of Digital Humanities and Immersive Learning Environments," *Journal of Higher Education Theory and Practice*, vol. 22, no. 2, Art. no. 2, Mar. 2022, doi: 10.33423/jhetp.v22i2.5036.
- [20] I. Remolar, C. Rebollo, and J. A. Fernández-Moyano, "Learning History Using Virtual and Augmented Reality," *Computers*, vol. 10, no. 11, Art. no. 11, Nov. 2021, doi: 10.3390/computers10110146.
- [21] D. M. Ben Guida, "Augmented Reality and Virtual Reality: A 360° Immersion into Western History of Architecture," *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, vol. 8, no. 9, pp. 6051-6055, 2020. DOI: 10.30534/ijeter/2020/187892020
- [22] M. B. Garcia, "Augmented reality in history education: an immersive storytelling of American colonisation period in the Philippines," *Int. J. Learning Technology*, vol. 15, no. 3, p. 234, 2020. doi: 10.1504/IJLT.2020.112170.
- [23] M. Raghaw, J. Paulose and B. Goswami, "Augmented reality for history education," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 2, pp.121-125, Mar. 2018, DOI: 10.14419/ijet.v7i2.6.10136
- [24] Y.H. Hung, C.H. Chen and S.W. Huang, "Applying augmented reality to enhance learning: a study of different teaching materials," *J Comput Assist Learn*, vol. 33, no. 3, pp. 252–266, 2017.
- [25] G. Lampropoulos, E. Keramopoulos, K. Diamantaras, and G. Evangelidis, "Augmented Reality and Gamification in Education: A Systematic Literature Review of Research, Applications, and Empirical Studies," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 13, Art. no. 13, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12136809.
- [26] S.-Y. Huang, W. Tarnq, and K.-L. Ou, "Effectiveness of AR Board Game on Computational Thinking and Programming Skills for Elementary School Students," *Systems*, vol. 11, no. 1, Jan., 2023, doi: 10.3390/systems11010025.
- [27] G. Yildirim, M. Elban and S. Yildirim, "Analysis of Use of Virtual Reality Technologies in History Education: A Case Study," *Asian Journal of Education and Training*, vol. 4, no. 2, pp. 62-69, 2018.
- [28] J. Challenor and M. Ma, "A Review of Augmented Reality Applications for History Education and Heritage Visualisation," *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 3, no. 2, Jun., 2019, doi: 10.3390/mti3020039.
- [29] A. Gardeli and S. Vosinakis, "ARQuest: A Tangible Augmented Reality Approach to Developing Computational Thinking Skills," In: *11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, pp. 1–8, 2019.
- [30] I. W. P. Utami, I. Lutfi, S. S. P. Jati, and M. Y. Efendi, "Effectivity of Augmented Reality as Media for History Learning," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 14, no. 16, Aug., 2019, doi: 10.3991/ijet.v14i16.10663.
- [31] D. Allcoat, T. Hatchard, F. Azmat, et al, "Education in the Digital Age: Learning Experience in Virtual and Mixed Realities," *Journal of Educational Computing Research*, vol. 59, pp. 795–816, <https://doi.org/10.1177/0735633120985120>.
- [32] R. Salar, F. Arici, S. Caliklar and R.M. Yilmaz, "A Model for Augmented Reality Immersion Experiences of University Students Studying in Science Education," *J Science Education and Technology*, vol. 29, pp. 257–271, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09810-x>.
- [33] M. D. Gómez-Rios, M. Paredes-Velasco, R. D. Hernández-Beleño, and J. A. Fuentes-Pinargote, "Analysis of emotions in the use of augmented reality technologies in education: A systematic review," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 31, no. 1, pp. 216–234, 2023, doi: 10.1002/cae.22593.
- [34] A. Alamäki, A. Dirin, J. Suomala, "Students' expectations and social media sharing in adopting augmented reality," *The International Journal of Information and Learning Technology*, vol.38, pp. 196–208, 2012, <https://doi.org/10.1108/IJILT-05-2020-0072>.
- [35] T. Khan, K. Johnston and J. Ophoff, "The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students," *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2019, 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>.
- [36] L. Cen, D. Ruta, L. L.M. Al Qassem, and J. Ng, "Augmented Immersive Reality (AIR) for Improved Learning Performance: A Quantitative Evaluation", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2020.

- [37] M. Fidan, and M. Tuncel, "Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education", *Computers & Education*, vol. 142:103635, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>
- [38] D. Atwood-Blaine, and D. Huffman, "Mobile gaming and student interactions in a science center: the future of gaming in science education," *Int J Sci Math Educ Suppl*, vol. 1, pp. 45–65, 2017.
- [39] I. Efstathiou, D. Kyza, and Y. Georgiou, "An inquiry-based augmented reality mobile learning approach to fostering Primary school students' historical reasoning in non-formal settings," *Interact Learn Environ*, vol. 26, no. 1, pp. 22–41, 2017.
- [40] N. Enyedy, J.A. Danish, G. Delacruz, and M. Kumar, "Learning physics through play in an augmented reality environment," *Int J Comput Support Collab Learn*, vol. 7, no. 3, pp. 347–378, 2012.
- [41] S. Schez-Sobrino, D. Vallejo, C. Glez-Morcillo et al., RoboTIC: A serious game based on augmented reality for learning programming. *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, pp. 34079–34099, 2020.
- [42] T. Glenn, A. Ipsita, C. Carithers et al., "StoryMakAR: Bringing Stories to Life With An Augmented Reality & Physical Prototyping Toolkit for Youth," in *Proc. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–14, 2020.
- [43] J. Paladines Rodríguez y D.N.Tettamanti Montalván, "Aplicación en formación de la realidad aumentada para el estudio de los huesos del cráneo utilizando dispositivos móviles," *Revista Iberoamericana de la Educación*, 2017, <https://doi.org/10.31876/ie.v1i1.6>.
- [44] J. J. Leiva y N. Moreno, "Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas," *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, vo. 31, 2015.
- [45] J. M. Prieto Andreu, "Una revisión sobre gamificación en Historia y Geografía," *Metodologías activas con TIC en la educación del siglo XXI*, España: Dykinson, pp. 1616-1640, 2021.
- [46] K. Werbach, *For the win: how game thinking can revolutionize your business*, USA:Wharton Digital Press, 2012.
- [47] Y. Attali y A. Arieli-Attali, "Gamification in assessment: do points affect test performance?," *Computers and Education*, vol. 83, no. 1, pp. 57-63, 2015, <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.012>.
- [48] C. S. González, N. Gómez, V. Navarro, M. Cairós, C. Quirce, P. Toledo y N. Marrero-Gordillo, "Learning healthy lifestyles through active videogames, motor games and the gamification of educational activities," *Computers in Human Behavior*, vol. 55, pp. 529-551, 2016, <http://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.052>.
- [49] A. Carrasco Rodríguez, P. Martínez Poveda y M. Fernández-Caballero Rodríguez, "Entre la gamificación y el aprendizaje basado en juegos: yincanas históricas presenciales y online". Redes de investigación e innovación en docencia universitaria, Ed Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat d'Alacant, pp. 639- 649, 2021
- [50] I. Marín y E. Hierro, "Gamificación: el poder del juego en la gestión empresarial y la conexión con los clientes," *Empresa Activa*, 2013.
- [51] K. Kapp, *La gamificación del aprendizaje y la instrucción: métodos y estrategias de juego para la formación y la educación*, US: Pfeiffer, 2012.
- [52] C. Carreras, "Del homo ludens a la gamificación," *Quaderns de Filosofia*, vol. 4, no. 1, pp. 107-18, 2017.
- [53] M. G. Flores Polán, "Bondades de la gamificación en el marco educativo", in *Metodologías activas con TIC en la educación del siglo XXI*, España: Dykinson, pp 1079-1104, 2021.
- [54] M. Pisabarro y C. E. Vivaracho, "Gamificación en el aula:gincana de programación," *Proc. de JENUI*, pp. 39-46, 2017.
- [55] J. Huizinga, *Homo ludens*, España: Alianza editorial, 1998.
- [56] D. Vergara, Á. Antón-Sancho and P. Fernández-Arias, "Player profiles for game-based applications in engineering education," *Computer Applications in Engineering Education*, vol.31, no. 1, pp. 154-175, 2023.
- [57] O. Ripoll, "El juego como herramienta educativa," *Educación social: Revista de intervención socioeducativa*, vol. 33, pp. 11-27, 2006.
- [58] R. Contreras y J. Eguia, *Experiencias de gamificación en aulas*, Barcelona, España: InCom-UAB Publicacions, 2017.
- [59] A. Macías, "La Gamificación como estrategia para el desarrollo de la competencia matemática: plantear y resolver problemas," Guayaquil: Universidad Casa Grande Trabajo Final para la Obtención del Título de Magister en Tecnología e Innovación Educativa, 2017.
- [60] I. M. Gómez, "Gamificación y tecnologías como recursos y estrategias innovadores," *Educação & Formação*, vol. 3, no. 8, pp. 3-16, 2018, <https://doi.org/10.25053/redufor.v3i8.267>.
- [61] J. M. Guevara, "Press Start, los videojuegos como recurso educativo: una propuesta de trabajo con Minecraft y Ciencias Sociales," *Ar@cne Revista Electrónica de Recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*, pp. 1-15, 2015.
- [62] J. M. Cuenca-López y R. Jiménez-Palacios, "Enseñando Historia y Patrimonio a través de los videojuegos: investigación e innovación," *RiMe Rivista dell'Istituto di Storia dell'Europa Mediterranea*, vol. 2, pp. 43-64, 2018, <https://doi.org/10.7410/1353>.
- [63] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, núm 52. 1 de marzo de 2014. BOE-A-2014-2222. p. 20-25, 2014.
- [64] Comunidad de Madrid. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, Núm 118. 20 de Mayo de 2015. p.58-67, 2015.
- [65] F. Berzal, "Comparación de preferencias," Curso de Análisis y Diseño de Algoritmos, 2011, <https://elvex.ugr.es/decsai/algorithms/#dv>.
- [66] Werbach, K., y Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press.
- [67] Borrás-Gené, O. *Introducción a la gamificación o ludificación (en educación)*. Madrid. Servicio de Publicaciones de la Universidad Rey Juan Carlos, 2022